Evaluación ambiental de azudes en cauces mediterráneos

ÁLVARO ENRÍQUEZ DE SALAMANCA (*), MARÍA JOSÉ CARRASCO GARCÍA (**), JUAN MANUEL VARELA NIETO (***) y CRUZ ANEGÓN ESTÉBAN (****)

RESUMEN De acuerdo con la Directiva Marco del Agua y la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos, en los últimos años se están desarrollando numerosos proyectos de conservación y mejora del dominio público hidráulico. Entre las actuaciones previstas se incluye en ocasiones la demolición de azudes, para eliminar obstáculos en los cauces y favorecer su naturalidad. Pero a estos efectos positivos se pueden sumar otros negativos, como la destrucción de nichos ecológicos asociados a los vasos de los azudes, que pueden servir de refugio para la vegetación y la fauna. Además, la colmatación de muchos azudes genera un problema adicional de gestión de los sedimentos acumulados. En general, cuando los azudes llevan mucho tiempo construidos el sistema fluvial ha tendido a integrarlos, y a naturalizar su entorno. En consecuencia, antes de tomar la decisión de demoler un azud es precisa una adecuada evaluación ambiental, que determine con precisión los efectos positivos y negativos de la actuación.

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF DAMS IN MEDITERRANEAN STREAMS

ABSTRACT *According with Water Framework Directive and the National Strategy for the Restoration of Rivers, in recent years, numerous projects are being developed for conservation and improvement of hydraulic public domain. Among the planned measures are sometimes included in the demolition of dams, to remove obstacles in the streams and to favor their naturalness. But to these positive effects can be added some negative, as the destruction of ecological niches associated to the vessels of the dams, which can serve as a refuge for the flora and fauna. Furthermore, the clogging of many dams generates an additional problem of accumulated sediment management. Usually, when the dams have long time been constructed, the river system has tended to integrate and naturalize their environment. Consequently, before taking the decision to demolish a dam, is required an adequate environmental assessment, to establish clearly the positive and negative effects of the action.*

Palabras clave: Azudes, Evaluación ambiental, Cauces mediterráneos.

Keywords: Dams, Environmental Assessment, Mediterranean streams.

1. INTRODUCCIÓN

La Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (Directiva Marco del Agua), establece unas directrices para la protección de las aguas superficiales continentales, las aguas de transición, las aguas costeras y las aguas subterráneas para prevenir un deterioro adicional, proteger y mejorar el estado de los ecosistemas acuáticos, promover un uso sostenible del agua, lograr una mayor protección y mejora del medio acuático, garantizar la reducción de la contaminación del agua subterránea y contribuir a paliar los efectos de las inundaciones y sequías.

En su artículo *Objetivos medioambientales*, se indica que los Estados miembros habrán de proteger, mejorar y regenerar todas las masas de agua superficial, con objeto de alcanzar un buen estado de las aguas superficiales a más tardar quince años después de la entrada en vigor de la Directiva.

Siguiendo las exigencias de la Directiva Marco del Agua, desde la Administración General del Estado se ha elaborado la Estrategia Nacional de Restauración de Ríos, con el objetivo de lograr que los ríos y arroyos recuperen su "buen estado ecológico", y hacer compatibles todos los usos y actuaciones administrativas con la conservación de sus valores naturales.

La Estrategia Nacional de Restauración de Ríos comprende diversos programas, entre ellos uno de "Actuaciones de conservación y mejora del dominio público hidráulico", donde se incluyen medidas como la retirada de residuos, limpiezas, podas y desbroces en zonas donde la vegetación de ri-

(*) Ingeniero Técnico Forestal. DRABA Ingeniería y Consultoría Medioambiental, S.L. Email: draba@draba.org.

(**) Ingeniero Técnico Forestal. DRABA Ingeniería y Consultoría Medioambiental, S.L. Email: draba@draba.org.

(***) Ingeniero de Montes. Área de Ingeniería Ambiental. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

(****) Ingeniero Técnico Forestal. Área de Ingeniería Ambiental. Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

FIGURA 1. Con el paso de los años, la presencia del azud puede crear nuevos biotopos, que son aprovechados por la fauna.

bera está degradada, mejora de hábitats, retirada de sedimentos, adecuación de áreas recreativas, realización o reparación de obras de defensa o plantaciones. Estas actuaciones se han materializado en proyectos concretos, en ocasiones sometidos a evaluación de impacto ambiental.

Entre las actuaciones desarrolladas se incluye en ocasiones la demolición de azudes, para eliminar obstáculos en los cauces y recuperar su naturalidad. Esta medida es polémica por sus efectos potenciales sobre el ecosistema ripario, sobre todo cuando se plantea la eliminación de azudes construidos hace muchos años, donde su entorno se ha naturalizado. A las ventajas a largo plazo sobre el ecosistema fluvial por la eliminación de estos obstáculos, se suman posibles impactos adversos a corto y medio plazo, por destrucción de nichos ecológicos de interés asociados a los vasos de los azudes, que sirven de refugio para la vegetación de ribera y la fauna. Además, la colmatación de muchos azudes genera problemas adicionales de gestión de los sedimentos acumulados, que pueden alterar de forma importante el ecosistema y la dinámica fluvial.

Antes de tomar una decisión sobre el mantenimiento o demolición de un azud es precisa una valoración de la importancia ecológica de los nichos asociados y del posible valor patrimonial del azud, y una evaluación de las repercusiones ambientales de las dos soluciones, el mantenimiento del azud y su eliminación. La idoneidad de la decisión finalmente adoptada dependerá de la calidad de la información recopilada, del rigor con que se analicen los efectos, positivos o negativos, y de la posibilidad de aplicar medidas protectoras y correctoras y de su efectividad.

2. LOS AZUDES EN LOS CAUCES MEDITERRÁNEOS

La presencia humana en la región mediterránea se remonta a tiempos inmemoriales. En una región seca, y con fuerte irregularidad en el régimen pluviométrico, la dependencia de los cauces fluviales es evidente. Los ríos han sido, y siguen siendo, fuente de suministro de agua, para consumo o para riego, y fuente de energía, para la molienda durante siglos, y para la generación eléctrica en la actualidad. Esto ha llevado a la construcción de numerosas obras en los cauces a lo largo de los siglos, desde pequeños azudes de derivación para molinos, a grandes presas para almacenamiento de agua y producción hidroeléctrica. Como consecuencia, existen muchas obras de regulación con elevado valor patrimonial, incluso de las épocas romana y árabe.

La presencia de estas obras hace que el ecosistema fluvial se modifique, al formar vasos de inundación, retener sedimentos, ensanchar el cauce aguas arriba, fomentar la erosión aguas abajo, o crear zonas de inundación permanente en cauces estacionales. El sistema fluvial trata de asimilar la nueva construcción introducida, naturalizarla, e incluso llega a dar lugar a nuevos biotopos que permiten el establecimiento de comunidades animales o vegetales asociadas al agua, y que anteriormente veían limitadas sus posibilidades de persistir al desecarse los cauces. En ocasiones, las modificaciones en el ecosistema fluvial para adaptarse al nuevo obstáculo llegan a ser tan importantes, que su eliminación puede llegar a gene-

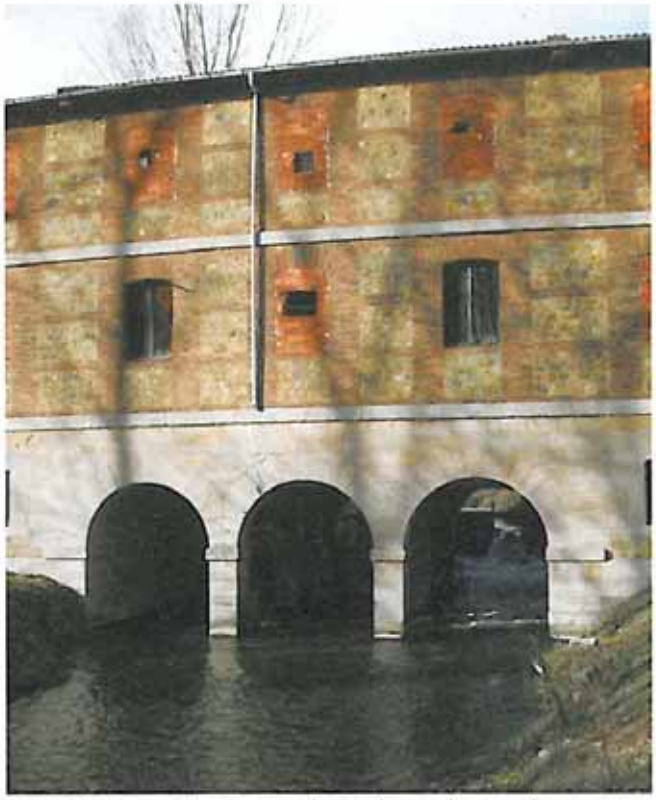

FIGURA 2. Aún son abundantes en los ríos los azudes para derivar agua a molinos. Río Bernesga (León).

FIGURA 3. Las ramblas, con un régimen de circulación torrencial, permanecen secas la mayor parte del año. Barranco del Carraixet (Valencia).

rar impactos mayores que los que en su día tuvo la propia construcción. La evolución del cauce con la introducción de un obstáculo es un proceso lento, mientras que su eliminación fuerza a un proceso rápido de adaptación.

En los cauces mediterráneos, las oscilaciones pluviométricas a lo largo del año, y con ello en el régimen de caudales, hacen que los azudes pueden generar biotopos peculiares, que sirvan de refugio a la fauna y a la vegetación, sobre todo en periodos de estiaje, efecto menos acusado en regiones con precipitaciones más abundantes y mejor distribuidas a lo largo del año.

Cuando existe un aporte de aguas subterráneas, el cauce puede mantener un caudal durante todo el año, aunque las precipitaciones sean escasas en alguna época. Es el caso de los ríos nacidos en zonas de alta montaña. En el extremo opuesto se sitúan los cauces sin un suministro de aguas subterráneas, que dependerán por completo de las precipitaciones, y las escorrentías generadas, presentando caudales estacionales, solo en épocas lluviosas. En la región levantina, a las condiciones climáticas mediterráneas se une una especial agresividad de la lluvia, con precipitaciones cortas e intensas y breves tiempos de concentración. Este régimen de circulación de las aguas da lugar a la formación de ramblas, cauces planos y anchos, secos la práctica totalidad del año, pero que ocasionalmente presentan caudales de avenida muy fuertes. Una morfología fluvial peculiar son los cauces tableados, ríos de poca pendiente formados por una sucesión de llanuras inundables. Con esta morfología fluvial, al reducirse los caudales, sobre todo en la época estival, el cauce no se seca por completo, si no que mantiene pozas o charcas dispersas a lo largo de las tablas del río, de gran importancia para el ecosistema al servir de refugio a la vegetación y la fauna fluvial.

Cuando un azud se construye en un cauce permanente, se forma un remanso y una zona inundada, que con el paso del tiempo puede colmatarse y colonizarse de vegetación. Cuando se ubica en un cauce rápido, la existencia de un remanso puede suponer un biotopo peculiar. En cauces con fuerte estiaje, los azudes originan zonas de inundación, que con frecuencia son permanentes, o al menos más persistentes que el propio cauce, adoptando un papel en el ecosistema similar al de las charcas en cauces tableados; aunque su origen sea artificial pueden actuar como zonas importantes de refugio para la flora y la fauna.

Un aspecto importante en los azudes es la sedimentación inducida por su presencia. Son obras destinadas a derivar agua, manteniendo para ello una determinada cota en la lámina de agua del cauce, pero no se diseñan para el almacenamiento. Para conseguir esa cota es preciso un obstáculo, el azud, que genera un vaso de inundación aguas arriba. Con el paso de los años estos vasos se van colmatando, por retención de materiales arrastrados y sedimentación, lo que no tiene influencia en su función de derivación. Un azud colmatado es igual de funcional que el día de su construcción, mientras mantenga operativa su derivación. Cuando la colmatación es importante, puede desarrollarse vegetación en el vaso de inundación, primero helófitos y posteriormente, matorrales y bosques. Pero no todo son ventajas. La presencia de un azud tiene dos efectos muy negativos, la derivación de agua y detracción de caudales del cauce, y la presencia de un obstáculo que crea una barrera, sobre todo para los peces.

La construcción de un azud en un cauce es una actuación negativa para el ecosistema. Sin embargo, no está tan claro que su eliminación sea una actuación positiva. Es preciso un análisis detallado, que determine cuales han sido las transformaciones en el ecosistema inducidas por la obra, que efectos negativos y positivos ha generado, y cuál sería la evolución

FIGURA 4. Cauce tableado, que se seca durante el verano manteniendo charcas que permiten la supervivencia de la fauna. En ocasiones, los azudes pueden tener una función similar, manteniendo zonas inundadas. Río Almonte (Cáceres).

FIGURA 5. Azud colmatado y colonizado por un cañaveral. Río Mundo (Albacete).

FIGURA 6. Azud colmatado, colonizado por un zarzal. Río Vinalopó (Alicante).

del medio en caso de eliminar la obra, hasta alcanzar de nuevo una situación de estabilidad.

La presencia de un azud ha modificado el ecosistema hasta crear un nuevo equilibrio, pero su demolición es probable que no recupere la situación original, si no un nuevo marco estable, más próximo al inicial, pero también determinado por la acción humana. El camino hacia esa nueva situación estable, o incluso a la recuperación de la naturalidad inicial de un cauce, puede tener asociados unos efectos negativos significativos. En este caso, la consecución de unos objetivos ambientales deseables implica a su vez unos efectos ambientales indeseables.

3. EFECTOS AMBIENTALES DE LA PRESENCIA DE AZUDES

3.1. EFECTOS HIDROLÓGICOS Y EROSIVOS

- **Régimen de caudales.** En general el principal efecto negativo de un azud es la derivación de caudales para destinarlos a un uso determinado. Esa derivación da lugar a una reducción en el caudal circulante del río, con una alteración de su dinámica fluvial, y una afección a la flora y la fauna, cuya magnitud es proporcional a la extracción y al caudal remanente. Lo más habitual es que la demolición de azudes se plantee en obras sin uso, donde no existe derivación de caudales o, si se mantiene por no haberse clausurado, bastaría con cerrar la toma. En estos casos, la eliminación del azud no acaba con la derivación de agua, al estar ya clausurada. En cualquier caso, el régimen de extracción de caudales puede regularse sin necesidad de actuar sobre el azud, por lo que la demolición no es una actuación estrictamente necesaria.
- **Avenidas.** La presencia de un obstáculo en el cauce, que reduce la velocidad de circulación de las aguas, tiene una influencia directa en caso de una avenida, que podrá ver incrementada su sección aguas arriba. También el tipo de azud, y de aliviadero, tendrá influencia.
- **Inundación de terrenos.** La presencia de un azud da lugar a una inundación aguas arriba, formando un vaso similar a un pequeño embalse. Pasado un cierto periodo de tiempo el vaso de inundación se colmata de sedimentos, formándose un nuevo cauce, y quedando el resto del vaso como una llanura de inundación, a menudo colonizada por vegetación de ribera. Cuando el azud se colmata por completo, y se coloniza por vegetación, el sistema fluvial ha asimilado la obra, aunque seguirá manteniéndose un obstáculo que afecta a la continuidad del cauce.

FIGURA 7. Zona de inundación de azudes. Izquierda: Río Esera (Huesca). Derecha: Río Mundo (Albacete).

FIGURA 8. El azud genera un cambio drástico en la velocidad de las aguas. Río Mundo (Albacete).

- **Modificaciones hidromorfológicas.** La construc-ción de un azud modifica la pendiente del cauce, y la velocidad de circulación de las aguas. Aguas arriba se reduce la velocidad, favoreciendo el depósito de materiales, y aguas abajo aumenta, incrementándose la erosión. Cuando mayor sea el salto más acusado es el proceso. Estos fenómenos pueden generar modificaciones en el cauce, que se ensancha aguas arriba, gracias a la sedimentación, y se excava aguas abajo. En azudes antiguos en general el equilibrio ya se ha alcanzado con la colmatación del vaso de inundación.
- **Procesos erosivos y geológicos.** Al superar el azud, el agua cae de nuevo al cauce con una mayor energía derivada del salto generado, y libre de carga. Como consecuencia, tiene un mayor potencial erosivo, que afecta al tramo aguas abajo, que se suele excavar ligeramente, siendo frecuentes las pozas o charcas a pie de azud. Si el azud no es muy alto, el potencial erosivo se disipa pronto, no teniendo gran influencia aguas abajo, pero en grandes saltos puede ser mayor. En las zonas de inundación también pueden generarse procesos erosivos, y principalmente movimientos de ladera. Los suelos que quedan inundados se saturan, y fluyen hacia el fondo del vaso, al cauce. En cauces abiertos el proceso es poco importante, o lento, pero en cauces encajados, con laderas abruptas, puede ser muy súbito, acelerando la colmatación del vaso.

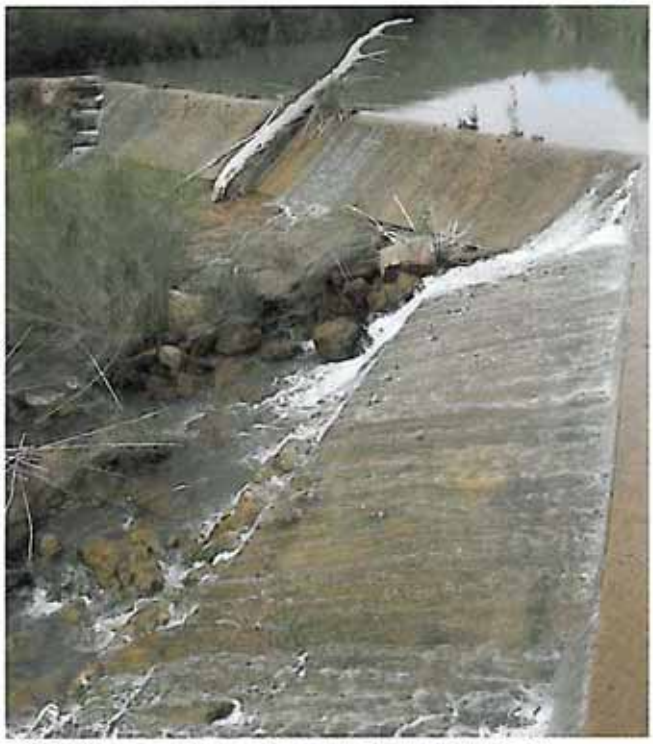

FIGURA 9. Erosión en la base de un azud. Río Mundo (Albacete).

3.2. EFECTOS SOBRE LA POBLACIÓN Y ACTIVIDADES ECONÓMICAS

- **Destino del azud.** Un azud se construye para derivar agua para un uso concreto. Si el azud está abandonado, no hay uso asociado, y por ello no genera ningún beneficio económico su presencia, ni supondría un trastorno su desaparición. Sin embargo, si el azud está en uso es esencial determinar el destino de las aguas derivadas, y la importancia de su empleo, para valorar el interés social o productivo de la obra, y los perjuicios que causaría su desaparición.
- **Usos asociados al vaso.** En ocasiones el vaso de inundación fomenta el desarrollo de usos recreativos, que no estaban inicialmente previstos, como el baño, la pesca o su integración en áreas recreativas o parques y jardines. Estos usos suponen un valor añadido del azud, y generan un impacto en caso de su eliminación.

FIGURA 10. Azud de Xerta, en el río Ebro, de origen árabe. Se empleó para riego y molienda, y para favorecer la navegación. En la actualidad deriva agua para riego y aprovechamiento hidroeléctrico.

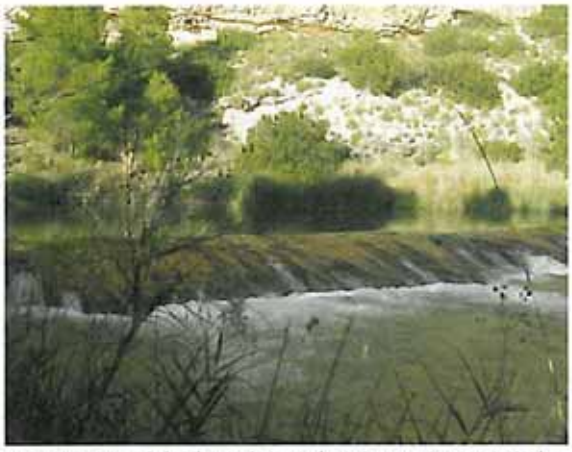

FIGURA 11. Azud de El Hondón en el río Segura (Murcia). Se ha instalado un área recreativa junto al río, que aprovecha el remanso creado.

FIGURA 12. Izquierda: Comunidades anfibias en el vaso de un azud. Río Vinalopó (Alicante). Derecha: Cañaveral colonizando el vaso de un azud. Río Mundo (Albacete).

3.3. EFECTOS SOBRE EL PATRIMONIO

Con frecuencia los nuevos azudes se construyen sobre otros anteriores, pudiendo destruirse obras de interés patrimonial. En ocasiones el vaso de inundación afecta a algún elemento de interés patrimonial, como construcciones, yacimientos o caminos históricos.

3.4. EFECTOS SOBRE LA FLORA Y VEGETACIÓN

- **Efectos en la vegetación helofítica.** La progresiva colmatación de los vasos da lugar a zonas inundadas con poco calado y sustrato limoso, favorables para la proliferación de helófitos, como carrizos, cañas o espadañas, pero no para la vegetación leñosa que evita medios con encharcamiento permanente. Al avanzar la colmatación aumenta la densidad de esta vegetación.
- **Efectos en la vegetación de ribera.** En los primeros años tras la construcción de un azud los efectos en la vegetación de ribera son negativos. Aguas arriba la inundación puede llevar a la desaparición de la vegetación, y aguas abajo la derivación de agua reduce el caudal del río, pudiendo también afectarla. Con el paso del tiempo la vegetación suele colonizar los márgenes de la zona de inundación, si el perfil del terreno lo permite. La erosión al pie del azud a menudo genera pozas, que pueden favorecer la colonización vegetal. Con la colmatación del vaso aflora el sustrato, lo que permite la colonización de la vegetación leñosa. Cuando el cauce alcanza el equilibrio, con la colmatación del vaso y una reducción en la erosión aguas abajo, la vegetación puede desarrollarse como si el cauce fuera natural, e incluso aguas arriba ser más importante que en otros tramos del río gracias a la mayor superficie disponible y a la inundación. Si existe detracción de caudales, aguas abajo siempre se reducirá la vegetación de ribera.
- **Efectos en la composición específica.** Un azud puede crear un nuevo biotopo, que será colonizado por los vegetales. En ocasiones las nuevas condiciones del medio son aprovechadas por especies exóticas colonizadoras o invasoras, como la caña o el chopo híbrido.

FIGURA 13. La presencia de un azud puede favorecer el desarrollo de vegetación de ribera. Rió Vinalopó (Alicante).

FIGURA 14. Cañas (izquierda) y chopos (derecha) en riberas de zonas inundadas por azudes. Río Mundo (Albacete).

3.5. EFECTOS SOBRE LA FAUNA

- **Efecto barrera y fragmentación de hábitats.** Los azudes son un obstáculo en el río, que supone una barrera para algunas especies de fauna, y puede suponer la fragmentación del río en tramos inconexos, al menos para las especies que no puedan superarlo como los peces, y sobre todo los migradores. La presencia de un azud puede impedir el desplazamiento de la ictiofauna, aislar las poblaciones aguas arriba y abajo, y afectar a su reproducción. La importancia de este efecto está determinada por el régimen de caudales y las especies presentes.
- **Cambios en los biotopos y aparición de nuevos biotopos.** La construcción de un azud da lugar a una modificación en el hábitat fluvial. Si el tramo inundado era rico en bentos, o una zona de frezadero, puede perder esas funciones. Por el contrario, las nuevas situaciones creadas por el azud, sobre todo zonas inundadas y zonas colmatadas colonizadas por vegetación riparia, pueden generar nuevos biotopos en el ecosistema fluvial, que aumenten su diversidad. Esto es especialmente notable en cauces estacionales, donde la aparición de una zona con inundación permanente puede servir de refugio a especies de fauna y flora.
- **Efectos en la composición específica.** Los nuevos biotopos pueden ser aprovechados por especies espontáneas o favorecer la colonización de especies alóctonas. Son limitados los vertebrados fluviales alóctonos, salvo en los peces. Una excepción es el visón americano, un colonizador agresivo. En los peces el número de especies exóticas en los cauces es elevado, incrementándose en los cursos bajos de los ríos. La inundación generada por azud puede favorecer a ciertas especies invasoras. Entre las especies exóticas más agresivas de invertebrados se cuentan los cangrejos de río rojo y señal, o el mejillón cebra.

3.6. EFECTOS SOBRE EL PAISAJE

- **Incidencia visual del azud.** Por lo general los azudes de derivación son obras de altura moderada, aunque en ocasiones pueden tener cierta importancia. Es preciso tener en cuenta la visibilidad de la zona, y la vegetación existente, ya que incluso azudes de un tamaño considerable pueden resultar muy poco visibles.

FIGURA 15. Los azudes son un obstáculo para los peces, que impiden su movimiento a lo largo del cauce.

FIGURA 16. Vado artificial en el río Zújar donde han proliferado los cangrejos rojos. Su expansión ha favorecido a la nutria, adaptada a su captura.

FIGURA 17. Azud de 8 m de altura, muy poco visible por el desarrollo de vegetación. Río Vinalopó (Alicante).

- **Incidencia visual del vaso.** La inundación generada por el azud da lugar a un nuevo elemento, el vaso, que resultará más o menos visible dependiendo de su extensión, vegetación y de la intervisibilidad del tramo fluvial. En general la incidencia visual es positiva, ya que el agua es un elemento importante en el paisaje, que aporta calidad y diversidad.
- **Efectos de la oscilación de las aguas.** Cuando existe una fuerte oscilación en el nivel de la lámina de agua, puede generarse una zona árida, desprovista de vegetación por la inundación, y que queda al descubierto al bajar el nivel del agua. La formación de bandas áridas es un efecto importante en embalses. Los azudes, como se ha señalado, no tienen por objeto embalsar agua, suelen ser de dimensiones mucho menores que una presa, y a menudo están colmatados, total o parcialmente, por lo que este efecto es poco frecuente.

3.7. EFECTOS SOBRE ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS

Los efectos de un azud en un espacio natural dependerán de su influencia sobre los valores que se pretende proteger, en general la flora, la fauna o el paisaje. En su fase inicial, el azud tendrá un efecto negativo en todo el ecosistema, pero con el paso del tiempo los efectos sobre el espacio pueden ser variables. El azud puede fomentar el desarrollo de comunidades vegetales singulares o hábitats de interés comunitario, o por el contrario de comunidades invasoras de escaso interés. En el primer caso el azud será deseable para la conservación del espacio, y en el segundo no. En el caso de la fauna, si el espacio protege especies de peces migradoras, el azud será un obstáculo, y afectará a los objetivos de conservación, pero si las especies más singulares son de anfibios, podrían verse favorecidas por la inundación del azud. Es frecuente que coincidan los efectos positivos y negativos.

4. EFECTOS AMBIENTALES DE LA ELIMINACIÓN DE AZUDES

4.1. EFECTOS HIDROLÓGICOS Y EROSIVOS

- **Régimen de caudales.** Lo habitual es que la demolición de azudes se plantee en obras sin uso, pero si la supresión de la derivación de caudales está asociada a la demolición del azud, es un efecto claramente positivo, aunque no sea necesaria la eliminación para acabar con la derivación.
- **Avenidas.** La eliminación de un azud supone la recuperación de la situación inicial del cauce en caso de avenidas. No obstante, en azudes antiguos los usos del suelo se han adaptado al comportamiento de las avenidas con la obra; su eliminación generará cambios, como el incremento de la inundación aguas abajo. En caso de avenidas es importante la gestión que se haga de los sedimentos acumulados. Si se mantienen en el antiguo vaso, el río los transportará progresivamente, pero en caso de avenida, puede producirse un arrastre súbito. Aparte de la afección a la calidad de las aguas, la carga de sólidos en suspensión aumenta la viscosidad del agua, e incrementa la sección de la avenida, que puede resultar más intensa de lo que correspondería al caudal transportado, generando daños mayores de los esperables.
- **Desaparición de zonas de inundación.** La eliminación de un azud hace desaparecer la zona de inundación. En azudes colmatados esta zona puede haber sido sustituida por un nuevo cauce colgado, aunque es frecuente que se mantenga cierta inundación, o al menos un cauce remansado. La desecación hace que el cauce quede desdibujado, y a menudo que se forme una llanura inundada. Si se retiran los sedimentos, podrá formarse de nuevo un cauce similar al original. En caso contrario, la circulación de las aguas irá excavando progresivamente un nuevo cauce. Las zonas antes inundadas serán colonizadas por vegetación de ribera o por herbazales. También puede sufrir una rápida desecación, originando una banda árida.

FIGURA 18. Las bandas áridas tienen fuerte impacto visual, aunque rara vez se dan en azudes. Embalse del Cenajo en el río Segura.

FIGURA 19. La colmatación del azud ha llevado a la desaparición de la zona de inundación, colonizada por vegetación, quedando un cauce colgado sobre el azud.

FIGURA 20. Canal de derivación sin uso.

- **Modificaciones hidromorfológicas y en los procesos erosivos.** La eliminación de un azud obliga al cauce a seguir un proceso inverso al forzado por esta obra para recuperar su estructura original, aumentando el arrastre aguas arriba y la sedimentación aguas abajo. En función de las modificaciones inducidas por el azud el proceso de recuperación será más o menos rápido. Cuando un azud ha inundado laderas, su demolición hará aflorar un terreno descarnado, al haberse arrastrado los suelos al fondo del vaso, cuya recuperación será complicada.

4.2. EFECTOS ASOCIADOS A LOS SEDIMENTOS ACUMULADOS

- **Gestión de los sedimentos.** Un problema importante son los sedimentos acumulados en los vasos de inundación, confinados por la presencia de la obra, y que dejan de estarlo al eliminarse. Una mala gestión de estos sedimentos puede alterar la calidad de las aguas y el lecho del cauce, afectando a la vida acuática, agravando los efectos de avenidas e incluso, en algunos casos, liberando una carga de contaminantes hasta entonces confinada. Se plantean dos posibilidades:
  - ***Retirada de los sedimentos acumulados.*** Permite devolver al río su perfil de forma rápida y elimina los problemas de las bolsas de sedimentos no confinadas. Sus inconvenientes son la eliminación de fauna y vegetación, y la necesidad de encontrar zonas adecuadas de vertedero.
  - ***Mantenimiento in situ de los sedimentos acumulados.*** Minimiza las obras en el cauce, no precisa zonas de vertido y respeta la fauna y vegetación existente. Su inconveniente es la presencia de una masa de sedimentos no retenida, que podría arrastrarse de forma brusca.
- **Contaminación de los sedimentos.** Los vertidos en un cauce, puntuales o prolongados en el tiempo, pueden generar sedimento contaminado, que se deposita en los vasos de los azudes. Estas capas contaminadas pueden quedar cubiertas por otras de sedimento limpio, y confinadas en profundidad. Al eliminarse el azud, el sedimento deja de estar confinado y pueden liberarse de nuevo las capas contaminadas.

4.3. EFECTOS SOBRE LA POBLACIÓN Y ACTIVIDADES ECONÓMICAS

- **Destino del azud.** En general solo se contempla la eliminación de azudes sin uso. Si está operativo, un efecto directo de la demolición es la desaparición del uso para el que se ha construido. En ocasiones existen alternativas para suplir los caudales derivados por un azud, pudiendo suprimirse. En otros casos la mala calidad del agua los convierte en inútiles.
- **Usos asociados al vaso.** La eliminación de un azud puede afectar a usos asociados y a la calidad del paisaje, que tardará tiempo en recuperar su valor.

4.4. EFECTOS SOBRE EL PATRIMONIO

Algunos azudes tienen un valor histórico o artístico, siendo partes integrantes del patrimonio cultural, por ello deben ser preservados. También es frecuente que tengan un valor patrimonial, o al menos etnológico, los molinos asociados a los ríos, y por extensión sus obras de derivación y toma. La eliminación de un azud con valor histórico supone una afección al patrimonio cultural. También pueden afectarse elementos asociados, que quedan descontextualizados. Los azudes de mampostería suelen ser los más interesantes. En obras de interés cultural, se deben buscar soluciones de compromiso que permitan corregir los efectos negativos sin necesidad de eliminar la obra, como demoliciones parciales, desagües de fondo o escalas para peces.

FIGURA 21. Mar de Ontigola (Aranjuez, Madrid), una presa del siglo XVI. En la actualidad es un humedal rico en fauna, e incluido dentro de una Reserva Natural y ZEPA.

FIGURA 22. Presa de El Gasco, en el río Guadarrama (Madrid). Iniciada en 1787, iba a ser la presa más alta del mundo. Tras un derrumbe se abandonó en 1799.

FIGURA 23. Colonización de la vegetación en las riberas de la laguna del Soto de las Juntas (Madrid), tras las excavaciones realizadas para su naturalización. Entre la fotografía izquierda y derecha han transcurrido cuatro años.

4.5. EFECTOS SOBRE LA FLORA Y VEGETACIÓN

- **Efectos en la vegetación helofítica.** La vegetación helofítica suele ser la más favorecida por la inundación de los azudes, y en consecuencia suele ser la más afectada al eliminarse estas obras. A menudo son comunidades monoespecíficas, y con buena capacidad de regeneración, lo que reduce la intensidad de los impactos, pero pueden tener un alto valor para la fauna.
- **Efectos en la vegetación de ribera.** Al demolerse el azud la lámina de agua se retrae al cauce, alejándose de la vegetación que se había desarrollado en las riberas del vaso. Eso da lugar a una desecación de los terrenos, haciendo inviable la persistencia de la vegetación riparia. La magnitud de los efectos estará determinada por el grado evolutivo alcanzado por esa cubierta vegetal.
- **Efectos en la composición específica.** Tras la alteración de un ecosistema los vegetales comienzan de nuevo la colonización. Las especies más adaptables serán las primeras en entrar, las pioneras, iniciando la colonización. Las especies exóticas más agresivas en cauces están asociadas a aguas remansadas, por lo que la demolición de azudes, en general, no les favorece.

FIGURA 24. Los remansos producidos por azudes en ocasiones se convierten en zona de cría de anfibios.

4.6. EFECTOS SOBRE LA FAUNA

- **Efecto barrera y fragmentación de hábitats.** La eliminación de un azud implica la desaparición de un obstáculo del cauce, que permite devolverle su continuidad. Es preciso valorar la verdadera magnitud del efecto barrera, condicionado por las especies de fauna presentes. En cauces con fuerte estiaje las poblaciones de peces pueden ser casi inexistentes, y el efecto barrera poco significativo, mientras que en cauces con especies de peces migradoras es un gran problema. Una solución para mantener la continuidad en el cauce sin necesidad de demoler el azud es la construcción de escalas para peces. Si su construcción es sencilla y efectiva, la demolición tiene menos sentido, pero si son inviables o poco efectivas la eliminación del obstáculo gana peso.
- **Cambios en los biotopos.** La eliminación de un azud supone la desaparición de los biotopos que en su día pudo favorecer. La valoración de los efectos generados debe basarse en la comparación entre los biotopos eliminados y los que se generarán, considerando el valor final y el plazo de tiempo preciso para conseguirlo. Si el cauce es pobre en vegetación y fauna y el azud ha permitido su proliferación, su eliminación afectará al medio vivo del ecosistema, que se empobrecerá. En cauces con alto valor ecológico los azudes puede alterar las comunidades riparias originales y favorecer la colonización de especies alóctonas, siendo su eliminación deseable. La importancia de los biotopos generados por un azud está asociada al régimen de circulación de las aguas y su distribución anual. En cauces con estiaje acusado los vasos de inundación tienen un mayor valor, al servir de refugio a la flora y a la fauna.
- **Efectos en la composición específica.** Cuando el vaso de un azud ha sido colonizado por especies alóctonas, su eliminación puede llevar a la desaparición de estas especies, al suprimirse el biotopo que las sustentaba, o bien permitir su liberación al cauce, pudiendo proliferar.

4.7. EFECTOS SOBRE EL PAISAJE

- **Incidencia visual del azud.** Aunque a menudo la incidencia visual de los azudes no es grande, la demolición supondrá en todos los casos la desaparición de este impacto.

FIGURA 25. Pozas formadas al pie de dos azudes colmatados. Río Vinalopó (Alicante).

- **Incidencia visual del vaso desecado.** La lámina de agua del vaso será reemplazada por suelo desnudo, causando un impacto visual, cuya duración dependerá del tipo de sustrato aflorante y de la regeneración de la vegetación. La restauración de la cubierta vegetal acortará este periodo.

4.8. EFECTOS SOBRE ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS

Son aplicables las mismas consideraciones expuestas en referencia a los efectos derivados de la presencia de una azud. La eliminación del azud será positiva o negativa para el espacio según influya en sus objetivos de conservación, lo que dependerá de los factores del medio implicados.

5. MEDIDAS PROTECTORAS Y CORRECTORAS

5.1. MEDIDAS DE APLICACIÓN A LA CONSERVACIÓN DE AZUDES

- **Regulación de la extracción de caudales. Caudales ecológicos.** Tradicionalmente el único criterio para la explotación de azudes eran las necesidades del uso asociado, lo que llevó, y sigue llevando, incluso a secar los cauces. Es habitual en derivaciones para riego, al coincidir la máxima demanda y los mínimos caudales en verano. Con el diseño habitual de las tomas, a menor cota que la coronación del azud, la obra de derivación será la primera en llenarse, rebosando el agua por el azud solo si el caudal supera las necesidades de derivación. Si la capacidad de derivación supera el caudal del río, toda el agua es derivada, secando el cauce. Para evitarlo es preciso construir escotaduras a menor cota que la derivación, que pueden coincidir con escalas para peces. En todo caso hay que establecer caudales ecológicos, un caudal mínimo que debe mantenerse y que supone un valor de compromiso para armonizar la explotación del río con el mantenimiento de sus funciones ecológicas. Cuando se opte por conservar un azud debe revisarse el régimen de caudales ecológicos, y ajustar los caudales derivados.
- **Escalas para peces.** Los azudes pueden suponer un obstáculo que impida el movimiento de la fauna, sobre todo de los peces, a lo largo del cauce. Este problema se puede solucionar colocando escalas para peces, que permitan superar el azud y mantener la movilidad aguas arriba y abajo de la obra. Existen diversos tipos de escalas, siendo las más adecuadas para ríos mediterráneos las de artesas o depósitos sucesivos, poco selectivas y que se adaptan bien a los cambios de caudal. Para su diseño es preciso tener en

FIGURA 26. La incidencia visual de este azud se debe a su compuerta. Río Mundo (Albacete).

FIGURA 27. Detracción excesiva de caudales. El canal lateral deriva agua en toda su capacidad, mientras el río tiene un caudal escaso aguas abajo del azud.

FIGURA 28. Escala para peces (Fotografía: CEDEX).

FIGURA 29. Una mala gestión de los sedimentos puede afectar a la calidad de las aguas.

cuenta las especies presentes. Además, para que sea funcional se debe garantizar un caudal suficiente.

- **Mejora de la cubierta vegetal.** La presencia de un azud puede favorecer el desarrollo de vegetación de ribera o limitarlo. Las especies colonizadoras pueden ser espontáneas o exóticas. Entre las medidas de mejora de la cubierta vegetal están la erradicación de especies invasoras, claras o plantación de especies espontáneas en el subpiso de cubiertas alóctonas.
- **Adecuación estética.** Los azudes suelen ser obras de dimensiones reducidas, lo que limita su incidencia visual, aunque algunas obras, por sus dimensiones, elementos constructivos o visibilidad de su ubicación, pueden generar afecciones apreciables. Algunas actuaciones estéticas son la modificación de elementos auxiliares, chapado en piedra en pequeños azudes de hormigón o plantación de arbolado al pie del azud para favorecer su ocultación.

5.2. MEDIDAS DE APLICACIÓN A LA DEMOLICIÓN DE AZUDES

- **Gestión de sedimentos.** En la fase de diseño se deben realizar análisis para verificar que los sedimentos no están contaminados. Si se detecta contaminación se puede desestimar la demolición del azud, desviar el río de forma definitiva y dejar los sedimentos confinados o desviar el río de forma provisional y proceder a la retirada de los sedimentos contaminados. Si no hay contaminación, las medidas dependen de la gestión propuesta para los sedimentos. Si se prevé su extracción se puede retirar la capa más superficial, donde se aloja el bentos, distribuyéndola en el cauce. Si el sedimento es limpio, puede extenderse en tierras de cultivo, zonas a reforestar o áreas degradadas. Solo se debe prever el mantenimiento de los sedimentos en el vaso en ríos sin crecidas bruscas y si la bolsa de sedimentos es estable. Se debe garantizar la continuidad longitudinal del río tras la demolición del azud, excavando un cauce en los sedimentos, para evitar sustituir el salto del azud, por otro similar derivado de la diferencia de cota entre la zona colmatada y aguas abajo.
- **Movilización de materiales del lecho.** El aumento de la erosión aguas abajo del azud elimina los finos y hace aflorar la roca. La demolición del azud dará lugar a un cambio brusco, un lecho dominado por finos aguas arriba de la obra, y un lecho rocoso aguas abajo. En estos casos puede ser recomendable una movilización del lecho, para favorecer una distribución más homogénea.

FIGURA 30. Desvío de un cauce, adecuadamente restaurado.

FIGURA 31. Las zonas inundadas pueden servir para la cría de especies singulares.

- **Protección de la calidad de las aguas.** No se debe acometer ninguna obra de demolición de azudes sin una previsión detallada y fiable de los efectos que tendrá sobre la calidad de las aguas, y con ello sobre la población y la fauna. Se debe garantizar la ausencia de contaminantes confinados en el azud, y hacer una previsión de los sólidos en suspensión que pueden arrastrar las aguas en la fase de obras y tras ellas, en situaciones ordinarias y extraordinarias (avenidas).
- **Desvío provisional del cauce.** Para evitar la contaminación de las aguas durante las demoliciones se puede desviar de forma provisional el cauce. Es posible aprovechar los canales de derivación, o recrecerlos provisionalmente, para derivar el río por ellos. Otra opción es demoler el azud por partes, siempre que sus dimensiones y estabilidad lo permitan. Cuando un azud almacene sedimentos contaminados, el desvío del cauce es imprescindible. Si el volumen de contaminantes es importante, cabe estudiar la posibilidad de hacer un desvío definitivo del río y dejar confinados los sedimentos.
- **Traslado de fauna.** Si el vaso del azud alberga especies de fauna de interés, antes de acometer la demolición se deberá proceder a la recogida de individuos y su traslado a otros tramos del río donde sea viable su persistencia.
- **Limitaciones temporales a la ejecución.** Para evitar la afección a la fauna presente en el cauce, y en el vaso del azud, las obras de demolición se deben realizar fuera de las épocas reproductivas y migratorias. Asimismo, las obras se deben realizar en las épocas con caudales mínimos, para facilitar el desvío del cauce.
- **Restauración de la cubierta vegetal.** La demolición de un azud puede precisar la construcción de accesos, y la destrucción de vegetación en el entorno de la obra. Si se procede a la retirada de sedimentos la eliminación de vegetación será más intensa. En estos casos será preciso proceder a la restauración de la cubierta vegetal en las áreas denudadas, y sobre todo en las riberas, para acelerar el proceso de recuperación del ecosistema fluvial.

6. EVALUACIÓN GLOBAL. CONSERVACIÓN O DEMOLICIÓN DE AZUDES

La última etapa en este proceso de evaluación será la toma de decisiones, la conveniencia de conservar o demoler un determinado azud. Para ello, es preciso analizar en conjunto los efectos ambientales previstos para la conservación y demolición, y también la posible aplicación de medidas protectoras y correctoras, ya que su aplicación puede suponer una mejora en las condiciones del medio que haga innecesaria, o esté menos justificada, la demolición. En cada caso se deben considerar tres alternativas a evaluar:

- Alternativa 0. Conservación del azud sin actuación, que sería el patrón de referencia.
- Alternativa 1. Conservación del azud, aplicando medidas correctoras.
- Alternativa 2. Eliminación del azud, aplicando medidas protectoras y correctoras.

Es conveniente realizar un diagnóstico descriptivo y justificado, donde, considerando las ventajas e inconvenientes de cada solución, y la efectividad de las medidas propuestas, se pueda proponer una u otra alternativa y, en su caso, las condiciones necesarias para que resulte viable, o para que sea la más adecuada. Si se ha realizado una evaluación rigurosa y documentada, la decisión final habrá tenido adecuadamente en cuenta todas las posibles repercusiones ambientales.

FIGURA 32. Plantaciones de álamos y tarajes en zonas de ribera sin inundación permanente.