



Manual de técnicas y
protocolos para el
relevamiento y estudio de
anfibia de Argentina

Laura Pereyra
Eduardo Etchepare
Marcos Vaira
Editores

Manual de técnicas y
protocolos para el
relevamiento y estudio de
anfibios de Argentina
Parte I

Manual de técnicas y
protocolos para el
relevamiento y estudio de
anfibios de Argentina
Parte I

Laura C. Pereyra
Eduardo Etchepare
Marcos Vaira
Editores

Universidad Nacional de Jujuy
2021

Prohibida la reproducción total o parcial del material contenido en esta publicación por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, sin permiso expreso del Editor.

Pereyra, Laura

Manual de técnicas y protocolos para el relevamiento y estudio de anfibios de Argentina / Laura Pereyra ; Marcos Vaira ; Eduardo Etchepare ; compilación de Laura Pereyra ; Marcos Vaira ; Eduardo Etchepare. - 1a ed. - San Salvador de Jujuy : Editorial de la Universidad Nacional de Jujuy - EDIUNJU, 2021.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga

ISBN 978-950-721-587-2

I. Manual Técnico. I. Vaira, Marcos. II. Etchepare, Eduardo. III. Título.
CDD 597.802

Ilustración de Tapa: *Ceratophrys ornata* - Marisel Morales (basada en una fotografía de Gabriela Agostini)



© 2021 Laura Cecilia Pereyra - Eduardo Etchepare - Marcos Vaira

© 2021 Editorial de la Universidad Nacional de Jujuy

Avda. Bolivia 1685 - CP 4600

San Salvador de Jujuy - Pcia. de Jujuy - Argentina

Tel. (0388) 4221511 e-mail: editorial@unju.edu.ar

2021 1ra Edición

Queda hecho el depósito que previene la Ley 11.723

Impreso en Argentina - Printed in Argentina

ISBN: ISBN 978-950-721-587-2

CONTENIDOS

Prólogo	9
Presentación del Manual	12
Parte I	
1. Introducción general	17
2. Diseño de muestreo	23
2.1 La pregunta y los objetivos del estudio	24
2.2 ¿Dónde y cuándo? Definiendo la escala espacial y temporal del estudio	25
2.3 ¿Cuánto? Definiendo el tamaño de la muestra	26
2.4 ¿Cómo? Diseños de muestreo estandarizados	27
3. Técnicas de relevamiento de la diversidad de anuros	33
3.1 Relevamiento de oviposturas y embriones	34
3.2 Relevamiento de renacuajos	42
3.3 Relevamiento de postmetamórficos	55
3.4 Monitoreo acústico pasivo (MAP)	72
4. Técnicas de relevamiento y estudios específicos	87
4.1 Identificación y marcado de individuos	88
4.2 Esqueletocronología	112
4.3 Estudios anatómicos	132
4.4 Estudios bioacústicos	142
4.5 Estudios tróficos	164
4.6 Estudios experimentales	185
4.7 Técnicas para la determinación de parámetros termo-fisiológicos	222
4.8 Registro de anomalías macroscópicas y microscópicas en adultos y larvas de anfibios anuros	250

4.9 Registro de parásitos. Protocolos en campo y laboratorio	266
4.10 Registro de hongos. Protocolos en campo y laboratorio	304
4.11 Técnicas para el relevamiento de anfibios en ambientes contaminados	326
4.12 Áreas prioritarias para la conservación	348
4.13 Ciencia ciudadana: más que una herramienta para la recolección de datos	363
5. Procedimientos y preparación de material para incorporar a una colección biológica	374
6. Casos de estudio	403
6.1 Monitoreo de anfibios en los Parques Nacionales Patagónicos: Protocolos <i>ad hoc</i> para especies de vertebrados de valor especial	404
6.2 Especies poco frecuentes, elusivas o desaparecidas: caso de estudio de las ranas marsupiales del género <i>Gastrotheca</i> de Argentina	409
6.3 Gigante de las Pampas. Un programa de Ciencia Ciudadana aplicado a la conservación del Escuerzo (<i>Ceratophrys ornata</i>)	414

4.12 ÁREAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN

Eduardo Etchepare

¹ CONICET. Facultad Regional Concordia. Universidad Tecnológica Nacional. Salta 277. Concordia, Entre Ríos, Argentina.

A pesar de que el interés por la biodiversidad ha tomado mayor dimensión en las últimas décadas, su conservación no resulta todavía una prioridad en la agenda social y política. En este sentido, existen claras evidencias sobre el deterioro de los ambientes naturales y pérdida de especies, impactos negativos que han aumentado severamente en el último medio siglo. Diferentes trabajos advierten sobre el comienzo de una masiva extinción de especies producida por causas antropogénicas, la denominada sexta extinción⁽¹⁻⁷⁾, que en conjunto con el calentamiento global, el mal uso y distribución de los recursos naturales, constituyen los mayores retos ambientales a los que ha de enfrentarse la humanidad durante los próximos años⁽⁸⁻¹⁰⁾.

Si bien la necesidad de conservar los recursos, sobre todo aquellos que redundan en un beneficio económico, se ha planteado reiteradamente a lo largo de la historia, recién en la década del '80 se consolida como una ciencia multidisciplinaria que hoy se denomina Biología de la Conservación⁽¹¹⁻¹³⁾. También conocida como "*ciencia de la crisis*", es una disciplina que trasciende el campo académico y plantea la necesidad de brindar soluciones a problemas concretos de conservación, como, por ejemplo: cómo y dónde conservar y manejar las áreas protegidas, cómo detener la pérdida de la biodiversidad y de hábitats, cómo recuperar especies y poblaciones en riesgo de extinción. Frente a estos interrogantes, se presentó la necesidad de debatir cómo establecer prioridades, cuestionar la eficiencia de los espacios ya protegidos y elaborar nuevas herramientas para mejorar los diagnósticos frente a la toma de decisiones.

Debido a la complejidad y tiempo necesario para conocer las interacciones entre especies, el funcionamiento de los ecosistemas y su historia evolutiva, la Planeación Sistemática surgió como una de las ramas de la Biología de la Conservación para brindar un protocolo claro que permite, mediante la identificación de sitios o áreas prioritarias, proponer redes de áreas protegidas que aseguren a largo plazo el mantenimiento de la biodiversidad y de los procesos que la sustentan^(14,15), buscando de esta manera hacer más eficientes los escasos recursos destinados a conservación. Si bien este proceso en sí, no garantiza conservar la biodiversidad, constituye el marco fundamental sobre el cual se deben constituir las acciones de conservación⁽¹⁵⁾.

Conceptualmente, las áreas prioritarias para la conservación son representaciones espaciales del territorio, que incluyen particularidades ambientales, biológicas, físicas, sociales, económicas, culturales y políticas determinadas, y necesarias para lograr los objetivos y metas planteadas. Algo muy importante a tener en cuenta en este ejercicio de planificación es que las áreas identificadas deben presentar necesariamente un riesgo inminente o ser vulne-

rables a un proceso natural, antrópico o ambos, que pongan en riesgo su permanencia. De esta manera se puede distinguir entre otros términos relacionados (pero no homólogos) como áreas claves, aptas, potenciales, relevantes o importantes para la conservación.

En este esquema estructurado en distintos pasos (ver más adelante) que se presenta desde una planeación sistemática, se establecen objetivos explícitos con el fin de resolver un problema de optimización de manera cuantitativa. Para esto, los conceptos de complementariedad, irremplazabilidad y vulnerabilidad, son claves. Con esto se pretende buscar la máxima representatividad de los elementos de interés y cumplir con las metas de conservación mediante diferentes soluciones al menor costo posible (**eficiencia**).

Complementariedad: Representa el concepto clave sobre el que se basa la planeación sistemática para la conservación. Este método de optimización consiste en la elección de áreas prioritarias que conjuntamente posean la mayor diversidad biológica o elementos elegidos como sustitutos posibles. Se basa en fórmulas matemáticas que minimizan o maximizan ciertas condiciones, maximizando en este caso la representatividad de los atributos elegidos como sustitutos (número de especies focales, especies raras, amenazadas, endémicas, poblaciones, porcentaje de distribución, comunidades, procesos ecológicos, ambientes) y minimizando la superficie acumulada. El procedimiento se inicia con el área (celda) que contiene a la mayoría de los sustitutos elegidos o elementos únicos, luego se los elimina de la matriz y de forma secuencial, con estos datos reducidos, se vuelve a elegir el área más rica y se repite el procedimiento de eliminar los sustitutos o elementos ya representados y eligiendo el área más rica, hasta llegar a representar a todos los sustitutos o elementos con varias soluciones igualmente eficientes y económicas en términos de la superficie necesaria.

Irremplazabilidad o unicidad: mide el valor de conservación de un sitio y el grado en que este puede o no ser reemplazado por otro, o por combinaciones de otros sitios, teniendo en cuenta la cobertura que ofrece de los sustitutos elegidos en relación con los objetivos y metas de conservación definidos.

Vulnerabilidad: probabilidad o inminencia de destrucción o pérdida del ambiente que presenta un área seleccionada.

Existen distintos programas computacionales para la selección complementaria de áreas prioritarias para la conservación que incorporan diferentes al-

goritmos como WorldMap, C-Plan, CPLEX, Marxan, ResNet, greedy algorithm, Target, LQGraph, MultCSync, ConsNet, FOCALIZE y ZONATION⁽¹⁶⁻²⁴⁾. Sin embargo, el único que identifica soluciones óptimas de áreas prioritarias es el algoritmo CPLEX (ver²⁵).

Los algoritmos utilizados en el proceso de priorización de áreas para la conservación se pueden dividir en tres grupos:

- Algoritmos óptimos o exactos: ofrecen la solución más eficiente (económica) para minimizar el área y maximizar la representación de los sustitutos de biodiversidad (CPLEX).
- Algoritmos heurísticos: la selección final no necesariamente es la óptima, pudiéndose obtener un conjunto subóptimo de áreas. Utilizan parámetros o reglas determinados por el usuario que pueden determinarse, inclusive, de manera jerárquica como la complementariedad, rareza, amenazas, endemismos (ej. ResNet, greedy algorithm).
- Algoritmos metaheurísticos: Se aplican a problemas que no tienen un algoritmo específico que resulten en una solución eficiente. Al no ser tan rígidos, utilizan reiteradamente algoritmos heurísticos para mejorar la selección y aproximarse a una óptima (ej. Marxan o ConsNet). Entre los metaheurísticos más eficientes se encuentran el reconocido o templado simulado, la búsqueda tabú, y los algoritmos genéticos^(15,22,26).

En términos de la eficiencia de representatividad, los algoritmos de optimización son preferibles a los heurísticos^(16-18,25).

Procedimientos para la selección de áreas prioritarias para la conservación

En primera instancia se debe comprender que un proceso de priorización se realiza con la finalidad de responder a un problema de optimización, en el que las áreas finalmente seleccionadas deben ser eficientes, viables y aplicables para su permanencia y manejo en términos económicos, políticos y sociales. Este planteo es necesario debatirlo e integrarlo, sobre todo aquellos que realmente se interesen por trabajar en biología de la conservación. Si bien es necesario poner la evidencia científica a disposición de las políticas públicas y los tomadores de decisión, si esta premisa no se incorpora, el camino entre la investigación y su real implementación quedará truncado.

La bibliografía donde se discuten los procedimientos necesarios para identificar áreas prioritarias para la conservación es abundante^(14,15,17,27-41).

De forma simplificada, se pueden encontrar dos grupos metodológicos, los cualitativos (experiencia de los expertos) y los cuantitativos (aproximaciones estadísticas) que no son excluyentes. Por el contrario, la planificación sistemática se desarrolla mejor cuando los especialistas locales participan activamente en la planeación⁽¹⁴⁾.

Métodos cualitativos: Prevalece la opinión de los expertos. Históricamente, este método se ha utilizado para la selección de áreas naturales protegidas (ANP). Sin embargo, como el campo de la planeación estuvo mayormente dominado por técnicos y gestores, se han registrado diferentes deficiencias y problemas relacionados con los sistemas de ANP. Uno de los principales está relacionado con la falta de representatividad de la biodiversidad en general y de las diferentes ecorregiones, debido a que las ANP han sido seleccionadas sobre la base de criterios diversos, no necesariamente basados en maximizar la representatividad de especies y ecosistemas, y/o la persistencia de sus poblaciones. Algunos criterios frecuentemente utilizados para determinar áreas para conservación, han sido: el atractivo paisajístico; los usos recreativos; la compensación por daños ambientales; la disponibilidad de tierras fiscales; zonas económicamente poco rentables; condiciones desfavorables para el asentamiento humano; áreas con escasa intervención humana; la presencia de especies amenazadas; la riqueza de vertebrados; la presencia de comunidades vegetales casi desaparecidas o con gran presión de uso y la representatividad de las subunidades biogeográficas^(6,14,33,42-45). Como varios de estos criterios son oportunistas, no necesariamente los sistemas de ANP protegen de manera representativa toda la diversidad regional, y en algunos casos se ha reportado que los espacios conservados existentes no poseen mayor representatividad en su biodiversidad que la obtenida mediante una selección al azar de una superficie similar a la protegida por dicho sistema⁽⁴⁶⁾. Otro cuestionamiento que surge es la subjetividad de los expertos para la definición de las áreas, aumentando la incertidumbre y el margen de error al no ser criterios repetibles y consistentes. Por otro lado, las ventajas están dadas por ser un método simple, rápido, muy flexible y relativamente sencillos de aplicar.

Métodos cuantitativos: Consisten en diferentes aproximaciones estadísticas, algoritmos y parámetros técnicos-científicos que ayudan a mejorar sustancialmente a cumplir con los principios de representatividad (muestra significativa de la variabilidad biológica), persistencia (supervivencia a largo plazo de las especies, mantener poblaciones viables y procesos naturales) y economía (ver la definición de eficiencia antes mencionada). Con este méto-

do se logra reducir la incertidumbre, presentando la propiedad de ser transparentes (comprensión del proceso de selección), universales, estandarizados y repetibles, criterios esenciales para que la planificación sea sistemática. Actualmente existe gran cantidad de software que permiten integrar información ambiental, biológica, física, social, económica, cultural y política de manera cuantitativa. A su vez se pueden generar modelos predictivos de los diferentes elementos de la biodiversidad, a diferentes escalas espacio-temporales. Estos métodos poseen varias limitaciones y críticas por parte de la comunidad científica a seguir: (1) presuponer que las especies están en equilibrio con las variables ambientales ingresadas; (2) ausencia de interacciones interespecíficas (depredación, competencia, polinización, parasitismo, etc.); (3) ausencia de componentes espaciales (por ejemplo, ocasionalmente la correlación espacial resulta de la existencia de asociaciones entre variables independientes) y componentes temporales (factores históricos, barreras geográficas actuales o pasadas, procesos de extinción o dispersión); (4) dificultad para generar predicciones confiables para especies generalistas; (5) sesgos de muestra; (6) dependencia de la escala espacial utilizada; y (7) los resultados varían entre los algoritmos (ver^{47,48} para una revisión).

Una de las grandes críticas de este método es que rara vez los resultados son contrastados en el territorio dificultando la aplicabilidad de los mismos, quedando muchas veces remitidos al ámbito académico. Por otro lado, a pesar que los datos sobre los patrones de distribución espacial de las especies en la actualidad son abundantes y accesibles, y los software cada vez son más potentes, pocas veces son chequeados y depurados aumentando los errores de comisión, falsos positivos o sobrepredicción (elementos que no perteneciendo a una clase aparecen en ella) o errores de omisión o falsos negativos (elementos que perteneciendo a esa clase no aparecen en ella por estar erróneamente incluidos en otra).

La mejor experiencia se presenta cuando ambos métodos se conjugan en uno mixto, es decir la base de datos a utilizar, es chequeada por expertos, los algoritmos ajustados a la realidad del territorio y las áreas prioritarias propuestas son discutidas por diferentes actores involucrados en su ejecución.

Si la intención va más allá de solo presentar los resultados e interesa pensar en una planificación sistemática, tendiente a su implementación efectiva, se puede resumir de manera general todo el proceso en los siguientes pasos (para más detalles ver^{14,15}):

1) *Identificación de los actores sociales involucrados en la conservación del lugar:* Los tomadores de decisión, comunidades, terratenientes, expertos regionales, los que disponen de recursos para el proceso y su ejecución.

2) *Compilación, evaluación y depuración de datos sobre biodiversidad y socioeconómicos*: Registros georeferenciados de especies, revisión exhaustiva de bibliografía sobre distribución espacial de las especies, revisión de colecciones biológicas, parámetros ambientales, datos socioeconómicos (uso y valor de la tierra), confección de nuevos inventarios de especies, catalogar aquellas especies focales, raras amenazadas y endémicas (Ver recomendaciones en: Confección de base de datos).

3) *Identificación de los sustitutos o subrogados de la biodiversidad*: Especies, elementos del paisaje, tipos de hábitat, etc. Necesariamente, esto involucra aceptar el supuesto de que su riqueza o abundancia está relacionada (**RELACIÓN COMPROBADA**) con la presencia de un gran número de especies de otros taxones conocidos y su protección promoverá la conservación de todo o gran parte del sistema (ver⁴⁹⁻⁵³). Actualmente, la manera de aumentar la eficiencia de los sustitutos es trabajar con indicadores multitaxonómicos.

4) *Establecimiento de los objetivos y las metas de conservación*: Definición de criterios explícitos medibles y susceptibles de evaluarse para la representación de los subrogados en las áreas prioritarias: riqueza, diversidad, rareza, endemismos y vulnerabilidad de especies, número y tamaño específico de poblaciones, porcentaje o cobertura espacial de los ensamblajes o categorías ambientales, sociales, económicos y políticos. Establecer criterios de diseño como conectividad, tamaño, dispersión, alineación, forma y replicación. Cuando se llega a este punto, el propósito para la priorización debe ser claro y consistente.

5) *Revisión de áreas de conservación preexistentes*: A pesar de los cuestionamientos sobre el sistema de ANP, los elementos representados en ellas no se deberían descartar. Sí bien no existen inventarios sistemáticos y completos para muchos grupos taxonómicos para la mayoría de las ANP de Argentina, lo ideal es comenzar por un análisis de vacíos y omisiones en conservación de la biodiversidad con los datos disponibles. Este proceso determina los elementos que están ausentes, o representados de manera insuficiente en el sistema de ANP, y con base en ello se identifican nuevas áreas prioritarias.

6) *Priorización de nuevas áreas*: En esta etapa se complementan los objetivos y metas de conservación propuestos. En este punto resulta central aplicar el criterio de complementariedad antes mencionado e incorporar criterios de diseño.

7) *Análisis de riesgos, vulnerabilidad y persistencia de la biodiversidad*: En esta etapa se pueden desarrollar diferentes modelos matemáticos para estimar la viabilidad poblacional y garantizar la continuidad de los procesos ecológicos. También se puede evaluar la vulnerabilidad de las áreas detectadas a los factores externos.

- 8) *Repetición y ratificación del proceso de priorización desde la etapa 6.*
- 9) *Selección multicriterio de las áreas según la factibilidad de implementación:* Dentro de un proceso de optimización pueden resultar diferentes soluciones igualmente efectivas. En esta etapa se analiza la viabilidad de cada solución con diversos criterios (usos del suelo, criterios biológicos, diseño y ubicación de las áreas) y se eligen las mejores soluciones.
- 10) *Implementación del plan de conservación:* Decidir la categoría de conservación que se pretende adjudicar a cada área, preponderando en la ejecución aquellas que presenten mayor número de amenazas.
- 11) *Reevaluación periódica del sistema de áreas:* Monitorear la efectividad del plan y las acciones propuestas para sostener los criterios por lo cual fueron seleccionadas. Establecer umbrales de alarma.

Se puede agregar la necesidad de precisar claramente la escala geográfica donde se desarrollará el ejercicio de planeación. De esto dependerá el tipo de información que se logre obtener y la certeza brindada. Escalas biogeográficas grandes dan una idea de cuáles son las regiones donde focalizar los esfuerzos. Trabajar con unidades espaciales más pequeñas, permite instrumentar estrategias de conservación más concretas y adoptadas a nivel del paisaje.

Para detectar las áreas prioritarias para la conservación, cumplir con las 6 primeras etapas resulta fundamental, sobre todo definir de manera explícita los objetivos y las metas. Estas etapas representan el punto de partida para promover políticas públicas basadas en evidencia científica y destinar mejor los recursos financieros para su implementación.

En Argentina durante las dos últimas décadas, el ejercicio de priorización mostró notables avances a través de numerosas publicaciones. Sin embargo, la selección de áreas para conservar todavía se rige por criterios oportunistas.

Dentro del ámbito herpetológico la mayoría de los sustitutos elegidos fueron los escamados (serpientes y lagartos), registrándose pocos aportes sobre anfibios. En este sentido, esta ausencia representa una oportunidad de estudio para uno de los grupos más amenazados a nivel mundial.

Caja 4.12.1 - Bases de datos

Javier Nori¹ & Eduardo Etchepare²

Las bases de datos de registros de ocurrencia de biodiversidad constituyen la materia prima a partir de la cual, entre otras cosas, es posible generar hipótesis de distribuciones de especies u otras entidades taxonómicas. En estas, los datos primarios sobre biodiversidad corresponden a información que describe ocurrencias. Son datos crudos que describen en su forma básica y lo menos interpretada posible, lo que ha sido observado o recolectado, cuándo y dónde sucedió⁽⁵⁴⁾. Estos datos crudos primarios pueden estar acompañados por información adicional que proporcionan un mayor detalle. En general las bases de datos se presentan en forma de matriz o tabla en la cual cada celda represente un campo de información, cada fila representa a un registro de ocurrencia y cada columna representa información de distintas variables asociadas a cada registro (e.g. especie, familia, localidad de presencia, latitud, longitud, etc.).

Para la confección de la base de datos se puede recurrir a diferentes fuentes: (1) datos obtenidos del trabajo en campo, (2) resultados de la colecta directa que se encuentran depositados en las colecciones biológicas, (3) bases de datos en línea, (4) revisión exhaustiva y crítica de la literatura específica y (5) datos proporcionados por colaboradores.

En la actualidad existen inmensas bases de datos en repositorios online que son sumamente utilizadas. Un ejemplo es Global Biodiversity Information Facilities (www.gbif.org), una organización internacional y una red de investigación financiada por gobiernos de todo el mundo, destinada a proporcionar a cualquier persona, en cualquier lugar, acceso abierto y gratuito a datos sobre cualquier tipo de forma de vida que hay en la Tierra. En el caso de usar dichos repositorios, se hace indispensable la existencia de información extra asociada a cada dato, la cual permita hacer un “depurado” de los datos y utilizar sólo aquellos registros más confiables. Existen protocolos recientes y aceptados en el ámbito científico como el propuesto por Maldonado et al.⁽⁵⁵⁾. Entre esta información extra se debe valorar, por ejemplo:

Fuente del registro: Es necesario valorar si el dato primario corresponde a un registro de colección herpetológica o a una observación humana sin material de referencia.

Colectores y Curadores: Esto permite en muchos casos tener una idea certera sobre el grado de experticia de las personas que tomaron y curaron el registro en cuestión.

Colección que alberga el material de referencia: Si bien es arbitrario, esto puede dar una idea sobre la actualización taxonómica del registro en cuestión, y el acceso al material de los expertos en el grupo. En términos generales, es más confiable utilizar registros que

proviene de colecciones cercanas a los expertos en los grupos taxonómicos analizados.

Año y persona encargada de determinación taxonómica: *Esto da una idea bastante certera sobre la validez y grado de actualización del status taxonómico de información utilizada.*

Los datos proporcionados por colaboradores se refieren a formar una red de personas (ej: guardaparques y pobladores de áreas cercanas al sitio de muestreo) previamente entrenadas en la toma y captación del dato. Es decir, se los capacita en cómo capturar un ejemplar en el caso de ser necesario (y sin correr riesgos), cómo tomar una fotografía, cuáles son los caracteres de importancia taxonómica que debe incluir la foto y datos adicionales necesarios para hacer el registro más confiable como: horario de actividad, lugar, coordenadas geográficas, etc. Esta red constituye una ayuda adicional muy valiosa, pero con mucho margen de error en el caso de no prestar particular atención a lo antes mencionado. A su vez, en este entrenamiento previo, los colaboradores pueden ser capacitados para conservar ejemplares que puedan encontrar muertos de manera accidental como son los atropellados en rutas y caminos. En este sentido, los celulares constituyen una buena herramienta, permitiendo a los colaboradores capturar imágenes de buena calidad e incorporar información en el mismo archivo como coordenadas geográficas, fecha y hora de la toma. Adicionalmente, se puede suministrar a los voluntarios escalas gráficas para ser utilizadas al momento de tomar la foto. Estos datos, pueden incluirse en la base de datos, siempre y cuando se confíe en la resolución de la imagen, cuenten con los requerimientos necesarios, y en la base de datos depurada se especifique su origen (datos adicionales). Uno de los problemas son los cambios en la clasificación taxonómica de las especies, que al no tener el material testigo no se podrá seguir utilizando este dato si los caracteres taxonómicos necesarios para diferenciarlos no pueden distinguirse en la imagen.

Sea cual fuere la fuente de datos, la confección final de la base de datos debe ser sometida a un proceso de integración, depuración, actualización y verificación de los registros recopilados. En este sentido y en función de la información asociada a cada registro, es posible hacer una interpretación de la calidad del mismo. Por ejemplo, para constatar y validar la existencia de un registro, en muchos casos estos están asociados a una evidencia directa (especímenes, archivos sonoros, imágenes, tejidos, huellas, etcétera) que constituyen el respaldo físico y que se alberga en colecciones biológicas, lo que garantiza que esa evidencia física perdure a largo plazo. En otros casos, existe evidencia indirecta (observaciones) realizadas y documentadas por especialistas lo que genera un registro, siendo el soporte de los últimos de menor calidad y ampliamente criticados en el ámbito científico⁽⁵⁶⁾.

La calidad de un registro no depende sólo de su respaldo, sino además de la cantidad y precisión de la información asociada al mismo. En este sentido es importante aclarar que un dato puede ser de alta calidad para un propósito, pero de baja calidad para otro. Por

ejemplo, si un usuario quiere conocer qué especies se distribuyen en un municipio dado, los registros de ejemplares que contengan información sobre la región geográfica (país, estado, municipio) donde fueron recolectados u observados, son aptos para su uso y serán utilizados para generar el listado de especies presentes en el municipio. Si dicho usuario requiriera mayor precisión para ubicar los sitios de presencia de la especie en el municipio, los registros de ejemplares que no cuenten con una coordenada geográfica no serán aptos para utilizarse.

Por otra parte, ordenar de manera precisa la información ahorra tiempo al momento de utilizarla. Por ejemplo, en el proceso de validación de los datos, se puede encontrar de manera frecuente errores en las determinaciones taxonómicas, errores nomenclaturales, asignación de nombres que han sido sinonimizados, errores en los nombres de las localidades de colecta, falta de referencia geográfica y de información para asignar una georreferencia.

Cuando se finaliza la validación, un gran número de datos serán descartados, sin embargo se contará con una base de datos robusta, confiable y con un nivel de precisión que permitirá utilizarla en diferentes estudios con distintos objetivos.

Una recomendación para el momento de la confección de la base de datos es incluir la mayor cantidad de columnas posibles (familia, género, especie, coordenadas geográficas, localidad, municipio, provincia, país, colectores, origen de los datos colectados, foto, observación, bibliografía, colección, etc.).

Algunos cuestionamientos que se presentan al integrar información de distintas fuentes, es que los datos pudieron ser obtenidos mediante métodos no estandarizados y con esfuerzo variable (encuentros ocasionales, muestreo sesgados por el colector o la finalidad del inventario, correlación espacial, datos de museos de referencia que acaparan la información de un área, etc.), lo que puede provocar que determinadas especies, poblaciones y regiones geográficas sean sobrerrepresentadas, con una elevada cantidad de registros, y otras subrepresentadas. En este sentido, se pueden aplicar diferentes técnicas para determinar si los registros se encuentran concentrados en una localidad. Poder cuantificar el número de ejemplares colectados por localidad o fecha, dará una idea sobre el esfuerzo de muestreo en un área geográfica determinada; esto se puede acompañar por un diagrama de distribución de frecuencias. A su vez, se puede simplificar unificando la unidad de análisis a celdas, por ejemplo. Por otro lado, existen diferentes métodos de estimación del número de especies que indican la completitud de un inventario que pueden ayudar a determinar cuan completa está la base de datos en una región determinada^(67,58). Finalmente, se puede evaluar la distribución geográfica de todas las especies mediante la construcción de mapas de distribución con diferentes softwares GIS y prestar atención a los registros “outlier”, es decir a aquellos que sobresalen de manera anormal y extrema de la muestra

o del patrón de distribución general. En particular el programa de uso libre QGIS (www.qgis.org), permite construir mapas de calor mediante el algoritmo densidad de núcleo o mapa de calor e identificar sitios de concentración de registros y sitios con vacíos de información que ayudará a dirigir los esfuerzos para obtener una base de datos representativa.

Un ejemplo donde se utiliza frecuentemente una base de datos es la construcción de modelos de nicho ecológico; para esto la precisión de la localización geográfica resulta de suma importancia. Dada la naturaleza correlativa de estos modelos, unos pocos kilómetros de error en la localización de un registro en un ambiente climáticamente heterogéneo (como un sitio de pendiente pronunciada), podría generar serios problemas en el ajuste y la salida de nuestro modelo⁽⁵⁹⁾. Lógicamente esto es relativo a la heterogeneidad del ambiente habitado por la especie, así en un ambiente llano y climáticamente homogéneo un error de pocos kilómetros podría no generar serios problemas de ajuste en nuestro modelo. Así, resulta de suma importancia que el modelador valore en función del ambiente en que se modela y la especie en cuestión, la precisión geográfica requerida en su base de datos.

Del mismo modo, la existencia de material de referencia de un dato resulta de suma importancia en torno al modelado de nicho ecológico. La principal importancia de la existencia de este material depende de la posibilidad de revisarlo, y así poder constatar / validar / actualizar el status taxonómico de ese dato. Siendo que los modelos de nicho ecológico son prácticamente en su totalidad realizados a nivel de especie, es importante tener la posibilidad de validar el status taxonómico de la especie en caso de ser necesario. En este sentido, resulta importante también la presencia de material genético de referencia asociado al ejemplar, lo cual también podría darnos certezas sobre el status taxonómico de la especie en caso de ser necesario. En el caso de anfibios y reptiles de Argentina, esto resulta importante por la cantidad de arreglos taxonómicos, que se generan anualmente^(60,61).

Finalmente, la base de datos puede utilizarse en una gran variedad de análisis, por eso debe ser siempre dinámica, actualizada y continuamente sometida al proceso de validación, desarrollo que se puede acompañar con la consulta a especialistas en taxonomía y distribución espacial de determinados grupos taxonómicos.

¹ Instituto de Diversidad y Ecología Animal (IDEA-CONICET) and Centro de Zoología Aplicada, FCEfyN, Universidad Nacional de Córdoba, Rondeau 798, Córdoba, Argentina.

² CONICET. Facultad Regional Concordia. Universidad Tecnológica Nacional. Salta 277. Concordia, Entre Ríos, Argentina.

Bibliografía

1. Wilson, E.O. 1985. The biological diversity crisis. *BioScience* 35: 700-706.
2. Lugo, A.E. 1988. Estimating Reductions in Diversity of Tropical Forest Species: 17-39. *En: Wilson, E.O. & Peter, F.M. (eds.). Biodiversity. National Academy Press. Washington*
3. Leakey, R. & Lewin, R. 1997. The Sixth Extinction: patterns of life and the future of humankind. *Journal of Leisure Research* 29: 476.
4. Pimm, S.L.; Russell, G.J.; Gittleman, J.L. & Brooks, T.M. 1995. The future of biodiversity. *Science* 269: 347- 350.
5. Thomas, J.A.; Telfer, M.G.; Roy, D.B.; Preston, C.D.; Greenwood, J.J.D.; Asher, J.; ... & Lawton, J.H. 2004. Comparative losses of British butterflies, birds, and plants and the global extinction crisis. *Science* 303: 1879-1881.
6. Ceballos, G.; Garcia,A. & Ehrlich, P.R. 2010. The sixth extinction crisis. Loss of animal populations and species. *Journal of Cosmology* 8: 1821-1831.
7. Barnosky, A.D.; Matzke, N.; Tomiya, S.; Wogan, G.O.; Swartz, B.; Quental, T.B., ... & Ferrer, E.A. 2011. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature* 471: 51-57.
8. Ripple, W.J.; Wolf, C.; Newsome, T.M.; Galetti, M.; Alamgir, M.; Crist, E. ... & 15,364 scientist signatories from 184 countries. 2017. World scientists' warning to humanity: a second notice. *BioScience* 67: 1026-1028.
9. Ritchie, H. & Roser, M. 2020. CO² and Greenhouse Gas Emissions. Disponible en: <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>. Último acceso: 15 de mayo de 2021.
10. WWF. 2020. Living Planet Report 2020 - Bending the curve of biodiversity loss. Almond, R.E.A.; Grooten, M. & Petersen, T. (eds). WWF, Gland. Switzerland.
11. Soulé, M.E. & Wilcox, B.A. 1980. Conservation Biology: An Evolutionary Ecological Perspective. Sunderland, Mass. Sinauer.
12. Soulé, M.E. 1985. What is conservation biology? *BioScience* 35: 727-734.
13. Soulé, M.E. 1991. Conservation: tactics for a constant crisis. *Science* 253: 744-750.
14. Margules, C.R. & Pressey, R.L. 2000. Systematic conservation planning. *Nature* 405: 243-253.
15. Margules, C. & Sarkar, S. 2009. Planeación Sistemática de la Conservación. UNAM-Conabio. Mexico.
16. Csuti, B.; Polasky, S.; Williams, P.H.; Pressey, R.L.; Camm, J.D.; et al. 1997. A comparison of reserve selection algorithms using data on terrestrial vertebrates in Oregon. *Biological Conservation* 80: 83-97.
17. Balmford, A. 2002. Selecting Sites for Conservation: 74-104. *En: Norris, K. & Pain, D.J. (eds.). Conserving Bird Biodiversity. General Principles and their Application. Cambridge University Press. Cambridge, RU.*
18. Rodrigues, A.S.L. & Gaston, K.J. 2002. Optimization in reserve selection procedures-why not? *Biological Conservation* 107: 123-129.
19. Moilanen, A.; Franco, A.M.; Early, R.I.; Fox, R.; Wintle, B. & Thomas, C.D. 2005. Prioritizing multiple-use landscapes for conservation: methods for large multi-species planning problems. *Proceedings of the Royal Society. Biological Sciences* 272: 1885-1891.
20. Fandiño-Lozano, M. & Van Wyngaarden, W. 2007. Focalize-Demo. User Manual. Grupo ARCO. Bogotá, Colombia. Disponible en: www.grupoarco.info/productos.htm. Último acceso: 5 de mayo de 2021.
21. Vanderkam, R.P.D.; Wiersma, Y.F. & King, D.J. 2007. Heuristic algorithms vs. linear programs for designing efficient conservation reserve networks: Evaluation of solution optimality and processing time. *Biological Conservation* 137:349-358.
22. Ciarleglio, M.; Sarkar, S. & Barnes, J.W. 2008. ConsNet Manual Version, 1.0. University of Texas, Austin. Disponible en: http://uts.cc.utexas.edu/~consbio/Cons/consnet_home.html. Último acceso: 5 de mayo de 2021.
23. Franklin, J. 2010. Mapping Species Distributions: Spatial Inference and Prediction. Cambridge University Press. New York.
24. Soberón, J. 2014. Commentary on ditch, stitch and pitch: the niche is here to stay. *Journal of Biogeography* 41: 414-417.
25. Ochoa-Ochoa, L.; Vázquez, L.B.; Urbina-Cardona, J.N. & Flores-Villela, O. 2009.

Priorización de Áreas para Conservación de la Herpetofauna Utilizando Diferentes Métodos de Selección: 89-107. *En*: Koleff, P. & Urquiza-Haas, T. (eds.). Planeación para la Conservación de la Biodiversidad Terrestre en México: Retos en un País Megadiverso. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México.

26. Vélez, M.C. & Montoya, J.A. 2007. Metaheurísticos: una alternativa para la solución de problemas combinatorios en administración de operaciones. *Revista Eia* 8: 99-115.
27. Shafer, C.L. 1999. National park and reserve planning to protect biological diversity: Some basic elements. *Landscape and Urban Planning* 44: 123-153.
28. Groves, C.R.; Jensen, D.B.; Valutis, L.L.; Redford, K.H.; Shaffer, M.L.; et al. 2002. Planning for biodiversity conservation: Putting conservation science into practice. *BioScience* 52: 499 -512.
29. Margules, C.R.; Pressey, R.L. & Williams, P.H.. 2002. Representing biodiversity: Data and procedures for identifying priority areas for conservation. *Journal of Biosciences* 27: 309-326.
30. Cowling, R.M. & Pressey, R.L. 2003. Reserve selection algorithms and the real world. *Conservation Biology* 15: 275-277.
31. Razola, I.; Rey Benaya, J.M.; de la Montaña, E. & Cayuela, L. 2006. Selección de áreas relevantes para la conservación de la biodiversidad. *Ecosistemas* 15: 34-41.
32. Ceballos, G.; Díaz-Pardo, E.; Espinosa, H.; Flores-Villela, O.; García, A.; Martínez, L., ... & Santos-Barrera, G. 2009. Zonas críticas y de alto riesgo para la conservación de la biodiversidad de México. *Capital natural de México* 2: 575-600.
33. March, I.J.; Carvajal, M.A.; Vidal, R.M.; San Román, J.E. & Ruiz, G. 2009. Planificación y Desarrollo de Estrategias para la Conservación de la Biodiversidad: 545-573. *En*: Sarukhán, J. (ed.), *Capital Natural de México vol. II: Estado de Conservación y Tendencias de cambio*. Conabio. México, D.F.
34. Koleff, P. & Urquiza-Haas, T. 2011. Planeación para la Conservación de la Biodiversidad Terrestre en México: Retos en un País Megadiverso. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad—Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México, D.F.
35. Darbyshire, I.; Anderson, S.; Asatryan, A.; Byfield, A.; Cheek, M.; Clubbe, C.; ... & Radford, E.A. 2017. Important Plant Areas: revised selection criteria for a global approach to plant conservation. *Biodiversity and Conservation* 26: 1767-1800.
36. Giraudo, A.R. & Arzamendia, V. 2018. Descriptive bioregionalisation and conservation biogeography: what is the true bioregional representativeness of protected areas? *Australian Systematic Botany* 30: 403-413.
37. Sarquis, A. 2018. Conservación de la avifauna de Entre Ríos (Argentina): uso de métodos biogeográficos y de optimización para evaluar la efectividad de las áreas protegidas. Tesis doctoral. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11185/1122>. Última consulta: 1 de junio de 2021.
38. Andrade-Díaz, M.S.; Sarquis, J.A.; Loiselle, B.A.; Giraudo, A.R. & Díaz-Gómez, J.M. 2019. Expansion of the agricultural frontier in the largest South American Dry Forest: Identifying priority conservation areas for snakes before everything is lost. *PloS One* 14: e0221901.
39. Cristaldi, M.A.; Sarquis, J.A.; Arzamendia, V.; Bellini, G.P. & Giraudo, A.R. 2019. Human activity and climate change as determinants of spatial prioritization for the conservation of globally threatened birds in the southern Neotropic (Santa Fe, Argentina). *Biodiversity and Conservation* 28: 2531-2553.
40. de Castro Pardo, M.; Martínez, P.F.; Martínez, J.M.G. & Martín, J.M.M. 2020. Modelling natural capital: A proposal for a mixed multi-criteria approach to assign management priorities to ecosystem services. *Contemporary Economics* 14: 22-38.
41. Martín, G.M.; González, B. & Monjeau, A. 2021. Continental assessment of South American marsupial conservation priorities: A methodological approach using a spatially explicit conservation indicator. *Biological Conservation* 256: 109045.
42. Arzamendia, V. & Giraudo, A.R. 2004. Usando patrones de biodiversidad para la evaluación y diseño de áreas protegidas: las serpientes de la provincia de Santa Fe (Argentina) como ejemplo. *Revista Chilena de Historia Natural* 77: 335-348.

43. Giraudo, A.R.; Krauczuk, E.R.; Arzamendia, V. & Povedano, H. 2005. Análise Crítica das Áreas Protegidas na Mata Atlântica da Argentina: 245-261. *En: Galindo-Leal, C. & Gusmão Câmara (eds.). Mata Atlântica: Biodiversidade, Ameaças e Perspectivas.* Fundação SOS Mata Atlântica. Belo Horizonte.
44. Gil, G. & Moreno, C.E. 2007. Los Análisis de Complementariedad Aplicados a la Selección de Reservas de la Biosfera: Efecto de la Escala: 63-70. *En: Halffter, G.; Guevara, S. & Melic, A. (eds.). Hacia una Cultura de Conservación de la Diversidad Biológica.* Monografías Tercer Milenio, S.E.A. Zaragoza.
45. Etchepare, E.G.; Giraudo, A.R.; Arzamendia, V.; Bellini, G.P. & Álvarez, B.B. 2017. Eficiencia de las unidades de conservación definidas en la Reserva Natural Iberá (Argentina) en la protección de la diversidad de reptiles. *Iheringia. Série Zoologia* 107: e2017011
46. Rebelo, A.G. & Siegfried, W.R. 1992. Where should nature reserves be located in the Cape Floristic Region, South Africa? Models for the spatial configuration of a reserve network aimed at maximizing the protection of floral diversity. *Conservation Biology* 6: 243-252.
47. Elith, J.; Graham, H.; Anderson, R.P.; Dudik, M.; Ferrier, S.; Guisan, A.; Hijmans, R.J.; Huettmann, F.; Leathwick, J.R.; Lehmann, A.; et al. & Zimmermann, N.E. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129-151.
48. Mateo, R.; Felicísimo, A. & Muñoz, J. 2011. Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural* 84: 217-240.
49. Noss, R.F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology* 4: 355-364.
50. Dale, V.H. & Beyeler, S.C. 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators* 1: 3-10.
51. Moore, J.L.; Balmford, A.; Brooks, T.; Burgess, N.D.; Hansen, L.A.; Rahbek, C.; & Williams, P.H. 2003. Performance of sub-Saharan vertebrates as indicator groups for identifying priority areas for conservation. *Conservation Biology* 17: 207-218.
52. Moreno, C.E.; Sánchez-Rojas, G.; Pineda, E. & Escobar, F. 2007. Shortcuts for biodiversity evaluation: a review of terminology and recommendations for the use of target groups, bioindicators and surrogates. *International Journal of Environment and Health* 1: 71-86.
53. Grantham, H.S.; Pressey, R.L.; Wells, J.A. & Beattie, A.J. 2010. Effectiveness of biodiversity surrogates for conservation planning: different measures of effectiveness generate a kaleidoscope of variation. *PLoS One* 5: e11430.
54. Soberón, J.; Jiménez, R.; Koleff, P. & Golubov, J. 2010. La Informática sobre la Biodiversidad: Datos, Redes y Conocimiento. *En: Toledo, V.M. (ed.). La Biodiversidad de México.* Fondo de Cultura Económica, México.
55. Maldonado, C.; Molina, C.I.; Zizka, A.; Persson, C.; Taylor, C.M.; Albán, J.; Chilquillo, E.; Rønsted, N. & Antonelli, A. 2015. Estimating species diversity and distribution in the era of Big Data: to what extent can we trust public databases? *Global Ecology and Biogeography* 24: 973-984.
56. Gutiérrez, E.E. & Pine, R.H. 2017. Specimen collection crucial to taxonomy. *Science* 355: 1275.
57. Moreno, C.E. 2001. Métodos para Medir la Biodiversidad. M&T—Manuales y Tesis SEA,
58. Pineda-López, R. 2019. Estimadores de la Riqueza de Especies. *En: Moreno, C.E. (ed.). La Biodiversidad en un Mundo Cambiante: Fundamentos Teóricos y Metodológicos para su Estudio.* Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Libermex, Ciudad de México.
59. Peterson, A.T.; Soberón, J.; Pearson, R.G.; Anderson, R.P.; Martínez-Meyer, E.; Nakamura, M. & Araujo, M.B. 2011. *Ecological Niches and Geographic Distributions (MPB-49).* Princeton University Press.
60. Faivovich, J.; Nicoli, L.; Blotto, B.L.; Pereyra, M.O.; Baldo, D.; Barrionuevo, J.S.; Fabrezi, M.; Wild, E.R. & Haddad, C.F.B., 2014. Big, bad, and beautiful: Phylogenetic relationships of the Horned Frogs (Anura: Ceratophryidae). *South American Journal of Herpetology* 9: 207-227.
61. Lobo, F.; Barrasso, D.A.; Paz, M. & Basso, N.G. 2018. Phylogenetic relationships within a patagonian clade of reptiles (Liolaemidae: *Phymaturus*) based on DNA sequences and morphology. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 56: 549-569.