

# DECISION POINT

*Conectando a los responsables de  
políticas de conservación, investigadores y  
administradores de recursos naturales*

*en Español*

**NÚMERO ESPECIAL**  
Edición #E03

## Peces de agua dulce la biodiversidad inexplorada del Neotrópico



**Mejorando los beneficios  
del aviturismo: ideas y  
oportunidades**



**Conservación y  
posconflicto en Colombia**



**Sinergias entre turismo y  
conservación marina en  
Chile**

### **Decision Point**

Decision Point es la revista bimensual del ARC Centre of Excellence for Environmental Decisions (Centro de Excelencia para Decisiones Ambientales). Presenta noticias y puntos de vista sobre la toma de decisiones ambientales, la biodiversidad, la planificación para la conservación y el monitoreo ambiental. Ver la contraportada para más información. Decision Point está disponible gratuitamente a través de la página <http://www.decision-point.com.au/>

### **Además**

Herramientas acústicas para conservación de mamíferos marinos

Atajos demográficos para informar conservación  
¿Cuánto cuesta monitorear mamíferos con cámaras trampa?

Tecnologías de conservación

...y más!

# DECISION POINT

en Español

Numero #E03

## Contenido

Un mensaje de la directora de CEED	3
Editorial de Latino América	4
Biodiversidad no descrita de Peces Neotropicales: ¡para conservarla precisamos conocerla!	5
Mejorando los beneficios del aviturismo Ideas y oportunidades	7
No me ves pero me escuchas Acústica para el monitoreo de mamíferos marinos y las actividades antrópicas que los afectan	9
Una Colombia en paz con el medio ambiente Desarrollo y conservación en el postconflicto	11
Atajos demográficos para determinar la vulnerabilidad e invasibilidad de plantas y animales	13
Muestreo de mamíferos con cámaras trampa	15
Sinergias entre turismo y uso sostenible de los recursos marinos en Chile	17
Agua, aves y prevención de derrumbes Tres servicios ecosistémicos, una estrategia	19
Usando el conocimiento actual ¿Podemos predecir con acierto dónde y cómo estarán las especies en las próximas décadas?	22
Escenarios de uso de suelo y servicios ecosistémicos bajo los efectos del cambio global	24
Tecnologías de conservación	26



**Foto principal de portada:** especie de pez de agua dulce Neotropical aun siendo descrita formalmente (crédito Daniel Konn-Vetterlein).

**Equipo editorial de Decision Point en Español:** Eduardo Gallo-Cajiao (The University of Queensland), Duan Biggs (Griffith University) y Andrés Felipe Suárez-Castro (The University of Queensland).

**Diseño y diagramación:** Michelle Baker.

## DECISION POINT

*Decision Point es la revista gratuita del ARC Centre of Excellence for Environmental Decisions (CEED). CEED es una red de investigadores trabajando en ciencia de conservación para la toma de decisiones efectivas que mejoren la protección de la biodiversidad. Nuestra membresía incluye investigadores principalmente basados en la University of Queensland, the Australian National University, the University of Melbourne, the University of Western Australia y RMIT University.*

<http://www.decision-point.com.au/>



## Un mensaje de la directora de CEED

Por Kerrie Wilson (Directora, Centro de Excelencia para la toma de Decisiones Ambientales de Australia).



El Centro de Excelencia para la toma de Decisiones Ambientales (CEED por sus siglas en inglés) fue creado en el 2011 con financiamiento del Consejo de Investigaciones de Australia (ARC por sus siglas en inglés). Los Centros de Excelencia del ARC son de clase mundial con equipos de investigación internacionalmente competitivos, quienes investigan y buscan soluciones para problemas complejos e importantes en Australia así como en el resto del mundo.

Desde su creación, CEED ha estado a la vanguardia del desarrollo de la ciencia para la toma de decisiones ambientales. Nuestro objetivo es beneficiar las ciencias ambientales, políticas públicas y la gestión de la biodiversidad en Australia y alrededor del mundo, mediante la búsqueda de soluciones a problemas complejos en un mundo cambiante y con muchas incertidumbres. Nuestros investigadores son líderes reconocidos internacionalmente en aspectos fundamentales de las ciencias ambientales, y damos una prioridad alta al desarrollo profesional de la próxima generación de investigadores en conservación de la biodiversidad.

Entre los más de 170 investigadores asociados al CEED desde su creación, ha habido una fuerte representación de aquellos países de habla hispana. En los dos últimos años, hemos tenido nueve estudiantes doctorales de Colombia, Chile, Costa Rica y España. El intercambio internacional de estudiantes es uno de las mayores fortalezas del sector de educación Universitaria mundialmente, y es precisamente una estrategia que el CEED promueve vehementemente.

Estoy segura que la investigación producida por el CEED está contribuyendo a llenar vacíos significativos de información para la conservación de la biodiversidad. Sabemos que globalmente, la investigación en conservación no está siendo ejecutada en los países donde es más requerida, ni mucho menos a la velocidad que se necesita. Este esfuerzo disparado probablemente sea en detrimento de los esfuerzos para conservar la biodiversidad globalmente. Recientemente, mi grupo analizó más de diez mil publicaciones sobre conservación en revistas científicas publicadas desde el 2014. Cuando comparamos los países donde las investigaciones correspondientes se han realizado con los lugares del planeta donde la mayoría de la biodiversidad se concentra, hallamos una correspondencia extremadamente baja. Esto sugiere que la mayoría de investigaciones en conservación no se están haciendo en los lugares donde es más imperiosa. Esta baja correspondencia fue particularmente pronunciada en algunos países del Neotrópico, incluyendo Perú, México, Ecuador y Costa Rica.

Este sesgo geográfico en la ciencia de la conservación es un problema que me preocupa profundamente. Por último, si la investigación esta sesgada hacia sitios lejanos de los centros más biodiversos del planeta, inevitablemente se acentuarán los impactos de la crisis global de biodiversidad y se reducirá nuestra capacidad para proteger y gestionar los recursos naturales que proveen bienestar para la humanidad. Estamos satisfechos de saber que el CEED está ayudando a corregir esta disparidad con científicos en muchos de estos países donde más investigación es requerida, así

como entrenando la próxima generación de líderes alrededor del mundo.

Varios estudiantes del mundo hispanohablante trabajando en el CEED han ejecutado investigaciones muy valiosas en el Neotrópico. Por ejemplo, María José Martínez-Harms, una estudiante doctoral de Chile enfocó su tesis en cuantificar y evaluar los servicios ecosistémicos de la región central de su país. Por otro lado, Xyomara Carretero-Pinzón, investigó la ecología espacial de primates en los llanos orientales de Colombia. Finalmente, Rocío Ponce-Reyes, estudiante doctoral de México, cuantifico la vulnerabilidad del bosque nublado al cambio climático en su país.

Nuestro centro de investigaciones espera con gran emoción tener más oportunidades para contribuir a resolver preguntas importantes de conservación en Centro y Sur América, trabajando colaborativamente con nuestro colegas hispanoparlantes. Muchos de nosotros estaremos viajando al Congreso Internacional de Biología de la Conservación, del cual Colombia es su anfitrión este año. Espero poder tener la oportunidad de conocer, compartir e iniciar nuevas colaboraciones para generar conocimiento que ayude a solucionar los problemas ambientales del mundo. 🌱

**Más información:** Kerrie Wilson ([k.wilson2@uq.edu.au](mailto:k.wilson2@uq.edu.au)).

### Referencia

Wilson, K. A., Auerbach, N. A., Sam, K., Magini, A. G., Moss, A., Langhans, S. D., Budiharta, S., Terzano, D. and Meijaard, E. (2016). Conservation research is not happening where it is most needed. PLOS Biology 14: e1002413. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pbio.1002413>.



Figura 1. Ejes temáticos de investigación del CEED.

# Editorial de Latino América

## Conservando el futuro en comunidad

*Por Pablo Marquet (Profesor de Ecología, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile).*

En francés, existen dos maneras de hablar sobre el futuro: le future y l'avenir. La primera se condice con la noción de hacia dónde vamos, la segunda con lo aquello que impactará nuestro camino, o lo que viene, y que muy probablemente será la consecuencia de nuestros actos.

Pero ¿a dónde vamos? Definitivamente vamos a profundizar nuestra condición humana actual de hiperdensidad y desigualdad. Un mundo que va a estar, en todo los sentidos posibles de la palabra, incapaz de ver más allá de nuestras narices, sumido en la oscuridad de un humanismo alienante, que nos ha hecho erigirnos como la medida de todas las cosas, el ser racional, la conciencia del universo. Patrañas. La verdad es que no existe fundamento para nuestra existencia y si somos algo, somos el otro. Antes de continuar, déjenme darles un pequeño aviso acerca de lo que están leyendo; es un ensayo en un revista de conservación que intenta vincular la ciencia de la conservación con la toma de decisiones. El punto de mi ensayo es que el problema humano, el problema de la conservación y en última instancia todos los problemas, pasan por una concepción del hombre en el mundo. Como alguna vez dijo el filósofo Alexandre Koyré, antes de una revolución científica es necesaria una revolución filosófica. A ambas cosas quiero contribuir con este ensayo.

Pero volvamos a donde estábamos, ¿qué significa esto de ser el otro? Significa que nos construimos en comunidad, de hecho, somos nuestra comunidad. Esto es consecuencia de que una de las dinámicas característica del fenómeno humano es que, en lo humano, llega a su mayor expresión la capacidad de aprendizaje social, es decir el aprender del otro o copiar los comportamientos, los sonidos que emite o lenguaje, el cómo piensa el otro. Desde que nacemos, en nuestro entorno perinatal nos empezamos a construir con el otro en una dinámica de enseñanza y aprendizaje. En esta interacción dinámica de aprendizaje social generamos lo que se denominada cultura y a su evolución acumulativa que por lo demás no es privativo de lo humano, sino que se expresa con distinto grado en distintos seres vivos. El problema surge cuando vivimos en una cultura que niega al otro, que piensa que el individuo se debe a sí mismo, que no le debe nada a nadie y por lo tanto es legítimo maximizar la ganancia y el bienestar individual. Este es el mundo del llamado Homo economicus (HC). Este HC dice que la verdad no existe, niega a su comunidad y su historia biológica y se refugia en una narración del mundo que desconoce lo más fundamental de su existencia: su comunidad. Aquí están los liberalismos y todos aquellos sistemas políticos que avalan la existencia del HC y niegan el fenómeno humano como construcción con el otro. Ahora este otro es también el otro humano y el resto de mundo que experimentamos, es una pradera, una playa, un pájaro, es el resto de la naturaleza. Aquí estamos, y vamos hacia una versión aún más extrema de lo mismo. La negación del otro y de nosotros mismos. La negación de la naturaleza. La negación del cambio climático. Todo se niega en pos de rectificar la existencia de lo que no existe! Cul de sac.

¿Qué es lo que viene? Lo que viene, si no hacemos algo que lo impida, es la consecuencia de nuestros actos y será portentosa. Un acto a la altura de lo que somos, una fuerza bio-geo-física, que ha transformado nuestro planeta en una casa pequeña llamada antropoceno, la constatación de nuestra miseria planetaria. Un grupo de científicos de los cuales fui parte nos reunimos para

pensar este futuro probable y el rol de la ciencia ecológica y la teoría en poder cambiarlo o predecirlo. La conclusión fue que es muy probable que cuando seamos 9 billones la transformación de nuestro planeta alcanzará niveles tales que se traducirán en alteraciones importantes del estado de la biosfera. No quiero ser pesimista, pero al final del día, el planeta es finito. Esto implica que los conflictos entre los usos industriales y productivos del espacio geográfico y la conservación serán cada vez más evidentes, así como las crisis de gobernanza asociadas a una gran masa de refugiados políticos, climáticos y económicos que se moverá por el planeta. Esto va a ser particularmente fuerte en el continente Americano en las próximas décadas.

¿Qué podemos hacer? El problema es urgente y por lo tanto demanda soluciones rápidas para salvar al paciente (nosotros en el mundo), pero luego hay que preocuparse por su calidad de vida y por superar la patología crónica que lo aqueja. Respecto de lo primero, es imprescindible proteger y mejorar los sistemas de áreas protegidas para que sean resilientes ante cambios globales y especialmente cambios en el clima. Segundo, fortalecer las instituciones asociadas a la conservación creando, por ejemplo, una red internacional de ministerios del ambiente que permita coordinar acciones de conservación, sobre todo entre aquellos países que comparten ecosistemas, como los países andinos y amazónicos. Tercero, hay que empoderar al ciudadano creando mecanismos simples que permitan obtener información rápida sobre los procesos y el origen de las materias primas presentes en los bienes de consumo y su huella ecológica. Hay, que pensar dos veces por quien votamos y qué es lo que consumimos. Sin embargo, sino atacamos el problema de fondo, la deslocalización de la existencia humana, la pérdida del sentido de comunidad, la falta de una reflexión crítica sobre el fenómeno de lo vivo y el fenómeno de lo humano, el miedo a una deconstrucción radical que nos ponga de regreso en el mundo como uno más, solo habremos postergado el desenlace y la gran crisis que se cierne. Enseñar a nuestros hijos y nietos, a nuestros alumnos, sobre el valor del otro, del mundo en que vivimos, enfatizar la importancia de cultivar una nueva ética. Reflexionar profundamente en la deslocalización de nuestra existencia y luego hacer la revolución que cambiará el mundo. Peccata minuta! 🍷

**Más información:** Pablo Marquet ([pmarquet10@me.com](mailto:pmarquet10@me.com)).

# Biodiversidad no descrita de Peces Neotropicales: ¡para conservarla precisamos conocerla!

Por Pablo Lehmann Alborno (Laboratório de Ictiologia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Brasil) y Roberto E. Reis (Laboratory of Vertebrate Systematics, PUCRS, Brasil; IUCN Freshwater Fish Specialist Group, Regional Chair for South America).

El Neotrópico cuenta con una de las faunas de peces de agua dulce más ricas del planeta, pero su conservación pende de un hilo al tener aún muchos vacíos de información sobre su diversidad misma. La pérdida de la biodiversidad de peces de agua dulce en la región Neotropical es un evento latente y constante que estamos enfrentando. Adicionalmente, desconocemos aún más la biodiversidad de especies de peces no descrita que puede estar desapareciendo cada año como consecuencia de deficiencias en el conocimiento taxonómico y sistemático de este grupo. Actualmente existen alrededor de 5160 especies descritas de peces de agua dulce en América del Sur, aunque se estima una diversidad final de 8000 a 9000 especies.

Por un lado es probable que el estatus de conservación de esta fauna íctica esté en mejores condiciones en América del Sur que en otras regiones del mundo, pero por otro lado es probable que haya un estancamiento en nuestros esfuerzos por conservarla. En los últimos 10 años (2008 a Junio de 2017) fueron descritas 1084 especies de peces en la región Neotropical (Figura 1), o aproximadamente 20% del total. Aproximadamente 10 especies de peces fueron descritas por mes, y 116 por año. Si tenemos en cuenta que los años con mayor número de especies de peces descritas en el mundo fueron 2008 con 523 especies y 2012 con 466 especies, y que hasta junio de 2017 se han descrito aproximadamente 190 especies, podríamos esperar que 2017 sea el año con menos descripciones de especies de peces en los últimos 10 años. Considerando que no estamos cercanos a finalizar el levantamiento taxonómico y sistemático de la biodiversidad de peces de agua dulce del Neotrópico, qué factores podrían estar influenciando este patrón? disponemos de pocos recursos humanos y económicos para describir esa biodiversidad? existe

un encriptamiento taxonómico de la biodiversidad de peces? o tal vez perturbaciones antrópicas afectan directamente la pérdida de biodiversidad, es decir, podríamos estar perdiendo especies antes que estas puedan llegar a ser descritas? o quizá podríamos pensar que existe una sinergia, o interacción, entre todas estas hipótesis que inciden directamente en el proceso de mejorar nuestro conocimiento de la biodiversidad de peces neotropicales.

Dentro de esta fascinante e importante fauna, los bagres representan un buen ejemplo de los retos taxonómicos y sistemáticos que quedan por afrontar. Los bagres pertenecen al orden Siluriformes e incluyen varias especies de valor comercial, así como de subsistencia. Hasta el momento (Junio de 2017), se han descrito 3815 especies, siendo el segundo grupo más representativo en cualquier cuenca de América del Sur. De aquellas especies, 2230 son Neotropicales y, es probable, que falte aún un 35% del total de especies de bagres suramericanos por describir.

Entre todas las familias de peces de agua dulce Neotropicales, los bagres acorazados de la familia Loricariidae, representan el mayor número de especies descritas (228) en los últimos diez años. Muchos de estos peces presentan una distribución restringida, representando una alta diversidad, como es el caso de la reciente descripción de siete nuevas especies de cascudos del género *Eurycheilichthys* (Loricariidae: Hypoptopomatinae) descritos de una pequeña cuenca del Sur de Brasil por Reis (2017). Otro ejemplo para una amplia área del continente es un nuevo género de loricáridos de la Amazonia, Orinoco y Guyanas que se encuentra en proceso de descripción y que puede agrupar alrededor de 15 especies, la mayoría aun no conocidas formalmente. Especies recientemente descritas de este grupo fueron temporalmente colocadas en

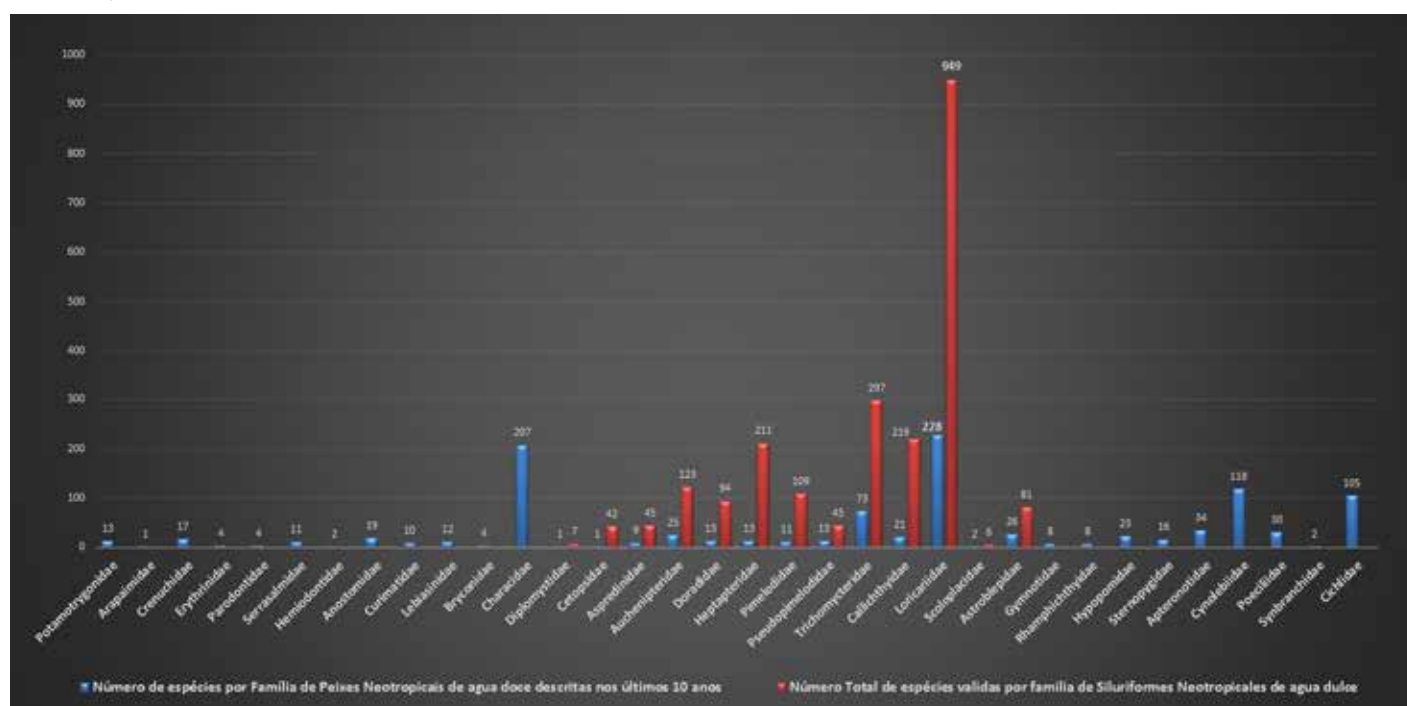


Figura 1. Número de especies por familia de peces Neotropicales de agua dulce descritas en los últimos 10 años, y número total de especies de Siluriformes descritas.



*Parotocinclus*, como es el caso de *Parotocinclus halbothi* Lehmann et al., 2014, descrita para Brasil y Surinam y *Parotocinclus variola* Lehmann et al., 2015, descrita para la Amazonia Colombiana (Figura 2).

Los complejos de especies de peces son relativamente comunes en el Neotrópico, los cuales podrían estar enmascarando la fidelidad de los datos de la biodiversidad actual de peces. Regiones pobremente exploradas, o con escasos registros de colectas de peces, también estarían abrigando una gran diversidad de peces no conocida, particularmente de pequeño porte. Este es muy probablemente el caso de amplias áreas de la Amazonia occidental, tanto al norte como al sur del cauce principal del río Amazonas en países como Brasil, Colombia, Ecuador y Perú. Otras regiones con gran potencial también incluyen el piedemonte y las elevaciones superiores de los Andes tropicales.

Adicional a la complejidad intrínseca de la diversidad de peces de agua dulce Neotropicales, se suma el gran reto de trabajar en contextos institucionales inestables y con limitada capacidad. Los recursos económicos destinados para realizar investigación en América del Sur, que de manera general ya son de alguna forma restrictivos para la mayoría de los países suramericanos, dependen mucho de la situación económica general de cada país, que actualmente no es la mejor. Ya de por sí los recursos y apoyo para realizar investigación científica en general, así como la formación de recursos humanos, son escasos, y aún más lo son aquellos destinados a áreas como la taxonomía y sistemática en pro del conocimiento de la biodiversidad de peces de agua dulce.

La carrera por describir especies antes que se extingan ya ha comenzado, y los peces del Neotrópico presentan un buen modelo para avanzar potencialmente el conocimiento de la diversidad de muchos otros grupos. La diversidad de peces de la región Neotropical podría considerarse como un buen modelo para representar la falta de conocimiento de la biodiversidad a escala continental, ya que contiene cerca de la mitad de todas las especies de peces de agua dulce del mundo. Siendo así, la formación de taxónomos, así como la ejecución de acciones específicas que fomenten el conocimiento y descripción de las especies de peces, deben ser consideradas prioritarias para avanzar la agenda de conservación. Revitalizar los campos de la taxonomía y sistemática es necesario ahora más que nunca, ya que quizá la velocidad a la que las especies potencialmente lleguen a extinguirse sea mayor que la velocidad a la cual las estamos describiendo. Solo a través de la formación de investigadores podremos seguir esclareciendo y solucionando los problemas taxonómicos y complejos que logren informar políticas y acciones de conservación. 🍀

**Más información:** Pablo Lehmann Alborno (pablale@unisinos.br).

## Referencias

- Eschmeyer, W. N. and Fong, J. D. (2014). Species of fishes by family/subfamily. Available: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>
- Lehmann A. P., Lazzarotto, H. and Reis, R. E. (2014). *Parotocinclus halbothi*, a new species of small armored catfish (Loricariidae: Hypoptopomatinae), from the Trombetas and Marowijne river basins, in Brazil and Suriname. *Neotropical Ichthyology* 12: 27-33.

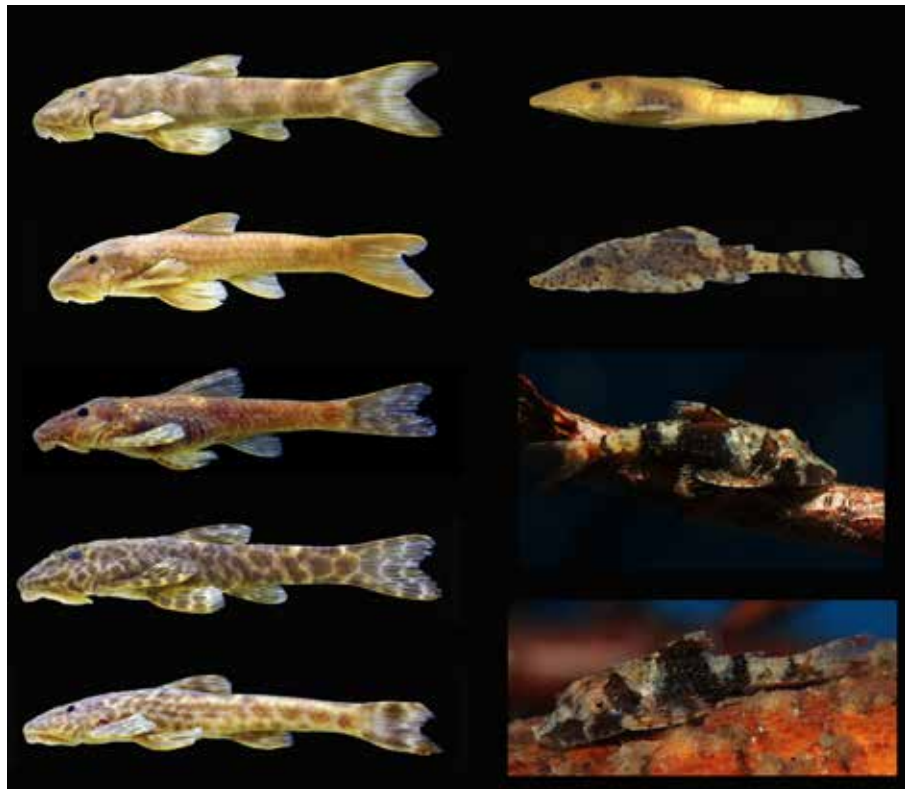


Figura 2. Algunas de las nuevas especies de loricáridos descritas recientemente (al lado izquierdo: *Eurycheilichthys apocremnus*, *E. castaneus*, *E. coryphaenus*, *E. luisae*, *E. paucidens*; al lado derecho arriba *Parotocinclus halbothi*, *P. variola*, y dos fotos de una especie no descrita de la cuenca del Río Amazonas, mostrando su particular coloración (Creditos: Daniel Konn-Vetterlein).

- Lehmann A. P., Schvambach, L. J. and Reis, R. E. (2015). A new species of the armored catfish *Parotocinclus* (Loricariidae: Hypoptopomatinae), from the Amazon basin in Colombia. *Neotropical Ichthyology* 13: 47-52.
- Lévêque, C., Oberdorff, T., Paugy, D., Stiassny, M. L. J. and Tedesco, P. A. (2008). Global diversity of fish (Pisces) in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 545-567.
- Ota, R. R., Message, H. J., Graça, W. J. and Pavanelli, C. S. (2015). Neotropical Siluriformes as a model for insights on determining biodiversity of animal groups. *PLOS ONE* 10: 1-13.
- Reis, R. E., Albert, J. S., Di Dario, F., Mincarone, M. M., Petry, P. and Rocha, L. A. (2016). Fish biodiversity and conservation in South America. *Journal of Fish Biology* 89: 12-47.
- Reis, R. E. (2017). Unexpectedly high diversity in a small basin: a taxonomic revision of *Eurycheilichthys* (Siluriformes: Loricariidae), with descriptions of seven new species. *Neotropical Ichthyology* 15: 1-28.



Figura 1. Especies endémicas, como el Atlapetes de Santa Marta (*Atlapetes melanocephalus*), atraen muchos turistas 'pajareros' del mundo angloparlante (foto: Christopher Calonje).

## Mejorando los beneficios del aviturismo

### Ideas y oportunidades

Por Dra Rochelle Steven (Centre for Biodiversity and Conservation Science, University of Queensland, Australia).

El aviturismo, conocido también como turismo para la observación de aves o turismo de pajarero, es un mecanismo con gran potencial para la conservación en muchas regiones alrededor del mundo. Los beneficios para especies amenazadas provenientes de inversiones en infraestructura asociadas a este tipo de turismo pueden llegar a ser significativos, pero aún hay mucho por aprender. Hasta ahora, hemos logrado tener un buen entendimiento de aquellos beneficios en el Reino Unido, Norte América y, en menor medida, Sur África. Sin embargo, algunas de las regiones con las avifaunas más ricas del mundo, como el Neotrópico, no han sido suficientemente examinadas y casos potenciales de conservación no han sido debidamente reconocidos. Hay muy pocas investigaciones en inglés acerca de casos en los cuales organizaciones de conservación no gubernamentales han sido apoyadas a través de subsidios derivados de operaciones ecoturísticas. Adicionalmente, los detalles acerca de los factores que hacen que estos proyectos sean exitosos y sostenibles no son ampliamente promovidos. El mercado del aviturismo es influenciado por 'pajareros' con varios grados de dedicación y compromiso a este pasatiempo, muchos de los cuales viajan a una multitud de destinos con el fin de observar especies de aves nuevas o exóticas. En muchos casos, estos 'pajareros' también son atraídos por experiencias adicionales relacionadas con animales salvajes, especialmente en el caso de aquellos 'pajareros' que son más casuales o generalistas. Las aves permanecen dentro de su objetivo principal de turismo, juzgando por los binoculares colgando de sus cuellos, pero ellos no ignoran muchas otras atracciones del medio natural.

Una encuesta realizada internacionalmente con 'pajareros' angloparlantes en el 2013 acerca de sus destinos favoritos (aquellos que de hecho ya fueron visitados) y deseados (aquellos que aún no han sido visitados), reveló algunas motivaciones interesantes. Increíblemente, el 40% de aquellos 'pajareros' identificaron Latino América entre las regiones más deseadas para ser visitadas, es decir, que quieren visitarla pero no lo han hecho aún. La gran riqueza de especies, muchas de las cuales son endémicas a esta región zoogeográfica, fue una de las razones por las cuales muchos 'pajareros' tienen esta región encabezando su lista de deseos. Los 'pajareros' son generalmente atraídos por elevados

niveles de riqueza y endemismo, por lo cual están dispuestos a pagar entre US \$34 y US \$97 para acceder a sitios que cumplan con estas características. Cuando les preguntamos a los mismos 'pajareros' sobre sus sitios favoritos que ya han visitado, también mencionaron la belleza escénica en un contexto más amplio en adición a especies de aves en particular como razones para su selección. Estos resultados sugieren, que si bien las aves son una de las principales motivaciones de los turistas 'pajareros', muchos otros aspectos de la naturaleza en los sitios visitados hacen que sus experiencias sean inolvidables. Dicho patrón apoya el desarrollo e implementación de iniciativas de conservación a escala del paisaje y no de especies en particular.

Aun cuando Latino América es uno de los grandes destinos potenciales para muchos 'pajareros' angloparlantes, existen otras barreras que los separan de hacer sus planes una realidad. Cuando aquellos 'pajareros' fueron encuestados acerca de sus destinos favoritos, es decir, aquellos que ya han visitado, las respuestas afirmativas bajaron de 40% a 24%. Esto quiere decir que si bien muchos de estos turistas desean visitar esta región, solo una menor proporción la ha visitado de hecho. Una tendencia similar fue detectada para Papúa Nueva Guinea, región para la cual muchos 'pajareros' mencionaron grandes deseos de visitarla, aunque la mayoría de los mismos han visitado Nueva Zelanda en cambio. Investigaciones en turismo han revelado que los 'pajareros' necesitan mucho más que aves para ejecutar sus deseos y volverlos realidad.

Primero que todo, la seguridad es una preocupación mayor dado que muchos países con avifaunas increíbles tienen altos niveles de criminalidad. Así que a menos que la seguridad pueda ser garantizada en alguna medida, más aun teniendo en cuenta que muchos de los equipos para la observación de aves son costosos, es muy probable que muchos 'pajareros' terminen por posponer sus planes a sitios particulares. Un reto adicional es el manejo de la reputación en aquellas regiones que han sido históricamente agobiadas por la violencia, pero que más recientemente han logrado avanzar hacia procesos sociales potencialmente más estables y con menos violencia, como es el caso de Colombia. En este contexto, los procesos de reordenamiento asociados al fin de procesos de violencia, deberían tener en cuenta el desarrollo





Figura 2. Más allá de las aves, la belleza escénica también cuenta un papel fundamental en las experiencias buscadas por los turistas 'pajareros' (foto: Christopher Calonje).

económico en un marco de sostenibilidad ambiental. Solo a través de tal estrategia pueden ser aseguradas las condiciones necesarias para el aviturismo, el cual requiere seguridad, infraestructura e integridad ecosistémica. Ecuador, por ejemplo, ha demostrado la habilidad para desarrollar turismo que genera beneficios sociales de la mano con la conservación de la biodiversidad, lo cual lo ha convertido en un destino para muchos 'pajareros'.

Como segundo requerimiento, está la infraestructura. Si bien es cierto muchos 'pajareros' están dispuestos a acampar en medio del barro y el monte con tal de observar una especie en particular, la mayoría del mercado angloparlante está compuesto de personas en una edad que quizá requieren un poco más de comodidades. Esto claro esta no significa tener hoteles cinco estrellas, pero si ciertamente acceso a agua potable, duchas, y una cama con cierta privacidad. Adicionalmente tener accesos a asistencia médica podría llegar a ser importante dada la edad de muchos de estos 'pajareros'.

Finalmente, el desarrollo de infraestructura especializada es importante. Esta puede incluir escondites, senderos y plataformas

que además de mejorar la experiencia de observación de aves también minimizan el impacto de esta actividad en el medio ambiente. Usualmente los 'pajareros' aprecian, prefieren y utilizan este tipo de infraestructura, dado que así ellos pueden tener mejores experiencias en las cuales los animales pueden llegar a estar más cerca. Escondites para observación de aves pueden adicionalmente llegar a ser estructuras arquitectónicas increíbles que pueden ser incorporadas en el paisaje. Este tipo de estructuras presenta una buena oportunidad para agregar información interpretativa, como especies presentes y amenazas locales para la biodiversidad, mediante letreros asociados a ellas. A propósito, en un estudio reciente, muchos 'pajareros' mencionaron su deseo de saber más sobre acciones locales de conservación, lo cual se puede lograr a través de este tipo de iniciativas entregando información local a todos los visitantes.

En general, los 'pajareros' son propensos a apoyar acciones de conservación de aves. Ellos están dispuestos a hacer contribuciones específicas en lugares particulares, ellos quieren aprender más sobre la conservación de aves y tienen en mente pagar cantidades de dinero sustanciales con tal de tener una buena experiencia. Claramente, aún hay mucho potencial para más crecimiento responsable de la industria del aviturismo, así como para comunicar muchos de los casos que ya existen y han sido exitosos en Latino América. Recomendamos a los operadores de turismo y organizaciones de conservación no gubernamentales que compartan estos éxitos con el público en general así como con la comunidad científica. De este modo, es posible seguir construyendo un modelo con el cual logremos seguir avanzando en metas de conservación que beneficien comunidades locales. Nosotros sabemos que el potencial existe, ahora solo necesitamos cuantificar casos reales que permitan proponer modelos diseñados para el futuro que sean aún más efectivos. 🍷

**Más información:** Rochelle Steven ([r.steven@uq.edu.au](mailto:r.steven@uq.edu.au)).

#### Referencias

- Steven, R., Morrison, C. and Castley, J. G. (2015). Birdwatching and avitourism: a global review of research into its participant markets, distribution and impacts, highlighting future research priorities to inform sustainable avitourism management. *Journal of Sustainable Tourism* 23: 1257-1276.
- Steven, R., Smart, J. C., Morrison, C. and Castley, J. G. (2016). Using a choice experiment and birder preferences to guide bird-conservation funding. *Conservation Biology*. Online early view.



Figura 3. Países con procesos históricos de violencia, lentamente hacen una transición hacia sociedades más estables y menos violentas donde al aviturismo se puede convertir en una realidad (foto: Christopher Calonje).



# No me ves pero me escuchas

## Acústica para el monitoreo de mamíferos marinos y las actividades antrópicas que los afectan

Por Angela Recalde-Salas y Chandra Salgado Kent (Centre for Marine Science and Technology, Curtin University, Australia).



Figura 1. Ballena azul (*Balaenoptera musculus*) en Geographe Bay, Australia occidental (Chandra Salgado Kent).

El grupo de mamíferos marinos, del cual forman parte la carismática ballena jorobada, los acrobáticos delfines y la amenazada vaquita, tiene un rol fundamental en la ecología de los océanos, y constituye un grupo importante para la economía de comunidades costeras que dependen del ecoturismo.

El desarrollo costero está impactando la calidad del hábitat de estas especies. Actividades como exploraciones sísmicas, construcción de puertos y tránsito de embarcaciones han contribuido al deterioro de la calidad del agua y el valor ecológico de los sistemas, así como al incremento de los niveles normales de ruido subacuático, generando un nuevo tipo de polución: la contaminación por ruido.

La contaminación por ruido puede ocasionar impactos físicos, fisiológicos, comportamentales y/o ecológicos en las especies en un corto o largo plazo. Como respuesta a esta presión, la comunidad científica, entidades gubernamentales y no gubernamentales han desarrollado programas y estrategias de monitoreo acústico pasivo (PAM por su nombre en inglés). Estos programas tienen como objetivo no solamente monitorear el estado de las especies sino también las actividades antrópicas que las afectan.

Los mamíferos marinos utilizan sonidos para diferentes actividades que incluyen comunicación, navegación, alimentación, reproducción, entre otras. Esto facilita el uso de monitoreo acústico, el cual es en muchas ocasiones preferido sobre métodos de monitoreo visual porque es más económico, se puede implementar por periodos largos de tiempo, y es independiente de las condiciones climáticas. Adicionalmente, ofrece áreas de monitoreo más amplias dado que los sonidos pueden ser detectados a grandes distancias, y además es completamente independiente, es decir no crea ruido adicional en el sistema a monitorear, por lo cual es ideal para determinar impactos por ruido. A pesar de sus ventajas, hasta el momento no existen protocolos estandarizados para este tipo de monitoreo. Por lo general, industrias y gobiernos tienen guías generales que pueden o no cumplir con los requisitos mínimos necesarios para un monitoreo efectivo.

Un ejemplo de monitoreo acústico es 'Southwest Whale Ecology Study' (SouWEST), el cual se realiza en Geographe Bay – Australia Occidental. Geographe Bay es uno de los pocos lugares donde se pueden observar ballenas azules (*Balaenoptera musculus*) y jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) migrando cerca a la costa

(Figura 1). Por esta razón, el avistamiento de ballenas es una de las actividades económicas importantes de la región. Esta actividad puede afectar las especies debido a contaminación por ruido; por lo tanto, es importante monitorear su estado y los niveles de ruido generados por embarcaciones, y para esto se necesita desarrollar protocolos de monitoreo óptimo.

En nuestro estudio, utilizamos acústica para monitorear la migración de ballenas jorobadas y azules en Geographe Bay y obtener información de migraciones, estimar rangos de detección de sonido en diferentes condiciones de ruido y caracterizar sus vocalizaciones. Esta información permite generar parámetros para el desarrollo de protocolos para monitoreo eficiente de ballenas, los cuales pueden ser utilizados en planes de manejo por entidades gubernamentales.

Las dos especies de estudio son acústicamente muy diferentes. Mientras la ballena jorobada es una de las especies más estudiadas, vocaliza en rangos de frecuencia medios, es muy activa vocalmente y tiene un tamaño poblacional alto, la ballena azul es menos estudiada, menos activa vocalmente, vocaliza en un rango de frecuencia bajo y es una especie con una población mucho más reducida. Estas diferencias permiten observar las limitaciones y ventajas del método y definir protocolos más flexibles.

### Identificando presencia de especies, estableciendo rangos de detección y describiendo el ambiente de ruido subacuático

En este estudio se analizaron grabaciones de noviembre a diciembre para los años 2008 – 2012. Adicionalmente, se realizaron observaciones visuales para complementar la información acústica obtenida. Las grabaciones fueron analizadas mediante espectrogramas que permiten visualizar los sonidos (Figura 2). La diferencia en la frecuencia de vocalización de cada especie facilitó la identificación inicial de los sonidos, la cual fue apoyada mediante literatura. Sin embargo, es muy común encontrar señales nuevas, en donde la identificación de la especie emisora del sonido requiere de observaciones visuales que permitan verificar el origen de la señal. En este estudio, las observaciones visuales facilitaron la identificación de cinco vocalizaciones nuevas para ballenas azules. Adicionalmente, en diversas ocasiones las

observaciones visuales registraron la presencia de una mayor cantidad de grupos de ballenas a los detectados mediante acústica; esto fue particularmente notorio para ballenas jorobadas. En esta especie, las hembras con crías vocalizan menos que los machos. Por lo tanto, aunque el monitoreo acústico puede generar una gran cantidad de información, puede también presentar un alto grado de incertidumbre. Si los protocolos de monitoreo no consideran la variabilidad en las tasas de vocalización entre especies y dentro de las cohortes de las poblaciones, es posible sesgar el monitoreo a ciertas partes de la población o ciertas especies.

Otra parte importante del monitoreo acústico es establecer distancias máximas de detección de la especie de estudio. Para esto es necesario conocer las características batimétricas y geológicas del suelo marino, las cuales dependiendo de su composición facilitan la transmisión del sonido. Dependiendo de la frecuencia, ciertas señales pueden propagarse a mayores distancias que otras. En Geographe Bay, la estimación del rango máximo de detección de ballenas azules, las cuales vocalizan a menos de 100 Hz, es de 6–8 km. Para ballenas jorobadas, con vocalizaciones en frecuencias promedio de 200–500 Hz, el rango puede alcanzar los 20–30 km. En este punto, es importante considerar el ruido ambiental y antropogénico del área.

Dependiendo de las características geomorfológicas, los niveles de ruido pueden cambiar dependiendo de la intensidad de corrientes y oleaje, la presencia de embarcaciones o actividades sísmicas. En Geographe Bay, la presencia de embarcaciones en muchos casos duplicó los niveles de ruido en el área, y redujo el área de detección de ballenas jorobadas a 10–20 km y de ballenas azules a 4 km. Adicionalmente, cuando las señales de actividades antrópicas se registran en la misma frecuencia a la de la especie de estudio, es posible que la vocalización no se detecte y por lo tanto se “enmascare” la presencia de una especie.

## Consideraciones para el desarrollo de planes de monitoreo acústico

Con base en los resultados podemos decir que la estandarización de programas de monitoreo acústico es compleja. Sin embargo, hay ciertos parámetros indispensables:

1. Especie o grupo de especies a monitorear: si el programa va dirigido a una especie en particular, el conocimiento teórico de la frecuencia de vocalización ayudará a identificar la presencia de la misma y permitirá definir el tipo de equipo

utilizar, alta/baja frecuencia o las dos. Si el monitoreo es generalizado, una lista de especies potenciales presentes en el área puede ayudar con la identificación de especies y reducir la incertidumbre. Es importante recordar que se pueden presentar sonidos cuyo emisor no puede ser identificado sin observaciones visuales.

2. Niveles de ruido y transmisión de sonido: el área de transmisión de sonido depende de las características geomorfológicas del área, es diferente para cada frecuencia y es altamente afectada por los niveles de ruido. Por lo tanto, las estrategias de monitoreo deben ser flexibles y considerar dichas características para así establecer el área de monitoreo efectivo.
3. Acústica ecológica y detección imperfecta: dado que el monitoreo acústico se basa en individuos vocalizando, es importante maximizar las probabilidades de detección de especies o cohortes con tasas de vocalización bajas. Esto se logra mediante tiempos de grabación de longitud adecuada o un mayor número de grabadoras. Lo mismo aplica para áreas con altos niveles de ruido o durante actividades antrópicas que producen ruido con una duración prolongada.

Entonces, ¿Qué podemos concluir? Lo más importante es comprender que no todas las áreas, especies y actividades pueden monitorearse de la misma manera. Los protocolos de monitoreo deben considerar parámetros generales de transmisión de sonido y acústica ecológica, ser flexibles a condiciones particulares del lugar a monitorear y a la vez cubrir los cambios físicos, antropogénicos del área. 📌

**Más información:** Angela Recalde Salas ([angela.recaldesalas@uqconnect.edu.au](mailto:angela.recaldesalas@uqconnect.edu.au)).

## Referencias

- Recalde-Salas, A., Salgado Kent, C. P., Parsons, M. J. G., Marley, S. A. and McCauley, R. D. (2014). Non-song vocalizations of Pygmy Blue Whales in Geographe Bay, Western Australia. *The Journal of the Acoustical Society of America* 135: EL213-EL218.
- Salgado Kent, C. P., Gavrilov, A. N., Recalde-Salas, A., Burton, C. L. K., McCauley, R. D. and Marley, S. A. (2012). Passive acoustics monitoring of baleen whales in Geographe Bay, Western Australia. In: *Proceedings of the Annual Conference of the Australian Acoustical Society*, p.148. Fremantle.

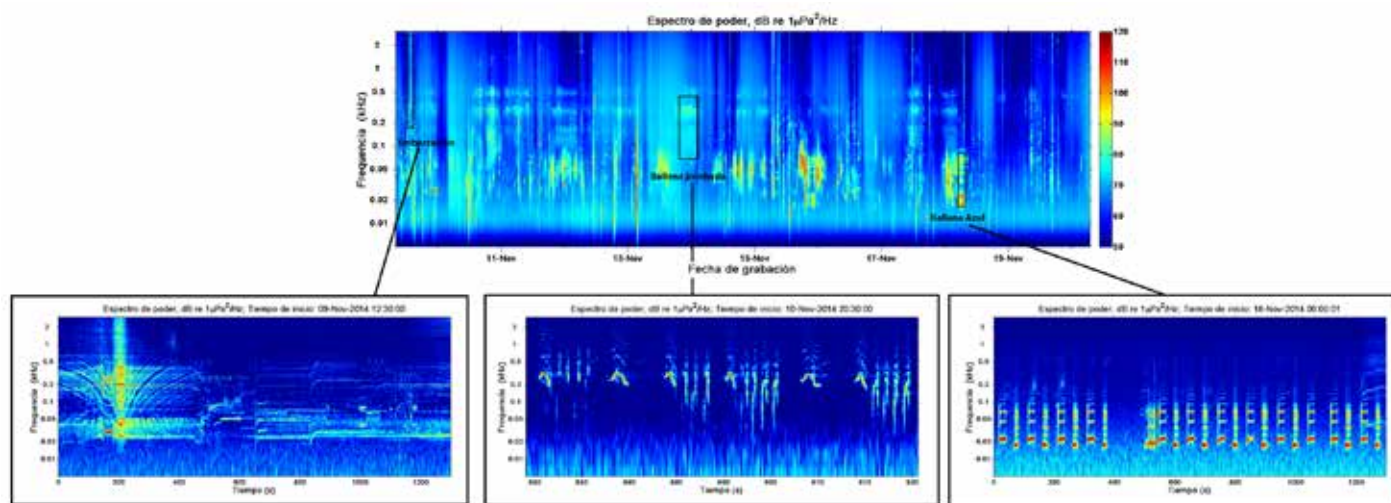


Figura 2. Ejemplo de espectrograma. Se indican algunas señales biológicas y antrópicas identificadas Geographe Bay. La barra de color indica la intensidad / distancia del emisor, señales cercanas al rojo son más intensas y cercanas.





Figura 1. Parque Nacional Natural Alto Fragua Indi-Wasi – Caquetá, Colombia.

## Una Colombia en paz con el medio ambiente

### Desarrollo y conservación en el postconflicto

Por Pablo José Negret (University of Queensland, Australia) y Cristina Gómez García-Reyes (Unidad de Parques Nacionales Naturales de Colombia).

Colombia es uno de los países más biodiversos en el mundo con un estimado del 10% de la biodiversidad global dentro de su territorio. Con las tres cordilleras de los Andes, las regiones de la Amazonia, Orinoquia, Chocó, y dos océanos, el país presenta unas condiciones únicas para la proliferación de formas de vida. Sobre este escenario de remarcable biodiversidad, Colombia avanza en la resolución de uno de los conflictos armados más antiguos de América Latina, con una duración de más de cincuenta años, que ha afectado de diversas maneras su riqueza biológica.

El pasado 12 de noviembre de 2016 se firmó el "Acuerdo para la Terminación del Conflicto y la Construcción de una Paz Sostenible y Duradera" entre el Gobierno Nacional y las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia - FARC. A raíz de dicho acuerdo, se han diseñado programas y políticas que buscan garantizar la presencia del Estado y una construcción de nación en lugares donde históricamente no ha existido intervención pública. Este paso hacia el fin del conflicto se enmarca en la búsqueda de un desarrollo social y económico con equidad y justicia social, y en la construcción de un nuevo paradigma de desarrollo como meta esencial de un país en paz.

La construcción de la paz en Colombia implica un reto en diversos ámbitos, y una responsabilidad especial para el sector ambiental. Esta coyuntura significa una oportunidad para viabilizar modelos sostenibles a través de la incorporación de consideraciones socio-ambientales en la planificación e implementación de los acuerdos. Desconocer ese aspecto podría conducir a impactos irreversibles del patrimonio natural del país y al fracaso económico y social de muchas de las intervenciones que se implementen.

Una de las consecuencias más palpables del conflicto armado en Colombia ha sido el despoblamiento y aislamiento de diversas

zonas debido al riesgo que implica para los habitantes permanecer en las mismas durante periodos de conflicto intenso. Este despoblamiento y aislamiento ha tenido repercusiones negativas en términos sociales como el fracturamiento de los sistemas productivos, el debilitamiento de las cadenas comerciales, y un aumento en la pobreza y el crimen en los centros poblados y ciudades. En términos ambientales ha derivado paradójicamente en la conservación y regeneración de ecosistemas en ciertas áreas en conflicto. Pero esta interacción entre conflicto armado y medio ambiente puede tener diferentes efectos, no siempre positivos.

En muchas de las zonas de dominio de los grupos armados se desarrollan actividades informales e ilegales de minería, siembra de cultivos de uso no lícito y tráfico de fauna, que tienen efectos negativos sobre la biodiversidad. Así mismo, en estos lugares se ha restringido el desarrollo de la investigación científica, lo que ha generado vacíos de información sobre el estado de especies, comunidades y ecosistemas. Esta falta de conocimiento detallado puede conducir a desatenciones de condiciones ambientales especiales, resultar en nuevas afectaciones a ecosistemas estratégicos y/o vulnerables, o en la ejecución de acciones de conservación poco efectivas e inclusive ineficientes, derivando así mismo en la afectación de la biodiversidad.

Hoy en día, la riqueza natural de las zonas en conflicto ofrece una serie de posibilidades para dinamizar las economías rurales en el marco de uno de los puntos consignados en el Acuerdo Final: la Reforma Rural Integral, que busca impulsar la integración de las regiones y el desarrollo social y económico equitativo del país. Una verdadera transformación estructural del campo requiere adoptar medidas que promuevan el uso adecuado de la tierra con base en su vocación y a la luz de un ordenamiento socio-ambientalmente sostenible del territorio. Es probable que esta Reforma conduzca a



un cambio rápido en el desarrollo de la agricultura y las actividades extractivas en zonas anteriormente aisladas por el conflicto, un fenómeno observado en otros países que recientemente han superado el conflicto armado como Camboya y Liberia. Este proceso de cambio, que se espera sea positivo para la sociedad colombiana, puede tener graves consecuencias para el medio ambiente si no cuenta con una adecuada planificación. Es necesario considerar los aspectos físicos y ambientales que limitan y determinan el uso del suelo, así como considerar el ecoturismo, la bioprospección y el pago por servicios ambientales como estrategias de desarrollo local sostenible que integren los modelos productivos con la valoración del patrimonio cultural y ambiental del país. Esto significa discernir que lo rural no es únicamente lo agropecuario, y que desde lo ambiental se presentan oportunidades concretas para dinamizar las economías y los modos de vida locales, validando conocimientos propios y fortaleciendo modelos asociativos para la diversificación de la producción rural y la construcción de territorios viables y en paz.

Es también fundamental reconocer en este marco que la conservación va más allá de las áreas protegidas. El uso y la gestión sostenible de los ecosistemas al interior de las unidades productivas campesinas y en la matriz del paisaje en donde estos se encuentran inmersos, es un componente necesario que permite reconocer el valor de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos dentro de la planificación, el ordenamiento, y los modelos de ocupación de los territorios. Se trata entonces de asumir dentro de un mismo frente de desarrollo la gestión social, productiva y ambiental de la mano de entidades, institutos de investigación, universidades, organizaciones y comunidades, en un panorama de corresponsabilidad y cooperación que marque las pautas de transformación del campo en Colombia.

El final de un largo y trágico conflicto armado en Colombia es, además de motivo de celebración, un reto mayor para los colombianos y la comunidad internacional. Se debe buscar que la apertura inminente de nuevos desarrollos territoriales se constituya en un escenario positivo, que no genere conflictos sociales ni degradación ambiental. Como se mencionó anteriormente, la relación en algunos casos positiva entre cobertura de bosque e intensidad del conflicto armado está cambiando en Colombia.

Miles de kilómetros que actualmente están bajo el control de grupos armados ilegales paulatinamente se están volviendo accesibles para industrias enmarcadas en nuevas proyecciones de legalidad. La herencia natural de Colombia, remarcable incluso a nivel global, implica la responsabilidad de planear un desarrollo económico que no vaya en detrimento del ambiente natural por efecto de la implementación de programas y proyectos. Lo anterior no significa dejar intactas todas las zonas marginales y marginadas de Colombia. Significa promover formas de desarrollo planificadas, que integren nociones y estándares de sostenibilidad, regulando usos y ordenando el territorio.

La formulación de un plan de zonificación ambiental para delimitar la frontera agrícola e industrial y controlar el uso de áreas que requieren manejo ambiental especial está considerada dentro de la política del post-acuerdo. Un plan de zonificación pobremente diseñado, y programas y políticas de gobierno desarticulados, puede resultar en un aumento en la deforestación, la creación de áreas protegidas ineficientes o residuales, y la pérdida de áreas altamente biodiversas. Por el contrario, un plan de zonificación integralmente diseñado y con la coordinación entre las entidades y sus proyecciones, tiene el potencial de limitar el deterioro ambiental e incrementar la protección formal de las áreas naturales más insustituibles. La institucionalidad ambiental, de la mano de la comunidad científica colombiana, se deberá comprometer activamente en el desarrollo de esta planificación prioritaria del territorio que permita asegurar resultados positivos y duraderos para la biodiversidad de la nación. Colombia se encuentra frente a una valiosa oportunidad de implementar un proyecto de país sostenible sobre la marcha del posconflicto, y es preciso integrar conocimientos y esfuerzos para que sea a través de la planificación colectiva que se orienten acciones conducentes a un país en paz con el medio ambiente. 🌱

**Más información:** Pablo José Negret ([p.negret@uq.edu.au](mailto:p.negret@uq.edu.au)).

#### Referencia

Negret, P. J., Allan, J., Brackowski, A., Maron, M., Watson, J. E. M. (2017). Need for conservation planning in postconflict Colombia. *Conservation Biology*: 1-6.



Figura 2. Cultivo de coca y vía informal – Sur de Bolívar, Colombia.



# Atajos demográficos para determinar la vulnerabilidad e invasibilidad de plantas y animales

Por Roberto Salguero-Gómez (Department of Zoology, University of Oxford, UK; Centre of Excellence for Environmental Decisions, The University of Queensland, Australia; Laboratory of Evolutionary Demography, Max Planck Institute for Demographic Research, Germany).

Uno de los principales objetivos de la biología de la conservación es identificar qué especies dejarán de existir a corto plazo debido al cambio climático e intervenciones humanas directas (incendios accidentales, ganadería intensiva, fragmentación de bosques, etc.), así como qué especies se convertirán en invasoras, resultando potencialmente en pérdida de biodiversidad. Contestar estas preguntas es en principio bastante fácil: uno simplemente ha de esperar el suficiente tiempo para ser testigo de tales comportamientos. No obstante, el ímpetu científico, guiado por la necesidad social, reside en predecir extinciones e invasiones antes de que ocurran. La extinción de una especie típicamente resulta en importantes cambios en la composición de la comunidad ecológica y una pérdida de servicios ecológicos ofrecidos por la especie extinta que suelen ser de carácter irremediable (a no ser que se consideren técnicas genéticas de “de-extinción”, las cuales son muy caras y de ética debatible). En el caso opuesto, el de la invasión, una vez que una especie se ha naturalizado en un nuevo ecosistema y comienza a comportarse como una invasora, la inversión de capital económico y humano para controlarla, por no mencionar erradicarla, es frecuentemente muy limitado y de eficacia variable.

Numéricamente, la extinción local o total de una especie, por una parte, o su invasión a un nuevo territorio, por otra, son en esencia consecuencia de procesos de dinámicas de poblaciones, y por ello una aproximación demográfica a este problema es adecuada. Dichos procesos demográficos de extinción e invasión se pueden resumir con la tasa de crecimiento poblacional y de resiliencia. Si la tasa de crecimiento poblacional es cercana a cero, la población de interés se dice estar cercana al equilibrio demográfico; ello quiere decir que el número de muertes y eventos de emigración igualan a los de reclutamiento de nuevos individuos vía reproducción e inmigración, con lo cual la población no cambia de tamaño en el tiempo. Cuando la tasa de crecimiento poblacional es negativa, es probable que la población de interés esté en problemas ya que su tamaño poblacional decrece, y si las condiciones bióticas y abióticas que la circunscriben no son modificadas, podría desaparecer. Cuando la tasa de crecimiento poblacional es

positiva, se espera que la población aumente en tamaño con el tiempo, y si dicho valor es muy alto, es muy probable que se trate de una especie de gran potencial invasor. Por otra parte, la resiliencia demográfica indica la rapidez con la cual una población podría volver a su equilibrio demográfico tras una perturbación externa (incendios, inundaciones, etc.) dadas sus características demográficas. Entre mayor sea el valor de esta variable de resiliencia, más rápidamente volverá la población a su equilibrio dinámico.

Tanto las tasas de crecimiento poblacional como la resiliencia pueden estimarse utilizando diversas técnicas demográficas. Algunas de ellas incluyen estudios de *captura, marcaje y recaptura* en el caso de especie móviles (Figura 1a), como mamíferos y aves, o de parcelas permanentes (Figura 1b), en el caso organismos sésiles, como corales y plantas. Independientemente de la técnica, el demógrafo debe estimar tasas de supervivencia, crecimiento, reproducción y establecimiento de una muestra de la población para poder derivar estas importantes variables demográficas de tasas de crecimiento y resiliencia.

El poder predictivo de la probabilidad de extinción o de invasión de dichas herramientas demográficas es alto. No obstante, éstas requieren una cantidad importante de datos demográficos de, típicamente, cientos de individuos de la especie de interés, recopilados en el campo durante varios años. Desafortunadamente, este aspecto limita la aplicabilidad de modelos demográficos en el contexto de la biología de la conservación, donde las respuestas son necesarias en una escala temporal mucho más corta.

El trabajo que lidero en mi grupo de investigación en la Universidad de Oxford y el Instituto Max Planck de Investigaciones Demográficas tiene como objeto último desarrollar atajos demográficos para determinar la vulnerabilidad e invasibilidad de plantas y animales. Mucha información demográfica ya está disponible a través de revistas científicas, cubriendo un total estimado de más de 3,000 especies a lo largo del árbol de la vida, desde bacterias hasta algas, secuías, corales, leones,

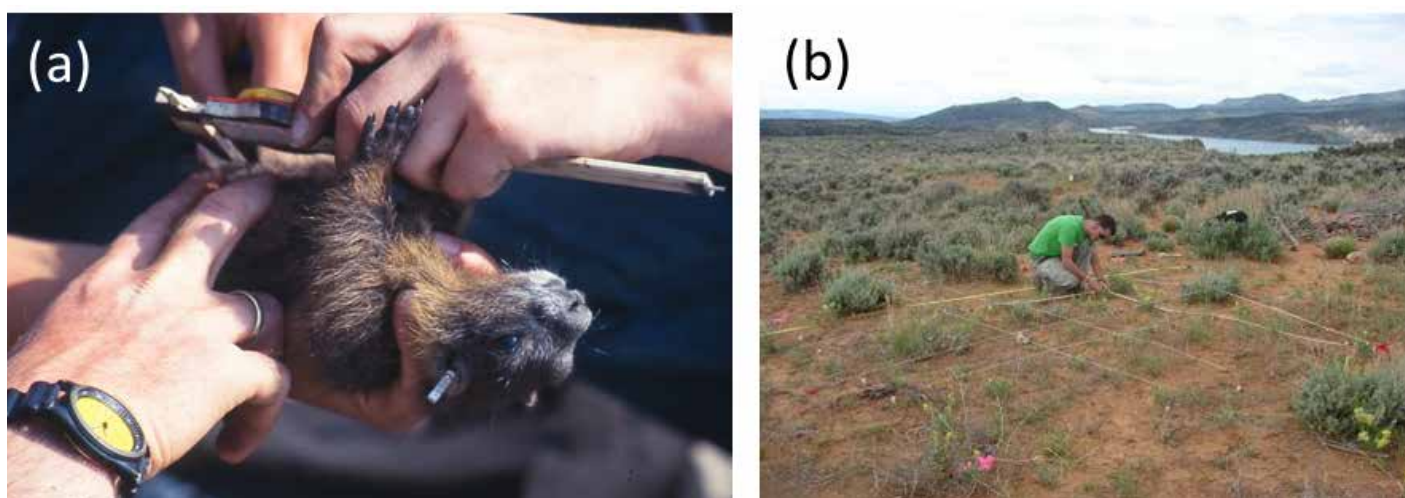


Figura 1. Existen diversas técnicas demográficas para poder estimar tasas de supervivencia, crecimiento, reproducción y reclutamiento para describir las dinámicas poblacionales de cualquier organismo, ya sea (a) móvil (ej., marmota de vientre amarillo, *Marmota flaviventris*), o (b) sésil (ej., *Cryptantha amarilla*, *Cryptantha flava*). (Crédito foto izquierda: A. Ozgul; crédito foto derecha: R. Salguero-Gómez).

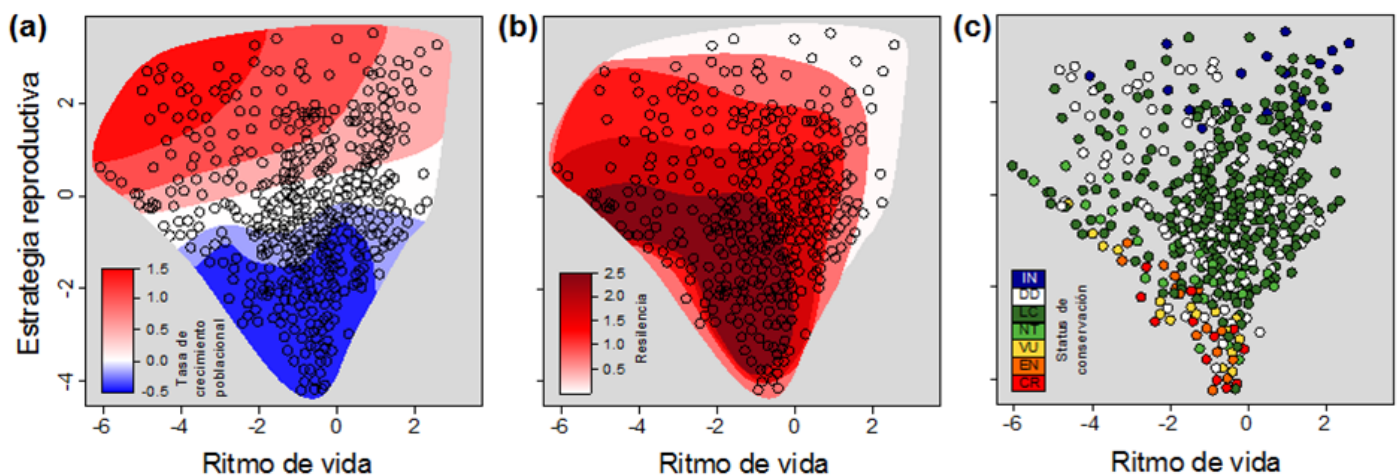


Figura 2. Dos índices básicos que describen las estrategias demográficas de plantas tan variables como plantas anuales, herbáceas perennes, arbustos, suculentas o árboles. Estos índices son el Ritmo de Vida, con especies que crecen rápidamente y tienen longevidad corta a la izquierda de los paneles, y especies de crecimiento corto y alta longevidad a la derecha; y la Estrategia Reproductiva, con especies que se reproducen sólo una vez en su vida abajo, y especies que se reproducen múltiples veces en la zona de arriba de los paneles. La combinación de los índices de ritmo de vida y estrategia reproductiva predicen (a) la tasa de crecimiento poblacional, (b) la habilidad de recuperación de una población tras haber sido afectada por una perturbación como incendios o inundaciones, así como (c) el status de conservación de la especie. IN: invasora, DD: no hay suficientes datos para estimar status; LC: de mínima preocupación para su conservación; NT: casi en peligro de extinción; VU: vulnerable; EN: en peligro de extinción; CR: en peligro crítico de extinción.

monos y humanos. En uno de mis proyectos, lidero una red de colaboración con más de diez universidades alrededor del mundo, incluyendo la Universidad de Queensland en Australia. En esta red, estamos digitalizando, corroborando y complementando con más información datos demográficos de plantas y animales ya publicados pero dispersos a lo largo de la complicada trama de revistas científicas. Esta información está ahora completamente abierta a la comunidad científica, y al público en general, gratuitamente en [www.compadre-db.org](http://www.compadre-db.org) gracias a nuestros esfuerzos.

En una investigación reciente, calculamos rasgos de historia vital de más de 400 especies vegetales de esta base de datos. Estos rasgos cuantifican a grandes rasgos la forma en que una especie invierte recursos en supervivencia, crecimiento, reproducción y reclutamiento, e incluyen medidas demográficas tales como la esperanza media de vida, la tasa de crecimiento individual y la frecuencia de reproducción a lo largo del curso de vida de los individuos en una población dada. Utilizando análisis filogenéticos y multivariados, se descubrió que la mayoría de la variación en las estrategias de historia vital que las plantas exhiben se pueden describir con un par de rasgos de historial vital. Dicho de otra forma, basta tan sólo con saber algo sobre el ritmo de vida (ej. que tan rápido crecen los individuos en la población, y cuál es su longevidad aproximadamente) y la estrategia reproductiva de una planta para poder describirla demográficamente.

Este resultado, aunque bastante innovador debido a la elegancia y simplicidad del método, tendría poco valor para los biólogos de la conservación o administradores de áreas protegidas si no se afinara un poco más. En otra publicación más reciente, utilizando esta vez 650 especies vegetales de todos los continentes, he demostrado que la tasa de crecimiento poblacional está controlada por el ritmo de vida y la estrategia reproductiva (Figura 2a). Así mismo, la posición de las especies vegetales a lo largo de ambos ejes determina su resiliencia a perturbaciones externas (Figura 2b), donde las especies que tienen la habilidad de decrecer en tamaño, como los eucalyptos mallee del centro de Australia, o especies de vida corta, como el palo de oro (*Solidago* spp.), son las que se recuperan más rápidamente. La combinación de ambos ejes, el

ritmo de vida y la estrategia reproductiva, constituye un excelente atajo para determinar si una especie está en peligro de extinción o es una invasora potencial (Figura 2c).

Una de las aplicaciones de estos estudios es que, basándonos en miles de horas de cuidadoso trabajo de campo de cientos de investigadores que han cuantificado y publicado tasas demográficas, finalmente podemos comenzar a tomar algunos atajos a tal arduo trabajo. La información sobre el modo de vida de la especie, su grado de longevidad, y su modo de reproducción son claves para una primera pasada de reconocimiento sobre su potencial extinción o invasibilidad. Además, investigaciones preliminares de mi grupo de investigación con especies animales están revelando patrones muy parecidos a los encontrados en el reino vegetal. Esto nos permitirá por primera vez hacer predicciones demográficas desde una perspectiva mucho más amplia que hasta ahora, eliminando barreras taxonómicas entre plantas y animales y reduciendo los problemas del manejo de especies a dos variables de fácil aproximación: el ritmo de vida y la estrategia de reproducción. 🍷

**Más información:** Roberto Salguero-Gómez ([r.salguero@uq.edu.au](mailto:r.salguero@uq.edu.au)).

## Referencias

- Salguero-Gómez, R. (2017). Applications of the fast-slow continuum and reproductive strategy framework of plant life histories. *New Phytologist* 4: 1618–1624.
- Salguero-Gómez, R., Jones, O. R., Archer, C. A. et al. (2016a). COMADRE: a global database of animal demography. *Journal of Animal Ecology* 85: 371–384.
- Salguero-Gómez, R., Jones, O. R., Jongejans, E. et al. (2016b). The fast-slow continuum and reproductive strategies structure plant life history variation worldwide. *PNAS* 113: 230–235.
- Salguero-Gómez, R., Jones, O. R., Archer, C. A. et al. (2015). The COMPADRE Plant Matrix Database: an online repository for plant population dynamics. *Journal of Ecology* 103: 202–218.



# Muestreo de mamíferos con cámaras trampa

## Esfuerzo necesario para estimaciones de ocupación de mamíferos costo-eficiente

Por Nicolás Gálvez (Departamento Ciencias Naturales, Pontificia Universidad Católica de Chile) y Gurutzeta Guillera-Aroita (University of Melbourne, Australia).

La extinción de especies es uno de los principales problemas ambientales a los que se enfrenta la humanidad. Cerca de un 25% de los mamíferos del planeta están en riesgo de desaparecer. Parte de los esfuerzos para remediar la pérdida de especies es poder tener estimaciones precisas de sus poblaciones y así determinar su estado de conservación, establecer planes de acción y evaluarlos a lo largo del tiempo. Una de las formas para estudiar poblaciones de mamíferos y su distribución es a través de las estimaciones de la probabilidad de ocupación de sitios en relación a factores ambientales. Entre otras cosas, estas estimaciones nos informan sobre el área ocupada por la especie. Existen métodos para estimar ocupación que corrigen por la dificultad de detectar a la especie, lo que es muy útil porque la detección imperfecta es prevalente en la mayoría de las especies, particularmente en mamíferos ([Decision Point en Español no 1, página 20](#)). Por otro lado, hace 10 años que vivimos una revolución en relación a nuestra capacidad para estudiar mamíferos mediante el uso de herramientas como las cámaras trampa. Éstas funcionan de forma independiente, obteniendo fotos de animales en su ambiente natural accionadas por un sensor de movimiento (Figura 1).

Dado que los recursos económicos para monitorear especies es limitado, se hace cada vez más relevante tener herramientas que permitan tomar decisiones sobre el esfuerzo de muestreo necesario para estimar parámetros poblacionales con suficiente precisión y a un mínimo costo. En el ámbito del modelamiento de la ocupación de especies, existen diversos trabajos que tratan este tema,

proporcionando recomendaciones sobre la cantidad de esfuerzo a realizar y su distribución entre número de sitios de muestreo y duración de muestreo en cada uno de ellos. Sin embargo, los trabajos previos utilizan formas simples para estimar el costo de la toma de datos que no reflejan la realidad de instalar cámaras trampa como método de muestreo. Debido a esto, desarrollamos el trabajo llamado "[Cost-efficient effort allocation for camera-trap occupancy surveys of mammals](#)" en la revista "*Biological Conservation*", con el fin poder aportar a profesionales y académicos en el proceso de toma de decisiones de muestreo de mamíferos con problemas de conservación.

### Compromisos de muestreo (trade-offs) y simulación

La determinación del esfuerzo de muestreo en modelos de ocupación se centra en el número de unidades de muestreo y la duración del muestreo. Adicionalmente en nuestra evaluación consideramos la posibilidad de tener varias cámaras por unidad de muestreo. En teoría, un muestreo de duración corta puede alcanzar la misma probabilidad de detección que un muestreo más largo si se añaden más cámaras por unidad de muestreo. Esto es relevante si, por ejemplo, necesitamos reducir la duración de los muestreos por razones logísticas.

El esfuerzo de muestreo también depende de la ecología de la especie objetivo. A la hora de diseñar los muestreos para una especie, es necesario considerar los valores representativos de los rangos de probabilidad de ocupación ( $\psi$ ) y detección ( $p$ ) según

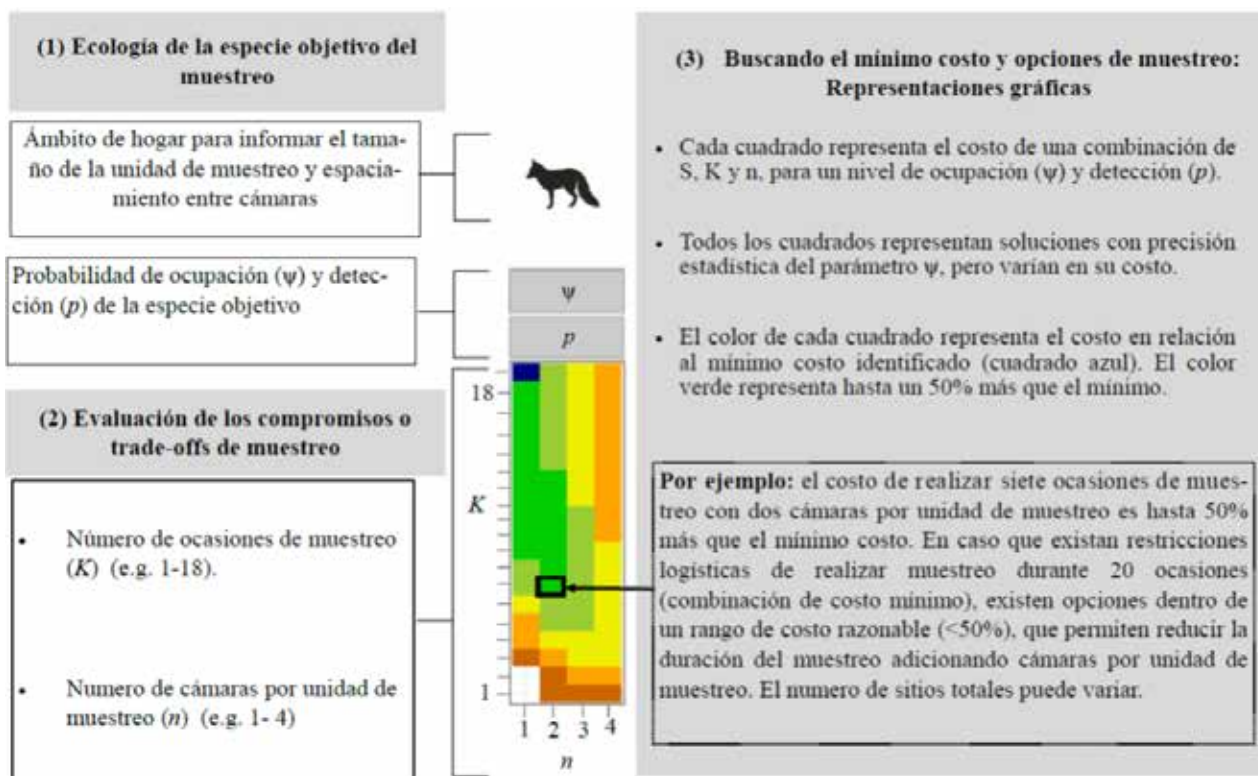


Figura 1. Esquema que muestra la información ecológica de la especie objetivo, los compromisos o trade-offs evaluados y como se determinó mínimo costo y otras soluciones costo eficientes. Mayor información en Gálvez et.al. (2016).

estimaciones previas u opinión experta. En nuestro estudio, con el fin de evaluar un amplio espectro de situaciones, se simularon todas las combinaciones o escenarios desde especies raras (i.e. poco abundantes) y elusivas (i.e. difíciles de detectar) hasta especies comunes (i.e. abundantes) y fáciles de detectar (i.e. conspicuas). Para cada escenario de ocupación y detección, se consideraron varias combinaciones de duración de muestreo (i.e. ocasiones de muestreo  $K$ ), y número de cámaras independientes por unidad de muestreo ( $n$ ; Figura 1). Para cada una de estas combinaciones, se calculó el número de sitios de muestreo ( $S$ ) requeridos para obtener una precisión estadística dada en la estimación de la probabilidad de ocupación ( $\psi$ ), y se evaluó el costo asociado con ese diseño del muestreo ( $n, K, S$ ). Finalmente, para cada escenario de ocupación ( $\psi$ ) y detección ( $p$ ), se identificó la combinación del número de ocasiones  $K$  y cámaras  $n$  que resultaba en el menor costo de muestreo. Para el resto de las combinaciones identificamos cuanto más era el costo en relación al mínimo. Por ejemplo, combinaciones de muestreo hasta 50% más caras que el mínimo fueron identificadas con color verde (Figura 1). Para todos los análisis anteriores se consideraron tres niveles de ámbitos de hogar (área de campeo) de especies (3, 10 y 30 km<sup>2</sup>). El tamaño de los sitios de muestreo se suele asociar al ámbito de hogar de la especie, y muestrear sitios más grandes conlleva más costos (ej. de desplazamiento). Adicionalmente se evaluaron todos los escenarios bajo dos condiciones de transporte entre unidades de muestreo: vehículo motorizado y caminando.

Este análisis permite observar el balance que existe en el diseño del esfuerzo de muestreo. Además, ayuda a identificar soluciones que pueden entregar información relevante para especies con problemas de conservación utilizando de forma óptima recursos económicos limitados.

## Estimación de costos

Un componente clave de nuestro estudio fue la elaboración de un modelo de costos asociados a muestreos con cámaras trampa. Para este fin se identificaron cinco áreas asociadas al costo de realizar un muestreo:

1. Salarios asociados a las operaciones de muestreo
2. Costos de la logística de terreno
3. Cámaras trampa y equipamiento asociado
4. Tiempo dedicado al procesamiento de datos de las cámaras trampa post muestreo
5. Costo asociado al número de vehículos necesarios para llevar a cabo un muestreo.

Los parámetros utilizados para determinar éstos costos se obtuvieron mediante una encuesta realizada en línea a 53 investigadores y administradores de vida silvestre con amplia experiencia en muestreos con cámaras trampa y trabajos en todos los continentes. Estos datos nos proporcionan información que representa el promedio en cuanto a las distintas condiciones a las cuales están expuestos los investigadores.

## Implicancias para orientar un muestreo

Las especies difíciles de detectar o con baja probabilidad de detección ( $p < 0.25$ ) son las que presentan los costos mínimos más elevados en todos los escenarios evaluados (Figura 2), tanto si son especies raras (probabilidad de ocupación  $\psi < 0.25$ ) como si son comunes (probabilidad de ocupación  $\psi > 0.5$ ). Los costos por unidad de muestreo se estabilizan en valores menores a \$1000 USD cuando las especies tienen una probabilidad de detección mayor a 0.5 en cada ocasión de muestreo (Figura 2). Adicionalmente, aquellos muestreos que requieren que los movimientos entre las

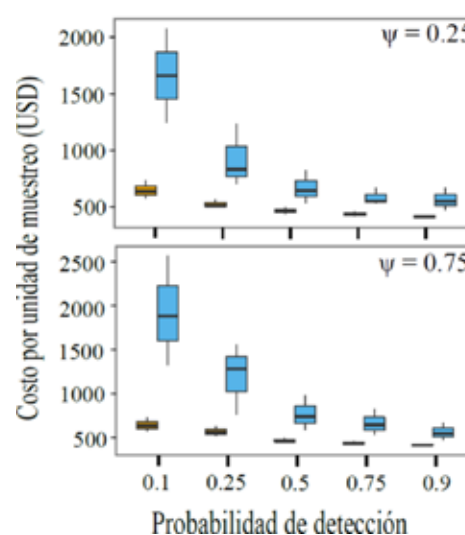


Figura 2. Costos por unidad de muestreo bajo distintos niveles de probabilidad de detección ( $p$ ) y dos niveles de ocupación ( $\psi$ ) para todos los escenarios evaluados. Los colores indican el medio de transporte utilizado entre unidades de muestreo: azul es para muestreos realizados a pie y el color naranja para aquellos realizados en un vehículo motorizado.

unidades de muestreo se realicen caminado (ej. parques nacionales sin redes de caminos) son más caros que muestreos donde el transporte entre unidades de muestreo se puede realizar en vehículo motorizado (ej. paisajes agrícolas; Figura 2). Por lo tanto las necesidades logísticas pueden tener un impacto importante en el costo de muestreo y particularmente para especies con baja probabilidad de detección.

Soluciones donde se obtienen costos mínimos con más de una cámara trampa por unidad de muestreo se obtienen en escenarios de baja probabilidad de detección y para especies con un ámbito de hogar mayor a 10 km<sup>2</sup>. Adicionalmente, para cada escenario, existen alternativas donde con un aumento de no más del 50% en el costo del muestreo se pueden ajustar muestreos a restricciones logísticas. Es decir, si es requerido por alguna razón, ya sea climática (ej. inundaciones) o política (ej. permisos en áreas protegidas o trabajos en zonas de conflicto), se puede reducir la duración del muestreo instalando más de una cámara por unidad de muestreo y aún mantener la precisión estadística deseada.

Cada condición de muestreo y especie objetivo tendrá una situación particular. El presente trabajo busca aportar a la toma de decisiones en la generación de información de mamíferos con problemas de conservación o de interés ambiental, resguardando recursos económicos cada vez más restringidos. El modelo conceptual está disponible en R (código libre), por lo cual se puede adaptar a condiciones específicas de trabajo en cualquier parte del mundo. 📌

**Más información:** Nicolás Gálvez ([ngalvezr@uc.cl](mailto:ngalvezr@uc.cl)).

## Referencias

- Gálvez, N., Guillera-Arriola, G., Morgan, B. J. T. and Z. G. Davies. (2016). Cost-efficient effort allocation for camera-trap occupancy surveys of mammals. *Biological Conservation* 204 (Part B): 350-359.





Figura 1. Barcos de pescadores en la costa de Chile cerca a Concepción.

## Sinergias entre turismo y uso sostenible de los recursos marinos en Chile

Por Duan Biggs (Environmental Futures Research Institute, Griffith University, Australia).

La biodiversidad está cada vez más amenazada y nuevas estrategias para su conservación son necesarias. Una de las amenazas más graves es la sobreexplotación de plantas y animales. Existen muchas personas y comunidades cuyo bienestar depende del uso de diferentes especies. Sin embargo, esa explotación tiene que ser sostenible y bien gestionada.

Al mismo tiempo que la presión sobre la biodiversidad está aumentando, el turismo basado en la naturaleza y su contribución a las sociedades y economías está creciendo alrededor del mundo. Por lo tanto, necesitamos mecanismos para promover la coexistencia de diferentes actividades, tales como la pesca sostenible y el turismo basado en la naturaleza. Estos tipos de mecanismos son importantes tanto para los sistemas marinos como terrestres.

### La gestión de los recursos marinos y turismo en Chile

Chile tiene una costa de 4270 km de longitud. Como resultado, la pesca, la recolección y la extracción de recursos marinos es una parte importante de la economía y de los medios de subsistencia de muchas personas. Para manejar la extracción de recursos marinos, Chile tiene un programa de Derechos Territoriales de Uso de Pesca (DTUP; ver recuadro). Acuerdos de DTUP otorgan derechos de uso a grupos de pescadores artesanales para el manejo sostenible de una o varias especies sobre un área de costa definida. Hay más de 800 áreas proclamadas como DTUP a lo largo de 2500 km de la costa Chilena, y se ha demostrado que los DTUP que son bien administrados y aplicados tienen una mayor diversidad de especies benthicas. También, las especies benthicas tienen tamaños más grandes en las zonas bajo DTUP.

Adicionalmente, Chile tiene una creciente industria del turismo basada en la naturaleza, que incluye turismo marino y costero. Además, el turismo marino y costero incluye el buceo recreativo. Por lo tanto, los DTUP en Chile son un lugar ideal para investigar la relación entre el turismo basado en la naturaleza y el uso sostenible de los recursos marinos.

Nuestro estudio examinó: 1) ¿cuál es la percepción entre los buzos recreativos del estado cambiante de la vida marina; 2) ¿cuál es la percepción de los DTUP entre los buzos? 3) ¿están los buzos dispuestos a pagar una tarifa de usuario para acceder a DTUP con mayor biodiversidad y abundancia? y 4) ¿cuáles variables predicen la disposición de los buzos recreativos a pagar una cuota de visitante para bucear en los DTUP?

### Percepciones de los buzos sobre las DTUP en Chile central

Nuestro estudio se enfocó en Chile central (Figura 1), en donde el buceo recreativo ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos diez años. Encuestamos a 135 buzos recreativos (excluyendo pescadores de lanza recreativos) usando un cuestionario en línea. Recopilamos información sobre una serie de variables socioeconómicas, la conciencia de los cambios en la condición ecológica marina y la actitud hacia la conservación. Además, evaluamos el conocimiento de cada buzo recreativo sobre cómo funcionan los DTUP, si creen que los DTUP cumple una función de conservación y si estarían dispuestos a pagar una cuota para bucear en un DTUP.

Nuestros resultados proporcionaron ideas sobre cómo el buceo

recreativo podría apoyar el funcionamiento de los DTUP al proporcionar tanto beneficios de conservación como beneficios para los pescadores artesanales. Los buzos percibieron que las especies de peces e invertebrados que les gusta ver habían disminuido en un 76% y 60% respectivamente. Hubo acuerdo casi unánime sobre la necesidad de reservas marinas en Chile, aunque sólo el 29% de los encuestados habían sido, o eran, miembros de una organización de conservación. El 56% de los encuestados dijo que entendía cómo funcionan los DTUP en términos de estructura y burocracia.

## Recuadro: DTUP y la conservación



Chile tiene una política nacional de DTUP siguiendo la ley de pesca y acuicultura de 1991. A través de esa ley nacional la subsecretaría de pesca otorga derechos de buceo de acceso exclusivo a las organizaciones pesqueras. Para ser otorgado un DTUP, las organizaciones de pesca de Chile deben desarrollar, con asistencia técnica, un plan de manejo de 5 años, el cual debe ser aprobado por la subsecretaría. Asimismo, los pescadores son responsables de la vigilancia y el cumplimiento de las medidas contra la pesca furtiva.

Los DTUP tienen el potencial de proveer importantes resultados de conservación. Acuerdos de DTUP otorgan derechos de uso a grupos de pescadores para el manejo sostenible de una o varias especies. La justificación de establecer derechos de uso está basada en la teoría de propiedad común. Esta asume que el acceso seguro y el control compartido sobre los recursos pueden proporcionar incentivos para desarrollar y mantener acuerdos entre los pescadores, quienes, a la vez manejarán y extraerán de manera colectiva y sustentable los recursos.

El primer sistema de DTUP en Chile fue establecido en 1997 y hasta la actualidad se han otorgado más de 800 DTUP. En Chile, los planes de manejo se aplican a las especies bentónicas de importancia económica, como por ejemplo locos (*Concholepas concholepas*) y erizos de mar. En las áreas con acuerdos de DTUP, las extracciones de especies excluidas del plan de manejo DTUP son prohibidas.

Para más información vea [Decision Point en Español No 2, página 14](#).

(Fotógrafo: Katrina Davis).

La mayoría de los participantes indicó que el buceo es mejor cuando se ven más peces. Adicionalmente, el 62% de ellos indicó que los DTUP desempeñan un papel importante de conservación, pues hay mayor diversidad de especies, un mayor número de individuos de tamaño grande y una mayor abundancia de individuos en DTUP que en áreas de acceso abierto. El 80% de los encuestados indicaron que iban a bucear más a menudo si había una regulación clara que permitiera el acceso a los DTUP donde hay mayor diversidad y abundancia de peces e invertebrados. Sin embargo, 58% indicaron que han tenido problemas al intentar acceder a los DTUP para bucear.

Setenta y seis por ciento de los buzos indicaron que estarían dispuestos a pagar para bucear dentro de los DTUP donde hay más biodiversidad y abundancia. Sin embargo, hubo una variación sustancial en la forma en que aquellos buzos estaban dispuestos a pagar por costos asociados a la administración de los DTUP. Treinta y ocho por ciento de los encuestados indicaron que estaban dispuestos a pagar una cuota de acceso a los DTUP, mientras que el 29% opinó que el pago debía ser hecho y administrado por un tercero.

Los resultados de nuestro análisis de regresión mostraron que los encuestados que consideraban que las DTUP desempeñaban un papel de conservación estaban positivamente relacionados con la disposición a pagar para entrar a bucear en los DTUP. Sin embargo, los encuestados que eran conscientes de la burocracia y las estructuras a través de la cual funcionan los DTUP estaban inversamente relacionados con la disposición a pagar.

## Implicaciones de gestionar turismo y el uso sostenible de los recursos marinos

La mayoría de los buzos recreativos están dispuestos a contribuir a los costos de gestión de los DTUP mediante el pago de una cuota de acceso. Por lo tanto, existe la posibilidad de aprovechar los ingresos del turismo basado en la naturaleza para apoyar el uso sostenible en la costa central de Chile. Sin embargo, la falta de confianza en el funcionamiento eficiente de la administración de los DTUP, y la incertidumbre sobre cómo la tasa de entrada a los mismos puede ser manejada y utilizada, presenta un gran desafío. Debido a que los DTUP son diversos en sus flujos de ingresos, infraestructura y capacidad de gestión, se requiere una diversidad de enfoques para diseñar un sistema para el acceso de los buzos recreativos, la recaudación de tasas y el contexto socioeconómico.

Por último, nuestro estudio sugiere que existe la posibilidad de combinar el turismo basado en la naturaleza y la utilización sostenible en los ambientes marinos, pero para aprovechar con éxito este potencial, será necesario tener en cuenta cuidadosamente el contexto social local. 🍷

**Más información:** Duan Biggs ([d.biggs@uq.edu.au](mailto:d.biggs@uq.edu.au)).

### Referencias

- Biggs D., Amar F., Valdebenito A. and Gelcich S. (2016). Potential synergies between nature-based tourism and sustainable use of marine resources: insights from dive tourism in territorial user rights for fisheries in Chile. PLOS ONE 11: e0148862.
- Gelcich, S., Fernandez, M., Godoy, N., Canepa, A., Prado, L. and Castilla, J. C. (2012). Territorial user rights for fisheries as ancillary instruments for marine coastal conservation in Chile. Conservation Biology 26: 1005-1015.





Figura 1. Derrumbe cerca de la ciudad de Manizales, Colombia en octubre de 2011.

## Agua, aves y prevención de derrumbes

### Tres servicios ecosistémicos, una estrategia

Por Natalia Ocampo-Peñuela (ETH Zürich, Switzerland).

Los Andes, una de las cadenas montañosas más largas y jóvenes del mundo, atraviesa Suramérica de Norte a Sur pasando por Argentina, Chile, Perú, Bolivia, Ecuador, Venezuela, y Colombia. Gracias a los diversos ecosistemas que cubren los Andes, sus vertientes y los valles que separan sus cordilleras, estas montañas son un hotspot de biodiversidad mundial, especialmente cuando se cruzan con el trópico en los países del norte de Suramérica.

En Colombia, los Andes definen una gran porción de los ecosistemas del país, generan la mayoría del agua que beben los colombianos y sostienen una alta concentración de biodiversidad, incluyendo muchas especies endémicas que no se encuentran en ninguna otra parte del mundo. Además de ser importantes para el agua y la biodiversidad, los Andes Colombianos sirven de hogar a más del 60% de la población Colombiana. Las ciudades más pobladas y muchas pequeñas poblaciones reposan sobre las laderas andinas.

Los ecosistemas naturales en los Andes van desde el páramo a gran altitud, hasta los bosques de tierras bajas, pasando por bosques alto-andinos, andinos, y sub-andinos. Cada uno de estos ecosistemas tiene distintas especies de plantas y animales. El páramo es el ecosistema más importante para la producción de agua porque las plantas que habitan en éste son capaces de capturar agua de la niebla que cubre el paisaje. Este proceso permite que el agua sea purificada y transportada por gravedad hacia las zonas bajas a través de ríos, riachuelos y cuerpos de agua subterráneos. Adicionalmente, nacimientos espontáneos de agua a lo largo de la montaña complementan el agua que viene de los páramos y aquella aportada por la precipitación.

Estas concentraciones y flujos de agua a lo largo de la montaña son regulados por las plantas que absorben el agua y luego la liberan mediante la evapotranspiración. Cuando las plantas no

están presentes y los bosques son reemplazados por pasturas para ganadería o monocultivos, el agua se acumula en el suelo y este se desprende en forma de derrumbes. Algunos de estos derrumbes son naturales y se explican por la composición arenosa de los suelos andinos, que tienen una alta influencia volcánica. Pero la mayoría de estos derrumbes son causados por la ausencia de plantas para absorber el agua, la fragilidad de suelos compactados, erosionados y mal manejados.

Estos derrumbes pueden ser desastrosos, llevando con ellos vidas humanas y de animales, generando alto impacto y ocasionando altos costos por la emergencia que demanda su control. Un ejemplo de esto fue el derrumbe que ocurrió cerca de la ciudad de Manizales en octubre de 2011, el cual rompió dos de las tuberías principales que transportaban el agua desde la Reserva de Rio Blanco hacia este centro urbano (Figura 1). A causa de este derrumbe, ocurrido en zona de alta pendiente y sin cobertura boscosa, los más de 400,000 habitantes estuvieron sin agua durante 10 días, incluso emigrando temporalmente de la ciudad por sugerencia de sus mandatarios. Este derrumbe le costó a la ciudad de Manizales y a su compañía de acueducto "Aguas de Manizales" millones de dólares en pérdidas.

¿Tal vez este y muchos otros derrumbes pueden prevenirse con restauración de bosques en zonas de alta pendiente? - ¿Qué pasaría si esta restauración de bosques la hacemos en sitios favorables para especies de aves amenazadas?

Las compañías de acueducto, como Aguas de Manizales, tienen como principal objetivo proveer agua a los habitantes de las ciudades y preferiblemente agua que sea potable. Debe tenerse presente que la cantidad y calidad del agua que estos acueductos transportan hacia las casas de los colombianos, depende de lo que suceda en los páramos y bosque andinos, los principales

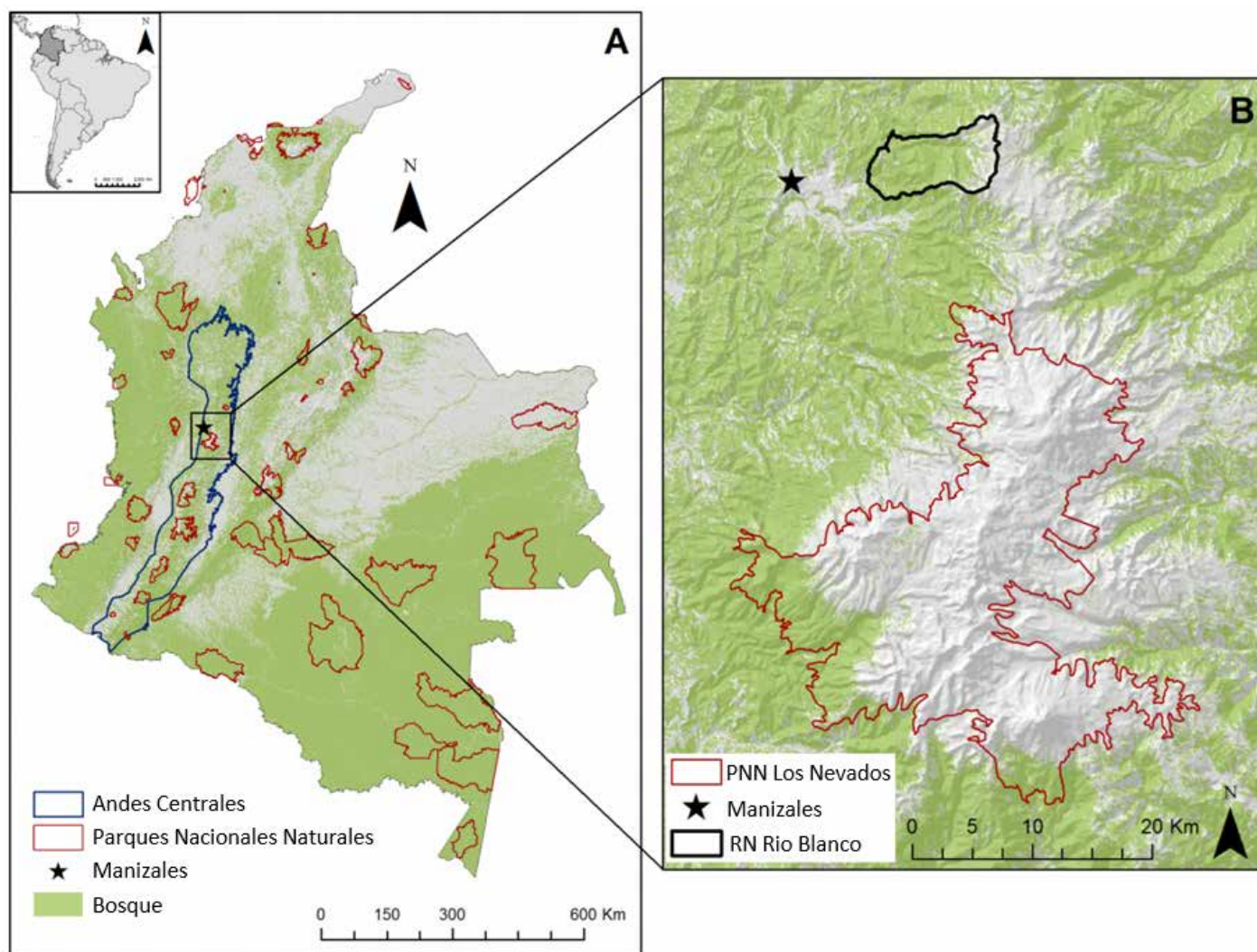


Figura 2. Localización del área de estudio. A) Mapa de Colombia mostrando cobertura boscosa, parques nacionales, y la región de los Andes Centrales. B) Reserva Natural Rio Blanco, Manizales, y el Parque Natural Nacional Los Nevados.

productores de agua en Colombia. Esta es la razón principal de la existencia del Artículo 111 de la Ley 99 de 1993 de Colombia. En este artículo se define la importancia de la conservación de las cuencas hídricas, abastecedoras del recurso agua para las ciudades. Así mismo, regula la compra de tierras o pago por servicios ecosistémicos para proteger la cuenca, mediante la inversión anual del 1% de las ganancias de las empresas de acueducto durante 15 años (empezando en 1999). Esto significa que anualmente deberían existir fondos dedicados a la compra de tierras o pago por servicios ecosistémicos para la conservación de cuencas en todo Colombia.

Desafortunadamente, un estudio de la efectividad de este artículo luego de 15 años reveló que sólo el 0.12% de las ganancias anuales fue invertido en la compra de tierras para conservación y que menos de la mitad de los municipios y solo un tercio de los departamentos aplicaron la ley. Esta herramienta jurídica está siendo subutilizada por los gobiernos locales y empresas de acueducto. Desde luego, algo de esta inactividad se explica por la corrupción de algunos sectores del gobierno e intereses privados. Sin embargo, tal vez otra razón para la falta de aplicación del Artículo 111 es que las empresas no tienen la capacidad o experiencia para seleccionar las tierras que deberían comprarse y priorizar aquellas que logren mejores impactos sobre la conservación del recurso hídrico.

Precisamente, esta es la contribución del presente estudio para la conservación en Colombia. Mediante el uso de sistemas de

información geográfica (SIG), generé un simple mecanismo de priorización de áreas para la protección contra derrumbes, conservación de agua y restauración de hábitats de aves vulnerables a la extinción. Presento un ejemplo de aplicación de la herramienta en la Reserva Natural Rio Blanco, propiedad de la empresa de Acueducto Aguas de Manizales (Figura 2).

Con el objetivo de identificar las áreas importantes para la prevención de derrumbes, generé un índice de susceptibilidad a derrumbes que tiene en cuenta la pendiente, la cobertura boscosa, la proximidad a cuerpos de agua y la orientación. Para cada característica, asigne valores indicativos de su impacto sobre los derrumbes para obtener un índice de 0 a 100, siendo 100 la mayor vulnerabilidad a derrumbes. Por ejemplo, una pendiente de más de 60% tiene un valor de 30, al igual que la carencia de cobertura boscosa. Áreas muy pendientes, cerca de cuerpos de agua, sin bosque y de orientación hacia el sur, tienen la mayor vulnerabilidad a derrumbes.

Para comprobar la precisión del índice de vulnerabilidad a derrumbes, usé datos de presencia y ausencia de derrumbes en la zona. El índice es capaz de predecir la presencia de derrumbes en el 90% de los casos. Adicionalmente, puede predecir la ausencia de derrumbes en un 40% de los casos. Dado que lo importante es prevenir los derrumbes, el índice que generé es apropiado para el objetivo.



Además de prevenir derrumbes, la idea es priorizar áreas con altas concentraciones de aves vulnerables a extinción. Para tal fin, seleccioné especies de aves que tuvieran distribuciones restringidas y/o estuvieran clasificadas en una categoría de amenaza. Con los rangos de distribución refinados por las preferencias altitudinales de las especies, sumé sus distribuciones para obtener una capa de concentración de especies vulnerables a la extinción.

Con el fin de generar las prioridades finales para la compra de tierras para prevención de derrumbes y conservación de aves, superpuse las capas del índice de vulnerabilidad a derrumbes (convertido a capa binaria de presencia/ausencia), con la capa de concentración de especies de aves vulnerables (también convertida a capa binaria con alta/baja concentración). El resultado es un mapa en el que se pueden identificar áreas con alta vulnerabilidad a derrumbes y que, de ser protegidas, contribuirían a la conservación de aves en peligro.

Finalmente, para refinar incluso más las prioridades y determinar predios específicos para la compra de tierras usando recursos del Artículo 111, generé una capa de priorización que identifica áreas para restauración de bosques en zonas que previenen derrumbes y conservan aves (Figura 3, fucsia). Unas de las zonas prioritarias para la restauración urgente son aquellas aledañas a derrumbes que ya ocurrieron, para prevenir futuros eventos (Figura 3, morado, y agua marina).

Mediante el uso de simples técnicas de mapeo espacial, logré hacer recomendaciones prácticas a la compañía de acueducto Aguas de Manizales y generar un mecanismo que puede ser aplicado a otras regiones y en otros contextos. Esta herramienta

demuestra situaciones de conservación en las que varios servicios ecosistémicos son protegidos al mismo tiempo, garantizando bienestar a los seres humanos y a la naturaleza.

La conservación del medio ambiente en el contexto actual debe incluir la protección de bienes y servicios a diferentes escalas y para distintos beneficiarios. El uso de las herramientas jurídicas existentes y la creación de nuevos mecanismos legales de conservación, es un paso importante para contribuir a la protección de nuestros recursos y la biodiversidad. 🍷

**Más información:** Natalia Ocampo-Peñuela ([ocamponata@gmail.com](mailto:ocamponata@gmail.com)).

## Referencias

- Ocampo-Peñuela, N. and Pimm, S. L. (2015). Bird conservation would complement landslide prevention in the Central Andes of Colombia. *PeerJ* 3: e779; DOI 10.7717/peerj.779.
- Rudas, G. (2010). Quince años de implementación de las inversiones obligatorias en la conservación de las cuencas abastecedoras de acueductos municipales. Bogotá, Colombia, Fondo Patrimonio Natural.
- Jarvis, A., Reuter, H., Nelson, A. and Guevara, E. (2008). Hole-filled SRTM for the globe Version 4.

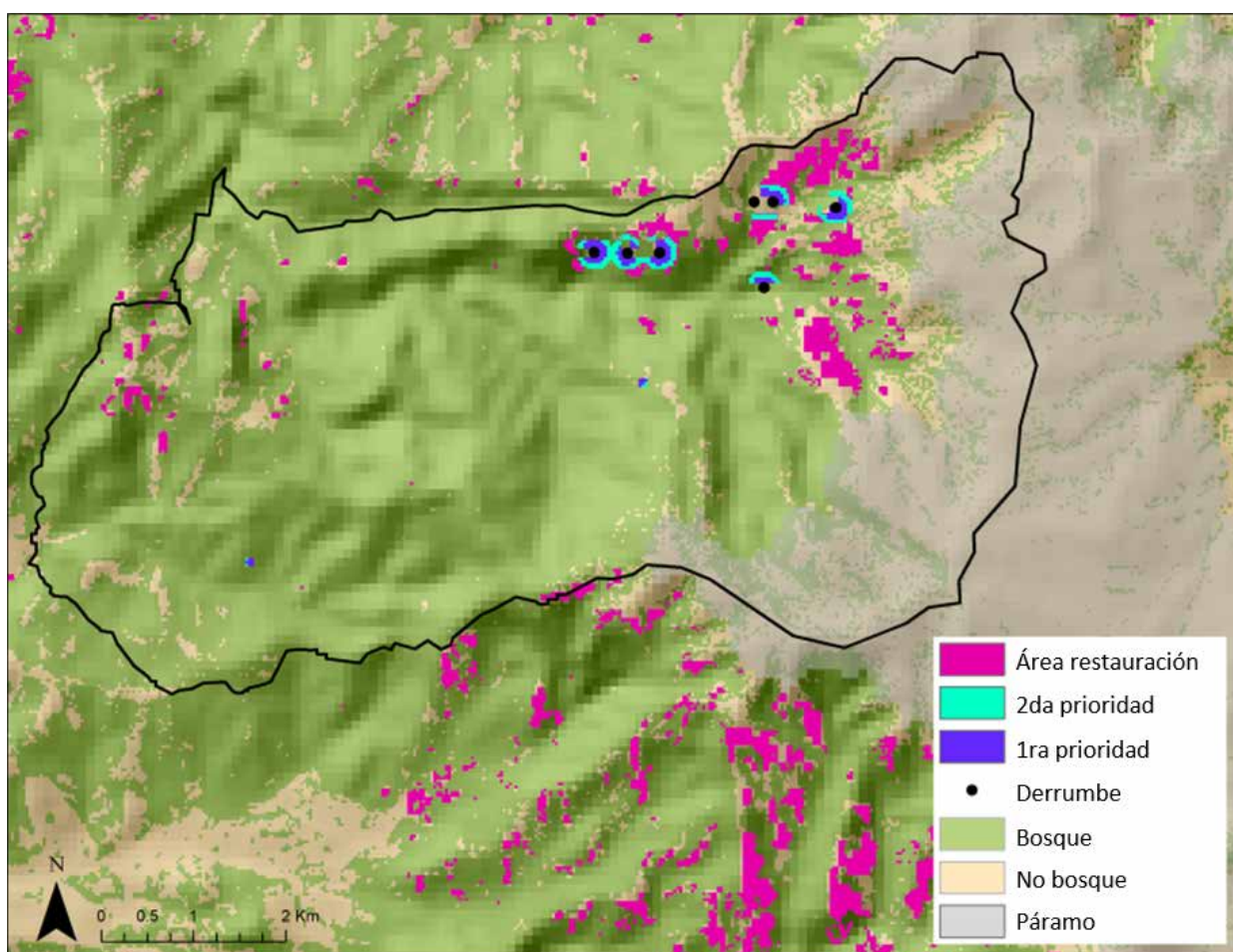


Figura 3. Áreas prioritarias para la restauración carentes de cobertura boscosa, con alta vulnerabilidad a derrumbes, y altas concentraciones de aves endémicas y amenazadas en la Reserva Natural Río Blanco.

# Usando el conocimiento actual

¿Podemos predecir con acierto dónde y cómo estarán las especies en las próximas décadas?

Por Alejandra Morán-Ordóñez (Centre Tecnològic Forestal de Catalunya, España).

Los modelos de distribución de especies (MDE) son herramientas estadísticas ampliamente utilizadas en Ecología y Biogeografía que permiten entender los patrones espaciales y temporales de la distribución de las especies en el planeta. Los MDE nos informan sobre cómo las especies se relacionan con su medio biótico y abiótico, esto es, permiten inferir qué factores ambientales determinan dónde se puede encontrar una especie, dónde no y por qué (ej., condiciones climáticas y de hábitat, presencia/ausencia de competidores). Sobre esta información, los MDE se pueden usar para predecir qué otras partes del territorio de interés pueden reunir condiciones ambientales potencialmente idóneas para el desarrollo de la especie tanto en el momento actual (predicción espacial/geográfica), así como en otros horizontes temporales (predicciones futuras o pasadas de la distribución de especies).

Las aplicaciones predictivas de los MDE son múltiples: predicción de expansión geográfica de especies invasoras, análisis de la distribución potencial de enfermedades infecciosas, identificación de zonas óptimas para la reintroducción de especies amenazadas, etc. Uno de los usos más ampliamente extendidos de los MDE es sin duda la predicción de la respuesta de las especies frente a la actual amenaza del cambio global (principalmente cambio climático y cambio en los usos del suelo). Desde el punto de vista de la conservación de la biodiversidad, conocer con precisión la respuesta de las especies a condiciones ambientales futuras (ej., incremento de temperaturas, períodos prolongados de sequía, fragmentación de hábitat) permitiría implementar dicha información en la toma de decisiones actual, y por tanto, aplicar medidas tempranas de gestión/adaptación dirigidas a aquellas especies para las que las condiciones ambientales futuras supongan una mayor amenaza. El principal problema de usar las predicciones de la distribución de las especies futuras en la toma de decisiones actualmente es que no sabemos que tan buenas son dichas predicciones, dado el poco éxito que la comunidad científica ha tenido hasta el momento en desarrollar una máquina del tiempo que nos permita viajar hacia el futuro y validar dichas predicciones (ver si las especies estarán allí donde el modelo predice o no).

En este contexto, nos planteamos evaluar qué aspectos pueden condicionar la capacidad predictiva de los MDE. A falta de datos de validación futuros, recogimos una extensa base de datos de localizaciones con presencia de 318 especies australianas de vertebrados terrestres (anfibios, reptiles, mamíferos y aves) para el período 1950-2013 (Figura 1). Dividimos los datos en cuatro períodos de tiempo (t1: 1950-1980, t2: 1981-1990, t3: 1991-2000 y t4: 2001-2012), asegurándonos que en todos ellos disponíamos de un número suficiente de datos de presencia para cada especie como para garantizar que el tamaño de la muestra no representase un problema en el proceso de modelación. Nos pusimos en los zapatos de un modelador que quisiese ajustar un MDE para cada una de las especies con los datos disponibles a finales de cada uno de los períodos y proyectarlos en los otros períodos (ej., un modelador en t1 usaría los datos disponibles entre 1950-1980 para



Figura 1. Ejemplo de los grupos taxonómicos incluidos en nuestro estudio. Las especies que se muestran son (de izquierda a derecha y de arriba abajo): *Litoria peroni* (Fotógrafo: Geoff Heard), *Tachyglossus aculeatus* (Fotógrafo: José J. Lahóz-Monfort); *Chlamydera guttata* (Fotógrafo: Alejandra Morán-Ordóñez); *Morelia kinghorni* (Fotógrafo: Geoff Heard).

ajustar los modelos y haría predicciones 'futuras' hacia t2, t3 y t4). La ventaja de esta aproximación es que en este caso sí disponíamos de datos de presencia de la especie para validar las predicciones en t2, t3 y t4 y, por tanto, evaluar que tan buenas son nuestras predicciones.

Observamos que, si bien en términos generales los MDE se transferían relativamente bien hacia períodos de tiempo futuros (esto es, la capacidad predictiva del modelo se podía considerar satisfactoria, incluso cuando el modelo era proyectado 40 años), existe una marcada variabilidad de resultados entre especies (Figura 2). Exploramos qué factores podrían explicar dicha variabilidad: (1) factores intrínsecos de los datos de distribución usados para ajustar y validar los modelos (ej., tamaño de la muestra de datos, rango ambiental cubierto con los datos de entrenamiento); (2) el período de tiempo entre el ajuste del modelo y la predicción futura; (3) rasgos funcionales intrínsecos de las especies (ej., grupo taxonómico, amplitud de nicho, tipo de hábitat o tamaño corporal). Con este análisis buscamos definir para qué especies y bajo qué condiciones de modelización cabe esperar que nuestras predicciones futuras de distribución de especies sean fiables.

Del conjunto de factores explorados, el número de regiones biogeográficas en que una especie está presente (como medida de amplitud de su rango geográfico) resultó ser el factor con mayor influencia en la capacidad predictiva de un modelo en el futuro. En particular, cuanto más amplio sea el rango geográfico de una especie, más cabe esperar que la capacidad predictiva de los modelos ajustados hoy para esa especie (especies generalistas y ampliamente distribuidas), tengan una baja capacidad predictiva en el futuro. Por el contrario, las especies más especialistas o de rango geográfico estrecho mostraron elevada capacidad predictiva en el momento de ajuste del modelo y elevada transferibilidad de predicciones hacia el futuro. En términos generales, la capacidad predictiva de los modelos de especies generalistas es siempre menor que la de las especies especialistas, dado que en el caso de las primeras (especies ubicuas) al modelo le cuesta mucho discriminar las zonas de idoneidad alta para la especie de las zonas menos idóneas (todas las zonas son potencialmente idóneas). También observamos que existe una interacción entre el rango



geográfico de una especie y el período de tiempo transcurrido entre el ajuste y la predicción futura del modelo, de modo que para las especies generalistas, cuanto mayor sea el intervalo de tiempo entre el ajuste y la proyección del modelo, menor será la capacidad predictiva de dicho modelo. En términos generales, cuanto más lejano sea el horizonte temporal al que se proyecten los modelos, se debe esperar una menor capacidad predictiva de los mismos (Figura 2). Otros rasgos funcionales específicos de las especies evaluadas (tamaño corporal, grupo taxonómico, hábitat preferente) no resultaron relevantes para explicar la capacidad predictiva actual o futura de nuestros MDE.

Otro factor con elevada influencia en la capacidad predictiva del modelo, tanto en el momento actual como futuro, es la relación entre el número de datos de presencia de la especie y el número de datos de *background* (en MAXENT, puntos que recogen información del rango de condiciones ambientales disponibles en la zona modelada). En concreto, y considerando un número de puntos de *background* constante (manteniendo el denominador de la relación constante) la capacidad predictiva de los modelos se reduce a medida que se incrementa el número de datos de presencia. Este resultado puede simplemente - y de nuevo - reflejar la dificultad de modelar la distribución geográfica de especies generalistas, para las que en términos generales se dispone de un mayor número de datos de presencia.

Una de las condiciones que se debería cumplir a la hora de ajustar un MDE es que los datos de presencia con los que se cuenta para modelar, sean representativos de todo el rango de condiciones ambientales en los que puede desarrollarse la especie (rango climático, de elevación, de hábitats, etc). Esta condición es especialmente importante cuando se usan MDE basados sólo en presencias y para los que no se dispone de información de zonas no ocupadas por la especie ('ausencias'). Un sesgo en el muestreo (ej., todos los datos disponibles para la especie se han recogido en zonas de pastizal, mientras que la especie también usa ambientes forestales), puede reducir la capacidad predictiva del modelo a nuevos ambientes (en el ejemplo anterior, el modelo no sería capaz de predecir bien que la especie puede encontrar hábitat idóneo en zonas forestales). En nuestro estudio observamos que una buena cobertura ambiental de los datos de presencia, puede ser tan importante o más que el esfuerzo de muestreo (número de datos de presencia disponibles) a la hora de determinar la capacidad predictiva del modelo (la capacidad predictiva del modelo crece al aumentar el rango ambiental cubierto por los datos disponibles para el ajuste del modelo).

En resumen, nuestro estudio destaca que, la capacidad predictiva de los modelos, a la hora de hacer proyecciones futuras, puede mejorarse incrementando los esfuerzos de muestreo (para garantizar que los datos de presencia de la especie cubren el rango de condiciones ambientales en que la especie puede desarrollarse), así como, ampliando los esfuerzos relativos a identificación y mapeo de los factores ambientales que explican la distribución geográfica de especies generalistas. Si bien nosotros contamos con la ventaja de conocer con certeza los cambios climáticos

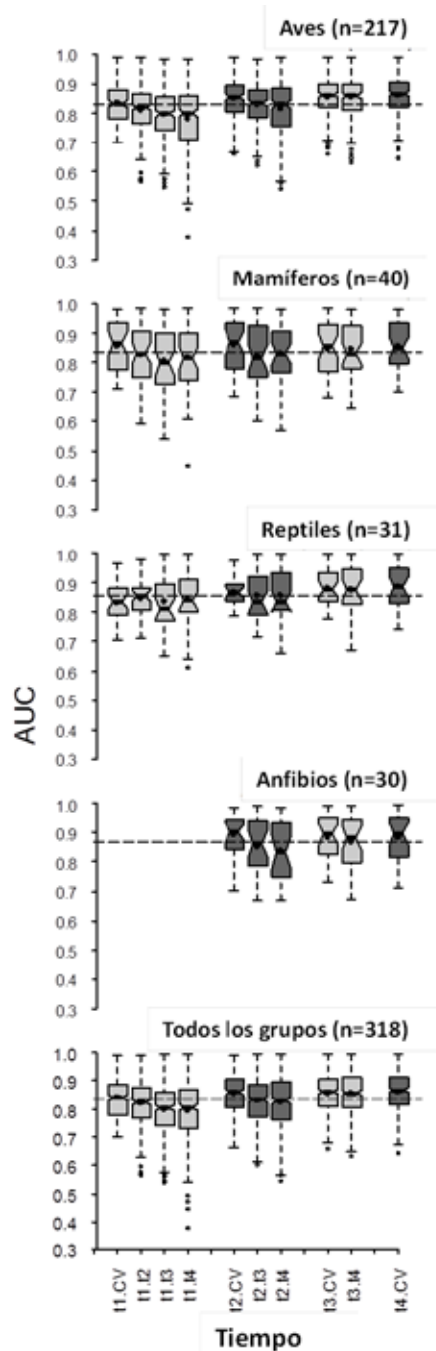


Figura 2. Capacidad predictiva de los modelos para el período de tiempo en el que han sido entrenados (t1.cv, t2.cv, t3.cv y t4.cv), así como de sus predicciones en períodos de tiempo 'futuros' (t1.t2, t1.t3, t1.t4, t2.t3, t2.t4, t3.t4). Por ejemplo, los valores para t1.t2 corresponden a la capacidad predictiva de modelos ajustados en t1 y evaluados con datos del período t2. La capacidad predictiva de los modelos la estimamos con el indicador AUC (Area Under the ROC Curve) cuyos valores oscilan entre 0-1: se considera que un modelo con  $AUC = 0.5$  no es mejor que un modelo aleatorio; modelos con  $AUC > 0.7$  se consideran útiles y generalmente, modelos con  $AUC > 0.9$  se les consideran de excelente capacidad predictiva. Esta capacidad predictiva es una medida de la capacidad que tiene el modelo de discriminar entre zonas buenas para la presencia de la especie y el conjunto de condiciones ambientales de la zona de estudio (*background*). Los modelos basados en los mismos datos de entrenamiento se representan en la misma escala de grises. Las cajas delimitan el rango intercuartil de los valores de AUC (diferencia entre el tercer y el primer cuartil); las barras delimitan  $\pm 2$  desviaciones estándar; las muescas de las cajas están centradas en la mediana (línea horizontal en negrita); los valores medios de AUC se muestran con un círculo sólido negro y los valores extremos de especies evaluadas dentro de cada grupo funcional se indica al lado del nombre del grupo entre paréntesis. La línea horizontal punteada muestra valores medios de AUC calculados a través de los cuatro períodos de tiempo y para cada grupo taxonómico de modo individual.

acontecidos en el período de tiempo evaluado (1950-2013), los estudios que hacen predicciones futuras ante diferentes escenarios de cambio global tienen que tener en cuenta (e integrar en el proceso de modelización si es posible), la incertidumbre asociada a la potencial respuesta de las especies frente a contextos climáticos o de uso del territorio nuevos (¿migración?, ¿adaptación?, ¿extinción?). Mientras todo este desarrollo experimental avanza, seguiremos teniendo la esperanza de ese viaje en la máquina del tiempo, que nos permita resolver todas estas dudas con nuestros propios ojos. 🍷

**Más información:** Alejandra Morán ([alejandra.moran@ctfc.es](mailto:alejandra.moran@ctfc.es)).

## Referencia

Morán-Ordóñez, A., Lahoz-Monfort, J. J., Elith, J. and Wintle, B. (2017). Evaluating 318 continental-scale species distribution models over a 60-year prediction horizon: what factors influence the reliability of predictions? *Global Ecology and Biogeography* 26: 371-384.

# Escenarios de uso de suelo y servicios ecosistémicos bajo los efectos del cambio global

Por María José Martínez-Harms (Center of Applied Ecology and Sustainability, Pontificia Universidad Católica de Chile y ARC Centre of Excellence for Environmental Decisions, Australia).

La elaboración de escenarios provee una plataforma para explorar cambios en la provisión futura de servicios ecosistémicos bajo los efectos del cambio global. Los escenarios incorporan explícitamente la incertidumbre, explorando los posibles futuros que se podrían desencadenar por la acción de múltiples conductores de cambio. A pesar de su importancia en el desarrollo de políticas de cambio de uso de suelo, las evaluaciones de escenarios son escasas, particularmente en países en vías de desarrollo. Chile Central proporciona un caso ejemplar del contexto latinoamericano, ya que la región ha experimentado una rápida transformación de paisajes naturales a paisajes antrópicos, urbanos y agrícolas (Figura 1).

En un estudio reciente publicado en la revista *Ecosystem Services*, desarrollamos y aplicamos escenarios de cambio global para Chile Central: 1) consultando a un panel interdisciplinario de expertos locales identificamos los principales conductores de cambio global, 2) construyendo la narrativa de los escenarios en base a posibles trayectorias de cambio climático, urbanización y efectos de incendios los cuales fueron identificados como los conductores de cambio más relevantes, y 3) cuantificando y mapeando cambios en la provisión de tres servicios ecosistémicos (almacenes de carbono, producción de vino y belleza escénica) mediante proyecciones de cambio climático y cambio de uso de suelo.

Para traducir las narrativas a escenarios cuantitativos, identificamos modelos espaciales disponibles y criterios espacialmente explícitos representando cada uno de los supuestos detrás de los escenarios. Consideramos el cambio climático, la urbanización y el efecto de la interacción de ambos en forma del aumento de probabilidad de incendios. Luego evaluamos sus efectos en las categorías de uso de suelo, las cuales fueron usadas para mapear los servicios ecosistémicos. Por ejemplo, para el caso del cambio en el contenido de carbono, consideramos el carbono en el bosque nativo remanente y modelamos los cambios proyectados aplicando modelos de adecuación bioclimática y expandiendo los límites urbanos según cambios proyectados al plan regulador de la ciudad (Figura 2).

Modelamos y mapeamos los servicios ecosistémicos según las condiciones actuales y luego desarrollamos modelos de cambio de servicios ecosistémicos aplicando las proyecciones de clima y urbanización. Desarrollamos un segundo conjunto de escenarios incorporando los efectos de incendios. Como resultado obtuvimos que en la región, la acción de los conductores de cambio redujo significativamente la cantidad de carbono total almacenado (85%), de producción vitivinícola (52%) y de belleza escénica (10%) comparado a un escenario modelado en base a condiciones actuales. El almacenamiento de carbono y la producción de vino disminuyeron un 90% y la belleza escénica en un 28% cuando

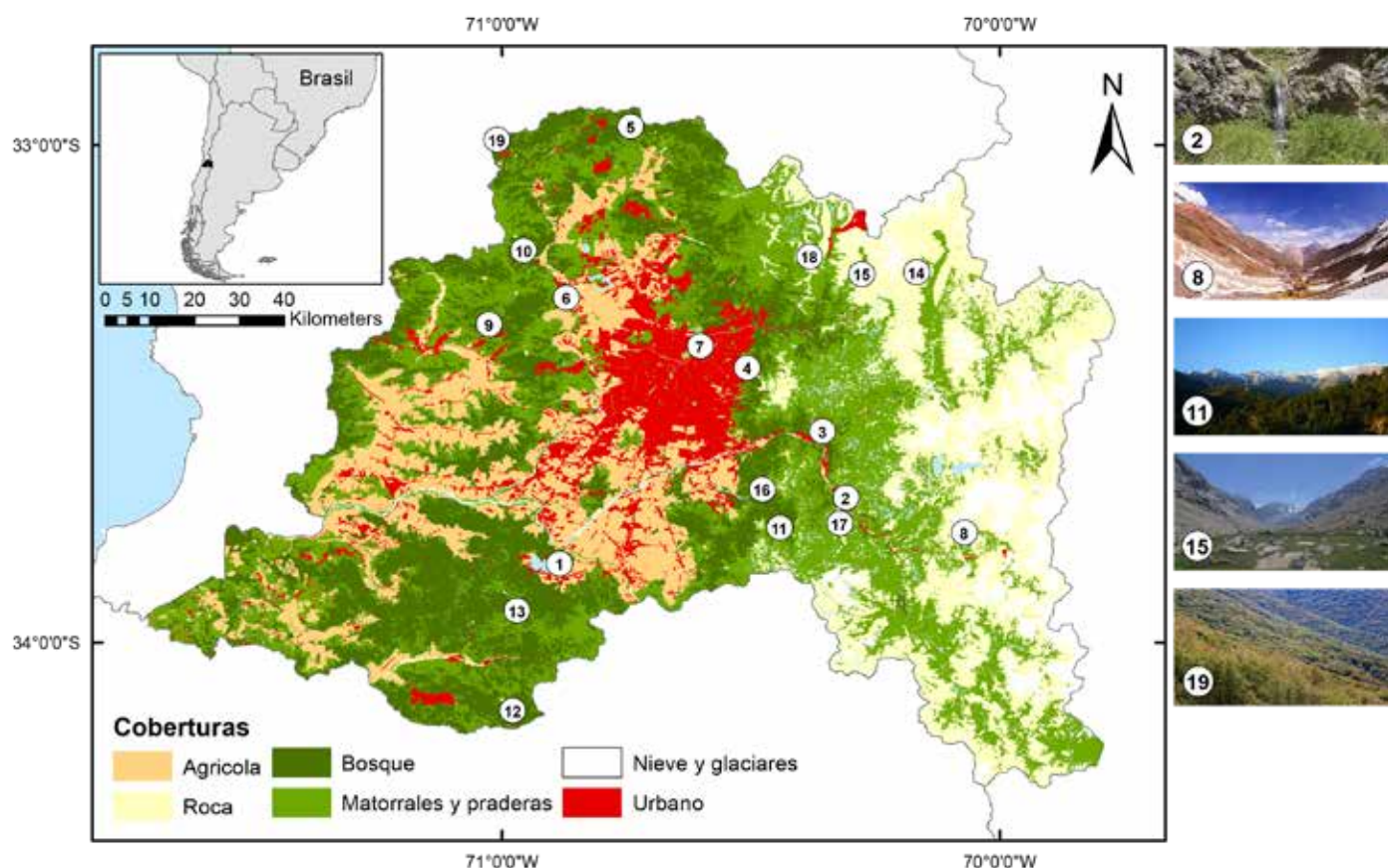


Figura 1. Área de estudio en Chile Central resaltando los principales tipos de cobertura de uso de suelo. Los números representan puntos donde se midió la belleza escénica y las fotos representan los paisajes naturales de la zona. Fotos: (2) Leonardo Needham, (8) Jose Letelier Hernandez, (11) Rodrigo Tejeda, (15) Hixaga and (19) Jorge Barahona. Flickr CC BY-NC-ND 2.0.



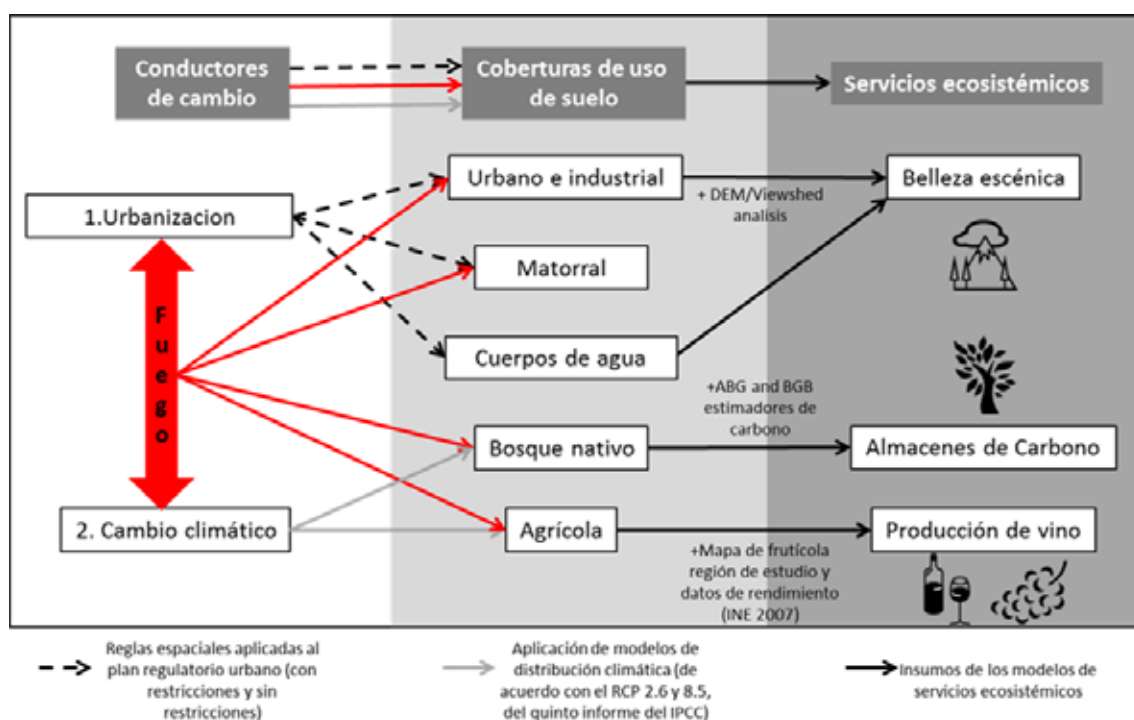


Figura 2. Traducción de las trayectorias de los conductores de cambio definidas en las narrativas a mapas de escenarios de servicios ecosistémicos.

también se contabilizaron los impactos de incendios (Figura 3). Estos resultados demostraron que el cambio climático global, la urbanización y el aumento de la probabilidad de incendio, limitaran sustancialmente la provisión de servicios ecosistémicos en Chile Central para 2050. Esto es especialmente importante para el caso de los almacenes de carbono y la producción vitivinícola, servicios ecosistémicos que sufrieron importantes pérdidas cuando se consideraron los incendios.

En el futuro, los impactos acumulativos del cambio climático y cambio de uso de suelo pondrán presiones importantes sobre los servicios de ecosistémicos en Chile Central. Esta situación revela la necesidad urgente de una planificación más robusta que considere la incertidumbre de escenarios futuros y la interacción de múltiples impulsores de cambio global. Los escenarios desarrollados en este estudio de caso tienen el potencial de informar a la sección Américas de la Plataforma Intergubernamental de Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas (IPBES) proporcionando una evaluación rápida y económica de los posibles efectos de los conductores de cambio global sobre la productividad de servicios ecosistémicos que son indispensables para el bienestar humano. 🍷

**Más información:** María José Martínez-Harms ([m.martinezharms@uq.edu.au](mailto:m.martinezharms@uq.edu.au)).

#### Referencia

Martínez-Harms, M., Bryan, J. B., Figueroa, E., Pliscoff, P., Runting, R. and Wilson, K. (2017). Scenarios for land-use and ecosystem services under global change. *Ecosystem Services* 25: 56-68. <http://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.03.021>

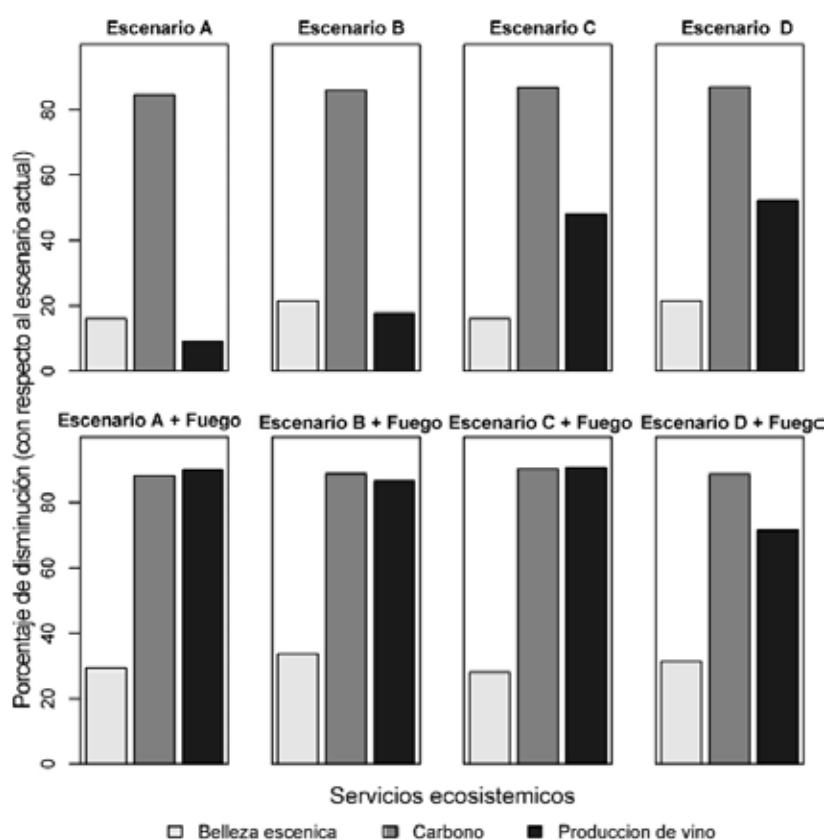


Figura 3. Porcentaje de disminución en la provisión total de almacenamiento de carbono, producción de vino y belleza escénica para todos los escenarios considerando cambio climático, urbanización y las presiones de incendios en comparación con las condiciones de referencia (condiciones actuales).

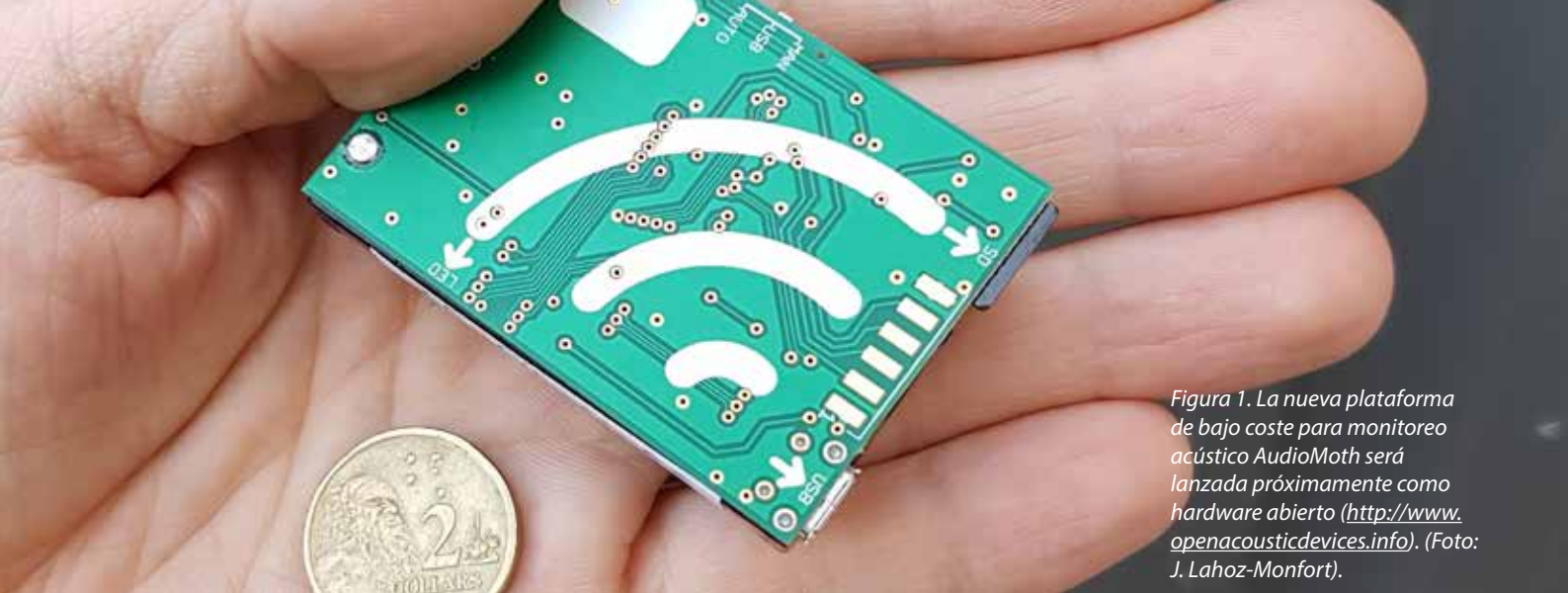


Figura 1. La nueva plataforma de bajo coste para monitoreo acústico AudioMoth será lanzada próximamente como hardware abierto (<http://www.openacousticdevices.info>). (Foto: J. Lahoz-Monfort).

## Tecnologías de conservación

### Oportunidades y retos para una nueva revolución

Por José J. Lahoz-Monfort (University of Melbourne, Australia).

Vivimos rodeados de tecnología. Durante las dos últimas décadas hemos sido testigos de una enorme transformación de la forma en que vivimos, interactuamos y trabajamos. La aceleración del progreso tecnológico y de ingeniería nos ha llevado a una situación sin precedente en la historia de la humanidad: al enorme poder computacional de los ordenadores modernos se une la conectividad casi global (vía internet, redes inalámbricas y telefonía móvil) y unos costes de desarrollo y fabricación de la electrónica más bajos que nunca. Esta convergencia trae enormes oportunidades para mejorar el estudio, el monitoreo y la gestión de hábitats y especies amenazadas.

Al igual que otras disciplinas, el mundo de la conservación de la biodiversidad ha ido progresivamente incorporando el uso de nuevas tecnologías. Una larga lista de dispositivos electrónicos se están utilizando hoy en día para el monitoreo de biodiversidad, incluida la telemetría y el posicionamiento con GPS, cámaras de trampeo, teledetección (desde satélites y aviones, incluyendo RADAR y LiDAR), vehículos autónomos (incluidos drones aéreos y submarinos), sensores ambientales, detectores acústicos automáticos (tanto en el rango audible como ultrasónico), etiquetas RFID, y sensores fisiológicos, entre otros. Algunas de estas herramientas, como los collares de rastreo por radio, tienen ya una larga historia de desarrollo y uso en conservación y estudios ecológicos; el uso de otras todavía está en ciernes (por ejemplo, las redes de sensores ambientales interconectados). Por otra parte, los avances en computación, *software*, y algoritmos de procesamiento están contribuyendo a materializar el potencial de estas nuevas tecnologías: plataformas web para almacenar y compartir datos, aplicaciones móviles para favorecer el auge de la *ciencia ciudadana*, identificación automatizada de especies a partir de imágenes o sonido, metodologías de *big data* para lidiar con el diluvio de datos que algunas de estas tecnologías producen. Esta **revolución de las tecnologías de conservación** promete incrementar masivamente nuestra capacidad para capturar más y mejores datos de campo de forma eficiente, así como mejores herramientas para perseguir las actividades ilegales que amenazan la biodiversidad, incluidas la caza furtiva, el tráfico de especies amenazadas y la tala de bosques.

#### La tecnología no es la panacea

El primer mensaje que quiero transmitir aquí debería ser en realidad bastante obvio: el uso de nuevas tecnologías en

conservación no es la panacea ni está exento de desafíos. Es evidente que la tecnología no es la solución a todos los problemas de conservación, y un dispositivo electrónico en concreto no tiene por qué ayudar en una situación dada. Para empezar, hay un par de desafíos importantes al despliegue tecnológico para conservación: los dispositivos electrónicos necesitan energía eléctrica, y algunas de las opciones más avanzadas dependen también de conectividad inalámbrica. Ambos tienden a ser un reto en estudios de campo, aunque nuevos avances pueden ayudar a remediar esta situación, incluyendo las radiocomunicaciones de baja potencia, las fuentes de alimentación portátiles o locales y la cobertura de redes móviles en áreas remotas. Además, la tecnología puede fallar, y arreglar dispositivos a menudo requiere conocimientos y equipo especializado que no son parte del bagaje tradicional del conservacionista. Así pues, antes de invertir en nuevas tecnologías de conservación para un estudio o proyecto, es necesario realizar pruebas preliminares para comprobar la viabilidad en condiciones de campo, las cuales son típicamente difíciles. Por último, la eficiencia y coste de las nuevas tecnologías para realizar una tarea dada (por ejemplo, recabar datos de una especie) debe ser evaluada en un contexto comparativo con los métodos tradicionales de muestreo. Dada la inversión y potencial para problemas, **hay que evitar caer en la tentación de lanzarse a usar nuevas tecnologías como un fin en sí mismo**; después de todo, las tecnologías deben entenderse como una herramienta para lograr objetivos.

#### Una revolución incipiente

Mi segundo mensaje es que, siempre que se vigilen de cerca los potenciales problemas mencionados anteriormente, todavía queda mucho espacio para desarrollar tecnologías y dispositivos específicamente para uso en conservación, ya sea para mejorar el monitoreo de especies y hábitats, como para combatir actividades ilegales. Salvo un par de excepciones (ej. radio-seguimiento), la mayoría de las herramientas tecnológicas usadas en conservación, como los drones, el GPS o los sensores térmicos, fueron desarrolladas originalmente para otros propósitos (militares, médicos o para la industria de consumo, por ejemplo). Pertenezco a una creciente corriente de pensamiento que postula que el momento ha llegado para que la comunidad de conservación deje de ser mera consumidora de tecnología inicialmente desarrollada para otros usos, y pasemos a **convertirnos en innovadores y**



**desarrolladores de tecnologías de conservación.** Este proceso ha comenzado a pequeña escala pero es cada vez más visible. Poco a poco se acumulan los ejemplos de investigadores y profesionales de la conservación que buscan diseñar y producir nuevas soluciones para cubrir sus necesidades tecnológicas. Dichos desarrollos suelen involucrar equipos interdisciplinarios que incluyen ingenieros y/o programadores, pero incluso personas individuales o equipos pequeños con los conocimientos adecuados pueden tener un impacto profundo. Un elemento clave para permitir este proceso son los bajos costes de hoy en día para desarrollar prototipos y fabricar dispositivos electrónicos en cantidades relativamente pequeñas; esta situación libera a la comunidad de conservación del modelo clásico de producción industrial basado en las economías de escala, dominadas por grandes empresas que producen a bajo coste gracias a enormes volúmenes de producción; un modelo que no encaja con la relativamente baja demanda generada por la comunidad de conservación.

## Asegurando la escalabilidad y sostenibilidad de las tecnologías de conservación

El éxito de la innovación tecnológica en conservación va a depender de nuestra capacidad de coordinación. Los esfuerzos individuales de diferentes equipos intentando desarrollar tecnologías de forma aislada raramente son suficientes. Este modo de trabajo difícilmente permite escalar dichas tecnologías para alcanzar un impacto global en la comunidad de conservación, y tampoco asegura la sostenibilidad a largo plazo de los dispositivos y métodos desarrollados. Para que el nuevo modelo de desarrollo y producción de tecnología se convierta en un poderoso motor de innovación, se requiere coordinación a nivel internacional, incluyendo mecanismos para diseminar esta filosofía de trabajo y compartir ideas. Encuentro muy prometedor ver cómo, a lo largo de los últimos tres años, se han creado varias organizaciones que contribuyen directamente a esta visión. Algunas, como Wildtech (<http://wildtech.mongabay.com>) o WILDLABS.NET (<http://www.wildlabs.net>) proporcionan plataformas y comunidades en línea para compartir ideas y catalizar nuevos desarrollos tecnológicos. Otros como Smart Earth Network (<http://www.smartearthnetwork.com>) o Conservation X Labs (<http://conservationxlabs.com>) buscan conectar las necesidades tecnológicas de la comunidad de conservación con las habilidades de tecnólogos dispuestos a contribuir, por ejemplo a través de eventos organizados o enlazando con el sector privado.

Es dentro de este apasionante contexto de oportunidad que se gestó, hace aproximadamente un año, el Grupo de Trabajo de Tecnologías de la Conservación (Conservation Technology Working Group - CTWG) de la Society for Conservation Biology (SCB). Desde el CTWG, queremos contribuir a esta visión de sostenibilidad y escalabilidad de las tecnologías de conservación. El grupo de trabajo es una entidad abierta a la participación de personas relacionadas con el mundo de la conservación, pero también de tecnólogos de diferentes disciplinas, desde electrónica hasta computación, tanto profesionales como amateurs. Trabajamos para fomentar la creación de nuevas vías de colaboración entre conservación y tecnología, desde investigación académica hasta la industria y el sector privado. Queremos impulsar nuevas formas de aprovechar la participación colectiva a través del desarrollo de tecnología "de código abierto" (open source), que ya están siendo utilizadas en otras áreas cercanas. Además

estamos también interesados en la evaluación de la eficiencia de las diferentes tecnologías emergentes, así como la difusión de "mejores prácticas" del uso de diferentes tecnologías a los investigadores y profesionales de conservación. El CTWG estará representado en el International Congress for Conservation Biology (ICCB), que se celebra en Julio de 2017 en Cartagena de Indias, Colombia, a través de la organización de un evento de día entero (Conservation technology Think Tank, 22 Julio), y un simposio durante la conferencia.

La comunidad de conservación debe convertirse en un motor de innovación y desarrollo tecnológico específico de nuestra disciplina, para crear las herramientas que contribuyan a aumentar nuestra capacidad de afrontar los graves desafíos medioambientales a los que nos enfrentamos. Es el momento de unir fuerzas con tecnólogos para crear soluciones específicas, de bajo coste, modulares y (en la medida de lo posible) de código abierto, que sean escalables a nivel global y sostenibles a largo plazo. Ya están en marcha varias iniciativas con este fin y esperamos avances importantes en los próximos años. Desde el Grupo de Trabajo de Tecnologías de Conservación, continuaremos trabajando para contribuir a esta visión. 🍎

**Más información:** José J. Lahoz-Monfort ([jose.lahoz@unimelb.edu.au](mailto:jose.lahoz@unimelb.edu.au)); Presidente del Grupo de Trabajo de Tecnologías de Conservación de la Sociedad para la Biología de la Conservación.

**Para más información (en inglés) sobre el Grupo de Trabajo:** <https://conbio.org/groups/working-groups/conservation-technology-working-group/>

Si estás interesado en contribuir, únete al CTWG como miembro activo ([constech@conbio.org](mailto:constech@conbio.org)).

## Referencias

- Greenville, A. C. and Emery, N. J. (2016). Gathering lots of data on a small budget. *Science* 353: 1360-1361.
- Joppa, L. N. (2015). Technology for nature conservation: An industry perspective. *Ambio* 44: 522-526.
- Pearce, J. M. (2012). Building research equipment with free, open-source hardware. *Science* 337: 1303-1304.
- Pimm, S. L., Alibhai, S., Bergl, R., Dehgan, A., Giri, C., Jewell, Z., Joppa, L., Kays, R. and Loarie, S. (2015). Emerging technologies to conserve biodiversity. *Trends in Ecology & Evolution* 30: 685-696.



*Figura 2. El uso de drones para el monitoreo de fauna silvestre y actividades ilegales representa una tecnología con gran potencial, especialmente cuando se combina con otras tecnologías como los sensores acústicos o térmicos. Estamos evaluando la eficiencia de un pequeño dron (izquierda) que lleva cámaras térmicas para el monitoreo del canguro arborícola de Lumholtz Dendrolagus lumholtzi (derecha) en los bosques tropicales del norte de Queensland, Australia. (Fotos: J. Lahoz-Monfort).*

## Conozca los autores



## Perfiles resumidos

Primera fila, de izquierda a derecha:

**Pablo Lehmann Albornoz, Brasil.** Profesor: trabaja en investigación de la biodiversidad y conservación de peces neotropicales continentales con énfasis en taxonomía y sistemática de bagres Siluriformes.

**Rochelle Steven, Australia.** Investigadora postdoctoral: investiga recreación ecológica, turismo de conservación, ecología urbana e interacciones entre vida silvestre y sociedades humanas.

**Angela Recalde-Salas, Colombia y Australia.** Candidata doctoral: investiga los efectos de polución por ruido en ambientes marinos y desarrolla métodos acústicos para conservación y monitoreo óptimo de ecosistemas.

**Pablo Negret, Colombia.** Candidato doctoral: estudia los patrones de diversidad en Suramérica y actualmente desarrolla estrategias para mejorar las decisiones de conservación en Colombia.

**Rob Salguero-Gómez, España.** Investigador asociado: trabaja en investigaciones de demografía de plantas y animales con implicaciones para la conservación, así como también para teoría evolutiva y ecología.

Segunda fila, de izquierda a derecha:

**Nicolás Gálvez, Chile.** PhD: investiga la relación entre mamíferos carnívoros y comunidades humanas a través de la modificación del paisaje e impacto directos.

**Duan Biggs, Sudáfrica.** Investigador posdoctoral: conservación en sistemas socio-ecológicos, así como en turismo basado en la naturaleza y conservación.

**Natalia Ocampo-Peñuela, Colombia.** Investigadora postdoctoral ETH Zúrich: investiga los impactos de los cambios de uso de la tierra en aves de bosques tropicales.

**Alejandra Morán-Ordóñez, España.** Investigadora postdoctoral: estudia los efectos del cambio global en las dinámicas del paisaje y sus efectos sobre la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas.

**María José Martínez-Harms, Chile.** Investigadora postdoctoral: su investigación aborda la evaluación espacial de servicios ecosistémicos y biodiversidad para informar el manejo de sistemas socio-ecológicos.

**José Lahoz-Monfort, España.** Profesor investigador: desarrolla modelos de distribución de especies y demografía, así como nuevas aplicaciones de tecnología para estudios de conservación.

## Decision Point en Español, ¿por qué?



Alrededor de 500 millones de personas hablan español globalmente. Estas tienen el reto de manejar y conservar algunas de las regiones con mayor biodiversidad del mundo. El ARC CEED tiene la fortuna de tener muchos hispanohablantes en sus filas, lo cual ha facilitado la creación de *Decision Point en Español*.



CEED es una alianza del Consejo de Investigaciones de Australia entre Universidades, tanto de Australia como de otros países, y organizaciones de investigación. Nuestro objetivo es ser el centro de investigación líder en resolver problemas de manejo ambiental y evaluar resultados de acciones.

Para más información visite: <http://ceed.edu.au/>

