

MEDIOAMBIENTE

Límites de la restauración



EN LA COMARCA DE LOS MONEGROS, en Huesca, se han restaurado humedales que habían sido degradados por la agricultura intensiva de regadío. Las lagunas de la fotografía se crearon en antiguas tierras agrícolas para reducir la contaminación de las aguas por fertilizantes y mejorar la biodiversidad.

de humedales

No podemos confiar en que la restauración restablezca los ecosistemas destruidos por los humanos. Sin embargo, ciertas medidas podrían mejorar su recuperación

David Moreno Mateos

David Moreno Mateos es investigador en el Centro Vasco para el Cambio Climático BC3, en Bilbao, un centro de investigación independiente promovido por el Gobierno vasco y la Universidad del País Vasco. Actualmente, estudia la recuperación de ecosistemas tras impactos humanos con vistas a conocer las mejores medidas para su restauración.



DESDE LOS MANGLARES TROPICALES HASTA LAS TURBERAS BOREALES, LOS HUMEDALES se cuentan entre los ecosistemas más productivos y de mayor valor económico de todo el mundo. Proporcionan a la población humana beneficios y servicios esenciales. Extraen una parte del dióxido de carbono que emitimos a la atmósfera, contribuyen a la biodiversidad del planeta, depuran el agua contaminada que fluye por ellos y reducen el riesgo de inundaciones y erosión. Además, constituyen zonas de indudable interés para la recreación y el ecoturismo.

Sin embargo, debido a las actividades humanas, aproximadamente el 50 por ciento de los humedales del mundo han desaparecido solo en el pasado siglo. En países como España, Francia o China, la pérdida ha alcanzado alrededor del 60 por ciento, mientras que en otras zonas, como nueva Zelanda o California, ha llegado al 90 por ciento.

Tal destrucción acabó en España con más de 200.000 hectáreas de marismas en el entorno de lo que hoy es el Parque Nacional y Natural de Doñana, en Sevilla, una zona que en su momento constituyó uno de los humedales más extensos de Europa. Un destino similar sufrió la cercana laguna de la Janda, en Cádiz, que en el pasado cubría unas 5000 hectáreas; era la laguna de agua dulce más extensa de la península ibérica y la única del sur de Europa donde criaban las grullas comunes (*Grus grus*) y múltiples especies hoy gravemente amenazadas en España, como la focha cornuda (*Fulica cristata*). La degradación ha afectado, asimismo, a un sinnúmero de otras zonas húmedas, como el delta del Ebro, en Tarragona; la laguna de la Nava, en Palencia; o la Camarga, en la región francesa de Languedoc-Rosellón.

Por fortuna, debido a una menor presión de las actividades humanas sobre los ecosistemas y a la proliferación de normativas que favorecen la conservación de la naturaleza, la destrucción de humedales en los países desarrollados se ha frenado drásticamente, aunque aún siga ocurriendo a menor escala. Pero el problema fundamental estriba en la gran pérdida que se ha producido hasta el momento, una situación que exige la introducción de medidas para restaurar estos ambientes. La Unión Europea, la Convención para la Diversidad Biológica y muchas otras organizaciones internacionales y Gobiernos (incluido el de España) están desarrollando estrategias para

abordar tal reto. Cada año se invierten enormes cantidades de dinero en la restauración de humedales, especialmente en Norteamérica, Europa y Australia. Solo en Estados Unidos se gastaron más de 70.000 millones de dólares en restaurar 30 millones de hectáreas de humedales en los últimos 20 años. La financiación europea, aunque muy por detrás de la estadounidense, aumenta también cada año.

Pero a pesar de la magnitud de las inversiones, los resultados obtenidos hasta hoy son pobres y la eficacia de las actuaciones, incierta. La restauración ecológica es una disciplina joven. Han pasado menos de 40 años desde que dejase de ser un campo de investigación marginal —a pesar de que los primeros ensayos de restauración empezaron en los años cuarenta del siglo xx—. Tal situación conlleva que los métodos se hallen aún en pleno desarrollo, que los procesos de recuperación solo estén empezando a ser comprendidos y que ni siquiera esté claro cómo medir si una restauración resulta exitosa o no.

El escaso éxito que suelen tener las actuaciones lo hemos comprobado en una evaluación a escala mundial sobre el estado de recuperación de distintos humedales restaurados con anterioridad. El estudio, publicado en 2012 en *PLoS Biology*, reveló que tales ecosistemas no han recuperado por completo su biodiversidad, estructura y funciones originales. De ahí que los humedales restaurados no puedan considerarse iguales que los primigenios, sino versiones más o menos simplificadas de estos, y muy probablemente tardarán décadas o incluso siglos en recobrarlos. Para gestionar con mayor eficacia las zonas húmedas destruidas necesitamos conocer con mayor profundidad su funcionamiento y sus mecanismos de regeneración tras una perturbación.

EN SÍNTESIS

Marismas, lagunas, pantanos, manglares y otros tipos de humedales proporcionan numerosos beneficios ambientales, económicos y recreativos. Sin embargo, solo en el pasado siglo los humanos hemos causado la desaparición de la mitad de estos hábitats en el planeta.

La restauración ecológica pretende reparar esos daños, pero no consigue casi nunca restablecer el estado primigenio del ecosistema, por lo que no debería emplearse para compensar la destrucción de más humedales bien conservados.

Para mejorar la gestión de las zonas húmedas resulta necesario conocer con mayor profundidad su funcionamiento y sus mecanismos de recuperación tras una perturbación.

Doñana, una historia de degradación y restauración

El Parque Nacional y Natural de Doñana

es uno de los lugares de invernada de aves más importantes de Europa y alberga el complejo de humedales temporales más extenso del continente. Pero, a pesar de su estatus de protección, esta zona húmeda sigue estando amenazada. Sobre todo, a causa de la eutrofización de sus aguas, provocada por la contaminación agrícola y urbana, y la fuerte alteración hidrológica que ha sufrido en los últimos siglos. Esta última comenzó en el siglo XVIII, cuando los humedales se convirtieron en tierras agrícolas, una práctica que se intensificó entre los años cincuenta y setenta del siglo XX. Como consecuencia del drenaje y del aislamiento de los humedales respecto de los cursos de agua principales y del estuario del Guadalquivir, se han alterado procesos como la dispersión de semillas y organismos acuáticos y se han producido grandes mermas en las poblaciones de peces, mamíferos, anfibios y aves.

En los años noventa, comenzaron los primeros intentos de recuperar la biodiversidad y los procesos ecológicos

mediante la reconexión de algunos humedales con los antiguos arroyos que los alimentaban. Sin embargo, debido al desconocimiento de la complejidad natural de la red de humedales, los cursos de agua y sus dinámicas subterráneas, tales intentos no lograron restablecer la conectividad hidrológica del entorno y, por lo tanto, tampoco de las poblaciones de peces y aves.

En 1998 la zona se vio afectada por el desastre de Aznalcóllar. La ruptura de la balsa de lodos de pirita de la empresa sueca Boliden provocó el derrame en los cursos de agua de millones de metros cúbicos de lodos contaminados con metales pesados. Estos últimos se introdujeron en las cadenas tróficas de la marisma y causaron diferentes grados de envenenamiento a todo tipo de organismos, desde invertebrados acuáticos hasta aves. Con el propósito de reparar los daños, en el 2000 se inició uno de los mayores proyectos de restauración de humedales de Europa, denominado Doñana 2005. Este involucró múltiples acciones centradas en

restaurar la hidrología de algunas de las cuencas de alimentación de los humedales (mediante la recuperación de la cubierta vegetal, el cierre de drenajes y la apertura de barreras hidrológicas) y en reducir la contaminación procedente de las áreas agrícolas y urbanas existentes en las cuencas del entorno de Doñana.

En la actualidad, todavía deben ejecutarse o completarse numerosas acciones de ese proyecto. A pesar de ello, varios estudios realizados por investigadores de la Estación Biológica de Doñana, del CSIC y de varias universidades españolas han comenzado a mostrar que en algunas zonas ya se ha iniciado la recuperación de ciertas comunidades de aves y macroinvertebrados acuáticos gracias a la restauración. Aún queda mucho trabajo para recuperar grandes partes del complejo de humedales de Doñana. Si bien no se puede pretender restablecer lo que una vez fue, sí se puede lograr un gran ecosistema mantenido por un desarrollo responsable y una estrategia clara de conservación.

La restauración de la laguna de la finca Caracoles fue una de las actuaciones del proyecto Doñana 2005. En un terreno antiguamente drenado y explotado para el cultivo (*inserto*) se crearon múltiples charcas elípticas para imitar los humedales temporales naturales de la zona (*fondo*). Los estudios demostraron una recuperación de la diversidad de las comunidades de invertebrados acuáticos (aunque no siempre la composición de sus especies); también se observó la influencia del tamaño y ubicación de las charcas en la regeneración de las poblaciones de aves.



ESTABILIDAD DINÁMICA

Los humedales son hábitats que se hallan inundados de forma periódica o permanente con aguas salinas, salobres o dulces. Estas alcanzan escasa profundidad (menos de 6 metros) y forman corrientes lentas o se estancan. Entre los distintos tipos de zonas húmedas se incluyen las marismas de agua dulce o salada, las lagunas someras, las zonas inundables, las charcas temporales o permanentes, los pantanos, los manglares y las turberas.

Durante el desarrollo de un humedal, desde el momento de su aparición (por ejemplo, cuando una zona seca se inunda a causa de un cambio en la topografía), numerosas especies de todo tipo (microorganismos, plantas, algas, aves, mamíferos y anfibios) harán un uso temporal o permanente de este sistema. Las interacciones entre los organismos que lo colonizan y se establecen en él, así como entre estos organismos y el medio abiótico (el suelo, el agua y la atmósfera), permiten que el ecosistema funcione y se perpetúe de forma estable en el tiempo. Este estado puede tardar milenios en alcanzarse. Sin embargo, esa estabilidad no significa que el humedal resulte inmutable y vivan en él siempre las mismas especies. En lugar de ello, alcanza una estabilidad dinámica, lo que significa que, aun manteniendo su condición de humedal, incorpora nuevos organismos mientras que otros se extinguen; se produce así un cambio lento, pero constante, de las especies que lo componen y de las relaciones entre ellas.

Cuando se llega a esa estabilidad dinámica, decimos que el humedal es funcional, lo que significa que genera múltiples funciones como consecuencia de las interacciones biológicas comentadas. Algunas de esas funciones nos aportan a los humanos claros beneficios directos, a los que suele referirse como servicios ecosistémicos. La extracción de dióxido de carbono de la atmósfera constituye uno de ellos. Las plantas fijan el carbono para realizar la fotosíntesis y, más tarde, los restos vegetales que caen al suelo, que se halla inundado, se descomponen muy lentamente. Esta circunstancia mantiene el carbono almacenado en los suelos durante largos períodos de tiempo, lo que demora su regreso a la atmósfera. Asimismo, los humedales mitigan las inundaciones gracias a su capacidad de almacenar agua y de reducir la energía de los ríos cuando aumenta su caudal tras las tormentas. La producción de alimentos sostenida representa otra función importante. Una parte de la alimentación de numerosos países está asegurada gracias a la productividad natural de peces, moluscos, crustáceos o aves que ofrecen los humedales.

Otros muchos procesos no poseen un valor directo evidente para los humanos, pero son indispensables para el funcionamiento del humedal, como la descomposición de la materia orgánica (que interviene en el ciclado de carbono y otros nutrientes esenciales para plantas y animales). Y algunos de los servicios que no se valoran en la actualidad tal vez se consideren esenciales en un futuro, cuando nuestro conocimiento sobre el funcionamiento de los ecosistemas mejore. Por ejemplo, hasta no hace muchos años, no se daba importancia a la protección que proveían los manglares y las marismas costeras frente a las grandes tormentas, tsunamis y huracanes. Hoy en día, en cambio, tal servicio se valora como fundamental y está llevando a restaurar miles de hectáreas de este tipo de ecosistemas en todo el mundo.

Un humedal funcional que presenta una estabilidad dinámica suele mostrarse resistente y resiliente (capaz de recuperarse) ante los impactos que alteran su biodiversidad o sus funciones. Así sucede cuando se ve modificado por elementos naturales,

como los huracanes, o algunos usos tradicionales de bajo impacto, como la pesca tradicional o la extracción moderada de agua para el riego o el consumo humano. Sin embargo, no tiene la capacidad de reaccionar ante perturbaciones drásticas. Estas consisten en el drenado de marismas para crear campos de cultivo, como ocurrió en Doñana, en la laguna de la Janda y en Rancho Humo, en Costa Rica; en la regulación de los ríos mediante la construcción de embalses, lo que reduce en gran medida el aporte de sedimentos necesario para mantener los humedales costeros, como el de la isla de Poplar, en la bahía de Chesapeake (Maryland, EE.UU.) o el del delta del Ebro; o en la proliferación de especies invasoras, como ocurre en la laguna de Medina, en Cádiz, donde la carpa (*Cyprinus carpio*) devoró todas las plantas acuáticas e impidió el desarrollo de poblaciones de macroinvertebrados y, como consecuencia, de aves acuáticas. En tales casos, el daño resulta mucho más grave, por lo que la recuperación del ecosistema conllevará más tiempo o exigirá una intervención humana profunda. Esta intervención puede ser la restauración.

¿HUMEDAL RESTAURADO, HUMEDAL RECUPERADO?

La restauración es el proceso de *ayudar* a la recuperación de los ecosistemas que han sido degradados, dañados o destruidos, según la definición que propuso la Sociedad de Restauración Ecológica en 2004. Ello significa que, después de aplicar una serie de medidas, debe permitirse que sigan su propio camino sin que los humanos tengan que intervenir indefinidamente. Con el paso del tiempo, tal vez siglos o incluso milenios después de las actuaciones, los ecosistemas restaurados, incluidos los humedales, se estabilizarán por sus propios medios. La medida de restauración más frecuente consiste en restablecer las condiciones hídricas que presentaba el humedal antes de la perturbación.

Pero ¿cuándo se considera que se ha alcanzado tal estabilidad y puede darse por «finalizada» la restauración? Tal pregunta resulta hoy extremadamente difícil de contestar con datos empíricos. No hay ningún ecosistema que se hubiera restaurado hace 500 años y haya sido estudiado desde entonces. Hace poco, Michael Curran, del Instituto Federal de Tecnología de Zúrich, y sus colaboradores estimaron, mediante modelos informáticos, que un ecosistema terrestre degradado podría tardar más de 1000 años en recuperar características similares a las que poseía antes de ser alterado. Pero tal dato aún debe ser demostrado sobre el terreno.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que, una vez que los humedales han sido destruidos, no todos siguen la misma trayectoria de recuperación tras las actuaciones de restauración. Así, los de zonas templadas o cálidas podrían tardar menos en restablecerse que los que se sitúan en zonas más frías. El calor podría acelerar el proceso de recuperación. Igualmente, la alta conectividad hidrológica entre las distintas marismas costeras hace que estas se recuperen mejor que los humedales endorreicos, por lo general más aislados y alejados unos de otros. Tal efecto podría guardar relación con la mayor cercanía y disponibilidad de los propágulos vegetales (partes de una planta que le permiten reproducirse) y de los animales que colonizarán los humedales restaurados. Cada humedal es único, como también lo es su trayectoria de recuperación; de ahí que, cuando esta se inicia, se ignora cómo será y cuándo se estabilizará.

En este punto, cabe destacar que un humedal restaurado en el que se observan numerosas plantas y pájaros no es sinónimo de un humedal recuperado; es simplemente otro tipo de hu-

Los resultados imprevisibles de la restauración

Evaluar la eficacia de la restauración conlleva una enorme incertidumbre, porque la recuperación de los humedales no es predecible. Ello se debe a la diferente trayectoria que pueden seguir los elementos básicos del ecosistema, como las especies que lo componen y las interacciones que se establecen entre ellas, o los nutrientes que se acumulan y se reciclan en el suelo. La distinta velocidad con que se recuperan estos elementos u otras circunstancias externas difíciles o imposibles de controlar, como la crecida de un río, determinarán el éxito o fracaso de las actuaciones. Los siguientes ejemplos lo ilustran.



Destrucción y construcción de la isla de Poplar

La isla situada, en la bahía de Chesapeake (Maryland, EE.UU.) desapareció como consecuencia de la pérdida del aporte de sedimentos a la bahía debida a la regulación de los ríos, entre otros factores (*izquierda*). A finales de los años noventa, se inició su restauración. Se incorporaron sedimentos procedentes del dragado de canales del puerto de Baltimore y, en el 2004, tuvo lugar una revegetación con *Spartina alterniflora* (*derecha*). Una evaluación superficial de las actuaciones puede sugerir una recuperación de la zona. Sin embargo, procesos esenciales para el correcto funcionamiento del humedal, como el ciclado de carbono o nitrógeno, no suelen recuperarse hasta décadas o siglos después de la restauración.

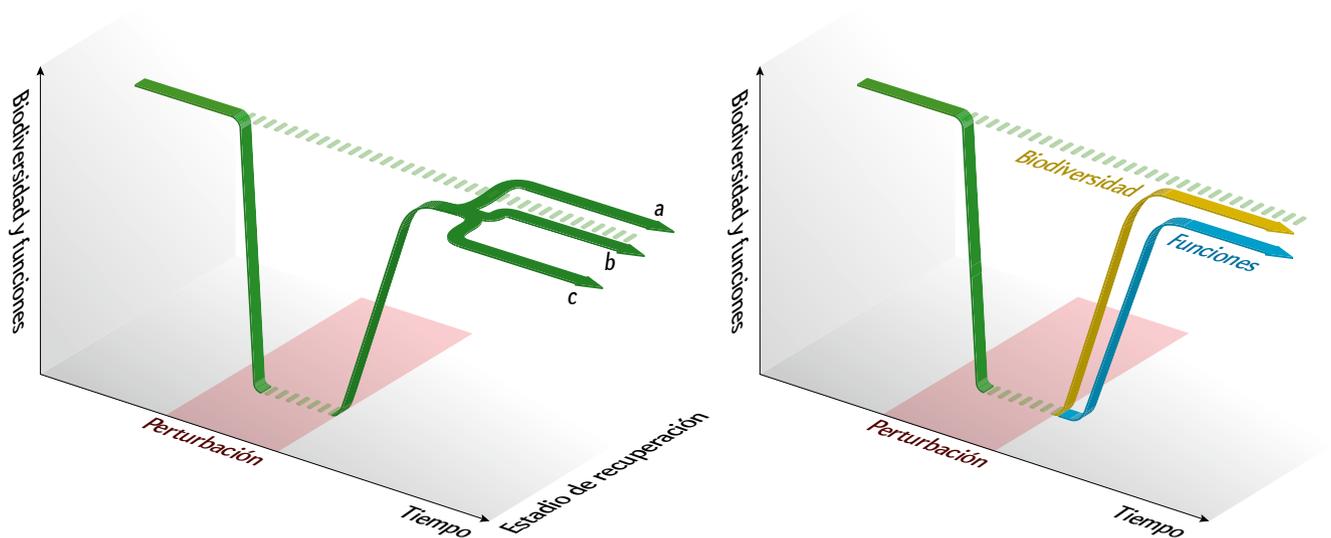
Rancho Humo: Resultados inmediatos

Las intervenciones pueden proporcionar algunos beneficios iniciales rápidos, como el fomento del ecoturismo. Este es el caso de Rancho Humo, una reserva privada en Costa Rica. Las actuaciones se realizaron en una antigua zona agrícola degradada (*izquierda*), de unas 1000 hectáreas, creada a partir del drenaje de un humedal. La restauración generó un entorno de gran importancia para las poblaciones de aves de Centroamérica (*derecha*). Hoy el nuevo humedal mantiene una empresa dedicada al turismo ornitológico. No obstante, algunos fenómenos impredecibles pueden redirigir los procesos de recuperación o incluso revertirlos (por ejemplo, una contaminación agrícola no controlada o la invasión de especies exóticas).



Un pez invasor en la laguna de Medina

En esta laguna de Cádiz se erradicó la carpa (*Cyprinus carpio*), una especie introducida que devoraba todas las plantas acuáticas e impedía el desarrollo de poblaciones de macroinvertebrados y aves acuáticas (*izquierda*). Tras su eliminación, la laguna mostró una rápida respuesta positiva y, cuatro años después, se habían desarrollado plantas acuáticas de las que se alimentaban las aves (*derecha*). Pero en ese momento una crecida del río reconectó la laguna con su cauce y volvió a introducir las carpas. El estado de la laguna hoy en día es el mismo que antes de la restauración.



MÚLTIPLES TRAYECTORIAS DE RECUPERACIÓN: La biodiversidad y las funciones (como el ciclado de carbono y nitrógeno) de un humedal sin degradar (*línea verde*) son drásticamente reducidas cuando se produce una perturbación de origen humano (por ejemplo, el drenado para crear un campo de cultivo). Cuando se inicia la recuperación del ecosistema, bien de modo activo con medidas de restauración, o bien cuando la actividad degradadora cesa por completo, la evolución de este puede seguir diferentes trayectorias (*a, b, c; izquierda*). Estas pueden ser consecuencia de las distintas combinaciones de plantas empleadas para la restauración o de las especies concretas que colonizan de modo espontáneo el humedal. Algunos estudios indican, además, que la biodiversidad podría recuperarse antes que la funcionalidad (*derecha*). A pesar de los múltiples caminos que puede seguir la recuperación, el humedal no suele retornar a un estado similar al que presentaba antes de ser degradado hasta muchas décadas o siglos después.

medal, que normalmente tendrá un menor número de especies (algunas de las cuales no siempre resultan fáciles de identificar, como los microorganismos), y en el que estas interaccionarán menos entre sí.

A esa conclusión llegamos en el estudio publicado en *PLoS Biology* señalado al principio del artículo. En él evaluamos el estado de recuperación de más de 600 ecosistemas restaurados distribuidos por todo el mundo; en concreto, analizamos la biodiversidad (el número de especies y la abundancia de individuos de esas especies) y algunas funciones biogeoquímicas (la cantidad de carbono, nitrógeno y fósforo almacenada en el suelo). Los datos se compararon con los de humedales no degradados de características similares —en realidad, dada la presencia humana global, es prácticamente imposible hallar humedales donde no haya habido ningún tipo de alteración—. Los resultados pusieron de manifiesto que, entre 50 y 100 años después de la restauración, los humedales solo habían recuperado el 75 por ciento de la biodiversidad y las funciones que poseían los ecosistemas inalterados. Las zonas restauradas no recobran su estado original, sino otro que se asemeja a este, pero más simplificado. La recuperación total tal vez solo se alcance después de muchas décadas, o incluso siglos.

RESTAURAR PARA MITIGAR LA DESTRUCCIÓN

A menudo se «restauran» humedales con un fin específico, esto es, para obtener un beneficio directo de ellos. Tal enfoque está ganando cada vez más popularidad y se emplea muchas veces para justificar el desarrollo de una «infraestructura verde» o las políticas de mitigación. Sin embargo, en estos casos el humedal no se restaura para que siga su trayectoria de recuperación espontánea, sino que se diseña para que cumpla una función que nos beneficie a los humanos. El lado positivo de esta práctica, aparte de obtener ese beneficio, es que, además, se crearán otras

funciones de las que también podremos sacar provecho nosotros y otros organismos. El negativo es que se promueve que los ecosistemas restaurados se asemejen menos a los originales (antes de ser degradados), con lo que se contribuye a una pérdida global de funcionalidad y biodiversidad.

Estos «nuevos» humedales diseñados para cosechar servicios pueden almacenar mucho carbono o controlar muy bien las inundaciones, pero su capacidad de recuperación frente a ulteriores impactos naturales puede resultar inferior. Además, la incertidumbre de cómo funcionarán estos sistemas en el futuro, y de si nos proveerán de servicios aún no descubiertos, constituye un enorme riesgo que debemos estudiar en detalle antes de tomar la decisión de restaurar la zona a nuestra conveniencia.

Uno de los usos más frecuentes que se da a los humedales restaurados es el de descontaminar de nitrógeno las aguas residuales agrícolas. Especialmente los que se hallan en sus primeras fases de desarrollo tienen una alta capacidad para retener nitratos y fosfatos del agua, por lo que contribuyen a mejorar la calidad hídrica de las cuencas agrarias. Debido a que el diseño de este tipo de humedales suele optimizarse para reducir nutrientes, los flujos de agua, la profundidad que alcanza esta y las especies de plantas que los colonizan no son los que cabría hallar en un humedal espontáneo, incluso aunque la zona restaurada correspondiese a una antigua zona húmeda.

Otro ejemplo de restauración de humedales para el provecho humano lo ilustra el Plan Exhaustivo de Restauración de los Everglades, en Florida. Se trata de un conjunto de proyectos que se desarrollan en diferentes partes del territorio y abordan distintos aspectos, algunos más sociales y otros más hidrológicos. La realidad es que los Everglades, según se deduce de los resultados de este programa, nunca serán restaurados, sino transformados en ecosistemas altamente intervenidos por los

humanos y que aportarán numerosos servicios local o socialmente valorados. Pero no se promueve una autoorganización ecológica y geomorfológica del sistema para que se perpetúe por sí solo; siempre existirá la necesidad de mantenerlo en su conjunto, lo cual conllevará costes económicos.

Uno de los riesgos que entraña la mala comprensión de la restauración es su aplicación en las políticas de mitigación. Cada vez más países, entre ellos España y los de la Unión Europea en su conjunto, están desarrollando políticas en las que se permite destruir un ecosistema siempre que se restaure otro de características similares. Según se ha expuesto en este artículo, cuando se intenta sustituir un ecosistema degradado por otro «equivalente», una parte de sus especies, funciones y servicios solo se restablecen a muy largo plazo, o quizá no lo hagan nunca. Por lo tanto, la restauración, aunque resulta esencial para proteger la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, no debe ser utilizada para justificar la degradación de más humedales en buen estado de conservación.

La mayoría de las iniciativas de mitigación toman el ejemplo de las políticas de Estados Unidos, que tienen como objetivo evitar que se produzca una pérdida neta de superficies de humedales. Sin embargo, cabe destacar que en ese país, incluso con la Ley de Aguas Limpias, en vigor desde 1974, cada año se destruyen unas 5000 hectáreas de humedales «no degradados». Y en esta cifra no se incluyen los ecosistemas destruidos y restaurados, que, como hemos visto, solo resarcan una parte del daño. Con las políticas de mitigación no es posible alcanzar una pérdida neta de humedales igual a cero, por lo que nunca debería emplearse la restauración como una medida de compensación.

OPTIMIZAR LA RESTAURACIÓN

¿Cómo hay que proceder entonces con los humedales restaurados, menos biodiversos y funcionales que los naturales? En principio, parece que no cabe hacer mucho más que dejar que transcurra el tiempo necesario para que alcancen un estado «estable», con una alta diversidad biológica y funcionalidad. Pero debido a que tal proceso quizá lleve siglos, podrían aplicarse algunas estrategias que mejorasen la recuperación.

La ciencia de la restauración está empezando a entender los mecanismos que regulan el ensamblaje de comunidades, en especial de las vegetales, lo que posiblemente hará que en el futuro próximo la selección de especies se realice más acorde con las condiciones hidrológicas y edáficas, así como con las propiedades del agua de los ecosistemas que se están restaurando. La recuperación de la estructura y funciones de los humedales podría lograrse de este modo con mayor rapidez.

Los estudios más recientes, como los experimentos realizados en praderas por el equipo de Olivier Honnay, de la Universidad de Lovaina, sugieren que tal objetivo podría conseguirse, por ejemplo, mediante la introducción de especies que presenten una alta eficacia en la utilización de los recursos disponibles en el medio degradado, como el agua o los nutrientes del suelo. De esta forma, podría maximizarse la funcionalidad natural del humedal, con una mejora de la productividad, de la tasa de descomposición de los restos orgánicos y de otras funciones relacionadas con la regulación del ecosistema, muchas de las cuales pueden incluso desconocerse hoy en día.

También es importante identificar lo que no se está haciendo bien ahora mismo, esto es, las medidas de restauración que resultan inapropiadas o inútiles. En otra evaluación reciente de proyectos de restauración de humedales en todo el mundo, que he realizado en colaboración con James Aronson, del

Centro Nacional para la Investigación Científica de Francia, y Paula Meli, de Natura Mexicana, hemos comprobado que los ecosistemas repoblados con plantones no se recuperan mejor que los que no lo han sido, por lo que el uso de esta estrategia, una de las más ampliamente utilizadas en todo el mundo, debe restringirse a aquellas situaciones en las que se demuestre su necesidad y utilidad. Tal es el caso de algunos manglares, donde la fuerza de las olas evita que las semillas se establezcan por sí solas una vez que los árboles han sido eliminados. O de ciertas turberas boreales, donde, si no se añaden esporas del musgo del género *Sphagnum*, la recuperación tardaría seguramente milenios.

Entender el proceso de recuperación resulta esencial para optimizar la restauración. Como ya hemos comentado, uno de los aspectos más importantes que determinan la funcionalidad de los ecosistemas es la interacción entre organismos. Ello ha llevado a nuestro grupo a estudiar el modo en que se construye la red de interacciones de un tipo de ecosistema, el hayedo, durante el período de recuperación y a identificar los elementos clave de esas redes. Pensamos que tal información nos ayudará a conocer la mejor forma de asegurar la recuperación.

Una gran pregunta que emerge de los resultados de los estudios centrados en la restauración de humedales es si la falta de recuperación que observamos en ellos ocurre también en otros ecosistemas. Para ello, varios equipos de investigadores de distintos países estamos realizando otra nueva evaluación global de la recuperación en la que esta vez incluimos bosques, lagos, ríos, praderas y ecosistemas marinos, además de los humedales. La respuesta vendrá pronto, y con ella esperamos contribuir al avance de la ecología de la restauración, que, como ciencia joven, necesita aún recursos y tiempo para crecer. Cabe imaginar la situación actual de esta disciplina como la de la medicina occidental hace 250 años, cuando empezó a desarrollarse. Afortunadamente, la restauración ecológica constituye un campo en auge, y el interés que muestran por ella la sociedad y los Gobiernos aumenta sin cesar. Hoy en día, la restauración no ofrece la solución perfecta para contrarrestar la degradación de ningún ecosistema, y mucho menos debe ser utilizada para justificar esta última, pero representa una gran herramienta para reducir la pérdida de biodiversidad y restituir los beneficios que obtenemos de los ecosistemas y que necesitamos para vivir en este planeta.

PARA SABER MÁS

Principios de SER Internacional sobre la restauración ecológica. Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica. Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas, 2004.

Doñana: Agua y biosfera. F. García-Novo y C. Marín Cabrera. Proyecto Doñana. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 2006.

Structural and functional loss in restored wetland ecosystems.

D. Moreno-Mateos, M. E. Power, F. A. Comín y R. Yockteng en *PLoS Biology*, vol. 10, n.º 1, e1001247, 2012.

Is there any empirical support for biodiversity offset policy? M. Curran, S. Hellweg y J. Beck en *Ecological Applications*, vol. 24, n.º 4, págs. 617-632, 2014.

EN NUESTRO ARCHIVO

Humedales. Jon A. Kusler, William J. Mitsch y Joseph S. Larson en *IyC*, marzo de 1994.

Recuperar las zonas húmedas. John Carey en *IyC*, agosto de 2015.