

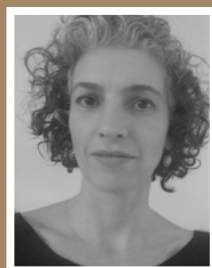
La **ignorancia**  
como **herramienta** para **conocer**  
la **biodiversidad**



Joaquín  
Hortal



Cristina  
Ronquillo



Juliana  
Stropp





La manera habitual de transmitir el conocimiento científico, tanto en las aulas como en los medios de comunicación o en programas y libros de divulgación, es mediante la exposición de lo que conocemos. Sin embargo, una parte importante del proceso de generar dicho conocimiento es el cuestionamiento de lo que no conocemos. Los científicos hacemos avanzar las fronteras del conocimiento utilizando como base el conocimiento anterior para identificar sistemas, procesos o regiones desconocidas que necesitan ser exploradas. En este artículo vamos a tratar de describir las principales lagunas de conocimiento sobre biodiversidad, mostrando cómo se pueden aprovechar para determinar el grado de incertidumbre en las teorías ecológicas y evolutivas, así como en las predicciones de los impactos del cambio global.



Ser capaces de describir lo que ignoramos resulta muy útil para diseñar estrategias, líneas de trabajo y proyectos de investigación que proporcionen resultados novedosos. En este contexto, la investigación sobre biodiversidad no es diferente a otras ciencias. Tenemos un conocimiento limitado tanto sobre los elementos que forman parte de dicha biodiversidad, como sobre los procesos fundamentales que determinan su origen y funcionamiento.

La duda es una parte fundamental del método científico. Cuestionar tanto la evidencia obtenida en el pasado como el conocimiento teórico y práctico que extraemos de ella es tan importante como observar, medir, experimentar y analizar los datos. De hecho, ese es el verdadero significado de la famosa máxima de “solo sé que no se nada”, atribuida a Sócrates por Platón: para aprender primero es necesario reconocer que no se sabe. En el contexto de la ciencia moderna esto implica que las personas que investigan deben evitar la autocomplacencia que puede otorgar el gran

volumen de información que poseemos. Una revisión concienzuda de lo que sabemos puede permitirnos, no solo describir lo conocido, sino también identificar lo que aún desconocemos pero que podría estar a nuestro alcance de manera relativamente sencilla si combinamos los medios que disponemos para desarrollar nuestra investigación con un diseño muestral, experimental y/o analítico adecuado (Firestein 2012). En palabras del famoso físico James Clerk Maxwell

*“Cuestionar tanto la evidencia obtenida en el pasado como el conocimiento teórico y práctico que extraemos de ella es tan importante como observar, medir, experimentar y analizar los datos”*

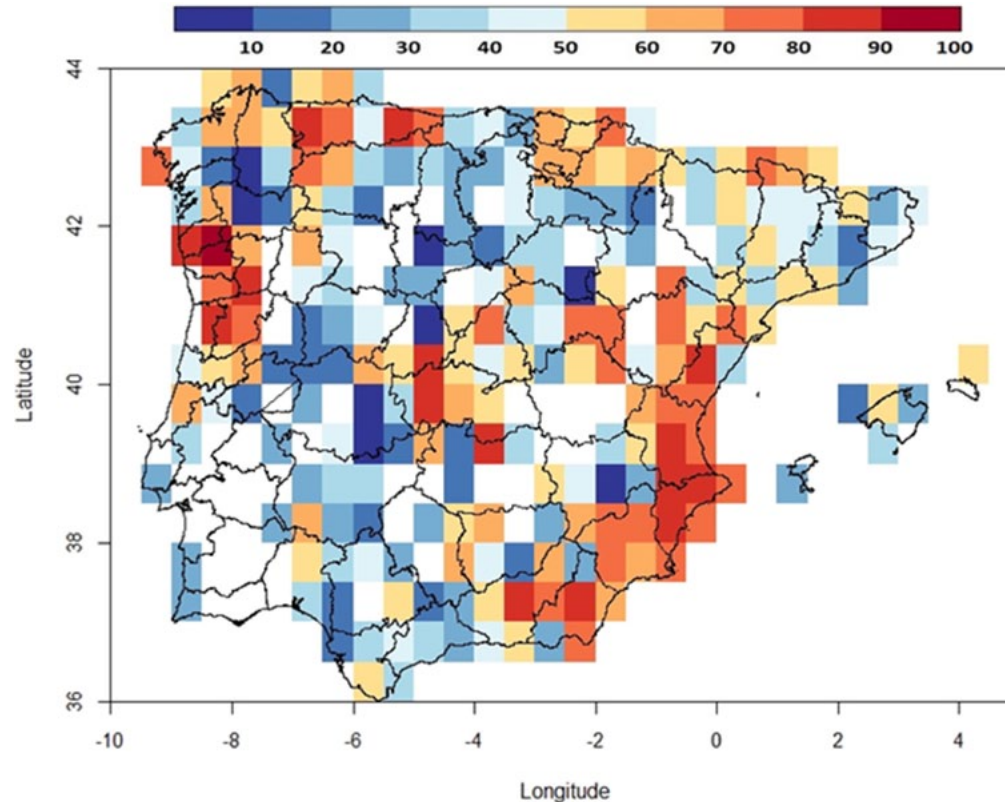
(1831–1879), “una ignorancia completamente consciente es el preludio de cualquier avance científico significativo”<sup>1</sup>.

El conocimiento sobre la biodiversidad es un caso paradigmático de cómo un gran volumen de información puede ocultar nuestro elevado nivel de desconocimiento. Después de más de tres siglos de expediciones científicas y del trabajo de centenares de miles, sino millones, de naturalistas, disponemos de extensas colecciones biológicas y una cantidad ingente de información recogida en libros, artículos científicos y otras publicaciones. En estos momentos, los datos de cerca de 1.400 millones de especímenes ya han sido digitalizados y se encuentran disponibles en internet, gracias a una red de bases de datos de alcance global<sup>2</sup>. A eso habría que sumar gran cantidad de especímenes conservados en colecciones de historia natural y observaciones publicadas en revistas locales que todavía no han sido digitalizados. Y, sin embargo, el catálogo mundial de especies —que recoge el conocimiento taxonómico estandarizado a

1) “Thoroughly conscious ignorance is the prelude to every real advance in science.” (James Clerk Maxwell cf. Firestein 2012).

2) La red global de información sobre biodiversidad (GBIF) contiene 1.382.870.779 registros a 15 de Enero de 2020.

*“La creación de ‘mapas de ignorancia biogeográfica’ es una metodología en desarrollo que permitirá identificar la incertidumbre asociada a cualquier modelo”*



Grado de completitud (en porcentaje sobre la cantidad total de especies) de los datos disponibles acerca de los musgos de la península ibérica, en celdas de 50x50 km<sup>2</sup> para el periodo 1970–2018. Los colores progresivamente más cercanos al rojo indican inventarios más completos, aunque tan sólo aquellas cuadrículas con valores superiores a 80% pueden considerarse como adecuadamente muestreadas. Los datos proceden de la versión 0.9 de la base de datos IberBryo (C. Ronquillo, F.Alves-Martins, N.G. Medina, V. Mazimpaka y J. Hortal, no publicada), que recoge 47.730 registros de ocurrencia con datos fiables sobre identificación taxonómica, localización geográfica y fecha, filtrados a partir de 103.473 registros procedentes de GBIF y otras fuentes. //

*“El conocimiento sobre la biodiversidad es un caso paradigmático de cómo un gran volumen de información puede ocultar nuestro elevado nivel de desconocimiento”*

nivel global— tan solo contiene las descripciones revisadas de 1,9 millones de especies<sup>3</sup> (1.837.565 especies actuales y 63.418 especies ya extintas). Existen muchas más descripciones de especies (GBIF recoge más de 6 millones de nombres), pero la gran mayoría de ellas se corresponden con sinónimos (descripciones duplicadas) de otras especies válidas, o que aún no han sido revisadas para ser incluidas en el catálogo global. De los entre 8 y 15 millones de especies que, según la mayoría de las estimas, podrían habitar el planeta.

En la crisis actual de biodiversidad, que conocemos tan solo entre un cuarto y una octava parte de las especies (dependiendo de la estima), implica que una buena cantidad de especies se van a extinguir (o se está extinguiendo) sin haber sido siquiera descritas por la ciencia. Que este sea el panorama para la parte más básica del conocimiento sobre las especies, su identidad, llama la atención acerca de cómo será el nivel de ignorancia acerca de otros de sus atributos, como su distribución geográfica, su ecología o sus relaciones evolutivas. Para todos estos aspectos el nivel de conocimiento es progresivamente menor cuanto mayor es la complejidad de estas características



3) Nota 3: La lista de 2019 del [Catalogue of Life](#)

*“La ‘informática de la biodiversidad’ busca aprovechar la información de que disponemos e identificar sus límites para realizar predicciones, evaluar la incertidumbre asociada a ellas, y orientar nuevas investigaciones”*

(Hortal et al. 2015). Solo comprendiendo el papel que desempeñan la gran mayoría de las especies en los ecosistemas podremos gestionar de manera efectiva los ecosistemas, garantizando tanto la conservación de las especies como que estas continúen realizando sus funciones y proporcionando los servicios ecosistémicos que nos proveen.

¿Hasta qué punto resulta entonces útil la información incompleta que tenemos sobre la biodiversidad? Tenemos grandes cantidades de información, y es posible realizar análisis globales de parámetros como la distribución de las especies o de la estructura funcional de las comunidades, para luego transferir dicho conocimiento a la toma de decisiones, como hace la Plataforma Intergubernamental sobre la Biodiversidad y los Servicios Ecosistémicos (IPBES). Sin embargo, estos análisis están limitados de manera crítica por la poquísima información disponible sobre la demografía, el papel funcional o las interacciones entre las especies, entre otros aspectos. La falta de información genera un elevado nivel de incertidumbre sobre algunas de las estimas que se realizan con datos incompletos y no permite “afinar” las predicciones en un contexto en el que

es necesario tomar decisiones sobre ecosistemas progresivamente más humanizados, en los que se superponen multitud de factores de impacto humano con dinámicas ecológicas complejas.

Siguiendo la estela de Sócrates, Maxwell o Firestein, una rama dentro de lo que denominamos “informática de la biodiversidad”<sup>4</sup> se ocupa de desarrollar técnicas que nos permitan describir nuestro grado de conocimiento sobre la distribución de las especies y sus características. El objetivo de estas técnicas no es solo identificar claramente los límites de lo que conocemos, sino también (i) dirigir nuevas investigaciones a grupos taxonómicos, áreas geográficas o fenómenos ecológicos menos conocidos, y (ii) evaluar la incertidumbre que genera dicha falta de información sobre los análisis y predicciones que se realizan a partir de los datos existentes. Para ello, es necesario comparar de manera justa lo que conocemos con la totalidad del fenómeno que pretendemos conocer. La manera de hacer esta comparación es utilizar el truco mental de imagi-

nar los datos ideales que tendríamos si conociéramos cada una de las facetas de la biodiversidad (riqueza de especies, relaciones evolutivas, rangos de distribución, funciones ecológicas...) de manera detallada, y considerar el déficit en el conocimiento de cada una de ellas.

Si pensamos en toda la biodiversidad del planeta, resulta útil definir como datos ideales los que estarían almacenados en el Sistema de Información Geográfica, magnífico y omnisciente descrito por Colwell y Coddington (1994). Este contendría toda la información relevante sobre todas las especies vivas de la Tierra, con la capacidad de mostrar cualquier nivel de la jerarquía taxonómica (géneros, especies, subespecies, incluso poblaciones o individuos) en cualquier escala espacial, para cualquier estación del año. Obviamente este Sistema de Información Geográfica es imposible, pero nos resulta útil para definir los principales déficits en el conocimiento de la biodiversidad. Estos déficits son la diferencia entre la información disponible y la información completa sobre



4) La Informática de Biodiversidad (*Biodiversity Informatics* en inglés) aplica tecnologías de la información a la gestión, exploración algorítmica, análisis e interpretación de los datos biológicos primarios, particularmente (pero no solo) a nivel de especie (Soberón y Peterson 2004)].



## Los siete grandes déficits del conocimiento sobre la biodiversidad

**Déficit Linneano:** La mayoría de las especies en la Tierra no se han descrito ni catalogado (Brown y Lomolino 1998); este concepto puede extenderse a especies extintas (Hortal *et al.* 2015)

**Déficit Wallaceano:** El conocimiento sobre la distribución geográfica de la mayoría de las especies es incompleto, siendo en general inadecuado a todas las escalas (Lomolino 2004)

**Déficit Prestoniano:** Falta conocimiento sobre la abundancia de especies, y los datos sobre la dinámica espacial y temporal de las poblaciones son a menudo escasos (Cardoso *et al.* 2011)

**Déficit Darwiniano:** Falta conocimiento sobre el árbol de la vida, así como sobre la historia evolutiva de las especies y la evolución de sus rasgos (Diniz-Filho *et al.* 2013)

**Déficit Raunkiaeriano:** Falta de conocimiento sobre los rasgos funcionales de las especies y sus funciones ecológicas (Hortal *et al.* 2015)

**Déficit Hutchinsoniano:** Falta de conocimiento sobre las respuestas y los niveles de tolerancia de las especies a las condiciones abióticas (es decir, su nicho escenopoético) (Hortal *et al.* 2015, redefinido a partir de Cardoso *et al.* 2011)

**Déficit Eltoniano:** Falta de conocimiento sobre las interacciones ecológicas entre las especies, así como sus efectos sobre la supervivencia y la eficacia biológica (*fitness*) de los individuos (Hortal *et al.* 2015)

Los siete déficits (*shortfalls* en inglés) están nombrados en honor a siete científicos que inauguraron o fueron los principales pioneros de las disciplinas que estudian diferentes aspectos fundamentales de la biodiversidad: Carl von Linné (1707-1778) fue el fundador de la taxonomía; Alfred Russel Wallace (1823-1913) fue uno de los padres de la biogeografía, y junto con Charles Darwin (1809-1882) de la teoría evolutiva; Frank W. Preston (1896-1989) fue pionero en el estudio de la frecuencia y rareza de las especies; Christen Raunkiaer (1860-1938) fue el primero en clasificar las plantas en tipos ecológicos; George Evelyn Hutchinson (1903-1991) desarrolló los fundamentos modernos del concepto de nicho ecológico; y Charles Elton (1900-1991) estableció las bases fundamentales de la ecología de comunidades.

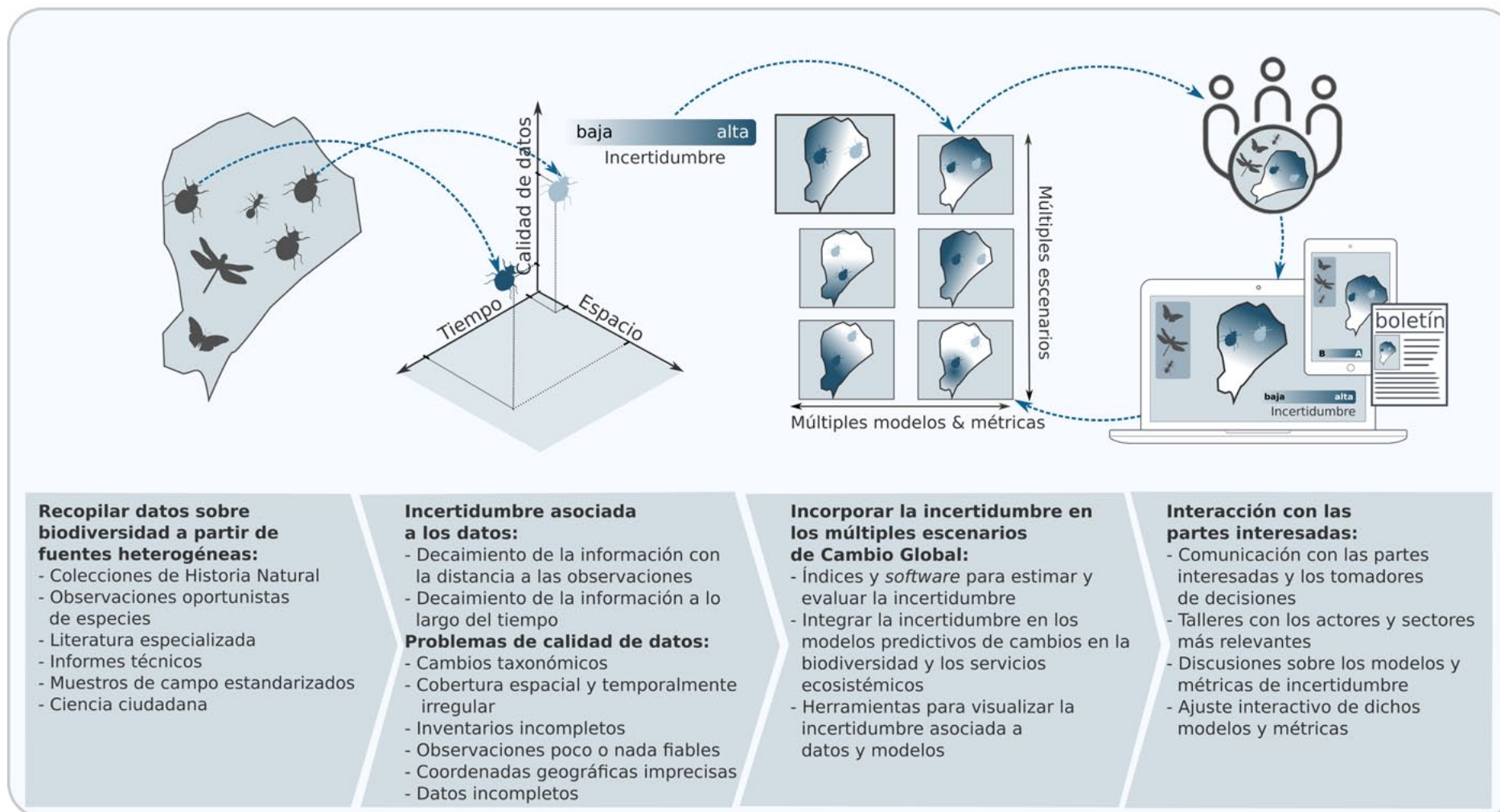
siete aspectos clave en ecología y evolución: la identidad de las especies, su distribución, relaciones evolutivas y dinámicas poblacionales, sus funciones ecológicas, sus respuestas al ambiente y las interacciones con otros organismos (Tabla 1).

Por supuesto, sin conocer la totalidad de la biodiversidad del planeta es imposible determinar la extensión total de estos siete déficits. Hay una buena parte de la biodiversidad que aún no podemos ni imaginar, de ahí que las estimas de, por ejemplo, el número total de especies varíen tanto. Sin embargo, sí que es posible describir aquellas partes de estos déficits que son relevantes para cualquier investigación empírica, teórica o práctica en ecología, evolución o conservación, así como tener en cuenta la incertidumbre asociada a la falta de conocimiento.

Un buen ejemplo es la información sobre la distribución de las especies. Estos datos son especialmente útiles para determinar tanto el grado de amenaza sobre las especies, como los lugares de especial valor para la biodiversidad<sup>5</sup>. Además, estos datos se utilizan habitualmente junto con información sobre el clima, los hábitats y otras variables para realizar modelos de distribución de especies que permiten, por ejemplo, evaluar los movimientos potenciales de las especies en función de los cambios en el clima, o las áreas susceptibles de ser afectadas por especies inva-

Tabla 1) Definiciones y referencias originales de los siete principales déficits en el conocimiento de la biodiversidad (de acuerdo con Hortal *et al.* 2015).

5) El tamaño del rango de distribución de las especies es el criterio principal utilizado para evaluar su estado de conservación a nivel global (ver IUCN 2012).



Proceso para integrar la incertidumbre asociada a los datos en los escenarios de cambio global utilizados para pronosticar cambios en la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

soras (Franklin 2009). Pues bien, las herramientas bioinformáticas permiten mapear los datos de distribución disponibles e incluso calcular cuán completos son los inventarios a partir de bases de datos de biodiversidad (p.e. Lobo et al. 2018).

En la figura 1 podemos ver cuál es el estado de conocimiento actual sobre los musgos en la península ibérica. Tan solo unas pocas regiones poseen inventarios adecuados, concentradas especialmente en el norte de Portugal, el centro

de la Península, Levante y Andalucía. Además, se identifican grandes huecos en el conocimiento sobre la distribución de los musgos ibéricos. Esto implica que los análisis y modelos que se realicen con estos datos van a tener asociado un



elevado grado de incertidumbre, al menos en las predicciones para regiones en las que carecemos de información. Dicha incertidumbre no significa que los modelos tengan necesariamente que fallar, sino que debido a la falta de datos en esas regiones no podemos determinar si los análisis han capturado relaciones o procesos que se verifican a lo largo de todo el territorio o, por el contrario, si dichas relaciones describen el resultado de procesos ecológicos o biogeográficos que suceden tan solo en las regiones mejor muestreadas (Hortal et al. 2012).

Mapas como el de la figura 1 nos permiten identificar las áreas que necesitan nuevas proyecciones o grupos de especies y/o periodos de tiempo que no podemos describir de manera fiable con los datos disponibles (Hortal et al. 2007, Meyer 2016, Stropp et al. 2016). Si las zonas que han recibido pocos muestreos poseen climas y paisajes similares a otros cercanos que hayan sido bien muestreados el nivel de incertidumbre en las predicciones que se hagan sobre ellos será relativamente pequeño (aunque no insignificante). Mientras que si las zonas mal muestreadas poseen condiciones ambientales muy diferentes el grado de incertidumbre será mucho mayor, incluso cuando se encuentren adyacentes a áreas bien muestreadas.

Recientemente se ha propuesto mapear el grado de incertidumbre sobre la biodiversidad presente en cada localidad a partir de tres factores (Ladle & Hortal 2013). (i) Por un lado, de la calidad local de los inventarios, calculada a par-

tir tanto de lo completos que son, como de la fiabilidad de las identificaciones taxonómicas y de otros factores que afectan a la capacidad de registrar a las especies en el campo. (ii) Por otro, a partir de la distancia geográfica; la capacidad de extrapolar las relaciones observadas más allá de los datos observados es menor cuanto más alejados estén los lugares a los que se pretenden proyectar los resultados de los análisis. Por eso, la incertidumbre de las predicciones de la distribución de especies será mayor cuanto más lejos estén geográficamente los sitios mal muestreados de los que poseen inventarios, o más diferentes sean ambientalmente. (iii) Y, finalmente, a lo largo del tiempo. Tanto los ecosistemas como las distribuciones de las especies son altamente dinámicas, por lo que la capacidad de obtener datos progresivamente más antiguos que informen sobre la fauna o flora presente en la actualidad, o sobre las características de las especies en el presente decae con el tiempo. La variación en estos tres factores puede por lo tanto utilizarse para crear “mapas de ignorancia biogeográfica”, unas metodologías actualmente en desarrollo que permitirán crear mapas espacialmente explícitos de la incertidumbre asociada a cualquier modelo o análisis de biodiversidad.

El último paso es, pues, aprovechar estos mapas de ignorancia para evaluar de manera más justa las conclusiones de los estudios sobre biodiversidad y cambio global, así como para incrementar la calidad de la toma de decisiones en estudios de conservación y gestión del territorio. Lo primero es relativamente sencillo, ya

*“Para que la incertidumbre asociada a los datos de biodiversidad sea tenida en cuenta en procesos de toma de decisiones es necesario que científicos y gestores trabajen codo con codo”*

que la comunidad científica está acostumbrada a evaluar el error y tenerlo en cuenta a la hora de interpretar los datos. Pero para que la incertidumbre asociada a los datos de biodiversidad sea tenida en cuenta en procesos de toma de decisiones es necesario que científicos y gestores trabajen codo con codo (Figura 2). No solo es necesario mapear la incertidumbre, sino también combinarla con los modelos de biodiversidad, mejorándolos en la medida de lo posible (Beale y Lennon 2012). Aquí es importante aprovechar las tecnologías de la información para desarrollar formas de representar la incertidumbre de manera interactiva en conjunción con diferentes escenarios de cambio global. Así serán comprensibles por todas las partes interesadas (McInerney et al. 2014), desde científicos de la conservación a políticos, gestores o representantes de ONGs. Solo un esfuerzo coordinado nos permitirá hacer un uso responsable y justo de datos que, a pesar de ser incompletos, proporcionan una gran cantidad de información que puede permitir tomar decisiones realistas ante un mundo en constante cambio ■

