



Capítulo 3 Perspectivas para la conservación de humedales

182	Introducción.
187	¿Para qué conservar los humedales andaluces?
193	Problemas de conservación de los humedales andaluces.
196	Alteraciones producidas en la hidrodinámica de los humedales costeros.
200	Contaminación del sustrato y de aguas subterráneas y superficiales.
208	Otras grandes infraestructuras y otros impactos.
212	Las especies invasoras y la globalización de los ecosistemas.
220	Niveles de Conservación.
221	Nivel 1. La conservación de las especies en su contexto evolutivo.
229	Nivel 2. Conservación del hábitat.
238	Nivel 3. Conservación de los humedales desde una perspectiva ecológica de paisaje.
242	Creación y restauración de humedales: el trabajo del demiurgo.
244	Consideraciones iniciales.
247	Elección del lugar.
250	La formación de nuevas comunidades.

Introducción

*“Que todo lo que hay de infecto y el sol absorbe en charcas, marismas y pantanos, caiga sobre Próspero y poco a poco lo cubra de enfermedad...”*¹⁹⁴
William Shakespeare, *La Tempestad*. II.2.

La maldición que Calibán murmura a su amo Próspero mientras arrastra la pesada leña y se escuchan amenazadores truenos, nos recuerda hasta qué punto las zonas húmedas han sido históricamente consideradas como zonas insalubres y nada deseadas¹⁹⁵.

Calibán es el paradigma del hombre salvaje, instintivo, ingenuo, rebelde, la parte más primitiva del ser humano; está lleno de temores ante lo desconocido y síquicamente torturado por sus pensamientos. Probablemente todos esos procesos síquicos fueron los que indujeron en el hombre paleolítico al nacimiento de una cultura que le ayudase a sobrevivir en un mundo del que era consciente, eliminando poco a poco las limitaciones que la propia naturaleza le imponía, a luchar por controlarla y, con el tiempo, a alejarse de ella.

La visión del ser humano unido a la naturaleza está muy lejos de los propósitos de la civilización occidental en especial cuando, gracias a los avances científicos y tecnológicos aprendió a controlar parte del mundo natural y a no temerle. Desde la Ilustración el hombre se fue apartando de todo lo que representaba el mundo no civilizado llegando, por ejemplo, a dar más importancia estética a las artes plásticas que nacían de la inteligencia humana que a la propia naturaleza de la que dependemos. Y aunque con el Romanticismo, hay un intento por volver a mirar la naturaleza como algo bello, ésta es sólo una fuente de estímulos, una referencia con la que se pretendía regresar a lo real desvinculándose de lo ideal del Neoclasicismo. Sólo ahora, a finales del siglo XX y principios del XXI ha surgido una reacción social y cultural que pone por primera vez de manifiesto un interés por conservar algo que es un bien escaso. A ello han contribuido sin duda, por un lado, los avances de la ciencia al comprender más y mejor las complejas interrelaciones ecológicas y el impacto que sobre ellas ejercen algunas actividades humanas y, por otro, los medios de comunicación que nos han acercado a todos los rincones del Planeta y nos han ayudado a comprender su enorme fragilidad.

Ahora el medio natural conservado puede ser considerado como un recurso económico más; hemos tardado en reconocer, no sólo la necesidad que de él tiene el ser humano para su propia supervivencia por el aporte de recursos básicos, sino que también nos da bienestar y su conocimiento nos puede dar satisfacciones intelectuales. Hace sólo unas décadas la naturaleza aún era algo inhóspito que el hombre se consideraba con derecho a transformar o destruir para su provecho y ahora se

valora como algo necesario para su propia supervivencia, pero también como algo bello, algo de la misma categoría estética que el arte. Hacer una excursión al campo puede ser una actividad educativa y lúdica como ir a ver un museo y eso, en parte, puede tener una explicación puramente biológica: nuestra especie evolucionó en el medio natural y aunque a veces nos fuera hostil, es el hábitat que nos configuró física y síquicamente por lo que ese medio siempre nos transmitirá una sensación de bienestar y nada nos parecerá más hermoso que un paisaje natural. Quiero decir con esto, que difícilmente podremos llevar una existencia feliz y plena si prescindimos del medio natural porque, como el resto de los seres vivos, tenemos una filia por el ambiente donde nuestros genes nos diferenciaron como especie.

Cuando en las noticias leemos que un monumento u otra obra de arte ha sido destruido, las personas con cierta sensibilidad por la cultura sentimos que la humanidad ha perdido algo irremplazable y de ello ya sólo nos quedará un recuerdo. En algunos desgraciados momentos de la historia, ciertas decisiones políticas han fomentado la destrucción del patrimonio histórico con el objetivo de cegar la memoria del legado de nuestros antepasados y en esos intentos hemos perdido parte de la perspectiva histórica. Con las políticas que fomentan la destrucción del medio natural de manera indiscriminada el daño es, si cabe, doble ya que no sólo perdemos un bien en sí mismo como pudiera ser una obra de arte sino que, además, perdemos la potencialidad del conocimiento futuro de un nuevo recurso.

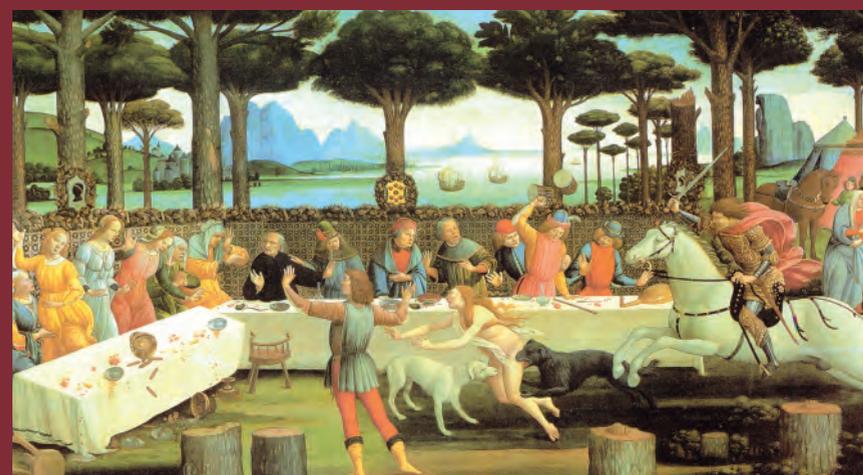
Resulta cuanto menos reconfortante poder admirar hoy en el Museo del Prado de Madrid, tres de las cuatro tablas de Botticelli dedicadas a La historia de Nastagio degli Onesti, inspiradas en la obra literaria de Boccaccio¹⁹⁶. Estas pinturas desde su origen, destinadas a la Casa Pucci de Florencia, han ido pasando por diversas manos hasta llegar a 1929 cuando las adquirió un hombre con una gran formación intelectual que llegó a ser ministro de Fomento y Finanzas en España en gobiernos presididos por Antonio Maura. Este político y mecenas catalán llamado Francesc Cambó, que en enero de 1942 donó las preciadas obras de Botticelli al Museo del Prado, aprobó años antes, el 24 de julio de 1918 una ley¹⁹⁷ mediante la que se establecían incentivos económicos para la desecación de lagunas, marismas y terrenos pantanosos que, además de considerarlos improductivos, eran insalubres. Consiguió que unas obras de arte irrepetibles se conservasen y que cualquier persona pudiese disfrutar de ellas, pero contribuyó de manera decisiva a la destrucción de otro rico patrimonio igualmente único e irrepetible: nuestros humedales, de los que ya nadie podrá disfrutar. La ley Cambó en su artículo primero decía:

“El Estado podrá conceder y auxiliar en las condiciones que se determinen en la presente ley la desecación y saneamiento de lagunas, marismas y terrenos pantanosos y encharcadizos, siempre que la superficie desecada sea superior a 100 hectáreas.”

En aquel momento España estaba sumida en una grave crisis social, y el presidente Antonio Maura formó un gobierno con el objetivo de realzar la economía generando nuevas industrias con las que tratar de aumentar la producción del mer-



*Botticelli.
La historia
de Nastagio
degli Onesti.
Museo del
Prado.
Madrid.*



cado interior, por lo que la transformación de tierras inundadas e improductivas en campos de cultivo estaba muy acorde con sus propósitos.

Con esta ley, el gobierno subvencionaba parcialmente la desecación de grandes extensiones de humedales, pero los propietarios en cuyas fincas existían otros de pequeñas dimensiones ya lo hacían con frecuencia y por cuenta propia. De hecho, como hemos visto en algunos ejemplos del capítulo precedente, el hombre ha estado modificando y alterando la hidrología de las zonas húmedas desde los orígenes de su civilización, aunque las grandes obras de drenaje y saneamiento comenzaron a ser habituales a partir de la Edad Media. Con esto, al agricultor no sólo ganaba tierras para sus cultivos sino que también acababa con terrenos insalubres que eran focos de transmisión de enfermedades, especialmente el paludismo. Las fiebres palúdicas o maláricas han sido un azote para muchas generaciones y aún hoy lo siguen siendo en otros países cercanos. En muchos países tropicales y subtropicales existen otras muchas graves enfermedades asociadas a zonas húmedas como es el caso de la úlcera de Buruli¹⁹⁸.

En cualquier caso, aunque nos parezca que en los siglos precedentes no ha habido responsabilidad por proteger y conservar la naturaleza y que esto es una afortunada moda nueva, esta idea no es totalmente cierta. Al igual que ahora, antaño existían ciertas leyes que protegían el patrimonio natural por ser potencialmente un recurso y una riqueza. Por poner sólo un ejemplo, entre los siglos XV y XVI, existía una especial preocupación por la conservación de los montes ya que de ellos se extraía leña, madera, carbón, ceniza, caza, alimentos, medicinas, etc. Una de las amenazas más importantes eran los incendios forestales que, en muchas ocasiones, eran provocados para conseguir nuevas zonas de siembra y pastos. En Córdoba existió una ordenanza contra los incendios de los montes, de manera que podían llegar a condenar a la quema a aquella persona que provocase un incendio y a sus cómplices pero, además, se ponía vigilancia en los bosques durante los meses del verano y, en aquellos montes que habían sido incendiados, se prohibía su siembra y la entrada de ganado durante varios años¹⁹⁹. Estas leyes, podrían parecernos actuales salvo por la severa condena que el pirómano recibía.

Pero es algo palpable que el crecimiento de las poblaciones y su economía han provocado la alteración de la mayor parte de los ecosistemas del Planeta y, por desgracia, es un proceso que, de momento, parece imparable. Cada día se necesita mayor cantidad de energía y de productos de consumo, lo que se traduce en una continua merma de los ecosistemas por la explotación de sus recursos. En el tema que nos ocupa, los humedales andaluces, se han visto amenazados de tres maneras diferentes: la primera y más importante es la destrucción directa y la fragmentación de los hábitats, principalmente motivada por la expansión de las zonas agrícolas, las urbanizaciones (especialmente en humedales costeros) y la contaminación de las aguas. La segunda en importancia es la introducción de especies foráneas como el cangrejo rojo americano, o la gambusia que han acabado con comunidades enteras vinculadas a diferentes tipos de humedales. La tercera y última se debe a la caza que se ha centrado casi exclusivamente sobre aves.

Además de los aspectos puramente ecológicos, un humedal plantea problemas

económicos a los propietarios de las fincas que lo poseen y esto hay que tenerlo presente de cara a su gestión. El drenaje de los humedales de interior ha sido justificado para convertir su suelo fértil en zonas de cultivo, lo cual ha sido especialmente desastroso en Andalucía, donde la gran mayoría de los grandes humedales se encuentran en terrenos agrícolas asociados al endorreísmo bético. Además, un humedal físicamente es una molestia para la eficacia de la maquinaria agrícola que se utiliza hoy en día tanto para labrar la tierra como para la recogida de los cultivos debido, principalmente, a su gran tamaño y a las limitaciones de maniobrabilidad. También cabe destacar la desventaja económica que tienen los propietarios en cuyas fincas hay un humedal ya que no obtienen ingresos económicos de ese terreno y, a cambio de conservarlo, no suelen recibir ningún incentivo fiscal. Por último, un humedal puede provocar ciertas molestias a los agricultores por la fauna que éste acoge que puede llegar a perjudicar la cosecha o por la proliferación de los mosquitos que allí completan sus ciclos de vida.



Laguna de Donadío en un entorno agrícola

Por otro lado, y especialmente, los humedales costeros han visto reducidas considerablemente sus dimensiones debido a que el valor del espacio que ocupan es muy superior cuando se desecan para hacer urbanizaciones, polígonos industriales o lugares de recreo y ocio.

Pero las amenazas que se ciernen sobre un humedal no se basan exclusivamente en la ocupación de su espacio sino que los que a pesar de todo perviven, se ven amenazados por contaminación de productos químicos de diferente origen que son transportados por escorrentía superficial y a través de las aguas subterráneas así como por sedimentos que proceden de tierras de cultivo próximas. El incremento de nitrógeno y fósforo aumenta la productividad de los humedales lo cual provoca graves desequilibrios ecológicos. Los herbicidas e insecticidas destruyen las comunidades de invertebrados acuáticos y producen efectos de debilitamiento sobre vertebrados incluyendo deformaciones, efectos negativos sobre la tasa reproductiva e incluso la muerte.

Para intentar frenar esta progresiva degradación, se han llevado a cabo programas de protección y conservación de algunos de estos espacios, pero la visión que hasta ahora se ha tenido de los humedales ha sido, cuanto menos, reduccionista ya que han recibido la atención por ser hábitats de interés exclusivamente para el grupo de las aves y su gestión ha ido encaminada a la mejora de las condiciones para la salvaguardia de este grupo sin tener en cuenta muchos otros factores ecológicos.

Incluso para un ecólogo es difícil comprender el funcionamiento, ni siquiera parcial, de un humedal. Más que otros ecosistemas, los humedales son sistemas complejos que se reinventan constantemente. Como ya hemos visto en capítulos

precedentes, en estos ecosistemas se pueden producir grandes transformaciones en un corto periodo de tiempo, las fluctuaciones acontecen cotidianamente en los complejos húmedos de Andalucía. Podemos decir, por tanto, que cada humedal en su conjunto, funciona como un semoviente, tiene su propia dinámica y se transforma con un ritmo determinado.

En las siguientes páginas vamos a analizar algunos de los problemas de conservación más importantes de los humedales andaluces y la forma de abordarlos. La manera más efectiva de apreciar estos ecosistemas es conociéndolos y aprendien-

Los humedales y las urbanizaciones compiten por el espacio. Isla Cristina.



do a descubrir lo que nos pueden aportar, desterrando para siempre la interpretación que, mediante maldiciones, Calibán hacía de la naturaleza y su oscura visión de lo misterioso y desconocido.

¿Para qué conservar los humedales andaluces?

Al lector que haya llegado hasta esta página del libro, probablemente ya le sobrarán argumentos para contestar a esta pregunta pero conviene repasar algunos de ellos.

Ya hemos visto que en décadas pasadas la tendencia de las políticas era fomentar la desecación de humedales para aprovechar las tierras y hacerlas agrícolamente productivas. Ahora la tendencia se ha invertido: hay una demanda social por evitar la destrucción de espacios naturales. Desde un punto de vista económico, se puede conseguir la conservación de un ecosistema si éste genera más valor a medio o largo plazo que lo que produciría su destrucción o cambio de uso.

Es difícil convencer a un agricultor de la necesidad de conservar un humedal que está dentro de su finca y que le causa diferentes perjuicios. El más directo es que resta espacio a su área productiva pero también le puede dar problemas con su maquinaria de trabajo al ser una zona inundable; además, en él proliferan los mosquitos y si a este humedal acuden aves, siempre está la visita del naturalista.

Hay que buscar, por tanto, argumentos económicos que justifiquen la conservación de ese humedal. El primer argumento debe partir de un compromiso social; la responsabilidad de conservar un espacio es una cuestión ética y, por tanto, debería de ser asumida por toda la sociedad y que no recayese exclusivamente sobre el propietario de los terrenos en los que se encuentra. Creo que gran parte de los contribuyentes no vería mal que una parte de sus impuestos fuera destinada a subvencionar a los agricultores que en sus terrenos conserven adecuadamente ecosistemas de gran valor como puede ser un humedal y que realicen prácticas agrícolas respetuosas con este medio al menos en toda su área de influencia. Si esto se hiciera, los agricultores perderían el recelo que sienten cuando la administración declara como reserva una parte de su finca. Pero además, de los humedales se puede seguir obteniendo un rendimiento económico ya que pueden producir materias primas para generar productos comerciables. En los últimos años hay una creciente demanda de productos tradicionales y artesanales. La recogida por ejemplo de eneas, juncos y otros vegetales para la fabricación de cestería y mobiliario es un recurso real que se puede potenciar; también el excursionismo y las visitas guiadas pueden generar ingresos que ayuden a que el mantenimiento de un humedal sea rentable. Los humedales han proporcionado y siguen proporcionando al hombre recursos como peces, marisco, actividades lúdicas y reservorios de agua para el ganado y la agricultura, sin olvidar que también es rentable y tradicional la caza en estos ecosistemas; una actividad que mueve anualmente un importante porcentaje del dinero dedicado al ocio.

Los otros argumentos son menos prácticos pero cada vez están más presentes en la sociedad. Uno es el conocer la necesidad del mantenimiento del entorno por la riqueza de especies; el otro es por el placer estético que nos proporciona.

El mantenimiento del entorno por la riqueza de especies se ha explicado poniendo como ejemplo la farmacopea que obtenemos de ella o que podemos obtener en un futuro y, últimamente, también se habla de la necesidad de conservar grandes bosques para compensar las emisiones de anhídrido carbónico a la atmósfera, causantes del efecto invernadero. Pero además, la biodiversidad tiene un valor por sí mismo, por su historia evolutiva y ecológica que es anterior e independiente de la historia del hombre y que, en realidad, atribuirle un valor económico tangible es tan poco ético como ponérselo, por ejemplo, a una población humana.

De la tercera de las razones, aún no siendo directamente económica, no podemos renunciar por formar parte de la naturaleza síquica del ser humano, es lo que Edward O. Wilson llamó "biofilia" que no es otra cosa más que el conjunto de reacciones afectivas o emociones que sentimos hacia otros seres vivos. Algunas de estas reacciones pueden ser negativas, como el pánico que pueden producir a algunas personas la visión de una serpiente o de una araña, pero también explican el

sosiego que encontramos en espacios naturales, fuera de las agobiantes ciudades. Wilson lo explica como una herencia genética de nuestros antepasados cazadores y recolectores. Este hecho también se puede rentabilizar y prueba de ello es la cada vez mayor demanda de la población por conocer el entorno natural. Muchas personas viven ya gracias a los ingresos que proporcionan las viviendas rurales y todos los servicios asociados al turismo llamado ecológico, entre los que se incluyen educadores ambientales y monitores. Para el mantenimiento de esta economía es imprescindible la conservación del medio natural por ser éste el recurso demandado.

Todavía tenemos que aprender a imaginar la naturaleza como placer estético. Hasta hace muy poco tiempo se ha enseñado a temer a la naturaleza, no a desearla, pero este concepto en poco tiempo está cambiando en la sociedad. Las ideas de progreso y desarrollo que tenían nuestros abuelos son muy diferentes a las que tienen hoy en día los jóvenes y eso se debe a la educación ambiental que éstos han recibido. El contemplar un paisaje o el pasear por una zona conservada nos produce satisfacción y nos reconforta. Como ya he comentado en las páginas anteriores, se puede entender la belleza de un paisaje como la belleza de una obra de arte, en ambos casos se puede encontrar el entretenimiento y el efecto plástico y con ellos hallar un efecto escénico

Contemplar paisajes como el de la laguna de Medina puede ser una experiencia estética.



Hay otra razón añadida para conservar los humedales andaluces y, por extensión, el resto del patrimonio biológico y nos la legó Séneca, en el libro séptimo de "Cuestiones Naturales" allá por el año 54 d.C.:

"Nuestro universo sería una cosa muy limitada si no ofreciera a cada época algo que investigar... La naturaleza no revela sus misterios de una vez para siempre".

Dejemos pues a las siguientes generaciones que puedan disfrutar aumentando sus conocimientos sobre nuestro mundo.

Cuando era niño iba con mi padre muchas veces al campo, subíamos a la sierra y yo disfrutaba observando las plantas y la ajetreada vida de los insectos, pero lo que más me gustaba era cuando íbamos a un río o a una charca porque allí todo era más fascinante. A poco que me quedase quieto en un sitio tranquilamente a observar comenzaban a aparecer personajes increíbles que me hacían pensar que me encontraba ante algo infinitamente complejo. Las libélulas luchando por su territorio o apareándose y poniendo sus huevos en el agua siguiendo los pasos de una ancestral danza, la rana que, después de superar sus miedos iniciales asoma de nuevo su cabeza entre los ranúnculos florecidos... Y cuando regresaba a mi casa, a veces con algunos frascos llenos de agua y algún renacuajo dentro, el espectáculo continuaba en acuarios y pequeños terrarios que mantenía en mi cuarto y que mi madre y hermanos toleraban con paciencia. Este pequeño excursus nostálgico es simplemente para hacer notar que no tenemos ningún derecho a quitar la oportunidad de ese disfrute y esa formación intelectual, aunque sea la puramente estética, a las generaciones futuras.

La legislación debe amparar estas necesidades sociales y prever las que pueden tener las generaciones futuras. Los argumentos para desecar humedales ya no tienen ningún sentido. Se han erradicado las enfermedades transmitidas por los mosquitos que completan su ciclo de vida en los medios húmedos y la agricultura ya no es rentable en la mayor parte de los países europeos. La otra razón por la que se han destruido muchos humedales y, muy especialmente los costeros, es la ocupación de suelo para urbanizarlo; pero esto cada vez tiene más detractores y ha dejado de ser al menos políticamente rentable gracias a la presión social que ejercen, principalmente, los grupos ecologistas. Ante estas evidencias, las distintas administraciones europeas han legislado la protección de ciertos espacios en función de diferentes criterios aunque, la mayor parte de ellos, se refieren a la presencia de especies amenazadas y al hábitat que éstas ocupan. La "Directiva Hábitats" de la Unión Europea supone un compromiso por parte de los diferentes estados miembros para la conservación de diferentes tipos de espacios naturales. En este sentido, desde que en 1971 se redactara el Convenio Ramsar, relativo a la conservación de los humedales de importancia internacional, estos ecosistemas han recibido gran atención legislativa en aquellos países que lo han ratificado. En España, con el mismo propósito se ha elaborado el "Plan Estratégico Español para la Conservación de Humedales" y en Andalucía el "Plan Andaluz de Humedales".

El argumento más importante que legislativamente se ha esgrimido es, por tanto, la salvaguarda de determinadas especies amenazadas, y el hábitat donde éstas viven, lo cual es muy positivo, pero hay otros muchos humedales que o bien conservan especies que, aun no estando amenazadas, son muy interesantes por la composición de comunidades que forman y su ecología o bien, sirven de nexo de unión entre humedales distantes a diferentes poblaciones y pueden ser considerados, por tanto, humedales "de salto" o humedales "trampolín". Por último, no nos olvidemos que cada humedal es algo único, irrepetible e irremplazable.

Dentro de la conservación de humedales, se ha dado prioridad a aquellos de interés para aves y, en muchas ocasiones, se han gestionado de forma errónea al

favorecer la presencia de este grupo de vertebrados sin tener en cuenta el funcionamiento ecológico del humedal hasta el punto que, con dicha gestión, se ha transformado el ecosistema y se ha generado otra cosa totalmente distinta a lo que en origen era. Este criterio de salvaguardar espacios idóneos para aves ha servido para proteger humedales de grandes dimensiones y, en especial, aquellos con mayor hidroperiodo que es lo que garantiza su presencia, olvidando con ello los pequeños y temporales humedales que, en muchos casos, son de igual o incluso mayor interés ecológico. Esto, que ha ocurrido en Andalucía al igual que en otras comunidades españolas, tiene algo de absurdo ya que en los procesos ecológicos naturales de un humedal característico de nuestra región tienen mucho que ver los periódicos episodios de sequía en los meses de estío y, por tanto, son más representativos del ecosistema mediterráneo los humedales temporales que, además, albergan una mayor biodiversidad en términos relativos.

La decisión de proteger y conservar un humedal debe pasar siempre por un estudio científico del mismo, cosa que en muchas ocasiones no se puede hacer por falta de medios. En estos casos debería de considerarse el Principio de Precaución según el cual debería de evitarse toda posible actuación hasta determinar si el interés por conservarlo es mayor que otras posibles opciones. Relacionado con esto, podemos encontrar un nuevo argumento de conservación según el conocimiento que se tiene de determinados espacios o de determinadas poblaciones ubicadas en un lugar concreto. A menudo, muchos biólogos de campo trabajan haciendo seguimientos de poblaciones durante años, llegando a tener un conocimiento ecológico profundo de un sistema o bien de la dinámica poblacional de una especie. Estos estudios no siempre se realizan en lugares protegidos y, en la mayoría de los casos en los que esto ocurre, la protección no es estricta sino que los propietarios de las fincas pueden alterar algunas condiciones de ese espacio que se considera protegido. La importancia añadida de esas zonas concretas no es sólo la pérdida de un hábitat o de una determinada población, sino que implica también la pérdida de la continuidad de seguir conociendo, de seguir investigando en esa línea. Precisamente una de las limitaciones de los ecólogos a menudo es no tener datos de seguimiento de poblaciones en varios años consecutivos con los que poder elaborar modelos de predicción. Se debería, por tanto, hacer un inventario en función de los proyectos de investigación desarrollados en Andalucía durante los últimos años y catalogar algunos de esos lugares como Espacios Naturales de Interés Científico promoviendo su protección específica mediante acuerdos con los propietarios que permitieron realizar dichos trabajos en sus fincas. En el caso de tratarse ya de espacios protegidos, deberían restringirse sus usos y dar prioridad a su uso científico.

Hay un análisis interesante que realiza Landero²⁰⁰ sobre la obra de Borges para explicar la búsqueda de la perfección en los artistas y que aquí puede venir bien para ilustrar dos posibles tendencias conservacionistas. Uno de los cuentos más sorprendentes de Borges se titula *El Aleph* y su argumento puede resumirse en el hallazgo, por parte de un personaje, de una pequeña esfera en el sótano de una vieja casa. Esta esfera, contiene en su interior todos los lugares de la tierra, desde

los anchos océanos hasta una pequeña hormiga. Uno de los protagonistas se afana en escribir un extenso poema que explique con detalle el inabarcable mundo que se ve a través del Aleph, una tarea imposible por ser tan extensa como el propio mundo. El otro relato de Borges que analiza Landero es *El espejo y la máscara*, en el que un poeta siguiendo la orden de un rey logra componer un poema de un solo verso que encierra la explicación completa del mundo, pero con el problema de que destruye a quien lo lee. Estos dos relatos son el contrapunto de una realidad frecuente: ambos poetas persiguen lo mismo, pero bien por exceso o bien por defecto ambos acaban fracasando.

Podemos encontrar una cierta analogía con dos posibles tendencias en cuanto a la conservación de humedales. Por un lado, estaría la postura de intentar proteger todos y cada uno de los humedales de Andalucía, entendiéndolos en su definición más amplia. Por otro lado, estaría la postura de conservar de forma aislada sólo los humedales más representativos seleccionándolos por su tamaño o por el interés de sus especies. Esta última ha sido, como hemos visto, la tendencia seguida en los últimos años en Andalucía. Por descontado que ambas medidas son igualmente ineficaces, la primera por ser una tarea inabarcable, utópica y económicamente imposible y la segunda por no ajustarse a una realidad ecológica y no ser útil para el propósito de conservar la biodiversidad.

Tenemos algunos ejemplos en la gestión de los humedales andaluces: durante años se han dedicado muchos esfuerzos a proteger algunas lagunas para conservar y recuperar las poblaciones de especies como la malvasía cabeciblanca (*Oxyura leucocephala*). La presencia de esta especie ha influido de manera determinante en la decisión de proteger una serie de lagunas endorreicas de elevado interés ecológico que, de otra forma, quizás hubieran sido desecadas. En este caso, la especie que estaba en peligro crítico de extinción sirvió para conservar unos ecosistemas

que, además, albergaban, en algunos de ellos, unas interesantes comunidades de fauna y flora. Gracias a la gestión realizada en pocos años la malvasía cabeciblanca comenzó a recuperarse y consiguió expandirse por otras muchas lagunas andaluzas. Sin embargo, al priorizar sobre esta especie se han olvidado algunos factores ecológicos determinantes de su funcionamiento.

Un caso lamentable es la laguna de Zóñar donde las alteraciones hidrológicas y ecológicas han modificado completamente sus procesos ecológicos y no se ha conseguido ni siquiera una mejora para las poblaciones de avifauna sino, más bien, el detrimento de algunas de ellas. Con la misma especie y por gestiones inadecuadas, se ha verificado la ineficacia de la gestión de humedales basada exclusivamente en el interés de las aves en otros lugares de España como la laguna de Manjavacas en Cuenca o el marjal El Hondo en Alicante²⁰¹. Volvemos, por tanto, a la pregunta del principio, antes de tomar medidas encaminadas a la



Malvasía cabeciblanca
(*Oxyura leucocephala*).

preservación de un humedal debemos de preguntarnos para qué lo queremos conservar.

En general las políticas de conservación se han basado, por un lado, en la protección de especies y, por otro, en la conservación de espacios. Ambas pueden ser válidas para conseguir el objetivo último que es tratar de salvaguardar la biodiversidad. La protección de las especies implica un radio de acción amplio ya que no depende del lugar donde se encuentre una determinada especie catalogada en las listas de protección, pero esto no siempre es sencillo porque con frecuencia esas especies viven en espacios que poco a poco van siendo ocupados para diferentes usos que acaban por desplazarlas o extinguirlas localmente. Por el contrario, la protección del ecosistema tiene más sentido biológico pero por razones obvias se limita a espacios concretos. Para maximizar las ventajas de estos dos criterios los mayores esfuerzos de conservación deben centrarse, por un lado, en aquellas especies cuyos requerimientos ecológicos realmente definan ecosistemas singulares lo cual no siempre está relacionado con el grado de amenaza de dicha especie y, por otro, en aquellos lugares en los que la diversidad biológica es elevada.

Antes de terminar con este apartado es oportuno decir que los humedales pueden constituir lugares destacados en la disciplina de la Educación Ambiental por la gran variedad de posibilidades que en este campo ofrece. Al ser un ecosistema fácilmente distinguible del resto, facilita la explicación conceptual y la comprensión de su funcionalidad. Por otro lado, son lugares donde se concentra una elevada biodiversidad, lo que permite aumentar el conocimiento de la fauna y flora y las relaciones entre los distintos grupos y el medio físico del que participan.

Problemas de conservación de los humedales andaluces

La destrucción física de los humedales para la ocupación de ese espacio y dedicarlo a diferentes usos es una actuación irreversible ya que desaparece el soporte físico y la comunidad de seres vivos que lo configuran. En el capítulo anterior hemos visto cómo muchos e importantes complejos húmedos andaluces han desaparecido en apenas unas pocas décadas y de otros se ha reducido considerablemente su tamaño. En estos casos, la restauración de humedales puede servir para recomponer al menos parcialmente el ecosistema pero con toda probabilidad no será como el que hubo antaño, en todo caso, se habrá conseguido una rehabilitación que, al menos superficialmente, pudiese asemejarse con el original. Pero al margen de la destrucción total de un humedal, hay otras perturbaciones ambientales que pueden ocasionar graves trastornos en el sistema.

Al hablar de la tipología de los humedales andaluces y la diversidad biológica que albergan hemos visto que se trata de sistemas cambiantes en el espacio y en el tiempo, las comunidades ecológicas no se desarrollan en armonía ya que constantemente están sufriendo la influencia de factores intrínsecos o extrínsecos a ese sistema que forman y que muchas veces son de naturaleza azarosa. Se trata, por tanto, de un equilibrio inestable. Los cambios abióticos que se producen en un humedal como pueden ser las condiciones químicas del agua, el hidropereodo,

cambios en la morfología de la cubeta, etc., se traducen en cambios en las comunidades bióticas que lo integran. Unas especies proliferan en la comunidad y luego decrecen, hay un juego de competencia continuo donde, dependiendo de las condiciones del momento, los viejos actores protagonistas van a pasar a secundarios o incluso a desaparecer a la vez que toman su relevo otros nuevos. Ésta es una de las razones por las que los humedales fluctuantes son unos de los ecosistemas con mayor biodiversidad que existen. Desde el punto de vista de la conservación hay que advertir que los ecosistemas con poblaciones fluctuantes tienen, generalmente, mayor biodiversidad que los estables ya que las comunidades de éstos últimos están dominadas por unas pocas especies.



Ocupación de la superficie de la laguna de Ruiz Sánchez para el cultivo de cereal.

El mayor desafío científico que tienen actualmente los ecólogos es la descripción precisa de un sistema complejo en su conjunto. Este reto se ha llegado a conseguir, al menos parcialmente, en algunos otros campos científicos como la física cuyo objeto de trabajo es mucho más simple que el de la biología. Cualquier organismo vivo es extraordinariamente más variable que las predicciones de cualquier proceso puramente físico. Para reducir procesos ecológicos a complejos algoritmos que nos permitan predecir cambios en dichos procesos, se elaboran modelos matemáticos que sólo son posibles gracias al desarrollo de la informática, aunque se alejan, parcialmente, de la realidad biológica. Wilson, en su libro *Consilience. La unidad del conocimiento*²⁰², pone un ejemplo muy esclarecedor: imaginemos una pintura realista con un detalle finísimo y que refleja la misma belleza de una flor, tanto que vista de lejos nos parece una flor realmente viva. La flor viva y la flor pintada tienen la misma apariencia, pero los algoritmos que las crearon son muy diferentes. Si nos acercamos microscópicamente vemos que no son células vivas las que forman esa flor sino porciones de pintura. El problema que se plantea a los biólogos teóricos es saber si lo que están viendo con su modelo matemático responde a la realidad biológica o la apariencia es sólo superficial.

Pero este acercamiento con modelos que permiten hacer predicciones o los realizados mediante diseños experimentales de campo nos va a servir para inferir sobre la conveniencia de realizar un determinado tipo de gestión en un humedal concreto, predecir su efectividad y sus consecuencias de acuerdo a los objetivos propuestos. Por este motivo, se deberían invertir más recursos en este tipo de investigación con la que poder evidenciar pautas concretas y específicas para la gestión y lograr preservar íntegramente el funcionamiento ecológico de un humedal.

Dentro de un humedal, las especies se interrelacionan de modos complejos a través de tres tipos de manifestaciones: la competencia por los recursos, esencialmente por el espacio y el alimento, la depredación y el parasitismo. Todos los organismos vivos representan un papel determinado en la cadena trófica del sistema; unos son productores, otros consumidores y otros descomponedores. En estas complejas relaciones siempre se producen descompensaciones debidas a perturbaciones externas que hacen fluctuar a las poblaciones. Algunos fenómenos como por ejemplo las alteraciones climáticas pueden favorecer a unas especies y perjudicar a otras pudiendo provocar altibajos temporales y espaciales de las mismas. Los depredadores dependen de sus presas, si éstas son escasas, su tamaño poblacional sufrirá un descenso que sólo se remontará cuando la presa se recupere. Imaginemos que durante una temporada, las precipitaciones son especialmente escasas en un área determinada, esto hace que la reproducción del sapo de espuelas se vea drásticamente reducida, lo que ocasiona que las garzas, que dependen de este alimento, se van a ver afectadas pudiendo provocar una disminución en su éxito reproductivo. En el momento en el que los renacuajos de sapo de espuelas vuelvan a ser abundantes en la charca donde se alimentan, el éxito reproductor de las garzas aumentará de nuevo. Pero esto no es tan sencillo, una falta de renacuajos de sapo de espuelas puede provocar el crecimiento desmesurado de la vegetación acuática, lo cual puede hacer aumentar las poblaciones de otros fitófagos acuáticos y de sus depredadores, además, podría hacer que estas aves buscasen otras fuentes de alimento en lugares alejados y descompensasen la proporción de presas. Así podríamos seguir y nos daríamos cuenta no sólo de la complejidad de las relaciones sino de las imprevisibles consecuencias que puede tener cualquier mínima perturbación. Por si todo esto fuera poco, a estas relaciones que no son siempre sencillas de comprender, hay que añadir otros factores internos que también pueden hacer oscilar el tamaño de las poblaciones y que tienen que ver con un comportamiento caótico.

El ser humano es un elemento más de este sistema pero el impacto que puede producir sobre el orden de las comunidades tiene magnitudes catastróficas y puede provocarlo en tan corto periodo de tiempo que el sistema no puede restablecerse por sí sólo.

A continuación vamos a señalar algunas de las perturbaciones ambientales más significativas que sufren los humedales andaluces.

Alteraciones producidas en la hidrodinámica de los humedales costeros

En el capítulo anterior se han esbozado algunas de las particularidades ecológicas de los humedales costeros andaluces y su importancia ecológica y económica por su elevada productividad. La función del ecosistema difiere si se trata de sistemas con mayor influencia marina o si, por el contrario, son humedales algo más cerrados con escasa o nula influencia mareal. Conservar estas funciones características es esencial para salvaguardar la biodiversidad y productividad que albergan.

La productividad anual de macrófitos por superficie en una marisma de influencia mareal es al menos tan alta como el más fértil de los cultivos de invernadero de nuestras costas y ello se debe tanto al aporte de nutrientes del continente y del mar como a las condiciones particulares de fluctuación de agua, temperatura, salinidad etc. Por otro lado, la elevada producción de algas edáficas y epifíticas son las que sustentan gran parte de las cadenas tróficas comenzando por los micro y macroinvertebrados que, a su vez, son pilares básicos en los siguientes peldaños de las cadenas alimenticias. Por último, algunas de las principales funciones se desarrollan en los fangos transformando el detritus acumulado en biomasa reutilizable que se incorpora a las cadenas alimenticias, siendo ésta la principal vía de retorno en un medio tan estresante por la anoxia y la elevada salinidad. Aquí entran en juego dos grupos de actores imprescindibles: los hongos y las bacterias que, a veces, resultan sensibles a algunos contaminantes y su inactividad puede llegar a producir un bloqueo de todo este proceso.

Por otro lado, los humedales costeros con baja influencia mareal, como pueden ser las marismas de Doñana, tienen una productividad muy elevada que se calcula entre uno y tres kilogramos por metro cuadrado y por año (el promedio de producción primaria vegetal en tierra es de unos 750 g.); además, al desaparecer las fuertes restricciones fisiológicas impuestas por la salinidad, la biodiversidad de plantas es mucho mayor. La productividad total, por tanto, viene marcada por las características genéticas de cada una de las especies que componen dicha comunidad al determinar su capacidad competitiva y sus tasas de crecimiento y desarrollo. Sin embargo, ciertos componentes contaminantes pueden limitar la producción como veremos en las siguientes líneas.

El crecimiento de la población y los cambios sociales producidos en España han motivado que en las últimas décadas tengamos un gran crecimiento económico y un mayor tiempo para el ocio. Ambas cosas unidas son responsables en parte, de la degradación ambiental que en sólo unos años ha sufrido todo el litoral andaluz debido a una errónea política turística que está empezando a ser contraproducente para el propio turismo. Las características microclimáticas del litoral y su morfología han sido dos factores que han condicionado el impacto recibido diferencialmente por lo algo más de 900 kilómetros de costa que posee Andalucía. El desmedido desarrollo turístico ha acabado con todos los ecosistemas litorales naturales de las zonas más accesibles. Málaga, sin duda, es la provincia más afectada por este gran desarrollo económico vinculado a actividades de ocio que se caracterizan por grandes ocupaciones de suelo para urbanizaciones, lugares de ocio

como campos de golf, parques acuáticos, centros comerciales, etc., construcciones y mejora de grandes infraestructuras como carreteras, diques, canales, etc., incremento de actividades portuarias y aumento de consumo de energía y agua. Paralelamente, en zonas costeras con menor potencial turístico, han proliferado grandes polos industriales favorecidos por la cercanía a las ciudades, la facilidad de acceso por diferentes medios de comunicación y el bajo precio del suelo. Así, en Andalucía tenemos algunas de las zonas industriales más contaminantes del litoral español ubicadas en Huelva y en las bahías de Cádiz y Algeciras.

Todo este elenco de actividades promovidas por una deficiente política de ordenación territorial y una errónea estrategia depredadora de desarrollo turístico ha ocasionado la destrucción y alteración, en mayor o menor medida, de la dinámica de todos los humedales que hay en el litoral andaluz.

Algunos humedales litorales de gran relevancia aún en la actualidad se ven sometidos a una progresiva destrucción debida a desarrollos urbanísticos y a la construcción de campos de golf. Tal es el caso de Isla Cristina, tanto en Isla Canela

como en Punta del Moral, donde no se han previsto los efectos nocivos que todo esto tiene sobre el ecosistema, bien por la destrucción directa de hábitats que son el refugio de flora y fauna protegida, bien por la modificación de la hidrología con la construcción de diques para frenar los efectos de la dinámica erosiva sobre las zonas urbanizadas²⁰³. Otros humedales de menor tamaño como la antigua laguna de la Regla, en Chipiona, han desaparecido por completo y otros, aun más pequeños pero de gran importancia, como las



Destrucción de humedales litorales por grandes desarrollos urbanísticos.

charcas del Cabo de Trafalgar, corren el riesgo de ser irreversiblemente alterados si no se toman las medidas oportunas para evitarlo.

Por otro lado, las urbanizaciones cercanas a zonas húmedas, además de las alteraciones producidas por la excesiva afluencia de visitantes, basuras y otros residuos, generan una sobreexplotación de los acuíferos locales, lo cual se traduce en modificaciones importantes del hidrociclo de los humedales. Para ver esto, basta con ir a visitar las lagunas de Doñana próximas a Matalascañas. En una misma semana, pueden verse grandes oscilaciones del nivel freático que disminuye notablemente coincidiendo con la afluencia masiva de personas a este lugar algunos fines de semana y la recuperación posterior del acuífero a lo largo de la semana cuando el consumo de agua de dicha localidad ha vuelto a los niveles normales.

Algunas grandes infraestructuras construidas a cierta distancia de los humedales, pueden ocasionar graves alteraciones en su funcionamiento como es el caso de los espigones y diques que sobresalen en el mar. Ya hemos visto el gran dinamismo de las zonas de costa, especialmente en el Golfo de Cádiz y cómo la construcción

de un dique como el de Juan Carlos I en la costa onubense, puede modificar el paisaje litoral en unos pocos lustros al alterar los procesos de retroceso de la costa en un lado y fomentar la sedimentación en otro. Este mismo efecto barrera lo hacen también los puertos que retienen grandes cantidades de sedimentos como ocurre en Motril y en Adra y sería interesante estudiar cómo ha afectado esto en la dinámica de los humedales costeros de ambos municipios.

Otras grandes obras alejadas de los humedales litorales pero con un claro efecto sobre su funcionamiento, son los embalses de los ríos ya que retienen gran cantidad de los sedimentos que, en condiciones naturales, deberían de aportar a las zonas de marisma. Estos factores artificiales unidos a la dinámica mareal natural han acelerado el proceso de regresión de la costa del Golfo de Cádiz, lo cual tiene implicaciones directas sobre algunos de los humedales más importantes de Andalucía ya que se está modificando su dinámica natural y empujando aún más su ya reducida superficie total. Éste es el caso de las marismas del Guadalquivir y las del Guadiana, cuyo funcionamiento hidrológico ha sido profundamente alterado por la construcción de presas, canales y diques. Los embalses construidos a lo largo del trazado del río Guadalquivir y sus afluentes más importantes han modificado completamente el equilibrio dinámico entre los aportes fluviales y los aportes mareales de la marisma. Por otro lado, el ciclo de inundaciones naturales que se producía por los arroyos de la cuenca vertiente del sector de la Rocina y, principalmente, por los aportes de los ríos Guadiamar y Guadalquivir, se ha visto interrumpido con la canalización de algunos tramos de estos últimos²⁰⁴. Posteriormente, nuevas actuaciones han continuado modificando la hidrodinámica de Doñana con la construcción de muros de contención para favorecer niveles altos de agua y prolongados hidroperiodos en la marisma con el fin de que algunas aves acuáticas permanezcan allí durante más tiempo a costa de alterar sustancialmente las características ecológicas naturales del sistema. En la actualidad, se pretende recuperar parte del funcionamiento hidrológico natural de estas marismas.

La introducción de técnicas de acuicultura en algunos humedales costeros también ha modificado la dinámica hidrológica de estos. Estas instalaciones, que representan una interesante alternativa a los sistemas de pesca tradicional basados en la explotación a veces abusiva de un recurso pesquero limitado, en general, ocupan zonas de marisma que, precisamente, son los lugares naturales de freza para muchas especies de peces que viven en el litoral. Además de la ocupación física de espacios naturales, con estas instalaciones se producen alteraciones en la hidrodinámica de las zonas de marisma ya que requieren grandes volúmenes de agua que se regulan artificialmente a la vez que se producen cambios en la calidad de ésta al añadir gran cantidad de nutrientes y sólidos en suspensión. Añadido a esto, la explotación en sí, supone una mayor presión por presencia humana en la zona, acumulación de residuos propios de la explotación y de la maquinaria utilizada y el aumento del riesgo de introducir nuevas enfermedades y especies foráneas²⁰⁵. Para eliminar algunos de estos inconvenientes medioambientales, habría que tener cuidado en la elección de los lugares de ubicación, realizar controles rigurosos de la calidad de las aguas y crear compartimentos estancos que eviten la salida de ani-

males y la propagación de posibles enfermedades. Otros sistemas de producción en zonas de mar abierto con jaulas flotantes y bateas parecen ser una buena solución a estos problemas para el cultivo de, al menos, algunas especies, siempre que se realice con las medidas de control adecuadas.

También vinculadas a algunos humedales litorales de Andalucía aunque no de forma exclusiva, están las perturbaciones originadas por la implantación de nuevos sistemas de cultivo bajo plástico con los que se consigue rentabilizar unas tierras áridas. Pero el precio ambiental que esto ocasiona es excesivamente elevado y más cuando, países como España dependen cada vez menos de los sistemas agrícolas de producción interior debido a que es difícil mantener precios competitivos con otros países que, por otro lado, están económicamente más necesitados de la agricultura.

Algunos municipios como Lepe, Sanlúcar de Barrameda, Motril y El Ejido han tenido un desarrollo económico espectacular en un corto periodo de tiempo con los cultivos de invernadero. Esto, que ha sido muy rentable para sus habitantes, tiene un coste ambiental cuyo efecto no es tan local. Aparte de la ocupación del espacio y del impacto que ocasiona sobre el paisaje, este tipo de cultivos lleva asociado múltiples afecciones, algunas de ellas muy graves, que afectan a los humedales próximos. El primero de ellos es la sobreexplotación de acuíferos para el riego de los mismos. Al igual que veíamos en los humedales próximos a urbanizaciones, la extracción de agua para consumo y riego hace disminuir considerablemente el nivel freático. Sin embargo, los cultivos y, por extensión, también campos de golf u otros usos con gran consumo, no permiten la recarga natural del acuífero al explotarse de manera continua. Cuando el nivel de los acuíferos costeros disminuye, bien por la sobreexplotación de estos o bien por la falta de aportes de recarga, se produce una intrusión de agua marina con lo cual el nivel de agua del acuífero se mantiene constante, pero el agua cada vez se hace más salina y, por tanto, menos adecuada para el consumo y el propio riego. La salinización de los suelos y las aguas es ahora uno de los problemas ambientales más importantes del litoral andaluz²⁰⁶ y se han detectado acuíferos salinizados en todas las provincias costeras de nuestra región.

Aunque de ello se va a tratar en el apartado siguiente, conviene destacar aquí que, además de explotar los acuíferos de manera excesiva, este tipo de cultivos ocasiona contaminaciones por lavado fundamentalmente de nitratos y nitritos derivados del uso abusivo de fertilizantes y productos fitosanitarios, tanto en aguas superficiales como subterráneas, así como contaminación por vertido de residuos sólidos en los humedales como pueden ser los plásticos. Si a este tipo de contaminación focalizada le añadimos la derivada de las urbanizaciones, las industrias y las explotaciones agroganaderas, junto con la modificación y alteración de los cauces de las aguas superficiales que impiden un flujo natural, al final nos encontramos con acuíferos muy alterados y contaminados y de ellos depende, en gran medida, la hidrología de los humedales costeros. La capacidad de recarga va a ser diferente dependiendo de las precipitaciones, las características litológicas y la propia dinámica del acuífero, por lo que en zonas especialmente áridas como Almería, el pro-

blema se agrava. No hay que olvidar que, especialmente los grandes acuíferos de las costas, cumplen una función ecológica importante al amortiguar los efectos de las prolongadas sequías en los meses de estío e igualmente pueden contrarrestar determinados episodios de inundación por grandes avenidas, lo que confiere una estabilidad hidrológica e hidroquímica a los humedales que sustentan.

Contaminación del sustrato y de aguas subterráneas y superficiales

Según cuentan algunos autores griegos Odiseo, Ulises para los romanos, para fingir que estaba loco y evitar así ir a la guerra sembró sus campos con sal arruinando sus cosechas pero de poco le sirvió pues, como es sabido, al final luchó en Troya y sus hazañas fueron reconocidas como las de un héroe²⁰⁷. La presencia de sal en el suelo, como bien saben los agricultores desde antiguo, lo inhabilita para muchos tipos de cultivo lo que puede causar graves problemas económicos y, por otro lado, afecta directamente a la hidroquímica tanto de los humedales costeros que acabamos de ver como a los de interior. En las zonas endorreicas el lavado de sales del suelo es un proceso natural pero la aplicación de productos químicos en las zonas de riego aumenta el contenido en sales y, por el arrastre de la escorrentía superficial, acaba acumulándose en aguas superficiales y subterráneas que, a su vez, son usadas para nuevos riegos y para el consumo creando un ciclo de incremento de salinidad continuo. La salinidad primero provoca una disminución de la productividad tanto de cultivos como de pastos, a continuación hay una sustitución por especies tolerantes a la sal y, si sigue aumentando, se convierte finalmente en un suelo desnudo y, por tanto, erosionable.²⁰⁸ Algunas especies agrícolas como la cebada y el trigo muestran cierta tolerancia a la presencia de sal en los suelos por lo que son los cultivos más utilizados en áreas de lagunas endorreicas desecadas.

Los vertidos de aguas residuales son otro grave problema ambiental que afecta a parte de los humedales andaluces. El crecimiento demográfico de la población y el desarrollo industrial que surge de forma paralela genera una contaminación que tiene efectos perniciosos sobre las aguas superficiales y subterráneas, lo cual afecta especialmente a aquellos humedales cercanos a los núcleos urbanos, industriales y agrícolas.

Algunos humedales, por sus características específicas, son buenos sistemas de depuración de aguas contaminadas pudiendo actuar bien sobre la acumulación de la materia orgánica que afecta a la eutrofización de las aguas o bien sobre los metales pesados. Pero todo depende de las características físicas, químicas y biológicas de cada humedal así como del grado de contaminantes que a él llega.

Independientemente del uso que a estas propiedades de los humedales pueda darle el hombre, como son los tratamientos de aguas residuales, lo cierto es que la entrada de estos contaminantes produce un desequilibrio y una alteración grave en el funcionamiento de los mismos, variando la composición de los organismos en función de su tolerancia a dichos contaminantes. Por ejemplo, la entrada de productos derivados del fósforo por el lavado de tratamientos fitosanitarios en campos de cultivo cercanos a un humedal puede hacer que proliferen las eneas, lo cual crea

un desequilibrio que puede, posteriormente, ser compensado o no.

La entrada continua y excesiva de contaminantes puede llegar a provocar una acumulación de éstos en el fondo del humedal hasta el punto de que sea insuficiente la capacidad de los microorganismos para degradarlos, provocando un colapso en el sistema.

Los productos que se vierten directa o indirectamente a los humedales, alteran la composición química del agua y, por tanto, sus características fundamentales. Por un lado, los residuos orgánicos como pueden ser los alpechines, aceleran el proceso de eutrofización ya que requieren de grandes cantidades de oxígeno. Por otro lado, los residuos inorgánicos alteran la conductividad del agua y aumentan la toxicidad de ésta para los seres vivos, siendo alguno de ellos bioacumulables y, por lo tanto, pueden ser exportados fácilmente a otros ecosistemas alejados. A continuación vamos a ver los efectos de algunos de ellos.

La eutrofización es, básicamente, un aumento de nutrientes en el humedal, los cuales son una parte esencial para su mantenimiento. Sin embargo, la entrada excesiva de estos nutrientes provoca una descompensación que da lugar a desequilibrios en el sistema; así la entrada de nitratos y fosfatos es la causa más frecuente de eutrofización de los humedales andaluces.

Los productos fitosanitarios, utilizados para atacar aquellas plagas que disminuyen la producción de las cosechas en cantidad o en calidad, en su mayor parte no son productos muy selectivos, por lo que al atacar a estas plagas también se ataca a otras especies circundantes. La variedad de sustancias utilizadas es muy amplia y varían desde compuestos que pueden ser degradados por microorganismos, dependiendo de las características intrínsecas del humedal, hasta otros más persistentes, entre los que se incluyen metales pesados, que pueden ser incorporados a las cadenas tróficas y por tanto, como hemos visto, ser exportados a lugares alejados.

Por otro lado, los fertilizantes, están diseñados para conseguir un aumento de la productividad de las cosechas, por lo que los productos utilizados son derivados del nitrógeno, fósforo y potasio además de otras sustancias acompañantes como determinados metales pesados. La presencia de estas otras sustancias altamente contaminantes se debe, en algunos casos, a la elaboración de fertilizantes mediante el reciclado de basuras de procedencia urbana y ganadera con un procesado deficiente²⁰⁹. El uso de fertilizantes en sus justas cantidades puede ser positivo para el rendimiento agrícola, pero hay sobradas evidencias que demuestran que el rendimiento agrícola no está en relación directa con la cantidad de fertilizantes utilizados; es más, en ocasiones, con dosis bajas se obtiene, al menos, el mismo rendimiento que con dosis muy elevadas y el beneficio total es mayor ya que se reduce el gasto que suponen estos productos. Para racionalizar el uso de estas sustancias deberían realizarse análisis de suelos en base al nitrógeno disponible y hacer un seguimiento temporal del mismo ya que durante los primeros meses de aplicación de fertilizantes en los campos de cultivo se crea un excedente debido a su elevada solubilidad²¹⁰. Todo este excedente, se acumula en el suelo y después se incorpora en el sistema hídrico aumentando la eutrofización de los humedales. Esto se evidencia por la proliferación de determinadas especies de algas verdiazules que, aunque al princi-



El arrastre de productos químicos utilizados en agricultura provoca graves alteraciones en los humedales cercanos.

pio contribuyen a oxigenar el agua, su proliferación produce un consumo completo de los nutrientes de manera que mueren y su descomposición origina un déficit de oxígeno que acaba con las comunidades dependientes del mismo²¹¹.

El riego excesivo favorece el lavado de estos productos y la acumulación de los mismos en los humedales, produciendo por tanto, una alteración en las características físicas y químicas del humedal y también en su hidrodinámica ya que contribuye a aumentar su hidroperiodo. Algunos humedales cercanos a los campos de regadío se nutren artificialmente del agua excedente de los riegos, lo que cambia su hidrología y la hidroquímica y favorece el aumento de la salinidad de los suelos, provocando también la eutrofización por el arrastre de fertilizantes y productos fitosanitarios. En este sentido, y dada la escasez de agua en Andalucía, debería de controlarse rigurosamente la dosis de riego, especialmente en las cuencas vertientes con pendiente pronunciada de los complejos húmedos, para que la cantidad de agua sobrante sea la menor posible a fin de evitar el arrastre de las sales situadas en la zona radicular. Un riego optimizado reduce la solubilidad de los fertilizantes y evita que los nitratos y fosfatos lleguen a estos complejos húmedos. Para conseguir todo esto sería recomendable que las administraciones hicieran un esfuerzo por aportar mayor información a los agricultores sobre el peligro del uso indiscriminado de estos productos y del riego excesivo.

Deberíamos de preguntarnos si, honestamente, es necesario mantener los campos de cultivos en la extensión y en las condiciones actuales, especialmente los de regadío, en unas tierras con la extrema aridez estival de Andalucía. Esto que, si bien puede ser rentable para toda la gente que vive de ello, quizás no lo es tanto para la sociedad en general y para las generaciones futuras que también tienen derecho a vivir en un medio ambiente más saludable. Esta propuesta que debería ser discutida por economistas, sociólogos y ecólogos supone grandes cambios eco-

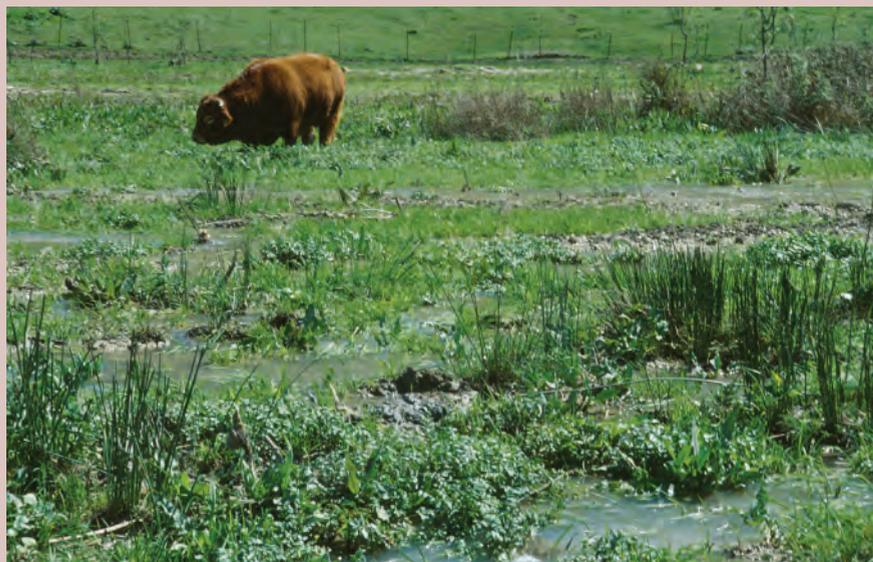
nómicos y sociales especialmente en una sociedad tan culturalmente arraigada a la agricultura como la andaluza, pero en algún momento habrá que acometerlos y cuanto antes se haga será mucho mejor. Podría comenzarse por buscar alternativas a los actuales sistemas de producción; así, los cultivos monoespecíficos son menos productivos y más agresivos contra el medio ambiente. Por el contrario, un campo produce más si se alternan cultivos complementarios introduciendo, por ejemplo, leguminosas que son capaces de fijar nitrógeno en el suelo y, a la vez, se consigue una mejora ambiental notable. Quizás la sociedad estaría dispuesta a pagar algo más por los productos que consume si estos ganan en calidad; cada vez son más demandados los productos obtenidos de cultivos ecológicos y aquellos que aún se realizan de forma tradicional por ofrecer mayores garantías de salubridad y, además, con ellos no se agrava la situación del medio ambiente que tienen que heredar las generaciones futuras.

Aparte de estos productos contaminantes, los humedales reciben una gran cantidad de sedimentos que no sólo contribuyen al proceso de colmatación de las cubetas sino que aumentan la materia en suspensión en el agua, lo cual crea una turbidez que impide el proceso de fotosíntesis en las plantas acuáticas. Esto se debe al sistema de arado moderno que rompe la estructura del suelo y, con la llegada de las lluvias, el arrastre por escorrentía y arroyada hace que se pierdan grandes cantidades de suelo fértil cada año lo que los empobrece y hace más escasos con el problema de que no pueden volver a recuperarse²¹². Este proceso se ve agravado por las talas de árboles en zonas aledañas que, además de acelerar la erosión y provocar la pérdida de nutrientes del suelo, reducen la capacidad de retención del agua. Para evitar estos procesos de degradación, es necesario mantener la vegetación de ribera en los arroyos y consolidar los setos entre las fincas que sirven en ambos casos de freno a la pérdida de suelo. En áreas agrícolas abandonadas cercanas a humedales, especialmente aquellas que tienen pendiente pronunciada, deberían realizarse actuaciones encaminadas a evitar el aumento de pérdida de suelo, poniendo barreras que eviten la entrada de suelo en cauces fluviales o en las cubetas de humedales y revegetando las zonas de mayor riesgo de arrastre.

En Andalucía, y sobre la base de distintos reglamentos de la Unión Europea²¹³, ya existen ayudas con las que se pretenden integrar diversos espacios agrarios en la restauración de los ecosistemas degradados, contribuyendo a la diversificación del paisaje agrario, protección y mejora de los recursos hídricos y evitar los procesos de erosión. Igualmente, con algunas de estas ayudas se intenta fomentar una agricultura compatible con la salvaguardia de las zonas húmedas.

También las labores ganaderas intensivas generan contaminantes que en muchos casos llegan a los humedales directamente por escorrentía o bien a través de filtraciones en las aguas subterráneas. Básicamente, hay dos tipos de residuos de origen ganadero: el estiércol y los purines que si no se gestionan adecuadamente, pueden originar episodios de contaminación en suelos y aguas. Con un buen sistema de almacenaje y reciclaje estos productos pueden servir como abonos naturales. Por otro lado, la excesiva presión de herbivoría en las cuencas vertientes a los humedales puede causar problemas de erosión al eliminar la vegetación que sujeta

el suelo y dejarlo desprotegido en las épocas de lluvia, con el consiguiente arrastre del mismo y la colmatación de la cubeta²¹⁴. En los humedales que están dentro de zonas ganaderas, sería conveniente estudiar en cada caso la necesidad de hacer un cerramiento en el perímetro de los mismos para evitar la entrada directa del ganado, ya que el pisoteo excesivo en las orillas impide el crecimiento de vegetación en el borde y la poca que aparece es ingerida por las reses, lo que reduce el número de microhábitats posibles y, por tanto, la biodiversidad potencial, pero también contribuye a la colmatación. Esto es válido incluso para charcas ganaderas que han sido construidas con la única intención de servir como bebederos de ganado, ya que el agua se puede seguir extrayendo de las mismas y conducirla hasta unos abrevaderos realizados preferiblemente de piedra, por ser más respetuoso con el entorno y por permitir el acceso de diferentes especies de anfibios y de invertebra-



La excesiva presión ganadera sobre ciertos humedales acelera la colmatación y reduce el número de microhábitats.

dos acuáticos. Esto tiene un doble beneficio: por un lado, el ganadero mantiene en mejores condiciones el agua del ganado ya que la vegetación acuática se encarga de depurarla y, además, durante más tiempo al frenarse significativamente el proceso de colmatación de la cubeta y, por otro, se contribuye a mantener e incluso a mejorar la biodiversidad del territorio. Al menos en los espacios protegidos, la administración debería subvencionar estas instalaciones cuyo coste económico no es cuantioso y los beneficios que se pueden obtener de cara a preservar poblaciones es muy elevada, ya que en muchas ocasiones este tipo de charcas funcionan como parte de sistemas de metapoblaciones al conectar poblaciones que, de otro modo, habrían quedado aisladas.

La sustitución de abrevaderos de piedra tradicionales por otros de metal o de cemento con paredes rectas impide la entrada de algunos animales cuyo único hábitat acuático ha quedado reducido a estos enclaves al haberse destruido o alte-

rado los naturales. Es el caso del sapo partero bético (*Alytes dickhilleni*) cuya distribución por las sierras béticas es cada vez más escasa. El mismo efecto se provoca con el abandono de estos sistemas ganaderos tradicionales²¹⁵ y, en ambos casos, puede ser fácilmente evitado mediante la construcción o reconstrucción de los aljibes tradicionales, evitando los abovedamientos de los mismos, los materiales que impidan el libre acceso de los animales y vigilando las tareas de limpieza de los mismos para que ésta no coincida con el periodo larvario de esta especie endémica.

También el abandono de la ganadería extensiva en algunos lugares se ha relacionado con el aumento de incendios forestales los cuales son una obvia amenaza para los humedales tanto por su efecto directo como por los derivados de la falta de cobertura vegetal en la cuenca.

El vertido, la filtración y la acumulación de alpechín ha sido una importante fuente de contaminación en los humedales y otras aguas superficiales debido a varios efectos como son el aumento de la concentración de metales pesados y sólidos orgánicos e inorgánicos y la disminución significativa del oxígeno disuelto que puede llegar a producir la anoxia y la consecuente muerte de muchos organismos que dependen de este elemento gaseoso. Aunque está prohibido el vertido a los cursos fluviales, aún se dan episodios de contaminación por alpechines lo que produce mortandades catastróficas a nivel local de la fauna acuática. No obstante, a pesar de las extremas condiciones ambientales de los lodos que quedan almacenados, con elevada salinidad, bajo pH y abundantes polifenoles, en ocasiones, se ven aves limícolas como las cigüeñuelas (*Himantopus himantopus*) que se alimentan de invertebrados acuáticos, los cuales, aprovechan estos lugares que mantienen agua, al menos, una parte del año. Se han realizado experiencias para reciclar los alpechines como fertilizantes agrícolas mediante distintos tratamientos con resultados muy dispares, pero parece que se puede conseguir una gran reducción de la producción de residuos mediante sistemas de extracción de aceite por centrifugación, lo que se ha denominado “sistema ecológico” por ahorrar agua, energía y no producir tantos residuos tóxicos²¹⁶.

Los vertidos de procedencia industrial también han sido y son una amenaza para los humedales. Los suelos del margen derecho de las marismas del Odiel están profundamente contaminados de yesos ácidos debido a los vertidos que,



Los suelos de la marisma del Odiel presentan elevados niveles de contaminación química.

desde su implantación, ha estado realizando el polo industrial de Huelva. La mayor parte son industrias químicas que han emitido vertidos líquidos, sólidos y gaseosos directamente sobre la marisma durante años lo que ha ocasionado su acumulación en zonas de fangos a pesar de que, posteriormente, se han llevado a cabo medidas de corrección y de saneamiento. El grupo de las aves está entre los afectados por este tipo de contaminación ya que ingiere con el alimento metales pesados que acumula en el organismo provocándole enfermedades degenerativas y la muerte, pudiendo exportar esta contaminación a lugares muy alejados. Tras el vertido de lodos de metales pesados en el río Guadiamar con la rotura de la presa de residuos mineros de Aznalcóllar, se hicieron algunos estudios sobre la incidencia de estos metales en aves detectando numerosas deformaciones morfológicas y degeneraciones de sus órganos, pero en muchos casos, no pudo conocerse la procedencia de dichos metales ya que muchas de las aves estudiadas podían provenir de la marisma del Odiel y no directamente del río Guadiamar.

Además de la contaminación por vertidos, también la industria consume grandes cantidades de agua que va en detrimento de los acuíferos. El agua es extraída directamente de la red de abastecimiento o bien de las aguas subterráneas locales a través de pozos. Sólo en algunos casos, se utiliza el agua del mar para la refrigeración. Aún son pocas las industrias que hacen un reciclaje eficaz del agua que utilizan ya que es un proceso complicado. Sin embargo, en la actualidad los procedimientos de depuración permiten conseguir, por un lado, una calidad aceptable para su reutilización en procesos industriales y, por otro, una disminución de la concentración de contaminantes²¹⁷.

Otra entrada de contaminantes, en este caso del plomo, se debe a la acumulación de perdigones utilizados en la caza en la cubeta de los humedales. En algunos casos, estas concentraciones pueden llegar a ser muy elevadas como ocurre en la laguna de Alcalá, en la provincia de Cádiz; basta pasar una red por el fondo y aparecen decenas de perdigones entre el fondo arenoso. En las marismas de Doñana y en algunas lagunas endorreicas de la provincia de Cádiz se han realizado estudios específicos sobre el efecto de la contaminación de plomo en aves y se ha encontrado que, uno de los factores más importantes de intoxicación y mortalidad de este grupo, está relacionado con la ingesta de perdigones al ser confundidos con las pequeñas piedras que ingieren y que mantienen en la molleja para facilitar la trituración de los alimentos de mayor dureza, como pueden ser las semillas o ciertos tubérculos, que componen su dieta²¹⁸. A pesar de que muchos de estos humedales están protegidos y en ellos no se puede cazar, la acumulación de plomo anterior a su protección es elevada y representa un serio problema ambiental ya que determinadas concentraciones pueden producir enfermedades graves y la muerte de las aves pudiendo pasar, en cualquier caso, a las cadenas tróficas. En algunas lagunas debería estudiarse la posibilidad de retirar y filtrar una estrecha capa superficial de sustrato de unos 10 ó 15 centímetros durante la época estival en la que se secan con el objeto de eliminar al menos una importante cantidad de plomo²¹⁹.

La incorporación de metales pesados en las cadenas de alimentación como el cadmio o el plomo hace que estos elementos tóxicos circulen dentro de un mismo

ecosistema y a través de distintos ecosistemas. La procedencia de estos metales como acabamos de ver puede tener muy diferente origen como el industrial, el derivado de residuos agroganaderos, vertederos y la propia actividad cinegética. Una vez que llegan a medios acuáticos como son los humedales, los cauces fluviales o las aguas subterráneas se incorporan a través de la asimilación de los seres vivos a las cadenas alimenticias alterando procesos de reproducción en grupos como los peces y las aves y, en determinadas dosis, pueden llegar a ser letales. Esto trae graves problemas incluso para el consumo humano de las especies que han incorporado y almacenado metales pesados en distintos órganos. Las partículas de plomo originadas en procesos industriales o por la combustión de residuos se depositan sobre las hojas de árboles y arbustos y, con la caída de éstas o con su lavado por las lluvias, se acumulan en el suelo junto con la materia orgánica. Desde allí, pueden pasar de nuevo a las plantas a través de sus raíces o incorporarse directamente a algunos invertebrados; cualquiera de los dos casos, son eslabones básicos de la cadena de alimentación de cualquier ecosistema y, por supuesto, llega al propio ser humano cuyos niveles de plomo en el organismo se incrementan en localidades cercanas a áreas industriales, lo que puede ocasionar problemas de retraso mental y otras alteraciones graves hasta llegar a la propia muerte cuando las concentraciones son elevadas. Otra parte del plomo generado puede quedar almacenada en horizontes inferiores del suelo con una persistencia cercana a los 5000 años aunque, dependiendo de los usos que se hagan de ese suelo, pueden volver a moverse.

Por último, otro tipo de contaminación de las aguas y sustrato se debe a los propios residuos generados en áreas urbanas aunque esto se está solucionando, en parte, con la implantación de depuradoras municipales y a las exigencias europeas en cuanto a parámetros mínimos de calidad de las aguas. Los vertidos directos a ríos o al mar ocasionan graves desequilibrios ecológicos en estas zonas además de riesgos sanitarios. La actualización de los sistemas de depuración de aguas debe ser constante ya que, aunque el número de instalaciones para el tratamiento de las aguas residuales en Andalucía ha crecido mucho de acuerdo a los plazos marcados por la legislación europea, también ha crecido mucho el número de nuevas urbanizaciones y nuevos polígonos industriales de manera que se ha incrementado notablemente el volumen de residuos generados.

En los próximos años, las pequeñas poblaciones tendrán que aumentar su porcentaje de inversión en mejoras medioambientales para poder cumplir las nuevas normativas. En este sentido, la Agenda 21 es una herramienta que ofrece los procedimientos necesarios para poder abordar la mayor parte de los problemas ambientales que genera un municipio y poder adoptar medidas para corregirlos. Hoy pocos ecólogos dudan de que la degradación de la calidad del agua sea uno de los mayores problemas ambientales que tenemos y lo va a seguir siendo en el futuro por ser un recurso limitado y escaso.

Para el tratamiento de todos estos residuos, tanto los sólidos como los líquidos, se utiliza con cierto éxito lo que se conoce como biorremediación, que se basa en aplicar la capacidad de determinados procesos biológicos para transformar produc-

tos contaminantes o mejorar la calidad ambiental de un espacio previamente alterado²²⁰. Son especialmente interesantes los trabajos realizados con plantas autóctonas para recuperar suelos contaminados por metales pesados. En muchos humedales salinos está presente el almajo (*Arthrocnemum macrostachyum*) que es muy eficaz acumulando plomo y podría ser utilizada en este tipo de tratamientos. Si lo que se pretende es consolidar suelos contaminados por metales pesados pero evitar que éstos pasen a las cadenas tróficas se utilizan plantas tolerantes pero con escasa capacidad de almacenar los contaminantes en sus tejidos, con lo cual las raíces sujetan el suelo y evitan el arrastre del mismo por erosión a los medios acuáticos. Pero si lo que se pretende es extraer los metales pesados del suelo, se utilizan plantas con gran capacidad de acumulación para después retirarlas y procesarlas adecuadamente²²¹.

Otras grandes infraestructuras y otros impactos

Las alteraciones en la hidrodinámica de los humedales costeros que veíamos al principio de este apartado también suceden en los humedales de interior. La más agresiva es la que ya se ha comentado en varias ocasiones: la destrucción del humedal por desecación mediante drenajes. Otras veces estas modificaciones del régimen hidrológico pueden ser producidas bien por la introducción de excedentes de agua provenientes de regadíos, de depuradoras como en el caso de la laguna del Taraje del complejo endorreico de Puerto Real o por filtraciones de canales de agua y otras conducciones. Igualmente, la extracción de agua en los pozos cercanos, también produce alteraciones como consecuencia de la explotación intensiva de los acuíferos que alimentan los diferentes humedales.

Hemos hablado de construcciones que alteran la dinámica de los humedales costeros; algunas, como los embalses, afectan a toda la cuenca del río sobre el que se ubican como veremos más abajo; pero hay otras infraestructuras que, sin tener necesariamente relación directa con los humedales, sí afectan a la biodiversidad de estos ecosistemas.



Laguna de Torregorda atravesada por una autovía

La construcción de carreteras ha supuesto la destrucción y alteración de muchos humedales y algunos ejemplos ya se han visto en el capítulo anterior. El impacto que suponen para la biodiversidad de los humedales puede ser variado ya que afecta de distinta manera dependiendo de la distancia a la que estos se encuentren, de las características de la vía y de la intensidad de tráfico que ésta soporta. Los impactos más importantes pueden resumirse en los siguientes: destrucción total o parcial del humedal como el caso de la laguna de Torregorda en Cádiz, aislamiento de poblaciones y aumento del riesgo de atropello, aumento de contaminación tanto la derivada del vertido de gases y líquidos de los vehículos como la provocada por los residuos sólidos que arrojan sus ocupantes y, por último, aumento del impacto por la mayor presencia del hombre sobre el ecosistema.

A menudo, al hacer una obra de estas características y sus estudios de impacto ambiental preceptivos no se tienen en cuenta por igual los distintos grupos de fauna y flora afectados. Para los animales terrestres una carretera puede suponer una barrera insalvable. Una zona de encharcamientos y pequeños humedales muy afectada por la fragmentación de hábitat y la alta mortalidad de vertebrados es, por poner sólo un ejemplo, la carretera que une Málaga con Cádiz a su paso por la playa de Los Lances, justo en el límite del Parque Natural del Estrecho. A ambos lados de la carretera quedan charcas temporales y pequeños encharcamientos que

Barrera y paso de anfibios en una carretera de Almonte



son el hábitat de reproducción de numerosas especies de anfibios entre las que destaca el sapillo moteado ibérico (*Pelodytes ibericus*) una especie endémica cuya distribución se limita al sur de la Península Ibérica y cuyas mayores poblaciones están en la provincia de Cádiz²²². El impacto de esta carretera sobre esta especie no se limita a la destrucción directa de sus hábitats reproductivos sino que también es muy elevado el número de muertes por atropello al haber un intenso tráfico de vehículos y al no haberse diseñado en su trazado barreras y pasos específicos para anfibios. Igualmente, supone el completo aislamiento de las poblaciones que quedan en la parte más cercana a la costa. Esto que es válido para este taxón puede ser extensible a otras especies de anfibios y reptiles.²²³ En Andalucía todos los años mueren atropellados centenares de anfibios en las carreteras de Andalucía en los meses de lluvia, cuando los adultos acuden a las charcas para reproducirse y, después, en los momentos de dispersión de los juveniles. En las charcas próximas a las carreteras ésta es la principal causa de mortalidad de individuos adultos; cuando la calzada tiene un tráfico continuo, la posibilidad de que un anfibio logre atravesarla es, prácticamente, nula ya que sus desplazamientos son lentos y al detectar un peligro su primera reacción es quedarse quieto y tratar de pasar desapercibido.

Hasta ahora, la administración ha sido poco sensible ante este problema que, por otro lado, es relativamente fácil de evitar e implica un bajo coste con relación a los presupuestos que suponen la construcción o remodelación de cualquier carretera. Afortunadamente, ya se han instalado algunas barreras y pasos específicos para anfibios en distintos tramos que se han identificado como sensibles en el trazado de la carretera que une Almonte con Los Cabezudos, en el Parque Natural de Doñana, y en la que atraviesa los pinares de Aznalcázar-La Puebla. Está prevista la construcción de más pasos de este tipo en otras carreteras andaluzas²²⁴.

Algunas alteraciones de pequeños humedales debidas a la construcción o remodelación de carreteras suelen pasar desapercibidas en muchos casos por desconocimiento, no sólo de la administración, sino también de los propios grupos ecologistas locales. En las cunetas de las carreteras no es raro que se formen pequeñas charcas temporales que pueden ser hábitats marginales en los que queda relegada una gran cantidad de especies de fauna y flora al haber sido destruidos sus hábitats naturales por la construcción de la propia carretera, campos de cultivo, urbanizaciones, etc. Estos hábitats acuáticos, de los que tenemos ejemplos en toda Andalucía, cumplen una función muy importante al servir de conectores de poblaciones pero son extraordinariamente frágiles ya que cualquier modificación o arreglo de la carretera puede acabar con ellas. Los hábitats que sirven de trampolín, bien sean naturales o artificiales, son cruciales para una conservación eficaz de la biodiversidad de los humedales, especialmente, cuando hablamos de grupos taxonómicos cuya capacidad de dispersión es muy escasa. No hace mucho tiempo, la remodelación de una carretera de Málaga cercana a las lagunas de Archidona acabó con una de las últimas poblaciones de *Zannichellia contorta*, una planta acuática catalogada como vulnerable que ocupaba una pequeña charca que formaba un arroyo junto a la carretera²²⁵.

Un efecto barrera similar al de las carreteras lo suponen los grandes canales construidos con paredes de cemento y con una pronunciada pendiente. Algunos están muy próximos a humedales como el Canal de la Costa Noroeste que pasa junto al complejo endorreico del Puerto de Santa María. Muchos animales que tras el periodo de reproducción abandonan los humedales e intentan dispersarse en esa dirección caen al canal y difícilmente pueden salir de él. En este caso, las soluciones son mucho más sencillas ya que basta con poner pequeñas rampas con superficie rugosa por la que tanto pequeños vertebrados como invertebrados puedan trepar con facilidad.

Anteriormente hemos visto cómo los embalses representan una barrera de retención de sedimentos que de forma natural deberían llegar a la desembocadura de los ríos. Desde un punto de vista ecológico, la creación de un embalse supone la aparición de nuevos nichos que antes no existían para muchas especies y que se



Canal de la Costa Noroeste del Puerto de Santa María

pueden diferenciar en cuanto a su posición respecto de la presa. Las colas de los embalses son de aguas más someras y funcionan como una prolongación de ríos y arroyos mientras que el centro del embalse y las aguas más profundas cercanas a la pared pueden llegar a tener ciertas características de laguna o de lago. Sin embargo, las fluctuaciones en el nivel de agua impiden la formación de vegetación en sus márgenes y dificultan la reproducción de las especies piscícolas que se reproducen en las orillas²²⁶. Los ecosistemas fluviales han sido los más alterados a lo largo de la historia debido a nuestra total dependencia del escaso recurso que es el agua. Se han producido transformaciones hidráulicas de enorme envergadura, creando barreras insalvables para los peces, se ha eliminado la vegetación de ribera y se han ocupado las llanuras de inundación con construcciones que casi siempre han generado problemas posteriores. A pesar de las canalizaciones realizadas en el río Guadalhorce, en años lluviosos se siguen inundando las urbanizaciones situadas en su desembocadura y, para evitarlo, se pide que se amplíen los embalses ya construidos para regular el caudal del río. Antes de que se llevaran a cabo estas obras todo el llano de la desembocadura era una zona inundable de gran valor, no sólo por la biodiversidad que albergaba el humedal, sino también por los aportes de nutrientes y limos que transportaba al mar y de los que dependía la cadena trófica de los caladeros cercanos. Al hacer la canalización para poder urbanizar en esa llanura de inundación se ha interrumpido el proceso hidrodinámico y se ha destruido un importante humedal a pesar de lo cual, no se ha conseguido evitar que ocasionalmente se inunde.

El grupo de vertebrados que más ha sufrido todos estos impactos es sin duda el de los peces cuyas poblaciones naturales van quedando relegadas a las cabeceras de ríos y arroyos por ser éstas las zonas que aún se conservan mejor, pero no siempre son los hábitats más apropiados para todas las especies por lo que muchas que viven en tramos medios y bajos, sufren un declive progresivo y otras están a punto de desaparecer no sólo por la alteración de sus hábitats sino también por la introducción de especies foráneas en sus hábitats.

Además de las transformaciones hídricas que suponen la construcción de embalses, tanto en el lugar en el que se ubican como en la parte de los ríos que quedan por debajo de los mismos, se producen otros impactos como son la propia destrucción de hábitats con la desaparición de toda su biodiversidad, su fragmentación y el aislamiento de poblaciones, así como alteraciones en el microclima dependiendo del tamaño que tengan. Pero, además, se debe considerar conjuntamente el impacto que producen algunos de los usos a los que va destinado el agua embalsada. La función principal de algunos de los embalses andaluces es proveer de agua para cultivos en regadío con lo que se transforman los usos del suelo y se añaden los problemas ambientales que estas explotaciones agrícolas suponen a los humedales como hemos visto anteriormente²²⁷.

La gestión del agua debe ir dirigida a una utilización más racional de la misma. La infraestructura hidráulica de embalses que actualmente tenemos es suficiente para el abastecimiento humano o la obtención de energía eléctrica que, además, se puede complementar con otro tipo de energías renovables. Pero, además, el poten-

ciar nuevos campos de cultivo en regadío es contraproducente desde el punto de vista medioambiental y también a medio y largo plazo lo será económicamente. Se debería, por tanto, invertir en mejorar las redes de distribución que generan grandes pérdidas de agua. Esto, que lo sabe todo el mundo, no es fácil de llevar a la práctica. Si queremos arreglar un grifo de nuestra casa que constantemente gotea lo tenemos que pagar nosotros y, a veces, podemos preferir que siga goteando porque el recibo de agua de nuestra comunidad va a seguir siendo de la misma cuantía. Lo mismo piensa el agricultor, el ganadero o el industrial. Para arreglar las canalizaciones y redes de distribución de agua tienen que invertir su propio dinero y, sin embargo, un embalse nuevo le aporta todo el agua que necesita y no le cuesta nada porque lo pagamos entre todos los contribuyentes con nuestros impuestos. Quizás sería más barato para todos que las administraciones pagasen subvenciones a estos sectores para la realización de obras de mejoras en estas infraestructuras y, por otro lado, evitar y multar el despilfarro de agua.

La deforestación por tala de árboles o por incendios forestales también afecta a la dinámica hidrológica de los humedales con arrastres de grandes cantidades de sedimentos tras las lluvias. Los costes de mantener un bosque o, lo que es lo mismo, el dinero que no se obtiene al evitar la tala de madera y los posteriores posibles usos como pastizales para ganado o como zonas de cultivo, son mucho menores que los costes que producen algunos desastres como son los desbordamientos de los ríos y las grandes inundaciones; además, un bosque conservado proporciona otros beneficios no tangibles que tienen más que ver con la calidad de vida o con contribuciones más globales como la producción de oxígeno, la retención de dióxido de carbono, microclima favorable, conservación de la biodiversidad etc.²²⁸ Esto también debería ser convenientemente evaluado en los proyectos de impacto ambiental.

Otras obras más locales como son las extracciones de arenas y graveras en sotos, en llanuras de inundación o al borde de lagunas pueden provocar graves alteraciones en la calidad de las aguas de estos humedales. La extracción de minerales en zonas de turberas como las de El Padul supone la destrucción directa de unos hábitats únicos y relictos en Andalucía. Habría que hacer un balance entre el beneficio que supone la extracción de turba con respecto al valor ambiental de estos humedales. Por último, en zonas contiguas a cultivos de invernadero ha sido frecuente la extracción de cantidades ingentes de tierras arenosas para utilizarlas en las tareas agrícolas, lo cual, dada la cercanía del nivel freático en algunos casos, ha originado humedales artificiales de grandes dimensiones como son los casos de la Cañada de las Norias en Almería o las lagunas del Tarelo y de Bonanza en Cádiz. No obstante, como hemos visto en el capítulo anterior, algunas de estas actuaciones han tenido repercusiones positivas desde el punto de vista de la biodiversidad.

Las especies invasoras y la globalización de los ecosistemas

Lázaro Carreter, en sus artículos sobre los buenos y malos usos que hacemos del lenguaje observaba cómo tras la introducción de algunos extranjerismos éstos, no

sólo se difunden con rapidez en nuestro lenguaje a través, principalmente, de los medios de comunicación de masa, sino que terminan por sustituir y hacer desaparecer palabras que existen previamente en nuestro idioma o cambian su significado, lo cual conlleva una reducción de nuestro léxico²²⁹. De forma análoga, las especies foráneas que se introducen y tienen éxito tienden a expandirse con gran rapidez, en muchas ocasiones aprovechando medios artificiales o transformados, desplazando o eliminando las especies autóctonas y empobreciendo la diversidad de un ecosistema.

Tras la destrucción directa del hábitat, la introducción de especies foráneas es la segunda causa más importante de extinción de especies²³⁰, pero ambas causas actúan conjuntamente y la alteración de algunos humedales favorece la entrada de especies foráneas y su asentamiento, de la misma forma que el debilitamiento físico de un individuo facilita la entrada de patógenos y su proceso infeccioso.

Cuando una especie invasora tiene éxito se debe a que competitivamente es superior a la especie o especies autóctonas a las que desplaza dentro de un determinado ecosistema. Sin embargo, algunos modelos han sugerido que en aquellas comunidades ricas en especies entre las que hay relaciones intensas, las perturbaciones que puede originar una especie foránea son mucho menores a las que produce en una comunidad alterada previamente. Por tanto, una forma de luchar contra las posibles agresiones de especies foráneas es evitar la perturbación de hábitats bien conservados.

La mayor parte de las especies tienen un área de distribución limitada por las características ambientales, biogeográficas y sus propias particularidades fisiológicas. Las montañas, los ríos, los mares son algunas barreras biogeográficas naturales para muchas especies lo que ha condicionado su particular historia evolutiva. Algunos procesos de especiación tienen lugar gracias al aislamiento geográfico de determinadas poblaciones de manera que, al no tener contacto genético con las poblaciones de las que han quedado aisladas, comienzan un proceso evolutivo particular e independiente; así, la historia geológica de Andalucía explica en gran medida la existencia de muchos de sus endemismos.

Sin embargo, desde que el ser humano es capaz de realizar grandes desplazamientos en relativamente cortos periodos de tiempo se han alterado estos patrones de aislamiento de algunas especies. Bien sea de forma intencionada o de forma fortuita el hombre ha sido un vector de dispersión de especies algunas de las cuales, al llegar a un nuevo hábitat, han tenido éxito competitivo y han alterado las relaciones ecológicas de ese lugar. En realidad, de la enorme cantidad de especies que son transportadas de un lugar a otro por el hombre como pueden ser hongos, plantas, invertebrados, etc., sólo unas pocas tienen éxito en el nuevo ambiente, el resto no pueden adaptarse a las nuevas condiciones y perecen sin poder completar su ciclo vital. Las que consiguen sobrevivir e instalarse tienen al principio un número que suele ser escaso y pasan, por tanto, desapercibidas en el ecosistema, pero al cabo del tiempo proliferan y se convierten en invasoras debido a que suelen tener elevadas tasas de reproducción por lo que comienzan a ocupar nichos que o bien estaban vacíos o bien los ocupaban otras especies nativas menos competitivas

a las que desplazan. Los humedales andaluces son, por desgracia, ecosistemas que han sido muy receptivos a especies invasoras y, algunos de ellos, como es el caso de Doñana, están cambiado profundamente su funcionamiento ecológico tras la proliferación de especies como el pteridofito *Azolla filiculoides* o el cangrejo rojo americano (*Procambarus clarkii*).



Cangrejo de río autóctono
(*Austropotamobius pallipes*)

El caso del cangrejo rojo americano es muy llamativo ya que desde su introducción en los arrozales en 1974 con fines comerciales ha ido llegando a nuevos hábitats y se ha expandido por toda España tanto por dispersión natural como, y principalmente, por medio del hombre. Esta especie es portadora de una enfermedad causada por un hongo del género *Aphanomices* que puede llegar a ocasionar la muerte a individuos débiles o enfermos aunque no es letal para el resto de la población, sin embargo, ese hongo al entrar en contacto con el cangrejo de río autóctono (*Austropotamobius pallipes*), que no tiene los mismos sistemas inmunológicos, produce la muerte de los individuos. La elevada tasa de mortalidad que este hongo produce sobre la especie autóctona ha hecho desaparecer la mayor parte de las poblaciones naturales. Por otro lado, las elevadas tasas de crecimiento y desarrollo del cangrejo rojo americano que hacen que en un mismo año pueda alcanzar dos o incluso tres generaciones y su gran capacidad de adaptación a diferentes condiciones ambientales, le confieren los elementos característicos de una especie invasora. Esto también ha contribuido a desplazar a la especie autóctona que hace unas décadas ocupaba prácticamente todas las zonas calizas de la parte oriental de Andalucía: Granada, Málaga y Jaén, Sierras Subbéticas cordobesas, y sierra de Grazalema en Cádiz, siendo muy escasa en las sierras occidentales. En la actualidad, esta especie ha quedado relegada a unas decenas de poblaciones en la cabecera de ríos y arroyos donde las bajas temperaturas no permiten proliferar al hongo contagioso. Paradójicamente, ciertas barreras estructurales construidas artificialmente en ríos y arroyos parecen haber impedido, por ahora, la llegada de la especie invasora a algunos lugares más recónditos. Pero además del impacto causado sobre una especie autóctona, el cangrejo rojo americano incide de manera negativa sobre los humedales al eliminar los macrófitos sumergidos y ha contribuido a la desaparición, al menos local, de moluscos, anfibios y peces empobreciendo notablemente el ecosistema con su presencia. Por si esto fuera poco, recientemente se ha visto que pueden ser portadores de otra enfermedad infecciosa: la tularemia que puede afectar a aves y mamíferos, incluido el propio ser humano²³¹. La explicación a esta forma de infección parece estar relacionada con los hábitos carroñeros del cangrejo rojo y su capacidad para desplazarse temporalmente fuera del agua, lo que favorece el hecho de entrar en contacto con animales enfermos y transmitir la enfermedad a otros que los manipulan o los ingieren. Aunque todos los ecólogos reconocen la necesidad de erradicar al cangrejo rojo de los hábitats más frágiles,

nadie sabe cómo hacerlo y probablemente esa incertidumbre se debe a que ya es una tarea imposible.

Pero como hemos visto en el capítulo precedente, las introducciones de especies en Doñana no terminan en el cangrejo rojo. Muchas de las especies exóticas que entran en la marisma de Doñana tienen su origen en el puerto de Sevilla, adonde llegan barcos procedentes de lugares lejanos que llevan enganchados en sus cascos algas e invertebrados y que, ocasionalmente, descargan el agua y sedimento de lastre y con ello todos los organismos que contienen y que han sido transportados de forma pasiva. La mayor parte de estos organismos no tendrá éxito en su aventura colonizadora, pero si alguno de ellos lo tiene y llega a proliferar, puede convertirse en un nuevo protagonista de un nuevo desastre ecológico de dimensiones impredecibles²³². Dado que el tráfico marítimo cada vez es mayor, la probabilidad de que sean transportados individuos de la misma especie invasora a un lugar determinado en poco tiempo, es elevada, por lo que las probabilidades de éxito en su reproducción también son mayores. La única forma de evitar estas importaciones de especies foráneas es mediante una rigurosa legislación que, como en otros países, prohíba descargar el agua de lastre o que esto se haga bajo condiciones bien controladas.

Un caso de invasión de una especie transportada pasivamente por barcos lo tenemos en la espartina americana, *Spartina densiflora*, una gramínea procedente de Sudamérica que en la actualidad es frecuente en las zonas de marisma del oeste andaluz, desde las marismas del Guadiana, pasando por las de los ríos Tinto, Odiel y Guadalquivir hasta llegar a la totalidad del litoral gaditano, en las desembocaduras de los ríos Roche, Jara, Vega y la Bahía de Algeciras que, de momento, parece ser el límite este de su distribución mundial. La introducción de esta gramínea que vive asociada a los suelos fangosos de las marismas puede estar relacionada con el transporte comercial marítimo entre el continente americano y las costas andaluzas desde hace varios siglos. Esta especie llega a ocupar extensas zonas de manera monoespecífica en la marisma del Odiel y es capaz de tolerar amplios rangos de salinidad e incluso vivir en lugares aislados de la influencia mareal, lo que hace que sea mejor competidora que la especie autóctona *Spartina maritima* y que, por tanto, la desplace. No obstante, sus limitaciones en la propagación de sus propágulos por carecer de vectores de dispersión naturales ha evitado que esta especie colonice humedales más interiores y, por otro lado, parece que sólo prolifera en lugares transformados por el hombre donde encuentra espacio disponible²³³.

El transporte de mercancías por barco fue el responsable de que desde el siglo XVIII la rata común (*Rattus norvegicus*), originaria de China, invadiese prácticamente todas las zonas urbanas del Planeta. A España llegó en el siglo XIX, probablemente a través de otra invasión: la del ejército napoleónico. Además de los hábitats rurales y urbanos también ocupa humedales relacionados con regadíos y marismas; al ser una especie que puede llevar una vida subacuática ha desplazado en algunos lugares a la rata de agua (*Arvicola sapidus*) y, por su carácter oportunista y sus características fisiológicas, causa graves problemas ambientales, económicos y sanitarios. Su erradicación hasta la fecha resulta imposible²³⁴.

Entre las aves que han invadido los hábitats andaluces, consideramos aquí a la malvasía canela (*Oxyura jamaicensis*). Este taxón procedente del continente americano fue introducido a mediados del siglo pasado en el Reino Unido, reproduciéndose en cautividad y estableciéndose luego como poblaciones silvestres que se han ido extendiendo por Europa. La malvasía canela compite por el alimento con la malvasía cabeciblanca (*Oxyura leucocephala*) presente en las lagunas andaluzas y considerada como una especie en peligro de extinción²³⁵. Pero además, ambos taxones compiten a nivel reproductivo de manera que llegan a hibridar y la descendencia a su vez puede cruzarse con sus dos poblaciones originales. Se trata, por tanto, de un caso de contaminación genética²³⁶. Desde 1984, hay constancia de la presencia de malvasía canela en Andalucía y de la competencia reproductiva con la malvasía cabeciblanca al mostrar un comportamiento de cortejo más agresivo. En poco tiempo aparecieron ejemplares híbridos con características fenotípicas compartidas de ambas malvasías por lo que es un caso más en el que el hombre ha eliminado una barrera geográfica que, de no haber intervenido, probablemente, con el tiempo, hubiera hecho divergir a los dos grupos hasta formar dos taxones completamente separados sin posibilidad de hibridar²³⁷.

Oxyura leucocephala



La contaminación genética dentro de una misma especie puede alterar irreversiblemente las diferencias genéticas entre poblaciones que explican las adaptaciones locales al medio. Por poner un ejemplo, muchos anfibios endémicos se han diferenciado gracias al aislamiento biogeográfico que supuso la formación del canal Bético a finales del Mioceno, lo cual dejó separada la región bética del resto del continente. Con la posterior retirada del mar, algunas especies se fueron expandiendo pero otras como el sapo partero quedaron confinadas y, debido a su aislamiento genético dio lugar a una nueva especie diferente a las del resto de la Península y de las Islas Baleares: el sapo partero bético (*Alytes dickhilleni*). De las especies que se expandieron, algunas poblaciones han quedado genéticamente más o menos aisladas y han seguido caminos adaptativos diferentes de manera que algunas de ellas que, por ejemplo, viven en la campiña pueden presentar adaptaciones diferentes a otras que viven en Sierra Morena. Pues bien, si se introducen individuos de una población en otra separada biogeográficamente se está realizando una contaminación genética que puede resultar desastrosa para los individuos de origen al no tener las adaptaciones locales que precisan para sobrevivir en las nuevas condiciones ambientales. Pero si, a pesar de todo, logran reproducirse pueden difundir esos "genes no adaptados" a los individuos nativos lo que podría llevar a la extinción local de toda la población receptora. Este error se ha cometido demasiadas veces con especies en peligro al querer introducir individuos de la misma especie traídos de otro lugar para mejorar el estado de sus poblaciones con lo cual, no

sólo no se consigue mejorarlas sino que acaba por completo con ellas. Cuando se hacen programas de reintroducción es necesario conocer muy bien las características genéticas de las poblaciones de origen y de destino así como su ecología local.

La afición por mantener en las casas particulares animales exóticos también ha sido un vehículo de introducción de estas especies en la naturaleza. Cuando la gente se cansa de tener estos animales o ya no les resultan atractivos por haber crecido mucho, los dejan en libertad en medios naturales con la buena intención de que sobrevivan. Muchos no lo consiguen y son presa de la fauna autóctona o, simplemente, mueren por no ser capaces de encontrar los recursos apropiados; pero algunos de ellos logran sobrevivir y reproducirse y, entonces, comienza su invasión. Este es el caso conocido del galápagos americano o galápagos de Florida *Trachemys scripta*, originario de América con una amplia distribución por ese continente, lo que indica su gran capacidad para adaptarse a diferentes condiciones ecológicas. Cuando en España se prohibió el comercio de galápagos autóctonos como el galápagos leproso (*Mauremys leprosa*) en los años setenta, se comenzaron a importar estas especies exóticas para su venta, hasta que en 1998 se prohibió su entrada en Europa ante la evidencia de los daños que estaba causando en los hábitats naturales. Sin embargo, la prohibición sólo afectó a una subespecie por lo que se han seguido importando otros taxones similares y aún se siguen comercializando los que entraron antes de la prohibición o los que han sido criados dentro de la Unión Europea. Actualmente, estos taxones introducidos se encuentran ampliamente distribuidos por los humedales de la costa de Huelva incluyendo las marismas del Guadalquivir pero también hay citas en el resto de las provincias de Andalucía²³⁸. El galápagos americano compite por el espacio con los galápagos autóctonos y, en estado de libertad, depreda sobre moluscos, crustáceos, peces y renacuajos de anfibios además de diferentes plantas. Por otro lado, puede ser portador de patógenos como la *Salmonella* sp. Hasta el momento, las poblaciones establecidas están, en general, próximas a lugares urbanizados o fácilmente accesibles al hombre por lo que no parece que hagan importantes movimientos de dispersión de forma natural.

Galápagos leproso (Mauremys leprosa), una especie afectada por la introducción de galápagos exóticos



pero dentro de los vertebrados, las introducciones de especies foráneas más numerosas y que han impactado más negativamente en los medios acuáticos andaluces han sido del grupo de los peces que han llevado a las especies autóctonas a una situación de extinción local o de grave riesgo de desaparición. Estas nuevas

pero dentro de los vertebrados, las introducciones de especies foráneas más numerosas y que han impactado más negativamente en los medios acuáticos andaluces han sido del grupo de los peces que han llevado a las especies autóctonas a una situación de extinción local o de grave riesgo de desaparición. Estas nuevas

pero dentro de los vertebrados, las introducciones de especies foráneas más numerosas y que han impactado más negativamente en los medios acuáticos andaluces han sido del grupo de los peces que han llevado a las especies autóctonas a una situación de extinción local o de grave riesgo de desaparición. Estas nuevas

pero dentro de los vertebrados, las introducciones de especies foráneas más numerosas y que han impactado más negativamente en los medios acuáticos andaluces han sido del grupo de los peces que han llevado a las especies autóctonas a una situación de extinción local o de grave riesgo de desaparición. Estas nuevas

pero dentro de los vertebrados, las introducciones de especies foráneas más numerosas y que han impactado más negativamente en los medios acuáticos andaluces han sido del grupo de los peces que han llevado a las especies autóctonas a una situación de extinción local o de grave riesgo de desaparición. Estas nuevas

especies compiten por los recursos y suelen ser más agresivas que las autóctonas y, lo peor es que hay que asumir, desde el punto de vista ecológico, que su erradicación, con los conocimientos que actualmente tenemos, es ya imposible. Se sabe que estas introducciones se vienen realizando desde hace cientos de años y que hasta hace poco tiempo las administraciones han seguido introduciendo peces alóctonos para favorecer la pesca deportiva. Ahora las directivas europeas son algo más restrictivas en cuanto a la introducción de nuevas especies pero en algunos casos quedan abiertas a diferentes posibilidades de interpretarlas legislativamente.

La carpa (*Cyprinus carpio*) que es propia del continente asiático al parecer fue introducida en Europa en el siglo I por los romanos, aunque a España llegaría mucho después. Según algunos autores llegó a la Península Ibérica en el siglo XII y era mantenida en estanques de modo artificial para el alimento de religiosos pero según otros, la llegada de esta especie a nuestro país se produjo en el siglo XVI. En la actualidad está presente en embalses y tramos medios y bajos de los ríos u otros medios de aguas permanentes. Se trata de una especie omnívora que para buscar alimento levanta el sedimento y las raíces de las plantas acuáticas provocando además la turbidez del agua. Todo esto hace que no puedan crecer las plantas acuáticas y empobrece la calidad del agua lo que repercute en la cadena trófica incluyendo a otras especies de peces y aves acuáticas.

El fúndulo (*Fundulus heteroclitus*), procedente de la costa atlántica de Norteamérica, se distribuye en Andalucía por los humedales salinos y salobres del litoral atlántico y su presencia se ha demostrado que es la responsable de la progresiva desaparición de las poblaciones de fartet andaluz o salinete (*Aphanius baeticus*) en Doñana²³⁹. De similares características es la gambusia (*Gambusia holbrooki*) procedente también de Norteamérica que se introdujo en las primeras décadas del siglo pasado en marismas y lagunas andaluzas con la intención de eliminar a los mosquitos transmisores de enfermedades como el paludismo, aunque su efectividad para la captura de larvas de mosquito no parece ser muy alta²⁴⁰. Algunos estudios de competencia han demostrado que esta especie desplaza a otras autóctonas como son el fartet ibérico (*Aphanius iberus*) y el fartet andaluz o salinete (*A. baeticus*).

Si antes hemos visto cómo los ecosistemas de Doñana han sido profundamente alterados con la introducción del cangrejo rojo americano, en algunas lagunas interiores de carácter permanente como Zóñar las introducciones reiteradas de peces como las carpas, carpines y las gambusias han modificado su limnología llegando a afectar muy negativamente a las comunidades de patos buceadores. La presencia de estas especies de peces, además, lleva a la extinción de las poblaciones de invertebrados acuáticos y anfibios al depredar sobre sus huevos y larvas.

En general, la presencia de peces en lagunas endorreicas se debe a introducciones realizadas por parte del hombre. Las actuaciones encaminadas a conseguir una estabilidad del hidropereodo de estos ecosistemas mediante la entrada artificial de agua hacen que tarde o temprano haya alguien que eche allí alguna de estas especies lo que desencadena un proceso de degeneración del ecosistema. Afortunadamente, en periodos de sequía persistente, la mayor parte de las lagunas

de Andalucía llegan a secarse completamente y los peces desaparecen de ellas. Con el posterior llenado de la cubeta tras las lluvias, el ecosistema vuelve a recuperarse al conservar generalmente los bancos de semillas y las formas de resistencia de algunos invertebrados acuáticos aunque, si la presencia de peces ha sido constante durante varios años consecutivos, los daños para otras poblaciones de invertebrados y de anfibios pueden ser irreparables.

Los costes ambientales y, en ocasiones económicos, que supone la proliferación de estas especies son, por lo general, muy elevados por lo que debería de haber una legislación específica que regulase y penalizase cualquier tipo de introducción que se hiciera fuera de los controles pertinentes. En algunas ocasiones, los animales se escapan de las instalaciones de cría en cautividad como pueden ser piscifactorías u otros criaderos por no tener unos compartimentos convenientemente cerrados. Esto debería ser considerado como una grave infracción contra el medio ambiente ya que el daño ecológico que producen muchas veces es superior al que pueden suponer, por ejemplo, algunos vertidos contaminantes.

Desde un punto de vista evolutivo, con la introducción de una especie en un lugar alejado de su distribución habitual se rompen todas las posibilidades de aislamiento, divergencias evolutivas y procesos de especiación. Éste es un proceso de degradación global ya que, como hemos visto, muchas de las especies que antes de ser transportadas por el hombre tenían una distribución local ahora han pasado a tener una distribución planetaria. Todo esto lleva a un empobrecimiento de la biodiversidad y a una globalización de la misma ya que cada vez los hábitats son más parecidos entre sí al compartir comunidades foráneas. En los lugares más poblados del Planeta como puedan ser los países europeos, la transformación del medio ha sido muy intensa y eso ha favorecido la homogeneización de los ecosistemas.

Por otro lado, algunas especies dentro de su área de distribución natural pueden aumentar el número de individuos de manera desmesurada debido a desequilibrios producidos por alteraciones medioambientales y convertirse en plagas nocivas para otras especies. Éste es el caso, por ejemplo, de la gaviota patiamarilla (*Larus michahellis*) cuyas poblaciones han aumentado gracias a la proliferación de vertederos y al descaste de pescado en zonas portuarias.

En general, las especies invasoras tienden a instalarse en ecosistemas poco maduros o alterados y en ellos proliferan. Las comunidades que allí habitan sufren entonces un mayor deterioro por su presencia y esa debilidad puede verse agravada por otros problemas ambientales como los vertidos o los incendios o bien por causas naturales como el aumento de la temperatura del agua o una prematura desecación del humedal. También las infecciones de microparásitos como virus, bacterias y protozoos o de invertebrados macroparásitos aumentan su virulencia en estas circunstancias y pueden acabar con poblaciones afectadas por un debilitamiento producido por la alteración de su hábitat. Si además los parásitos y enfermedades son portados por las especies introducidas el daño aún es mayor ya que las poblaciones nativas generalmente no tienen mecanismos de defensa adecuados ante estos patógenos. Por el contrario, cuando los ecosistemas están bien conservados las comunidades que estos poseen están formadas por numerosas especies que

interaccionan entre sí, lo que hace que sean menos vulnerables a la invasión de especies foráneas; por tanto, los ecosistemas maduros son capaces de contener mejor la incidencia de estas especies nocivas.

Antes de finalizar este apartado, hay que advertir que en la actualidad, paradójicamente, la supervivencia de algunas especies emblemáticas en los programas de conservación como pueden ser la nutria o el águila pescadora depende, en gran medida, de la proliferación de especies foráneas como el cangrejo rojo americano o la carpa en algunos lugares concretos.

Niveles de Conservación

Cuando vemos un humedal desde el aire o en una fotografía aérea tenemos una perspectiva muy diferente a si observamos ese mismo humedal desde el suelo. Los problemas y las cuestiones que se nos plantean son diferentes porque estamos tratando diferentes niveles de concreción. En el contexto de estrategias para la conservación de la biodiversidad se pueden distinguir varios niveles: genes, poblaciones, especies, comunidades, ecosistemas y paisaje. En función de las prioridades que demos a la conservación, podemos elegir uno u otro nivel para realizar una gestión adecuada pero, en cualquiera de ellos, se trata de estudiar los mecanismos que influyen en el mantenimiento o la pérdida de biodiversidad.

Los programas de conservación van dirigidos generalmente a especies concretas que por diferentes motivos sus poblaciones están disminuyendo en número y, de continuar esa tendencia, podrían llegar a desaparecer. Suelen ser especies de gran tamaño que por sus características hacen que sintamos una atracción o un interés especial hacia ellas. Para conseguir el propósito de conservar esas poblaciones e incluso mejorarlas numéricamente, la primera estrategia es conservar el hábitat donde viven y con esta intención se crean los espacios protegidos.

La preocupación por la conservación de espacios silvestres en el mundo es muy reciente. Fue a principios del siglo XX cuando comenzaron a hacerse esfuerzos encaminados a la conservación de especies. Uno de los pioneros en la biología de la conservación en España fue José Antonio Valverde fundador de la Estación Biológica de Doñana en 1964, un centro dependiente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas dedicado a la investigación de ecología terrestre y que sentó las bases para la conservación de espacios naturales en Andalucía, siendo la declaración del Parque Nacional de Doñana uno de sus primeros objetivos conseguidos.

Actualmente, Andalucía cuenta con una extensa red de espacios naturales protegidos aunque entre la mayor parte de ellos hay una desconexión ecológica al existir importantes barreras que fragmentan y aíslan los diferentes sistemas. No obs-



*Garza real,
alimentándose
de cangrejo
rojo americano*

tante, se han comenzado a realizar algunos trabajos para intentar crear redes de conexión entre estos espacios lo cual tiene un sentido ecológico mucho más integral.

Para poder gestionar la conservación de un territorio o la de una especie que vive en él es necesario tener un conocimiento básico de su funcionamiento con el fin de tomar decisiones acertadas. Esto no siempre es posible porque realizar investigaciones aplicadas a la conservación requiere mucho tiempo y eso es costoso. Por otro lado, los espacios mejor estudiados no son siempre los mejor conservados por lo que tampoco es siempre posible extrapolar los datos allí obtenidos y aplicarlos a otros territorios.

A continuación vamos a intentar analizar algunos aspectos de la conservación de la biodiversidad de los humedales andaluces desde tres niveles diferentes, pero conviene señalar desde el principio que no hay ningún método que asegure la salvaguardia de una especie, no ya sólo de aquellas consideradas vulnerables o en peligro de extinción, sino de ninguna por abundante que nos pueda parecer y la historia, por desgracia, nos ha provisto de numerosos ejemplos en todos los continentes.

Nivel 1. La conservación de las especies en su contexto evolutivo

En “*El hombre Duplicado*” José Saramago²⁴¹ cuenta la historia de un personaje que por casualidad conoce a un hombre que es exactamente igual que él a pesar de no tener ningún tipo de parentesco y, si desvelo parte del sorprendente final de la novela, aún aparece otro tercero idéntico. Esto desde un punto de vista estadístico es altamente improbable, por no decir imposible. El número de combinaciones genéticas de una especie como la nuestra superaría ampliamente el número de átomos que existen en el universo conocido. Las posibles combinaciones genéticas son tan elevadas que sólo los gemelos idénticos o los clones tienen un genotipo idéntico y aún así el medio ambiente podría modular los fenotipos de esos individuos; en otras palabras, dentro de los organismos con reproducción sexual todos los individuos son diferentes unos de otros y, por tanto únicos e irrepetibles.

Por otro lado, cada especie viva que podemos encontrar, incluidos nosotros mismos, es el resultado de una larga y apasionante historia que se inició hace millones de años con protagonistas que se han ido relevando uno tras otro y que han ido sobreviviendo a la extinción, unas veces por azar y otras por una tremenda lucha contra múltiples adversidades, hasta llegar a nuestros días gracias a las adaptaciones producidas por variaciones genéticas únicas²⁴². Desde que comenzó la vida en el Planeta los progenitores de cada individuo que vive hoy en el Planeta han conseguido sobrevivir al menos hasta lograr reproducirse. El hecho de que una especie exista en la actualidad es ya un argumento sólido para conservarla y sería injusto que ahora nosotros alentásemos la desaparición de este espectáculo tan singular que es la vida; por eso, la conservación debe ser entendida como un problema fundamentalmente ético y tanto la ciencia como la filosofía pueden ayudarnos a entenderlo.

Uno de los valores de conservación de ecosistemas naturales es la diversidad de

especies que forman parte de ellos por lo que la taxonomía y la sistemática han sido dos disciplinas muy útiles para definir unidades de diversidad por especies. En los últimos años, el avance de técnicas moleculares se ha sumado a los estudios morfológicos y ecológicos para definir con precisión una especie. Mediante estas técnicas se ha podido comprobar la singularidad de algunas poblaciones e incluso elevar a categoría de especie poblaciones que antes se consideraban como una única especie. Esta divergencia puede venir condicionada por el azar debido a la estructura genética de las poblaciones o bien deberse a procesos selectivos que actuarían provocando el aislamiento entre las poblaciones originales. Cada individuo representa una parte de la variabilidad genética de su población y el conjunto de ésta es una parte de la variación genética total de la especie.

La unidad básica con la que se trabaja habitualmente en biología de la conservación es la especie cuyo concepto no siempre es muy claro. Según la definición biológica más aceptada una especie engloba a un grupo de individuos con un acervo genético común y único por lo que son capaces de entrecruzarse de forma libre en condiciones naturales, pero sobre esto hay, como siempre ocurre en biología, algunas excepciones. Estas excepciones se deben a que los organismos vivos están en continuo cambio, evolucionan hacia nuevas formas, tanto es así que podemos decir que cada población se encuentra en un estado de evolución diferente y, dependiendo de la mayor o menor relación de individuos entre poblaciones, las diferencias van a ser mayores o menores. En muchos casos, por tanto, surge el problema de fijar el límite entre especies y esto puede resultar a veces un poco arbitrario.

Dentro del concepto biológico de especie, a pesar de las excepciones que encontremos, hay un hecho clave en el transcurrir evolutivo que es el aislamiento reproductivo ya que esto supone un paso sin posibilidad de retorno: una vez que una población se ha aislado reproductivamente de otra, sus caminos evolutivos ya nunca volverán a encontrarse por lo que esta definición biológica no es enteramente una definición convencional sino que se basa en un argumento biológico de tremenda trascendencia en la historia evolutiva. Las especies son, por tanto, unidades diferenciadas que generalmente se distinguen morfológicamente y, por todo ello, es la mejor referencia operativa que tenemos en la biología de la conservación. El resto de las agrupaciones como pueden ser géneros, familias o subespecies son conceptos arbitrarios que han servido a los taxónomos y sistemáticos para agrupar taxones similares genéticamente.

Las formas asexuales, que son frecuentes en muchas plantas e invertebrados, se mantienen sin apenas variaciones de una generación a otra salvo que se produzcan mutaciones en algunos genes ya que el genoma puede considerarse idéntico. En estos casos, el concepto de especie es mucho más preciso, aunque esta falta de variabilidad genética tiene importantes costes evolutivos por lo que algunos de estos organismos alternan la reproducción asexual con la sexual dependiendo de si hay o no condiciones favorables en el medio.

La primera excepción al concepto biológico de especie son los híbridos con capacidad a su vez de reproducirse. En ocasiones el hombre ha forzado la forma-

ción de híbridos uniendo animales muy próximos filogenéticamente. Esto se ha hecho habitualmente en ganadería y también en zoológicos pero no ocurre de manera espontánea en la naturaleza debido tanto a factores fisiológicos, etológicos o, simplemente, geográficos. Es frecuente que algunas especies tengan potencial para hibridar por su proximidad en términos evolutivos, pero su comportamiento reproductor los aísla completamente lo que hace que en condiciones naturales no se produzcan híbridos. En el caso de algunos de estos taxones cuyas poblaciones en condiciones naturales llegan a entrecruzarse parcialmente pero sin llegar a compartir la totalidad del acervo genético, se habla de semiespecies.

Con la aplicación de técnicas moleculares de ampliación de ADN y los análisis filogenéticos es posible conocer las diferencias genéticas entre poblaciones y decidir en cada caso dónde se encuentra la diferencia entre especies filogenéticas. Gracias al uso de estas técnicas se están evidenciando especies que antes se consideraban gemelas. Esto ha hecho que, por ejemplo, el número de especies de anfibios en Andalucía haya aumentado en los últimos años y gracias a eso se ha sabido que, además, algunas de ellas son especies endémicas lo que aumenta su valor en términos de conservación.

Sin embargo, los conceptos biológico y filogenético de especie no siempre coinciden por lo que, en los últimos años, se está intentando unificar los criterios y buscar una unidad operativa de conservación. Esto surge ante el problema teórico que plantea la existencia, dentro de una especie, de poblaciones con unas particularidades únicas sobre las que habría que diseñar programas específicos de conservación. Para evidenciar esto hay que trabajar con dos disciplinas diferentes: el estudio de la ecología y la aplicación de técnicas moleculares. Puede ocurrir que a través de las técnicas moleculares se encuentren diferencias importantes entre poblaciones biogeográficamente separadas con características únicas y, por su singularidad, merecen una atención especial en los programas de conservación; pero también puede ocurrir que existan poblaciones poco diferenciadas a nivel genético y que, sin embargo, muestren variaciones fenotípicas exclusivas que pueden ser adaptativas a un medio concreto y estar, por tanto, aisladas ecológicamente de otras poblaciones con las que no hay intercambio genético. El hecho de que en este segundo caso no se encuentren diferencias genéticas apreciables con las técnicas de análisis molecular puede ser debido a que esas poblaciones estén en un proceso de diferenciación inicial. En cualquier caso, por ser igualmente singulares, sobre esas poblaciones también habría que trabajar de forma prioritaria para su conservación.

La controversia que produce la falta de una precisa definición de especie puede influir de manera decisiva a la hora de tomar decisiones en programas de conservación. Veamos por ejemplo el caso de la malvasía cabeciblanca (*Oxyura leucocephala*), con una distribución euroasiática y presente en los humedales andaluces, y la introducción artificial de la malvasía canela (*Oxyura jamaicensis*) procedente de América. Ambas malvasías quedaron aisladas geográficamente en tiempos pasados pero comparten un antepasado común muy cercano por lo que al romper el hombre la barrera geográfica que aislaba a los taxones, se producen híbridos en estado de libertad de manera natural y estos, a su vez, se cruzan con otros híbridos y con

ambos parentales. Desde una definición biológica de especie podría pensarse en este caso que se trata de una única especie filogenética o lo que se viene llamando una superespecie de manera que cada una de ellas, la cabeciblanca y la canela serían semiespecies diferenciándose ambas en características etológicas (las canelas son algo más agresivas) y fenotípicas (color de las plumas, morfología del pico y cola, etc.). Si se hace una gestión de conservación exclusivamente desde el concepto biológico de especie y se tienen en cuenta, por tanto, sólo estas consideraciones, al tratarse de la misma especie no sería necesario dedicar esfuerzos en tratar de evitar la entrada de malvasía canela a nuestros humedales y su hibridación con la cabeciblanca. Pero lo cierto es que esa hibridación no es un proceso natural al que hayan llegado mediante una dispersión de las poblaciones sino que, antes de que interviniese el hombre, había una barrera geográfica que estaba haciendo que ambos taxones tomaran un camino evolutivo independiente sin posibilidad de intercambio demográfico y ecológico. Con la hibridación ese posible proceso de diferenciación va a quedar incompleto al borrarse poco a poco las diferencias genéticas que se habían marcado con la separación geográfica y, por lo tanto, habrá una irremplazable pérdida de diversidad biológica por contaminación genética. En este caso la unidad de especie biológica no es la unidad operativa que debemos usar para su gestión.

No olvidemos que el concepto de biodiversidad considera no sólo la especie como tal sino también las diferencias que esa especie muestra entre poblaciones y las diferencias individuales que cada una de esas poblaciones incluyen. Esto llevado a sus últimas consecuencias sería inoperante y algo absurdo ya que estaríamos hablando de tener que conservar las diferencias genéticas de cada individuo. En este sentido, se ha propuesto el concepto de Unidad Evolutivamente Significante²⁴³ o Unidad Mínima de Conservación para especificar qué nivel de conservación genética es aceptable. Según este concepto, deberían ser conservadas aquellas poblaciones que son morfológicamente o genéticamente distintas de otras poblaciones similares o bien aquellas que tienen una historia evolutiva diferente. Esto que parece sencillo, no es nada fácil de evidenciar y para llevarlo a la práctica es necesario un profundo conocimiento de las poblaciones tanto desde el punto de vista de la ecología evolutiva como desde el punto de vista genético.

Una vez que se ha definido qué queremos conservar tenemos que saber cómo hacerlo y esto, tampoco es fácil. Cuando hablamos de conservar una especie o una población hablamos de conservarla al menos en un periodo de tiempo que, como mínimo, supere varias generaciones humanas y en unas condiciones naturales, es decir, tenemos que incluir el elemento de conservación de hábitat para el taxón, que en el caso que nos ocupa es el humedal, y su perdurabilidad en los años venideros. Este paso es mucho más complicado porque, en ocasiones, situaciones azarosas como grandes tormentas, periodos críticos de inundación, arrastre excesivo de suelo, o no tan azarosos sino motivados por usos del hombre en la cuenca vertiente, pueden acabar con el hábitat de la población que queremos conservar.

El tiempo que pueda seguir viviendo una población o una especie depende en gran medida del número de individuos con los que contemos inicialmente.

Algunas especies a las que las administraciones dedican enormes presupuestos de conservación, por triste que nos parezca, ya están abocadas a su desaparición porque el número de individuos de los que partimos es demasiado pequeño²⁴⁴. Este número debe ser lo suficientemente grande como para poder soportar las variaciones aleatorias de la dinámica poblacional, como son el número de muertes y nacimientos, y poder compensar los problemas ambientales azarosos o los originados por la deriva genética. Para poder asegurar la conservación de una población, al menos durante varios cientos de años, según algunos modelos genéticos realizados para vertebrados²⁴⁵ es necesario que existan entre 500 y 5000 individuos reproductores por año para poder superar las situaciones catastróficas que pudieran surgir siempre que éstas no sean demasiado catastróficas. Una población con un número inferior de individuos sería altamente vulnerable a la extinción en unas 100 generaciones. En invertebrados y plantas que tienen tamaños de población más variable sería necesario proteger aproximadamente el doble de individuos. Sin embargo, si de manera artificial evitamos cualquier alteración del medio que suponga un riesgo natural inesperado, el tamaño efectivo mínimo de una población aislada, según otras estimas, debe ser de entre 50 y 500 individuos con potencial reproductor para asegurar que se mantiene la variabilidad genética suficiente²⁴⁶.

Pero, además de un número mínimo de individuos, tenemos que conservar una superficie mínima que incluya humedales con unas dimensiones determinadas que van a variar dependiendo de los requerimientos específicos de la población que queremos proteger y de su capacidad de dispersión. No es lo mismo conservar los humedales necesarios para preservar una población de anfibios que hacerlo para una población de aves porque en este último caso, a menudo excede incluso las áreas administrativas de una región o de un país.

A menudo, como ya hemos visto, la distribución de una especie queda fragmentada de forma artificial por el hombre con ausencia, por tanto, de intercambio genético entre poblaciones. Cuando una población es reducida, los casos de reproducción entre individuos emparentados aumentan. Esta endogamia aumenta la homocigosis o, lo que es lo mismo, aumenta la probabilidad de que los alelos que ocupan los mismos loci en cromosomas homólogos afecten a un rasgo determinado de la misma manera. Esto se debe a que los parientes cercanos comparten un gran número de genes iguales. En una población homocigótica, aumenta la expresión de mutaciones recesivas y raras, lo que puede ocasionar trastornos en la fertilidad, pérdida en caracteres que afectan a la competencia, etc., lo que les puede llevar en unas cuantas generaciones a la extinción local.

Sin embargo, las poblaciones generalmente no están totalmente aisladas sino que suelen funcionar de forma relacionada con trasiego de algunos individuos entre ellas; al conjunto de poblaciones relacionadas se le llama metapoblación. Cada una de estas pequeñas poblaciones tiene características propias de población, con sus propias tasas de natalidad y mortalidad y su propia probabilidad de extinguirse. Cuando una de estas poblaciones se extingue, pueden llegar nuevos individuos de la metapoblación y recolonizarla o bien estabilizarla antes de que la extinción suceda. Los individuos que se desplazan de una población a otra, al

reproducirse, introducen variaciones genéticas de manera que contribuyen a aumentar la heterocigosis de la población, es decir, ralentizan la deriva genética y aumentan la diversidad genética de esa población. Según algunas estimas, para frenar la deriva genética de una población es necesario al menos entre uno y cinco individuos inmigrantes reproductores por año dependiendo de si la población es polígama o monógama, donde la expansión de nuevos genes es más lenta. Por otro lado, para que una metapoblación sea viable es necesario que exista un número adecuado de poblaciones o subpoblaciones. Algunos modelos estiman que al menos son necesarias diez poblaciones relacionadas para que pueda funcionar convenientemente una metapoblación pero sin olvidar que, además, deben existir hábitats susceptibles de ser colonizados.

En el caso de los humedales, la identificación del hábitat propicio es mucho más sencilla que para otros ecosistemas y la posibilidad de preservarlo e incluso regenerar la funcionalidad de algunos que la hayan perdido o que sean de nueva creación (canteras abandonadas por ejemplo) es mayor.

Esto nos lleva a pensar que, en algunos casos, la introducción de individuos no nativos en una población debilitada puede ser también una estrategia de conservación en el caso de que esté empobrecida genéticamente y con alta una tasa de endogamia. La hibridación e introgresión parece actuar como potenciador de cambios evolutivos incrementando la capacidad de supervivencia. La decisión de introducir individuos no nativos en una población a punto de extinguirse es muy delicada y hay que tomarla tras analizar el problema muy detenidamente. Para ello, tenemos que contar con estudios de genética con los que detectar posibles divergencias y, muy especialmente, estudios finos de ecología²⁴⁷. Si los individuos introducidos están adaptados a ese ambiente, la selección local seguirá actuando con lo cual aseguraremos así que la población dañada pueda sobrevivir. Pero si no se han elegido bien los genotipos no nativos la población que se intenta recuperar puede recibir un daño irreversible y acabar extinguiéndose de forma local. Esto es lo que se conoce como depresión exogámica. La diversidad genética local es una parte importante de la diversidad total de una especie y las poblaciones locales han heredado los valores genéticos de su historia evolutiva, por lo tanto, deben ser considerados como auténticos legados históricos y evitar perderlos con actuaciones indebidas.

Existe una gran variación en cuanto a morfología, fisiología y comportamiento entre poblaciones de especies que tienen una distribución amplia. Se pueden encontrar diferencias heredables entre poblaciones de una misma especie en función de variaciones climáticas, altitudinales, tipo de sustrato, resistencia a patógenos o a contaminantes, etc. Estas variaciones geográficas son el efecto de fuerzas selectivas del ambiente que están actuando sobre las diferentes poblaciones. En algunos casos, esto tiene un reflejo en la variabilidad genética cuando una población está adaptada a las condiciones locales de su entorno.

Las poblaciones genéticamente diferentes pueden estar separadas en unos kilómetros o incluso sólo unos centímetros como es el caso de algunas especies de plantas con adaptaciones locales a diferentes tipos de sustrato. Estas diferencias

genéticas también se han estudiado especialmente en animales de tamaño pequeño y escasa capacidad de movilidad como pueden ser ciertos moluscos e insectos. Dentro del grupo de los vertebrados tenemos un ejemplo de adaptaciones locales a medios salinos en la laguna endorreica de Jarales, al sur de Córdoba, donde una población de sapo corredor (*Bufo calamita*) muestra una resistencia a condiciones de moderado estrés salino que le capacita para poder superar su fase larvaria y que no poseen otras poblaciones alejadas que viven habitualmente en ambientes dulces²⁴⁸. Al ser esta resistencia heredable, se puede hablar de adaptación local y eso supone una característica que hace que esa población sea diferente genéticamente a otras. En este caso, si introducimos ejemplares no nativos, en unas pocas generaciones la hibridación borraría los mecanismos de diferenciación genética que se pueden estar dando desde hace miles o millones de años. Desde el punto de vista de la conservación a nivel de poblaciones éste sería un ejemplo de dónde habría que centrar los esfuerzos de gestión para salvaguardar poblaciones que genéticamente son distintas y no hay intercambio genético posible de forma natural con aquellas de las que se diferencian.

A lo largo de las páginas del capítulo dedicado a los diferentes tipos de humedales andaluces hemos puesto ejemplos de especies endémicas y de poblaciones aisladas que necesitan una protección estricta por su limitada distribución actual. En algunos casos se trata de poblaciones relictas que han quedado aisladas como es el caso del esparganio (*Sparganium angustifolium*) que ya sólo pervive en una laguna de las muchas que hay en Sierra Nevada representando ésta el límite meridional de su distribución. Al igual que esta población, otras han quedado aisladas por barreras biogeográficas surgidas en el largo camino de su evolución y, en algunos casos, el fenómeno de especiación ha fomentado la aparición de especies endémicas que, por tanto, son únicas en el mundo. Andalucía alberga numerosos endemismos tanto de plantas como de animales y, a ellas, habría que dedicar los mayores esfuerzos de conservación ya que la fragilidad de estas poblaciones no permite errores en su manejo o su gestión, por lo que cualquier programa de conservación tiene que ser suficientemente contrastado antes de acometerlo. El seguimiento de las poblaciones a lo largo del tiempo es un método muy válido para poder detectar cualquier fluctuación que se produzca en ellas, conocer las causas y, en caso necesario, poder corregirla a tiempo.

La recuperación de una población es siempre una tarea complicada si se parte de pocos individuos fundadores ya que las generaciones sucesivas sólo cuentan con las limitaciones del material genético de los individuos de partida y los problemas de endogamia que eso conlleva. Estas situaciones pueden ocurrir en poblaciones naturales que no han sido alteradas por el hombre y, conociendo su desarrollo temporal, podemos extraer valiosas conclusiones para aplicar en el diseño de programas de reintroducción de poblaciones localmente extinguidas. Ya hemos visto cómo las poblaciones en los ambientes fluctuantes de muchos humedales andaluces pueden llegar a ser muy dinámicas y su tamaño puede fluctuar a lo largo del tiempo. En situaciones adversas como pueden ser prolongados periodos de sequía, puede ocurrir que las especies no puedan reproducirse o, si lo hacen, que su des-

cendencia no sobreviva. En estos casos, el número de adultos reproductores puede disminuir hasta quedar un número muy pequeño de individuos. Esto es lo que se conoce como cuello de botella poblacional cuyo resultado es la disminución de la variabilidad genética de esa población. El futuro de la población depende de ese escaso número de individuos que han sobrevivido y, aunque consigan recuperar el tamaño de la población, ésta tendrá una escasa diversidad genética lo que hace a la población más vulnerable ante posibles eventos ambientales. Para examinar la variabilidad genética se recurre a técnicas de electroforesis que puede ser una herramienta muy útil para poder conocer el estado de una población determinada.

Por poner un ejemplo cercano, desde 1984 hasta la actualidad, estamos haciendo un seguimiento de una población de sapo corredor (*Bufo calamita*) en unas charcas temporales de Sierra Morena²⁴⁹. Esta especie sincroniza el momento de reproducción con las noches de lluvia del invierno y primavera. Los renacuajos se desarrollan en apenas un par de meses pero, dado lo efímero de su hábitat, con frecuencia las charcas se secan antes de que pasen la metamorfosis y se producen mortandades catastróficas. Contabilizar el número de hembras que cada año acuden a reproducirse es el mejor indicador del tamaño de la población ya que cada hembra se reproduce sólo una vez al año y hace una única puesta de algo más de 3000 huevos. Dado que una hembra comienza a reproducirse a los dos años y que puede vivir hasta unos nueve, esta especie puede permanecer varios años en los que su descendencia no sobreviva. Pero periodos muy prolongados con esta situación podría hacer que no hubiese recambio generacional y que, por tanto, se produjera la extinción local. Con un seguimiento continuado, vimos cómo la población fue disminuyendo alarmantemente en los años de sequía de mediados de los noventa hasta quedar reducida a 8 hembras; sin embargo, coincidiendo con el final del periodo de sequía y el aumento de las precipitaciones, las pocas hembras que se reprodujeron tuvieron éxito, pues la mayor parte de los renacuajos, gracias a la mayor permanencia con agua de las charcas, consiguieron pasar la metamorfosis y recuperar en pocos años

el tamaño poblacional normal. Quedan por hacer los análisis genéticos para compararlos con los de antes de que se produjese el cuello de botella y comprobar el estado real de la población tras reducirse su variabilidad genética por deriva genética. Si ha existido un flujo genético con individuos reproductores que han llegado de otras poblaciones cercanas esta variabilidad será mayor.

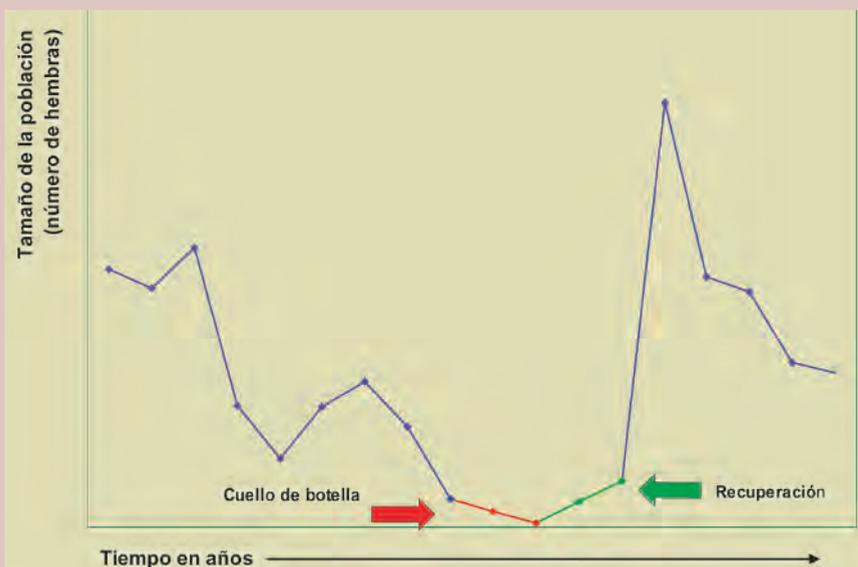
El análisis de la estructura demográfica de las poblaciones es también una herramienta imprescindible en todos los trabajos enfocados a la conservación y manejo de flora. En ocasiones ocurre que determinadas poblaciones de plantas, por su longevidad, pueden parecer abundantes pero estar ya funcionalmente extinguidas ya que no se producen incorporaciones de plantas jóvenes²⁵⁰.

Por último, antes de terminar con este apartado sobre la conservación de especies me gustaría llamar la atención sobre la tendencia que ha habido a conservar prioritariamente aquellas de gran tamaño como algunos mamíferos o aves. A pesar de la atracción que por ellos podemos sentir, éstos representan sólo una pequeña fracción de los muchos millones de especies que constituyen el elenco de seres vivos del Planeta. Son en realidad auténticas rarezas; los organismos más pequeños son los que realmente dan integridad a un ecosistema y hacen posible su funcionamiento. Esto nos lleva a un segundo nivel de conservación: si queremos conservar una especie debemos antes conservar su hábitat lo que va a permitir, además, salvaguardar a un gran número de ellas que forman parte de su comunidad.

Nivel 2. Conservación del hábitat

Las especies y el medio en el que viven forman una compleja y dinámica red en el espacio y en el tiempo. Ya hemos visto la necesidad de conservar las especies por su contribución a la biodiversidad como un valor por sí mismo, pero el papel ecológico que éstas desempeñan en el ecosistema es otro valor que hay que tener en cuenta ya que de él depende en gran medida la funcionalidad del mismo. Una especie no se puede conservar si no se conserva su hábitat natural con las características mínimas que satisfagan sus necesidades vitales²⁵¹.

También hemos visto cómo las comunidades pueden alterarse por perturbaciones azarosas o bien promovidas directa o indirectamente por el hombre. La estabilidad de un hábitat depende de muchos factores que, a veces, son muy complejos por la tupida red de interdependencia existente entre los organismos que lo conforman. Cada organismo desempeña un papel que puede ser más o menos importante en cuanto a su contribución para la estabilidad del sistema. Cuantas más especies viven en un humedal, mayor es su productividad y mayor la capacidad de soportar diferentes tipos de estrés ambiental como pueden ser la sequía o el aumento de temperatura entre otros. Por otro lado, en ambientes fluctuantes se producen sustituciones de poblaciones en el tiempo lo que favorece que haya mayores niveles de biodiversidad. La conservación integral de la biodiversidad en los humedales es esencial ya que de ella depende la funcionalidad de los mismos; así, para poder tener aguas depuradas y suelos enriquecidos es necesaria la salvaguardia de la comunidad en su conjunto.



Dinámica anual de una población de sapo corredor (*Bufo calamita*) en la Toba (Sierra Morena). Se puede observar una disminución drástica de la población que coincidió con un prolongado periodo de sequía y una recuperación posterior de la misma hasta números normales.

Con la finalidad de explicar la necesidad o no de una diversidad abundante en el funcionamiento de los ecosistemas han surgido dos hipótesis principales. La primera explica que cada especie desempeña un pequeño papel en el funcionamiento de un ecosistema, pero un papel importante; la pérdida de varias especies va debilitando el sistema de forma peligrosa y cuando esta pérdida es significativa cualquier alteración en el ecosistema, podría ser catastrófica. La otra teoría, conocida como hipótesis de la superfluidad²⁵², propone que casi todas las especies son innecesarias en un ecosistema salvo unas cuantas que denomina especies clave.

Como en casi todo, la verdad probablemente esté más cerca del punto intermedio que de los extremos y hay estudios y modelos que pueden apoyar la idea de que el funcionamiento de un ecosistema necesita de una elevada diversidad biológica aunque dentro de esta diversidad hay especies que contribuyen más a la estabilidad del sistema. Yo lo entiendo mejor imaginando una compleja red tridimensional de cuerdas: supongamos que cada una de las especies que componen la comunidad de un ecosistema es una hebra y que todas las hebras unidas y enredadas forman una gruesa cuerda que le dan consistencia, flexibilidad y resistencia. Habrá hebras o hilos más o menos gruesos dependiendo de la importancia de esa especie para el funcionamiento del ecosistema. Los hilos gruesos son las llamadas especies clave, los más finos las que no desempeñan un papel tan decisivo en el ecosistema pero que contribuyen a su estabilidad. Ya tenemos la comunidad formada, pero ésta debe sustentarse sobre un soporte para que funcione como un ecosistema; imaginemos, por tanto, que los extremos de la cuerda están apoyados sobre un soporte que representan el medio físico del ecosistema. El funcionamiento de un ecosistema y su estabilidad dependen de la tensión de esa gruesa cuerda, si dañamos ese soporte o se altera por algún proceso azaroso, la tensión se pierde y el ecosistema deja de funcionar como tal. Si subimos más el nivel, finalmente tendríamos un conjunto de cuerdas formando una enorme maraña de interacciones entre ecosistemas interconectados. Esta red tridimensional global representaría la totalidad de los ecosistemas de nuestro Planeta y sería más densa en el ecuador e iría disminuyendo hacia los polos a medida que los ecosistemas se van haciendo más homogéneos.

Pero volvamos a fijarnos en una de esas cuerdas. Si los hilos empiezan a romperse, la tensión comienza a disminuir pero aún se mantiene sujeta; el ecosistema sigue funcionando especialmente si esos hilos que se han roto son los más finos, pero puede llegar un momento en el que se empiecen a romper los hilos gruesos y el sistema caiga por su peso, en ese momento, el ecosistema habrá dejado de funcionar. También puede ocurrir que se produzca un debilitamiento del ecosistema al romperse algún hilo grueso, pero los hilos finos sean suficientes para poder mantener la tensión de la cuerda al menos temporalmente. Por lo tanto, para que el ecosistema sea lo más estable posible es necesario que en él se conserve la mayor diversidad posible, el mayor número de hebras posibles. Cada ecosistema y, en nuestro caso cada humedal, tiene especies que podemos considerar clave y secundarias pero todas ellas son necesarias para su funcionamiento; la ausencia de varias especies secundarias puede ser tan pernicioso como la falta de una especie clave.

También es necesario atender con detenimiento al medio físico. Cada uno de estos

ecosistemas tiene unas características abióticas propias y su salud depende en gran medida de esas propiedades que lo hacen único. Los soportes de estas cuerdas pueden romperse de golpe ante cataclismos bien producidos por el hombre como puede ser un fuego o ciertos tipos de contaminación o bien de manera natural y llegar a afectar incluso a varios ecosistemas. Los ecosistemas más frágiles son aquellos cuyas cuerdas están formadas por menos hebras, menos especies, por ser éstas más sensibles a la rotura.

En este nivel de conservación, la unidad de biodiversidad es la comunidad o las asociaciones que configuran el hábitat. Ya hemos dicho que los humedales en general son ecosistemas altamente productivos. La productividad es la capacidad de un ecosistema para generar biomasa lo cual no tiene, necesariamente, una relación con la diversidad o variedad de especies que en él exista. No obstante, se ha demostrado que la diversidad de especies dispara la productividad y esto se puede explicar fácilmente si pensamos en términos de competencia. Si hay pocas especies que compiten por un mismo recurso éste va a ser limitante y la producción total escasa, pero si hay una elevada diversidad de especies se forman complejas redes tróficas que generan una mayor cantidad de biomasa por unidad de superficie.

Los hábitats, a medida que reciben perturbaciones ambientales comienzan a sufrir una disminución del número de individuos que lo integran y, dependiendo de la intensidad de las alteraciones, llegan a perder diversidad de especies. Para hacer un estudio sobre la diversidad de especies en un determinado hábitat es necesario atender no sólo al número total de especies observadas sino también al número de individuos que componen la población de cada una de ellas. Todas estas especies cumplen una función, como acabamos de ver, pero algunas serán más comunes que otras y, dependiendo del estado del hábitat, las relaciones entre ellas podrán ser más o menos complejas. Algunos estudios teóricos sobre la pérdida de hábitat revelan que existe una relación entre la categoría trófica de las especies y el riesgo de extinción. Los depredadores especializados se extinguen antes que sus presas y, por tanto, las presas se hacen más comunes tras la extinción de sus depredadores. Por otro lado, la pérdida de hábitat tiene un efecto más severo sobre aquellas especies con escasa capacidad de dispersión aunque sean buenas competidoras²⁵³. Cuando se intentan hacer estimas de pérdida de biodiversidad por destrucción de hábitats, se suele considerar únicamente la cantidad de hábitat perdido o destruido, pero por los resultados obtenidos en estos estudios, habría que considerar además otras variables de importancia como son las redes tróficas o las interacciones directas e indirectas entre las especies implicadas.

La protección de humedales suele ser el mejor ejemplo de preservación de hábitats para conservar especies concretas, pero con frecuencia, el espacio protegido se circunscribe al perímetro del humedal y, en todo caso, su periferia más inmediata, con lo que no se preservan ni siquiera todos los componentes esenciales del hábitat de esas especies y, mucho menos, los componentes necesarios para el funcionamiento del ecosistema. El problema que surge es que los límites de estos espacios generalmente están ya ocupados por otros usos bajo presión humana como la agricultura, las urbanizaciones, etc.

La salvaguardia de estos espacios es siempre problemática ya que no sólo hay

que fijarse en la conservación de la biodiversidad y del ecosistema sino también en las necesidades de las poblaciones humanas cercanas. Esto a menudo no es compatible: las actividades que se hacen en los límites de los humedales suelen comprometer la conservación de éstos ya que interrumpen y alteran procesos naturales por las múltiples causas que hemos descrito a lo largo de este capítulo pero, además, constituyen barreras insalvables para numerosas especies con capacidades de dispersión limitadas. Por otro lado, dado que son espacios manejados por el hombre, a menudo es necesario intervenir artificialmente para regular algunas poblaciones que crecen por encima de la capacidad de su propio hábitat. Además, no todos los humedales andaluces que tienen alguna figura de protección como reservas naturales o parques naturales, tienen titularidad pública sino que muchos están ubicados en terrenos privados donde no se asegura siempre la protección del hábitat ya que el grado de perturbaciones producidas por actividades humanas suele ser mayor.

En líneas generales, para la elección de los humedales que se han protegido sólo se han tenido en cuenta criterios ornitológicos y no se ha buscado la variabilidad en la tipología de humedales; este sesgo no garantiza la protección de la mayor parte de la diversidad biológica que albergan los humedales andaluces y ello se debe, fundamentalmente, a la falta de información que hay sobre especies de flora y fauna y sus requerimientos ecológicos así como a la descoordinación entre los técnicos encargados de proponer y argumentar la necesidad de dar figura de protección a determinados complejos húmedos y los investigadores. Los criterios más consensuados por científicos para la conservación de espacios naturales y, en concreto, de humedales se basan tanto en el interés de las especies como en el interés de los espacios²⁵⁴.

- **Especies endémicas y especies raras:** se debe dar prioridad a aquellos hábitats acuáticos que mantienen poblaciones de especies endémicas o raras; esto no tiene que tener relación con el tamaño del humedal. Algunas pequeñas fuentes o encharcamientos de arroyos vinculados a zonas de montaña son el hábitat natural de reproducción de taxones endémicos como el sapo partero bético (*Alytes dickhilleni*) o la variedad andaluza de salamandra (*Salamandra salamandra longirostris*). Según este criterio, tendrían aún más valor aquellas especies que son únicas en su género o familia. Por ejemplo, del género *Pelodytes* sólo se conocen tres especies en el mundo: *Pelodytes caucasicus* que vive en el Cáucaso; *P. punctatus* que se distribuye por el norte de Italia, Francia y la Península Ibérica incluida Andalucía que alberga algunas pequeñas poblaciones en su extremo oriental; y *P. ibericus* que vive exclusivamente en el sur de la Península Ibérica y de la que Andalucía cuenta con sus poblaciones numéricamente más importantes. Sus hábitats de reproducción suelen ser pequeñas charcas temporales con un corto hidroperiodo.

- **Especies en peligro de extinción:** los humedales donde viven especies en peligro de extinción mundial deberían tener un grado máximo de protección. Es el caso de los hábitats en los que vive el salinete o fartet andaluz (*Aphanius baeticus*)

cuya distribución está muy restringida. Probablemente sea el vertebrado más amenazado de los humedales andaluces y sus hábitats, donde perviven sus últimas poblaciones, están muy poco conservados. Cualquier alteración grave de estos frágiles hábitats puede hacer que la especie se extinga. Otras especies, como es el caso de la focha moruna (*Fulica cristata*) que recibe mucha atención por estar considerada como muy amenazada, a pesar de ser cierto que en Andalucía sus poblaciones corren riesgo de desaparecer, tiene una distribución amplia al sur del continente africano²⁵⁵.



Focha moruna (*Fulica cristata*)

- **Valor económico del hábitat:** la conservación de los humedales costeros constituyen también hábitats prioritarios ya que son esenciales para la reproducción y crecimiento de especies de alto valor como recurso pesquero.

Estos criterios de prioridad no han sido los que han servido para identificar qué humedales se deben de conservar en Andalucía ya que, como en el resto de España y de la mayor parte de los países europeos, los programas de conservación no siempre se han basado en criterios puramente científicos. Pero incluso estos criterios hay que usarlos con cierta cautela. Por ejemplo, podemos decidir proteger una laguna por su interés como lugar de nidificación y alimentación del flamenco (*Phoenicopterus ruber*), una especie que se ha catalogado en Andalucía como especie “en riesgo menor: casi amenazada de extinción”. Si la gestión de ese humedal se hace exclusivamente para favorecer a esa especie mediante, por ejemplo, la modificación del hidroperiodo cuando sea necesario para asegurar la supervivencia de los pollos o evitando la entrada de depredadores, etc., estamos produciendo un impacto sobre el ecosistema y, además, esa mejora que consigue aumentar el tamaño de las poblaciones de flamenco en la laguna podría repercutir de manera muy negativa sobre la vegetación sumergida y ésta a la vez sobre otras aves²⁵⁶. Por tanto, una vez que se decide qué hábitat conservar hay que hacerlo del modo más riguroso posible evitando sesgos que puedan producir desequilibrios en el mismo y conociendo su funcionamiento natural. Así, dependiendo de los requerimientos que tenga una determinada especie podemos definir mejor cuál es el tipo de hábitat que necesitamos proteger para conservar dicha especie.

La administración suele contar con escasos recursos económicos para adquirir en propiedad los terrenos sobre los que se ubican los humedales, mantenerlos y vigilarlos de manera adecuada. A menudo el dilema se centra en si es preferible invertir una cantidad determinada de recursos en conservar una especie concreta o dedicar esa misma cantidad en conservar hábitats representativos. La segunda opción implica poder conservar una mayor biodiversidad, pero no siempre es fácil acertar con la elección de qué hábitat es preferible aunque se debe asumir que lo más idóneo es tratar de preservar tipos de hábitats diferentes que engloben un

mayor número de especies distintas. En los programas de conservación mundiales, los humedales están entre los ecosistemas que mayor prioridad tienen a la hora de decidir su conservación debido a la elevada biodiversidad que albergan, pero dentro de estos ecosistemas no hay criterios que se puedan generalizar sino que hay que estudiar detalladamente cada caso para hacer un diseño adecuado de conservación eficaz con espacios interconectados.

En principio, los humedales de mayor tamaño son capaces de albergar una mayor biodiversidad al englobar un número mayor de hábitats y microhábitats y son, sin duda, una buena elección. Los humedales pequeños y aislados son incapaces de sustentar poblaciones estables pero una red de varios de ellos bien diseñada puede albergar mayor variación de especies de manera que funcionen como metapoblaciones. Esta red es capaz de amortiguar posibles episodios catastróficos que los humedales grandes no pueden. Sería el caso, por ejemplo, de episodios de fuerte contaminación por vertidos tóxicos accidentales que, en el caso de humedales de gran tamaño podrían verse afectados de manera generalizada y, en cambio, en una red de pequeños humedales podrían darse episodios de extinción local, pero tras la recuperación de los mismos y, gracias al mantenimiento de las metapoblaciones, podrían ser recolonizados de nuevo por las mismas especies en un corto periodo de tiempo. Por otro lado, mediante acuerdos con propietarios puede ser más factible crear una red de humedales en forma de microreservas. Estos humedales de pequeño tamaño, si son bien gestionados, pueden ser idóneos para la conservación de plantas acuáticas, invertebrados acuáticos y anfibios. En definitiva, alternando las dos opciones mediante una buena planificación se podría englobar la protección de la mayor parte de las especies vinculadas a medios húmedos de Andalucía.

Por otro lado, como ya se ha mencionado en otras páginas, siempre que sea posible, hay que incluir en el espacio protegido el ecosistema lo más completo posible. Si se propone proteger una laguna endorreica y queremos que sus procesos ecológicos sean naturales, se debe conservar su cuenca vertiente. La forma espacial ideal de espacio protegido de estas características debe ser redondeada en cuyo centro se situaría la laguna a la mayor distancia posible del margen del espacio protegido. En el caso de los llanos de inundación y humedales asociados a las riberas de cursos fluviales, forzosamente debe tener una geometría lineal pero estará más protegido cuanto más ancha sea la banda de protección.

La preservación de determinados espacios aislados como son las reservas biológicas es útil en los casos en los que una especie está presente en unos pocos humedales pero sólo si sus poblaciones son localmente abundantes ya que, en estas condiciones, no parece probable que vayan a existir problemas de endogamia.

Sin embargo, en otras ocasiones las poblaciones son pequeñas y tienen problemas de cruzamientos sucesivos entre individuos emparentados, por lo que es necesario que puedan conectarse entre sí distintas poblaciones de forma natural. El deterioro ambiental del entorno puede ser una barrera a menudo insalvable para grupos de fauna con limitada capacidad de dispersión como pueden ser los anfibios y algunos invertebrados acuáticos. En el diseño de redes de humedales hay que tratar de facilitar el flujo de individuos y los procesos de migración y dispersión. La

forma de corregir este aislamiento puede ser discreta mediante los hábitats que hemos llamado trampolín o continua mediante los corredores ecológicos. En ambos casos se consigue la conexión genética que resuelve los problemas de endogamia.

A menudo pequeños humedales intermedios entre otros mayores pueden servir como hábitats trampolín en los que es posible el establecimiento de un flujo genético entre las poblaciones a modo de salto y conseguir la conexión entre lugares que, de manera artificial, han quedado aislados, lo cual es especialmente válido en grandes extensiones de campos de cultivo como son las campiñas andaluzas del valle del Guadalquivir. Cuando la distancia entre humedales es pequeña, la dispersión se puede realizar de forma activa con lo cual la distancia máxima entre humedales debe ser la que marquen las limitaciones fisiológicas de los distintos grupos taxonómicos, o bien, de forma pasiva a través de especies con mayor capacidad de dispersión. Muchas plantas e invertebrados acuáticos se dispersan gracias al movimiento de las aves pero el éxito de esa dispersión depende también en gran medida de la distancia que recorren entre un humedal y otro. Es importante considerar la posibilidad de recuperar humedales en zonas intermedias donde estos hábitats han sido destruidos para que puedan volver a funcionar como conectores de poblaciones y evitar el aislamiento genético de las mismas.

La conexión entre dos humedales por medio de corredores biológicos implica la protección del medio terrestre circundante a los mismos y, al menos, un espacio lineal entre ambos, lo cual permite el movimiento de algunas especies a través de estos espacios al eliminar las barreras que pudieran fragmentarlos. Esto facilita el flujo genético y el funcionamiento de las metapoblaciones. La conservación de estos corredores sirve además como hábitat de otras especies no vinculadas directamente con los humedales. En humedales lineales relacionados con medios fluviales la conservación de los márgenes constituye en sí mismo un corredor biológico para unir diferentes hábitats a lo largo de su trazado. Un buen ejemplo lo tenemos en la restauración de los márgenes del río Guadamar, un ambicioso proyecto que ha desarrollado la Consejería de Medio Ambiente desde que en 1998 se produjese la rotura de la balsa minera de Aznalcóllar, con el objetivo de recuperar integralmente la funcionalidad ecológica del río. En este caso, se trata de unir dos espacios

***Zona
preparada
para la
restauración
vegetal
junto al río
Guadamar***



naturales de gran valor: las marismas y el entorno de Doñana con Sierra Morena²⁵⁷.

Los corredores biológicos han supuesto un importante cambio en la concepción de los espacios protegidos. Las reservas naturales clásicas responden a un modelo de santuarios de naturaleza aislada que no son sostenibles ecológicamente a medio o largo plazo y sólo grupos con gran capacidad de movilidad como las aves son capaces de dispersarse al estar rodeadas de medios hostiles para el resto de los taxones. Los corredores biológicos tratan de recuperar la conexión natural que había entre los ecosistemas antes de las transformaciones realizadas por el hombre, pero incluso su diseño debe ser planteado con cautela ya que en medios tan transformados pueden servir como vehículos de transmisión de plagas y enfermedades. Igualmente, la posible propagación de especies foráneas por estos corredores biológicos es algo que hay que tener muy en cuenta ya que puede comprometer la salvaguardia de humedales adonde no habían podido llegar precisamente por su aislamiento. Una de las especies más proclives a utilizar estos sistemas de dispersión es el cangrejo rojo americano cuya presencia, como hemos visto repetidas veces, es uno de los mayores problemas de conservación de los humedales de Andalucía.

Para la conservación de las comunidades vinculadas a los humedales andaluces es también necesario centrar la atención en aquellos que aún no están protegidos. Si no se conservan los humedales que actualmente están fuera de las áreas protegidas, no se conseguirá salvar los que están legalmente protegidos. En los ecosistemas aislados hay una disminución paulatina de la diversidad que, a veces, sólo puede percibirse mediante seguimientos a lo largo de varios años consecutivos. Los



Los ríos y arroyos pueden funcionar como hábitats de conexión entre diferentes humedales. Río Zújar.

animales que intentan dispersarse al encontrarse con un medio hostil acaban pereciendo.

Pero la protección de nuevos espacios y la gestión de su conexión exceden las posibilidades que actualmente tienen las diferentes administraciones y resulta, por tanto, una tarea inabarcable por lo que hay que buscar alternativas. El llegar a acuerdos con propietarios para conservar diferentes tipos de humedales como charcas o tramos de arroyos que, por su pequeño tamaño, no suelen estar protegidos es una medida que funciona en algunos países. A cambio, los propietarios reciben ayudas de tipo fiscal o sus productos pueden ir certificados por la contribución que hacen a la conservación del medio ambiente., etc. Por otro lado, algunos humedales artificiales como pueden ser las balsas ganaderas o las pantanetas pueden servir igualmente como hábitat de algunas especies vinculadas a humedales y como conectores de poblaciones por lo que deberían inventariarse y realizar mejoras que satisfagan igualmente a sus propietarios. Otros hábitats artificiales como son las lagunas de los campos de golf pueden tener el mismo efecto positivo con la ventaja de que en estos lugares el acceso de personas suele ser restringido y se puede conseguir un mayor control y seguimiento de las poblaciones e incluso hacer



Algunas lagunas artificiales ubicadas en campos de golf podrían ser utilizadas como reservorios de poblaciones de especies amenazadas bajo unas condiciones de control adecuadas.

introducciones y mantenerlas a modo de reservas genéticas de taxones muy amenazados como podría ser, por ejemplo, el fartet andaluz (*Aphanius baeticus*).

En todos estos casos es necesario que los propietarios conozcan el problema y las ventajas que pueden obtener a cambio de seguir unas pautas concretas entre las que podemos incluir el permitir la revegetación en los márgenes de algunos de estos humedales y mantener esa vegetación, no introducir especies foráneas, consentir el acceso a técnicos e investigadores, etc.

Por último, algunas especies logran adaptarse a las condiciones que presentan algunos humedales marginales y frágiles como son los encharcamientos de las cunetas de las carreteras, zonas embalsadas, encharcamientos en zonas agrícolas que quedan tras el drenaje incompleto de antiguos complejos húmedos, etc. Además, estos enclaves pueden tener una función importante como hábitats intermedios que conectan poblaciones, por lo que deberían inventariarse y evitar la destrucción de, al menos, los que mejor estado de conservación presenten.

Con toda esta información de potenciales hábitats húmedos disponibles se pueden diseñar redes de conexión ecológica de humedales, lo cual nos lleva a un enfoque algo más amplio que sólo podemos tener desde una perspectiva territorial de paisaje.

Nivel 3. Conservación de los humedales desde una perspectiva ecológica de paisaje

Jorge Oteiza podía entender la tristeza de un paisaje. En sus esculturas limitaba el espacio con planos para poder comprender el vacío, una parte del paisaje que para él podía significar el “Absoluto de la Naturaleza”. La ecología del paisaje busca la heterogeneidad de elementos, esos planos que delimitan espacios inconexos, aquello que nos permite comprender espacialmente un proceso ecológico, su compartimentación y la relación entre sistemas.

A finales del siglo pasado y en el inicio del presente, la biología ha comenzado a apartarse de la búsqueda de nuevas leyes fundamentales y ha iniciado una búsqueda de nuevas síntesis para poder empezar a comprender sistemas complejos como puede ser el ensamblaje de los ecosistemas²⁵⁸. Este cambio de estrategia tiene ahora que comenzar a traducirse en una nueva gestión de los espacios naturales y, muy especialmente, en la de los humedales y su entorno por las relaciones entre estos ecosistemas con los alrededores. De la misma forma que para poder entender una pintura puntillista hay que separarse de ella y contemplarla a cierta distancia, para entender y abordar la conservación de un humedal es necesaria una visión amplia e integrada.

Las políticas de conservación con respecto a los humedales andaluces han ido encaminadas a la protección de la cubeta del humedal en forma de reservas integrales o, más ampliamente, parques naturales en humedales litorales de grandes extensiones. Sin embargo, aún reconociendo cierta efectividad, no se logra una salvaguarda de su funcionalidad ecológica porque se trata de sistemas abiertos donde existe un flujo de energía desde el exterior de ese espacio protegido que

pocas veces está regulado. Por otro lado, aunque el sistema de protección de humedales discretos puede ser suficiente para algunas especies, no lo es para otras ya que con frecuencia terminan funcionando como auténticas islas de las que no pueden escapar. Habría que estudiar, por tanto, la posibilidad de ampliar la perspectiva de conservación en algunos casos concretos integrando el concepto de paisaje.

El paisaje se puede definir como un espacio a escala de hectáreas o de kilómetros cuadrados en el que aparecen diferentes elementos entre los que hay un flujo

de materiales y organismos. En nuestro caso, uno de los elementos es el humedal que puede ser una laguna interior rodeada de otros elementos como áreas de cultivo, áreas urbanizadas, zonas de dehesa, pastizales, etc. Al definir cada una de las partes de un paisaje también hay que valorar su estado desde una óptica ecológica. Las características de cada uno de los elementos

y su relación espacial con el resto de los elementos determinan la estructura del paisaje. Esta relación se da a través de procesos más menos complejos de intercambio físico, químico y biótico entre cada uno de los elementos que componen el paisaje y determinan, por tanto, la función ecológica de éste. Todo esto provoca continuos cambios dentro de cada elemento del paisaje y en la interacción que hay entre ellos.

Cualquier humedal contribuye a aumentar la diversidad del paisaje. Es una pieza más del mosaico que configuran las diferentes unidades que lo definen. La forma más sencilla de estudiar un humedal desde una perspectiva del paisaje es utilizando los Sistemas de Información Geográfica, mediante los cuales se construyen bases de datos con información relacionada y georreferenciada. Con esta herramienta podemos disponer de la información referida a un punto espacial concreto y realizar diferentes análisis cuantitativos.

El nivel de paisaje da una visión integral de los problemas de conservación de los humedales y se ha utilizado especialmente para comprender el funcionamiento de la zona de captación del humedal o la cuenca afectada. Podemos así tener una visión de la topografía del terreno, superponer información de la litología del terreno, la naturaleza de los suelos, la vegetación predominante y todos aquellos factores que nos interesen para detectar y corregir posibles impactos. Desde esta perspectiva podemos ver la influencia del entorno sobre el humedal y también la influencia de éste sobre sus alrededores, detectar variaciones microambientales a lo largo del tiempo, ver la evolución de los cinturones de vegetación que amortigüen ciertos impactos, etc. Pero también puede estudiarse el efecto de algunos trastornos naturales como pueden ser un largo periodo de sequía, una lluvia torrencial, unas elevadas o bajas temperaturas u otros más locales como, por ejemplo, el impacto local ocasionado por la acumulación de materia orgánica bajo los

Laguna de Fuente de Piedra a escala de paisaje



dormideros de las aves, la caída de árboles o las epidemias y plagas de insectos. De la misma manera se pueden evidenciar los efectos producidos por el hombre directa o indirectamente como son el fuego, la roturación del suelo, la tala de árboles, el drenado, etc.

Podemos hacer esfuerzos por proteger una laguna para conservar una especie determinada que habita en ella pero si no se hace una conservación integral de su cuenca vertiente para evitar la colmatación por arrastre de tierras o la entrada de contaminantes, la conservación no será posible a medio o largo plazo. Esta conservación integral no es siempre fácil ya que suele implicar muy elevados costes. El funcionamiento y la integridad ecológica de los humedales dependen de sus cuencas hidrográficas y de los acuíferos asociados. Esto dificulta en gran medida su gestión ya que son muchos los factores que intervienen en los complejos procesos de interacción entre el medio físico y el medio biótico. La gestión de una cuenca hidrográfica completa como una unidad integral es la única forma de conseguir una conservación eficaz de muchos humedales andaluces.

La restauración de la cuenca del río Guadiamar, como hemos visto, es el paradigma de este tipo de gestión que, por su envergadura y las complejas implicaciones ecológicas que mantiene, puede plantear dificultades pero, en cualquier caso, debe servir de referencia para otras acciones similares. En lagunas endorreicas, la unidad



Río Guadiamar tras su restauración a su paso el puente de las Doblas

mínima de gestión desde la perspectiva del paisaje debe ser la cuenca vertiente ya que se trata de actuar sobre el origen de las causas que provocan los problemas de conservación; en este sentido, en la mayor parte de los humedales de Andalucía, la zona de protección es insuficiente para garantizar una funcionalidad completa.

Hasta ahora, la biología de la conservación se ha basado en modelos ecológicos temporales de las poblaciones y se ha prescindido del espacio al que ahora se considera “la última gran frontera en ecología”. Esta nueva visión de ecología espacial aborda el estudio de la ecología desde las relaciones entre ambientes heterogéneos y sus implicaciones en la distribución de las poblaciones lo que es, propiamente, la ecología del paisaje. En este sentido, es necesario entender cómo funcionan los sistemas de metapoblaciones, de los que ya hemos hablado, así como la ecología del comportamiento que tiene que ver con mecanismos de competencia y dispersión.

Los paisajes complejos aumentan la diversidad de especies y facilitan la dispersión de individuos garantizando la conexión entre poblaciones²⁵⁹. Sin embargo, el número de especies no siempre tiene relación directa con su interés ya que, con frecuencia, en los espacios fronterizos que quedan entre diferentes hábitats abundan las especies oportunistas y generalistas más comunes que no suelen ser las más necesitadas de protección.

Las técnicas antes mencionadas de Sistemas de Información Geográfica aplicadas al estudio de humedales en el contexto de integración del paisaje nos permiten comparar la evolución gracias al análisis de cartografía histórica y a la fotografía aérea disponible desde hace varias décadas. Además, se pueden identificar zonas del entorno del humedal sobre las que habría que poner especial cuidado en su gestión por el riesgo que suponen, así como relacionar posibles humedales próximos y conocer las barreras que existen y que impiden la dispersión de determinadas especies. La información geográfica se puede enlazar con otras bases de datos relacionados con factores bióticos como la biodiversidad o abióticos como pueden ser diferentes parámetros de calidad de las aguas, impactos actuales y previsibles, etc. El manejo de toda la información relacionada nos puede permitir establecer secuencias temporales y examinar tendencias lo que hace mucho más sencilla la toma de decisiones para conseguir un adecuado manejo de los humedales definiendo previamente los criterios de prioridad y dando respuestas adecuadas a cada problema²⁶⁰.

Uno de los aspectos más importantes en la gestión de cualquier sistema natural está en establecer programas de seguimiento de factores que afectan a la diversidad biológica, tanto el seguimiento de poblaciones de fauna y flora como el de parámetros físicos y químicos. Esto además de aumentar el conocimiento sobre el estado y la evolución del ecosistema permite evaluar la gestión que se está realizando en dicho espacio y nos da las claves para corregirla en el caso de que no haya sido la más adecuada.

Actualmente Andalucía es una de las regiones de España con mayor superficie de espacios naturales protegidos (algo más del 18% de su territorio). A pesar de ello, algunos procesos ecológicos relacionados con el funcionamiento de los humedales dependen de dinámicas que conectan espacios que a veces están alejados como son las cuencas de grandes ríos y los grandes acuíferos, lo que afecta a la funcionalidad de un gran territorio. Un ejemplo claro lo encontramos en el río Guadalquivir que influye a escala regional en muchos de los humedales de su cuenca y los de su desembocadura. En estos casos las políticas de protección de

espacios a nivel de paisaje no son sencillas y deben basarse en redes de espacios conectados aunque esta conexión no siempre es fácil de encontrar al menos en territorios que, como en el caso de las extensas zonas de campiña, ya han sido muy degradados²⁶¹. En este sentido, la rehabilitación o restauración de humedales puede ser una solución que, además, contribuye a aumentar la diversidad del paisaje siempre que se haga en sintonía con éste.

Para terminar con este apartado me gustaría hacer mención a la experiencia estética que supone contemplar un paisaje bien conservado y que debe ser considerado como un argumento añadido a su conservación. Alessandro Baricco²⁶² en un ensayo sobre la música señala que “se mire por donde se mire, a Brahms y a los Beatles les competen paisajes e idiomas diferentes”. Establecer un parangón entre música y paisaje es un acertado ejercicio igual que lo es comparar ambos con la pintura abstracta. Contemplando un paisaje, admirando un lienzo abstracto o escuchando música se busca la armonía, el ritmo y en los tres casos se transmiten sensaciones que pueden ser de sosiego o de excitación. Nada tiene que ver el paisaje de lagunas en Sierra Nevada con el paisaje de la Bahía de Cádiz pero ambos nos invitan a su contemplación y disfrutamos con ellos. Cuando un paisaje está bien conservado, con nuestros sentidos desciframos un código de armonía que a veces nos cuesta explicar y, por el contrario, cuando en él aparece una laguna atravesada por una autovía nos produce desasosiego y rechazo.

Creación y restauración de humedales: el trabajo del demiurgo

En Timeo, el último de los diálogos que escribió Platón, el principal protagonista es el demiurgo, una divinidad encargada de la construcción de las cosas, del entorno y de los seres que lo ocupan: crea horizontes tridimensionales que se desarrollan en el tiempo. Según Platón el demiurgo dispone de la khora, la materia plástica a la que puede imprimir cualquier forma o aspecto que sea percibido por seres sensibles.

La tecnología nos ha permitido ser demiurgos, podemos modificar nuestro entorno y adaptarlo a la forma que precisemos pero, a diferencia del demiurgo de Platón, el factor del tiempo es limitante. Nosotros difícilmente podemos recomponer un ecosistema que se autogestione, que se autorregule y que funcione por sí solo. Recomponer un ecosistema es una tarea extremadamente difícil que, con los conocimientos científicos y la tecnología que tenemos actualmente, es rigurosamente imposible realizar. Tanto es así, que ni siquiera se ha podido llegar a conocer de manera exhaustiva la biodiversidad completa en un solo ecosistema natural²⁶³.

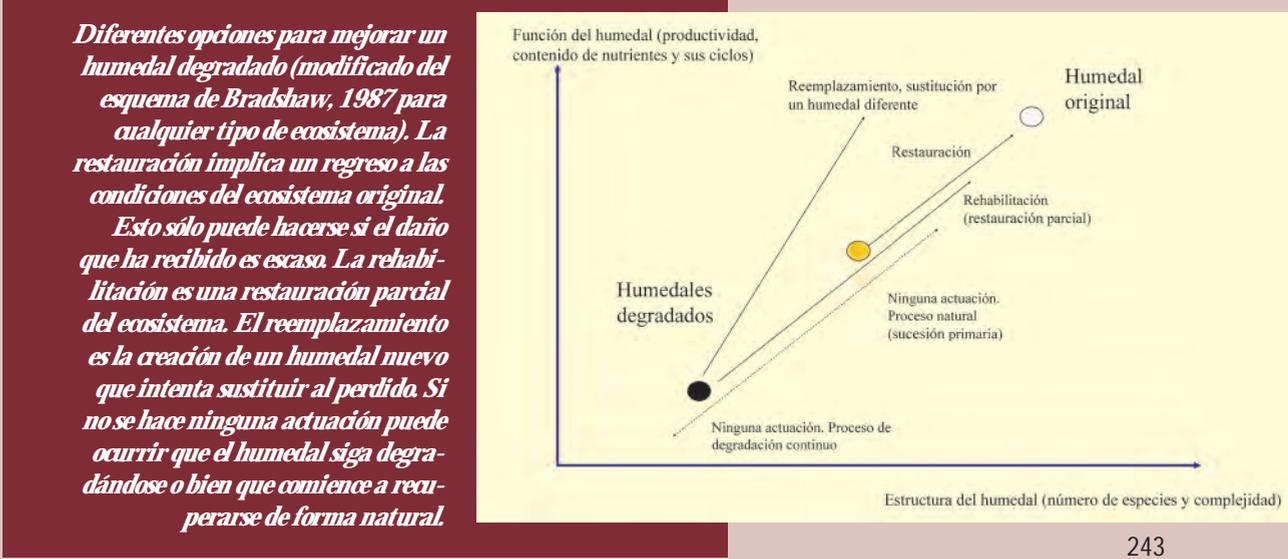
En un solo humedal pueden vivir en el suelo decenas de miles de bacterias, miles de hongos, cientos de plantas e invertebrados y así sucesivamente; tanto que muchas de estas especies son aún desconocidas y todas desempeñan determinadas funciones. Las redes tróficas son muy complejas y se acoplan a procesos que difieren en función de variables abióticas como la temperatura, el hidropereodo, los ciclos de nutrientes, etc.; las interacciones ecológicas suelen ser complicadas y producir efectos en cadena cuyo resultado final, en la mayor parte de los casos, es difi-

cil de predecir con precisión.

En definitiva, la única posibilidad real que actualmente tenemos de conservar la biodiversidad y los procesos ecológicos es mediante la conservación de los ecosistemas naturales. La creación de nuevos hábitats o la restauración de los que han desaparecido pueden servir para recrear algunas condiciones naturales, ayudar a salvaguardar determinadas especies y a resolver, por tanto, algunos problemas concretos de conservación; pero no tendrá las características de un humedal natural que ha tardado cientos de años en consolidarse, sino que tendremos otra cosa diferente que, sólo en el aspecto externo, se puede parecer a un humedal natural. Para que un ecosistema madure tiene que pasar por un proceso de diferentes fases que forman su propia historia. Por tanto, para conseguir un estado óptimo de restauración de un ecosistema, éste tiene que pasar necesariamente por estas fases que lo van a definir y no podemos dar un salto y evitar los estados previos. Al crear un nuevo ambiente se añaden nuevas incertidumbres y desconocemos cómo funcionará en el futuro.

La restauración de un ecosistema se puede definir como el retorno de éste a las condiciones previas²⁶⁴. En la mayor parte de los casos esto es complicado y se intenta conseguir, al menos, una aproximación a las condiciones que tenían antes de su alteración. Para ello es necesario reconstruir la estructura y la funcionalidad del ecosistema y hacer que funcione por sí mismo, sin necesidad de un mantenimiento artificial posterior. Si se hace una recreación de la forma pero no tiene funcionalidad o sus funciones requieren intervenciones artificiales, no se puede hablar de restauración ni rehabilitación porque el sistema no puede autorregularse.

Cuando un humedal se ha alterado y se quiere compensar el daño ambiental generado, se puede actuar de cuatro formas diferentes: 1) restauración o regreso a las condiciones iniciales del ecosistema original lo cual sólo es posible si la degradación que ha sufrido no es muy acusada, 2) rehabilitación o restauración parcial para conseguir el mayor parecido posible con el original ante la imposibilidad de hacer una verdadera restauración, 3) sustituir ese humedal por otro diferente para intentar compensar la degradación del original y 4) dejar que la sucesión siga su



Diferentes opciones para mejorar un humedal degradado (modificado del esquema de Bradshaw, 1987 para cualquier tipo de ecosistema). La restauración implica un regreso a las condiciones del ecosistema original. Esto sólo puede hacerse si el daño que ha recibido es escaso. La rehabilitación es una restauración parcial del ecosistema. El reemplazamiento es la creación de un humedal nuevo que intenta sustituir al perdido. Si no se hace ninguna actuación puede ocurrir que el humedal siga degradándose o bien que comience a recuperarse de forma natural.

curso sin ninguna intervención directa en cuyo caso puede ocurrir, dependiendo de su estado, bien que poco a poco se recupere o bien que siga un proceso de degradación continuado.

Consideraciones iniciales

Se ha estimado que en Andalucía han desaparecido más de 120 humedales y se ha desecado una superficie mayor a 130000 hectáreas, lo que supone el 50 % de la original²⁶⁵. Estas estimas se suelen referir al último siglo y se realizan tomando como referencia trabajos clásicos como el ya nombrado “Catálogo de los Lagos de España” de Luis Pardo, publicado en 1948 y algunos trabajos anteriores. En ellos se evidencia que la mayor parte de los humedales desaparecidos han sido humedales de interior, mientras que los del litoral han visto reducidas sus dimensiones notablemente. Sin embargo, estos cálculos están subestimados ya que se hacen teniendo como referencia los humedales con cierta entidad, pero no conocemos la cantidad de encharcamientos y de charcas temporales que han desaparecido, y que continuamente siguen desapareciendo, porque aún no han sido inventariados.

El creciente reconocimiento de la importancia de los humedales y la información histórica que tenemos de muchos de ellos desaparecidos en Andalucía, han hecho posible que algunos hayan empezado a rehabilitarse. En muchos casos, las iniciativas parten de ayuntamientos, diputaciones o delegaciones de medio ambiente lo cual tiene un gran mérito, pero debería de haber una política de restauración más integral que trate de solventar los problemas de aislamiento y fragmentación de poblaciones que se han originado como consecuencia de la desecación de estos hábitats; con esto se conseguiría una red de complejos húmedos más funcional.



Regeneración de la cubierta vegetal tras la restauración de la laguna Dulce (Córdoba).

Desde el punto de vista económico la restauración y creación de humedales ha empezado a tener repercusiones ya que cada vez son más las empresas e industrias dedicadas a la ingeniería medioambiental. La mayor dificultad es recomponer o crear las condiciones hídricas adecuadas y las comunidades vegetales asociadas de

manera que funcionen como un sistema sin intervención artificial pero esto no siempre se consigue por falta de unos estudios rigurosos previos. Este nuevo sector económico ha comenzado a impulsar nuevas formas de entender las modificaciones hidrológicas de cauces y, poco a poco, va cambiando el hormigón por otras soluciones igualmente eficaces pero menos agresivas con el entorno que facilitan no sólo una mejor integración en el paisaje sino la creación de nuevas posibilidades de hábitats²⁶⁶.

La rehabilitación de un humedal o la creación de uno nuevo puede ser un experimento de ecología sumamente interesante ya que nos ofrece la posibilidad de estudiar las relaciones de las comunidades y el flujo de las poblaciones. Tras los trabajos previos deberían hacerse siempre seguimientos exhaustivos para poder extraer información válida tanto para programas de gestión y conservación de poblaciones naturales como para poder afrontar con mayor éxito nuevas recreaciones de humedales. Sin embargo, de momento hay muy pocos estudios que avalen la efectividad de estas medidas y si estos nuevos hábitats, realmente, cumplen o no su función como humedal.

Por otro lado, la recuperación de un humedal es imposible realizarla si no se eliminan las causas no sólo de su desaparición física como pueden ser los drenajes, sino también de otros daños como la contaminación o la colmatación, por lo que a menudo hay que actuar sobre toda la cuenca vertiente. También hay que estudiar con detenimiento la hidrodinámica propia y conservar su antiguo dinamismo sin tratar de convertir un antiguo humedal fluctuante en un humedal de aguas permanentes.

Antes de emprender trabajos de rehabilitación o de creación de un nuevo hábitat hay que considerar varios aspectos para que se pueda llevar a cabo con éxito. Por un lado, es necesario comprender la ecología del humedal que se quiere restaurar o de uno cercano en el caso de que se quiera crear uno nuevo. Para ello hay que estudiar los problemas derivados de su hidrología, su bioquímica, las comunidades y las sucesiones. Por otro lado, deben prevalecer los intereses ecológicos sobre los de la propia ingeniería aplicada, evitando, por tanto, realizar obras desproporcionadas que puedan incluso llegar a comprometer la hidrología de otros humedales próximos al afectar a cauces fluviales o aguas subterráneas. Un humedal en Andalucía debe funcionar como un humedal propio de la región mediterránea y no como uno de Europa central o de cualquier otra parte del mundo. En Andalucía ya se han hecho algunos importantes estudios detallados sobre humedales pertenecientes al endorreísmo bético tanto actuales como desaparecidos. Esto puede resolver los problemas de restauración o rehabilitación de algunos de ellos con garantías de conseguir resultados positivos al conocerse bien su funcionamiento hidrológico y su dinámica ecológica²⁶⁷. Igualmente, en restauración de humedales costeros, como hemos visto en el capítulo anterior, ya se están realizando varias intervenciones con éxito²⁶⁸. Si un humedal ha sido alterado hidrológicamente y, posteriormente, degradado la restauración debe de consistir en el restablecimiento de las condiciones hidrológicas y el restablecimiento de las comunidades vegetales previas.

En general, las restauraciones deben ser intervenciones sencillas y conseguir con ellas un funcionamiento autónomo del humedal, sin depender de barreras, presas o diques ni sistemas de bombeo u otros mecanismos tecnológicos similares que invitan al fracaso. Existe una amplia bibliografía muy reciente sobre creación y restauración de humedales y todos los trabajos apuntan a que deben de consistir en sistemas simples tendentes a la autorregulación y al mantenimiento autónomo. Sin embargo, la creación de un nuevo humedal tiene un planteamiento ecológico distinto ya que se refiere a la conversión de un terreno seco en un hábitat húmedo y la única referencia posible es otro humedal cercano.

Otras acciones como el aumento de la superficie o el volumen de un humedal natural deben ser consideradas con mucha cautela ya que, a menudo, se aprovechan zonas encharcables para crear una laguna y con ello se está destruyendo un humedal que puede tener mayor importancia ecológica que el que se pretende recrear. Esto ocurre cuando se infravaloran ciertos humedales temporales a favor de otros más permanentes, lo cual demuestra una falta de conocimientos ecológicos básicos.

En otros países ya se han llevado a cabo numerosas restauraciones y creaciones de nuevos humedales y, por tanto, se dispone de una extensa bibliografía de la que debemos de aprender aunque no todas estas actuaciones hayan tenido el éxito esperado²⁶⁹. En muchos de estos humedales no se ha hecho un adecuado seguimiento por lo que no siempre hay datos fidedignos de su éxito o fracaso. En otros, técnicas excesivamente baratas o la tendencia a conseguir un éxito rápido han malogrado el trabajo; a menudo prevalece el precio sobre la calidad de lo que se pretende realizar y acaba siendo igualmente un fracaso desde el punto de vista ecológico y también económico.

El seguimiento de la vegetación es uno de los indicadores más utilizados para conocer el progreso del humedal aunque se pueden utilizar otros muchos. La vegetación tiene la ventaja de ser fácilmente accesible y permite establecer un protocolo de seguimiento sencillo aunque hay que elegir muy bien qué especies se van a estudiar.

En definitiva, si se va a realizar una inversión económica para una mejora ambiental de estas características debemos guiarnos sólo por criterios científicos y no por el interés particular de empresarios, políticos o técnicos. Para ello es necesario el enfoque de varias disciplinas científicas y marcar antes los objetivos concretos que se pretenden conseguir así como revisar y contrastar minuciosamente cada una de las actuaciones proyectadas. Hay que dejar a un lado las intuiciones y la subjetividad y basarse en criterios rigurosos que no respondan exclusivamente al albedrío de los promotores. En Europa, en el siglo XIX, bajo el criterio de restauración fue destruido un número de monumentos arquitectónicos mayor que los que desaparecieron en los siglos anteriores por distintas causas; incluso en la actualidad muchas iglesias se restauran o remodelan con el único criterio del párroco que, aún siendo bienintencionado, carece del conocimiento preciso. Puede ocurrir igualmente que en el intento de restaurar los pocos humedales que aún nos quedan acabemos por destruirlos.

Elección del lugar

A la hora de elegir un lugar para realizar una obra de restauración o de creación de un nuevo humedal hay que considerar no sólo factores ambientales sino también económicos así como la propia viabilidad del proyecto y, para ello es imprescindible conocer en profundidad todas las variables que participan. El éxito en la consolidación del humedal puede estar determinado en gran medida por la adecuada elección de su emplazamiento. Salvo excepciones, se trata de que el humedal sea capaz de mantenerse con su propia dinámica y, por tanto, que su mantenimiento externo sea el menor posible. Según la experiencia llevada a cabo en otros países hay que tener en cuenta al menos las siguientes consideraciones con relación al espacio elegido²⁷⁰:

- La restauración de un humedal es siempre más factible que la creación de otro nuevo. Por tanto, el mejor lugar de emplazamiento es donde antes ha existido uno. No sólo el sustrato es el adecuado, también puede conservar el banco de semillas que nos muestra la vegetación que tuvo antes de ser desecado. Un meandro histórico de un arroyo o río que ha sido abandonado o canalizado es también un buen lugar para ser restaurado como humedal²⁷¹.
- Realizar un estudio detallado de la hidrología incluyendo la interacción potencial de las aguas subterráneas con el humedal. Es necesario encontrar un lugar donde la inundación natural sea frecuente. Para ello se deben inspeccionar los terrenos durante los periodos de mayor precipitación y conocer el extremo anual histórico de inundación si es posible. Sin inundación o saturación del suelo, al menos una parte del año, un humedal no se puede desarrollar. En humedales costeros, el ciclo de las mareas puede ser determinante.
- Caracterizar con detalle el suelo para determinar su permeabilidad, textura y estratigrafía. Los suelos altamente permeables no pueden soportar humedales a menos que la frecuencia de inundaciones sea muy elevada.
- Determinar las características químicas del suelo, de las aguas subterráneas, y de las aguas de inundación de ríos o arroyos próximos para conocer cómo van a influir en la hidroquímica del humedal. Si el humedal que se empieza a construir va destinado a la salvaguardia de fauna y flora, las características químicas del suelo y del agua pueden ser significativas tanto para la productividad como para la bioacumulación de materia tóxica o la distribución de los seres vivos.
- Evaluar tanto en el lugar de emplazamiento como en los alrededores inmediatos la presencia y el estado del banco de esporas y semillas existente y averiguar su viabilidad y su respuesta en condiciones de inundación. Esto puede evitar costes excesivos por revegetación y nos asegura que la estructura poblacional de la flora sea la adecuada.
- Para el mantenimiento de fauna y flora es necesario determinar si el lugar se ubica a lo largo de un corredor ecológico y, por tanto, es lugar de paso en migraciones y dispersiones. Esto tiene mucha importancia para la colonización natural de ese espacio por parte de insectos o anfibios y la llegada de semillas.

- Valorar el acceso público ya que, en ocasiones, éste debe ser controlado para evitar el vandalismo o los daños personales. Por otro lado, un lugar apartado de zonas urbanizadas suele ser preferible ya que se reducen las molestias que los humedales pueden ocasionar a los ciudadanos como es la proliferación de mosquitos, etc. No obstante, algunos humedales cercanos a zonas urbanas pueden ser muy positivos en cuanto a calidad de paisaje y, muy especialmente, por las posibilidades que brindan en programas de educación ambiental para escuelas y público en general.

- Hay que tener presente el uso del suelo circundante y el que previsiblemente tendrá en el futuro. Si el uso futuro de la tierra va a ser el abandono de las actividades agrícolas y se va a ir reconviertiendo al antiguo ecosistema quizás se puedan minimizar algunas de las actuaciones de control y mantenimiento artificial sobre el humedal.

- Comprobar que hay terreno disponible alrededor del humedal para asegurar la recuperación de funcionalidad ecológica. En ocasiones, tras la recuperación de un humedal se ve la necesidad de crear nuevos humedales próximos para conseguir una verdadera restauración.

- Evaluar la posición del humedal dentro del paisaje. El paisaje tiene patrones naturales que maximizan el valor y la función de un hábitat. Por ejemplo, un humedal aislado es bastante diferente de un humedal cercano a un río. Un humedal que se cree o que se restaure aislado en una zona de campiña va a mantener menos especies que otro que forme parte de un mosaico de ellos. En cualquier caso, el diseño del humedal debe estar en consonancia con el tipo de paisaje que lo va a integrar.

Además de estas consideraciones, siempre que sea posible decidir qué humedales restaurar, conviene realizar un estudio previo para ver la necesidad de conectar varios humedales y si éste en el que queremos trabajar puede funcionar como nexo de unión para diferentes poblaciones como lo era antes de la destrucción del humedal. Para ello, es preciso un estudio espacial a mayor escala del ecosistema porque a veces se hace necesario restaurar, además, las posibles vías de conexión o corredores ecológicos. La conexión entre poblaciones va a depender de las limitaciones fisiológicas y etológicas de los organismos para los cuales queremos que sirva este humedal de conexión y de la demografía de sus poblaciones para que funcionen como metapoblaciones.

Otras cuestiones ecológicas de interés se basan en conocer la vulnerabilidad de este nuevo hábitat ante la posible invasión de especies foráneas y la forma en que podrían ser erradicadas. En este sentido, un humedal estacional y, por tanto, más acorde a las características climáticas de Andalucía es menos proclive a este tipo de agresiones.

Los humedales próximos a los que se pretenden restaurar son el mejor referente teórico con el que contamos. Por ejemplo, si queremos restaurar la laguna del Taraje en Córdoba, tendremos que fijarnos muy bien en las características de un humedal próximo como es la laguna de Jarales ya que ambos compartían antaño características muy similares.

Como ya hemos comentado, es muy discutido si la creación de nuevos humeda-

Aspecto actual de la antigua laguna Salada o de Vadohondo, cercana a las lagunas del Taraje y Jarales, en la provincia de Córdoba.



les puede llegar a compensar de forma exitosa la pérdida de los naturales. En otros países, ante la importancia de salvaguardar estos ecosistemas, en las últimas décadas ha aparecido nueva legislación que obliga a recuperar las mismas hectáreas de humedales que las perdidas por determinadas actuaciones. En Andalucía también hay propuestas de creación y rehabilitación de humedales como medidas de compensación ecológicas por el daño ambiental ocasionado por la construcción de grandes infraestructuras que alteran importantes procesos hidrológicos.

Desde un punto de vista legal, el reemplazamiento de un humedal destruido por otro con las mismas dimensiones quizás tenga un sentido, pero desde el punto de vista ecológico la cuestión es sensiblemente distinta ya que un humedal puede tardar cientos de años en constituir las complejas relaciones bióticas y abióticas que lo definen aunque la apariencia externa del mismo se pueda conseguir en unos pocos años. La destrucción de un humedal, dependiendo de su importancia ecológica, debería ser, por tanto, la última de las alternativas a la hora de acometer una obra de estas características incluso aunque se intente compensar, posteriormente, construyendo otro nuevo.

En áreas muy degradadas como pueden ser zonas de canteras abandonadas al haber llegado al nivel freático en su explotación, la creación de humedales y, en general, la restauración ecológica es una medida de compensación que debería ser preceptiva. Este tipo de explotaciones son las más agresivas para el medio ambiente ya que destruyen el soporte físico y la rehabilitación de manera natural, sin intervenciones, es siempre complicada.

Por otro lado, derivado de las medidas compensatorias ambientales, es necesario que exista un control y un seguimiento exhaustivo tanto de las obras de rehabilitación o de creación de nuevos humedales como posteriormente para comprobar su adecuado funcionamiento ecológico.

Un caso particular son las charcas agroganaderas cuya creación ha sido una práctica habitual desde hace muchos años. Sus funciones son las de almacenar agua para dar de beber al ganado o para regar los campos en los meses de estío. Aunque las charcas suelen ser de pequeño tamaño, en algunas regiones de Andalucía su elevado número hace que, en conjunto, podamos hablar de una importante superficie y, tras el paso de los años, constituyen lugares de gran importancia para muchas especies cuyos hábitats naturales han sido destruidos. A veces, el abandono de algunos usos tradicionales ocasiona el desamparo de estos enclaves y, a falta de un manejo adecuado, acaban desapareciendo. En este sentido, los programas de conservación de humedales deben apoyar técnicamente y financiar con ayudas la restauración de estos sistemas artificiales. Algunas de ellas, por su elevado interés, podrían ser consideradas como microreservas y, con ellas, crear redes de conexión entre espacios naturales.

En Andalucía se debería hacer un esfuerzo especial por recuperar la mayor parte de los humedales endorreicos del sur del Guadalquivir y en ese ambicioso propósito podrían participar diferentes administraciones.

Por último, apuntar que la creación de charcas en áreas periurbanas puede constituir una buena herramienta de educación ambiental, especialmente si se implica a los alumnos en la creación y mantenimiento de las mismas con lo que se consigue que las consideren como algo suyo y las protejan.

La formación de nuevas comunidades

La tarea del demiurgo es poblar un espacio nuevo con entidades definidas para que evolucionen en el tiempo. Éste es uno de los retos más apasionantes que puede tener un ecólogo que trabaje en la restauración o en la creación de humedales: poder diseñar las comunidades que estarán presentes inicialmente, ver cómo evolucionan, comprobar el efecto de la llegada de nuevas especies por colonización y poderlo comparar con otros humedales. Pero no es tarea fácil y, desde el inicio, va a ser incompleta.

Si se trata de la rehabilitación de un humedal el problema es más sencillo ya que, generalmente, se parte de una información previa y es frecuente que el suelo aún conserve propiedades definitorias de un humedal y su estructura original. También puede conservar el banco de semillas y esporas por lo que al quedar inundado nuevamente puede germinar la vegetación que antaño hubo. Si no es así, al menos se puede hacer un estudio de la composición de semillas y recomponer la comunidad vegetal tal cual era.

En el caso de crear un nuevo humedal, como hemos visto, lo mejor es tener una referencia de un lugar cercano y conocer cómo se estructura la comunidad. Las especies que se vayan a introducir dependen del tipo de humedal que se quiera crear y de su ubicación. Lo primero, y a veces lo más complejo, es empezar por el suelo. Crear una estructura de suelo adecuada es extremadamente difícil ya que allí se unen componentes orgánicos e inorgánicos en proporciones y relaciones complejas. Los microorganismos adaptados a condiciones temporales de inundación

son fundamentales para el funcionamiento de las cadenas tróficas ya que se van a encargar de los procesos de descomposición de la materia orgánica y el reciclado de los nutrientes. Debido a la complejidad que esto conlleva, a menudo se ignora y se comienza directamente con la restauración vegetal, de manera que se espera que el suelo se forme por sí solo. La forma de solucionar este inconveniente puede estar en tomar porciones de suelo de un humedal cercano e implantarlo en el nuevo. Esto también se hace al transplantar vegetales de un humedal natural a uno artificial y junto a ese suelo van no sólo los microorganismos sino también los invertebrados bentónicos que estructuran el suelo y limitan el crecimiento desmesurado de los vegetales.

El siguiente paso, es la introducción de plantas que, aunque se puede hacer una siembra de semillas, generalmente se utilizan plantas crecidas en viveros. Los invertebrados acuáticos y pequeños vertebrados han de ser capturados en otros humedales y ser trasladados hasta el nuevo. Todas estas acciones deben llevarse a cabo con sumo cuidado e intentar originar el menor impacto posible sobre las poblaciones de origen. La estructuración de esa nueva comunidad se producirá con el tiempo. En otros casos, en el humedal sólo se realiza la introducción de plantas y se espera la llegada de colonos animales de manera natural, lo cual, salvo excepciones es más recomendable ya que se evitan daños a otros hábitats conservados. Para asegurar su éxito hay que conocer la capacidad de dispersión de los organismos de los humedales cercanos y de la capacidad potencial que tiene el nuevo hábitat en su propia formación por sucesión.

A veces un sobreesfuerzo puede resultar contraproducente. En Estados Unidos se han realizado trabajos experimentales en este sentido²⁷² estableciendo distintos tratamientos en cuanto a número de especies y número de individuos de cada una de las especies en charcas de nueva creación. Estudiaron la colonización natural en estos humedales con relación a la distancia de otros humedales naturales y observaron que la diversidad y riqueza de plantas en los humedales del experimento, aumentaban con el paso del tiempo, el tamaño y la proximidad de los mismos a los humedales naturales. Por el contrario, en los humedales en los que se habían sembrado con una gran diversidad de especies se vio que, con el tiempo, la diversidad se reducía y había algunas especies que dominaban significativamente. En todos los casos se llegaba a una situación similar entre sí y similar a la de los humedales próximos en pocos años.

Siempre que no existan barreras que aislen los humedales, la dispersión de individuos hace posible la rápida colonización de los nuevos hábitats cuando estos son propicios, es decir, siempre que se haya hecho una adecuada restauración hidrológica y edáfica. El inconveniente de este proceso es que tarda varios años en conseguir la apariencia de un humedal y eso a veces para los promotores es demasiado tiempo, por lo que se recurre casi siempre a la implantación de especies vegetales provenientes de vivero y se realizan trasplantes de raíces, rizomas, tubérculos, plántulas o plantas maduras. El equilibrio no siempre es fácil de conseguir y suele ser frecuente que en los años siguientes a la plantación la densidad vegetal sea muy elevada, por lo que habrá que esperar algo más de tiempo para que tome unos valores naturales.

En cualquier caso, la norma básica para introducir cualquier especie sea botánica o animal es que sean genotipos locales adaptados a ese medio. Si se planifica bien, se pueden hacer viveros de plantas locales para que crezcan antes de ser trasplantadas definitivamente y con esto evitaremos traer ejemplares de lugares alejados que contribuyen a la contaminación genética al homogeneizar los genotipos de poblaciones que deberían estar aisladas en condiciones naturales. Como hemos visto en apartados anteriores, la estructura genética de una población está condicionada por factores como la deriva genética y la selección natural que tienden a aumentar las diferencias dentro de esa población, pero también por el flujo genético que opera de manera inversa, tendiendo a homogeneizar la población bien aumentando o bien disminuyendo la diversidad genética de la misma. Por tanto, incorporar individuos provenientes de viveros cuyas plantas pertenecen a poblaciones alejadas provoca un daño genético irreparable en los patrones de diversidad genética de las poblaciones de todos los humedales naturales circundantes debido a la posibilidad que tienen de hibridar con estas poblaciones nativas.

Si el objetivo de crear un nuevo humedal es conservar una determinada especie, antes de introducir dicha especie debemos estar seguros de que las condiciones creadas son las que necesita para su supervivencia y habrá que determinar muy bien el número de individuos fundadores de esa nueva población. En estos casos, tan importante es la creación del nuevo hábitat como concentrarse en la preservación, mantenimiento y rehabilitación de sus hábitats naturales cercanos.

La forma y el tamaño de un humedal de nueva creación se deben diseñar teniendo un buen conocimiento ecológico de las especies que queremos que albergue. Desde el punto de vista ecológico, una charca grande no tiene necesariamente una mayor riqueza de especies que otra de menor tamaño²⁷³. Los humedales con hidrop periodos cortos sostienen a un grupo de anfibios e insectos acuáticos que no pueden vivir en medios permanentes. Por otro lado, el tamaño de la charca no está necesariamente relacionado con la duración de la misma. No hay que olvidar que en el ambiente mediterráneo los humedales suelen ser estacionales, secándose en los meses de verano y llenándose de nuevo con las lluvias del otoño e invierno. Los organismos que allí se desarrollan presentan ciclos adaptados a estas fluctuaciones naturales. En lugar de crear un humedal grande, para estas comunidades puede ser más viable la construcción de un mayor número de humedales próximos con diferentes tamaños y de distinta duración. Igualmente el perfil del humedal debe favorecer la creación de diferentes microhábitats que aumenten la riqueza de especies; debe tener zonas con diferentes profundidades y diferentes pendientes donde se asienten diversas comunidades de plantas²⁷⁴.

Por último, para conocer el éxito o fracaso de un humedal de nueva creación, es necesario hacer estudios de seguimiento y estudios comparados con otros humedales cercanos y ver si se cumplen los objetivos marcados al inicio del proyecto. Se pueden hacer estimas de la sucesión de especies y conocer la dinámica de las poblaciones y, paralelamente, se podrían plantear sencillos experimentos para comprobar la efectividad de algunas medidas puntuales y ponerlas en práctica en los humedales creados o rehabilitados.

La mayor parte de los fracasos se debe fundamentalmente al hecho de tener poco conocimiento de la funcionalidad del humedal y haberse obviado aspectos básicos como su hidrología, su edafología o los problemas relacionados con el medio circundante de su cuenca vertiente. Otros fracasos en este tipo de actuaciones se centran en la falta de conocimiento de la capacidad natural de regeneración del humedal y en dejar pasar poco tiempo para su correcto desarrollo.

En resumen, antes de afrontar el reto que supone establecer una nueva comunidad en un nuevo humedal es necesario conocer las plantas, los suelos, la fauna, la hidrología, la calidad del agua, tener fundamentos de bioingeniería y también tener paciencia. Si se pretende rehabilitar unas marismas de agua dulce, el proyecto puede durar 15 ó 20 años, pero si pretendemos hacerlo en sólo cinco, las posibilidades de fracaso aumentan. Para la rehabilitación de unas marismas salinas habrá que esperar unos 50 años. Otros humedales de menor envergadura se rehabilitan en un tiempo que puede oscilar entre los cinco y los diez años. En cualquier caso, es la naturaleza la que tiene que hacer la mayor parte del trabajo y nosotros participar en el proceso de inicio así como comprobar que la marcha ecológica es la adecuada²⁷⁵.

En el seguimiento científico posterior, realizado para comprender si el proceso es el adecuado, se deben relacionar la estructura, (densidad de vegetación, diversidad...) con la función (uso de la fauna, retención de nutrientes, incorporación de sedimentos orgánicos...) y cuantificarlos. En cualquier proyecto de estas características conviene tener muy presente que un sistema donde se da prioridad a la propia regulación natural es ecológicamente más viable a largo plazo que un sistema fuertemente manejado.

