

El desvío del cauce del río Llobregat: una obra de ingeniería medioambiental

GUILLERMO PEÑUELAS PRIETO

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Àgencia Catalana de l'Aigua. Generalitat de Catalunya.
gpenuelas@correu.gencat.es.

1. EL RÍO LLOBREGAT

El río Llobregat constituye uno de los ejes fluviales más importantes de Catalunya. Nace en tierras prepirenaicas, en Castellar de N'Hug (1.280 m. de altitud), y desemboca en Mediterráneo en el término municipal del Prat de Llobregat, en plena área metropolitana de Barcelona. Con una cuenca hidrográfica de casi 5.000 km² y una longitud de 156 km, su caudal medio supera en poco los 20 m³/s, si bien son habituales los valores del orden de 10 m³/s, llegando a superar los 2.000 m³/s en avenidas que ocasionan severas inundaciones. Aunque el régimen hidráulico es bastante irregular, con estiajes y crecidas importantes, estas se han regulado notablemente desde la construcción de embalses, especialmente el de La Baells.

El delta del Llobregat tiene una superficie aproximada de 95 km² con una longitud de costa de 23 km, 18 de los cuales se extienden hacia el Sur de la actual desembocadura. Es sobre este delta donde se plantean las obras de desvío del cauce del Llobregat, afectando sus últimos 3.500 m antes de la desembocadura.

El sistema deltaico constituye una unidad estructural donde confluyen las aportaciones del río y los procesos sedimentarios de la cuenca receptora marina. Este sistema genera dos grandes unidades que son el soporte de un importante conjunto de ecosistemas. La riqueza en la disponibilidad de importantes recursos hídricos superficiales y subterráneos y los aportes de tierras fértiles son el origen de una ocupación temprana del delta.

Actualmente, el delta del Llobregat constituye uno de los territorios más densamente poblados de la península ibérica. Su proximidad a la ciudad de Barcelona y la disponibilidad de terrenos llanos donde urbanizar y asentar grandes infraestructuras han convertido el delta en una zona de relevante actividad económica y, a la vez, han relegado sus valiosos ecosistemas a unas pocas zonas alrededor de la franja litoral y del propio cauce del río.

Es desde la convicción de la urgente necesidad de preservar el valioso patrimonio natural que aún conserva el delta del Llobregat y del reconocimiento del río como un complejo ecosistema, más que de una mera estructura hidráulica, que se plantea una solución de desvío del actual cauce del río Llobregat.

2. MARCO DE LA OBRA

El desvío del río Llobregat es una de las obras incluidas en el Convenio de colaboración en infraestructuras y medio ambiente en el delta del Llobregat, convenio firmado el 16 de abril de 1994 por el Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente, la Generalitat de Catalunya, el Ayuntamiento del Prat de Llobregat, el Consell Comarcal del Baix Llobregat, la Mancomunitat de Municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona y el Ayuntamiento de Barcelona.

El objetivo básico de este convenio es preparar la infraestructura necesaria para que Barcelona se convierta en la plataforma logística de distribución del sur de Europa. Este objetivo comporta abordar proyectos de gran magnitud como el desvío y canalización del río Llobregat, la ampliación del puerto de Barcelona y la ampliación del aeropuerto del Prat, así como diferentes actuaciones en las redes viarias y ferroviarias (nueva

autovía del Baix Llobregat, vías de ancho europeo hasta el puerto de Barcelona, tren de alta velocidad, etc.) (figura 1).

El propio convenio remarca, como uno de sus grandes objetivos, el máximo respeto al equilibrio global del ecosistema deltaico, sujeto a grandes presiones y transformaciones de todo tipo a lo largo de las últimas décadas. En este sentido, se proponía someter a declaración de impacto ambiental el conjunto de todas estas actuaciones.

La importancia otorgada a los aspectos medioambientales en este proyecto no es casual. Las actuaciones previstas en el Convenio presentan una enorme incidencia en el territorio del valle Bajo y del delta del Llobregat, tanto por lo que respecta a la ocupación territorial de estas grandes infraestructuras como por el valor ambiental del territorio deltaico que las acoge, donde podemos destacar:

- La presencia de las Reservas Naturales, ZEPA y espacios PEIN del delta del Llobregat.
- Las reservas de agua subterránea de los acuíferos del valle Bajo y del delta.
- Un sensible y muy degradado sistema litoral.

Todo esto dentro del ámbito del área metropolitana de Barcelona, con más de 3 millones de habitantes. Por tanto, los efectos medioambientales de estas actuaciones trascienden la visión sectorial de cada actuación por separado y obligan a considerar cada obra inmersa en un entorno natural de elevado valor ambiental y social.

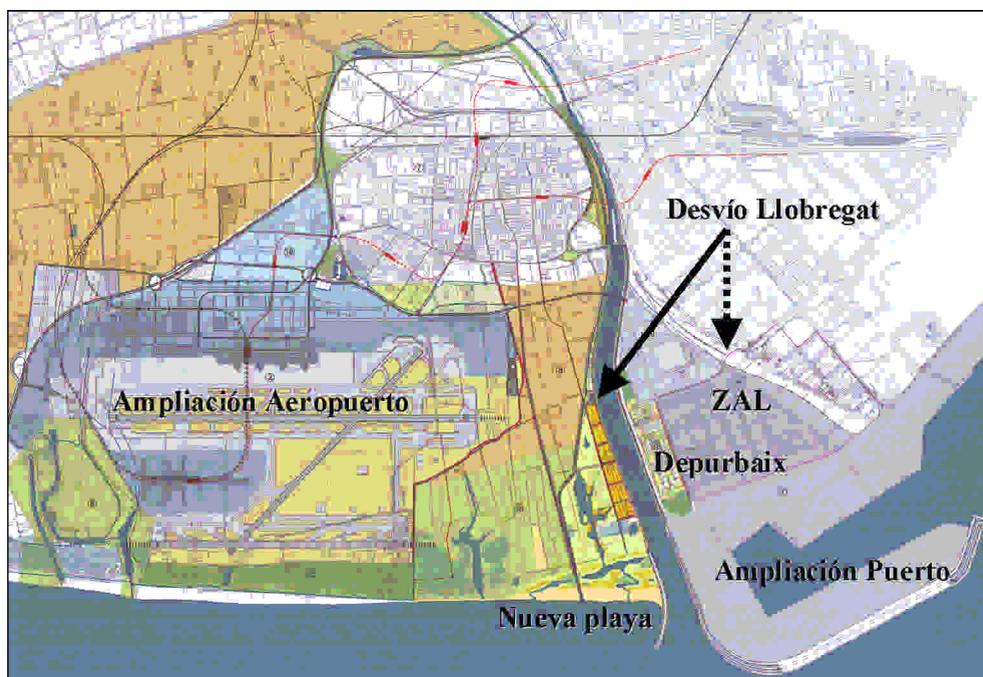


Figura 1. Marco geográfico de la obra del desvío del río Llobregat y su entorno.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Dentro de este contexto de desarrollo de infraestructuras nos encontramos con que el tramo final del río Llobregat presenta una doble problemática:

- Actúa como límite natural sur del actual puerto de Barcelona y, por tanto, ofrece un obstáculo a su crecimiento.
- Presenta problemas de capacidad hidráulica en su tramo final ante episodios de fuertes precipitaciones.

Esta situación conduce al planteamiento de soluciones que suponen el desvío de la desembocadura del río hacia al sur y, aprovechando para mejorar su capacidad hidráulica, permitan el desarrollo y expansión del puerto.

Asimismo, hay que considerar que el desvío del cauce de un río provoca importantes efectos sobre el territorio que atraviesa y que van, desde una modificación de los sistemas de drenaje naturales —y del conjunto de la hidrología superficial y subterránea en el tramo desviado— y la afectación a todos los sistemas de desagüe de pluviales que vierten en este tramo, hasta una alteración de los sistemas naturales vinculados a este sistema hidrológico, sin olvidar la ocupación de una nueva zona para el cauce que, en el caso del río Llobregat, afecta una Reserva Natural.

4. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

El primer antecedente documentado del desvío del tramo final del río Llobregat aparece en el Plan de Saneamiento, redactado por el ingeniero García Fària en 1893.

En el año 1972, la antigua Confederación Hidrográfica del Pirineo Oriental redacta el primer proyecto de desvío, situando su desembocadura a 4,5 km al sur de la actual.

Posteriormente, en el Plan Metropolitano de 1976 se propone un desvío del río Llobregat desde el puente de Mercabarna, a la altura del casco urbano del Prat de Llobregat, que, rodeando el espacio ocupado por el aeropuerto, desemboca sobre la laguna de La Ricarda. En 1983, la misma Confederación propone mantener la desembocadura en su situación actual pero ampliando, únicamente, su capacidad hidráulica.

Finalmente, la Corporación Metropolitana de Barcelona, en su Plan de Costas de 1984, expone una solución de desvío del río con una nueva desembocadura sobre la laguna de Ca l'Arana, a 2,5 km al sur de la actual, y con un trazado perpendicular al mar desde el mismo inicio. Es la llamada solución intermedia que se ha ido desarrollando desde entonces hasta concretarse en el proyecto actual, incorporado en el Convenio del Plan Delta de 1994, al que nos hemos referido anteriormente.

Así, desde los años 70, se han ido planteando distintas propuestas de canalización —con distintos trazados— y se ha ido fijando la estimación de las máximas avenidas hasta los 4.000 m³/s que estima el proyecto actual. La discusión técnica ha ido evolucionando paralelamente, superando criterios meramente hidráulicos de un río encoastado entre muros de hormigón, para contemplar su verdadera dimensión ambiental y haciendo partícipes de la discusión a otros sectores de la sociedad, sin limitar la solución a una decisión exclusiva de la Administración hidráulica.

La integración de las distintas visiones sociales y de la variable ambiental en el proyecto implica la necesaria colaboración de distintas disciplinas técnicas, que va modificando el proyecto original para adaptarlo a las condiciones de tan singular y preciado entorno.

El proyecto de desvío fue finalmente aprobado en febrero de 1997 cuando la Generalitat de Catalunya redactó el «Proyecto de canalización del río Llobregat desde el puente de Mercabarna al mar —solución desvío intermedio— con inclusión del canal de pluviales del margen izquierdo», donde ya se incorporaba una solución de cauce asimétrico con una gran superficie inundable que permitía compensar los impactos ambientales producidos por la obra y potenciar la biodiversidad de la zona.

5. IMPORTANCIA AMBIENTAL DEL DELTA DEL LLOBREGAT

A pesar de la proximidad de la ciudad de Barcelona, dentro de los límites del delta aún se conserva una de las tres zonas húmedas más importantes de Catalunya, considerada de importancia internacional para la Unión Europea.

La acción del hombre a lo largo de los siglos ha transformado el paisaje original de humedales en pinedas y cultivos y, después, en zonas urbanas e industriales. Los humedales que aún quedan están concentrados en las áreas más próximas al mar, donde persisten algunas lagunas de aguas salobres.

A pesar del deficiente estado de conservación de muchas zonas, todavía quedan en el delta áreas con un indudable valor ecológico y paisajístico. Esta circunstancia se debe a la presencia de hábitats muy variados (arenales costeros, pinedas litorales, lagunas permanentes, marismas, cultivos, canales, etc.) en un área relativamente reducida, y a su posición geográfica estratégica dentro de la vía migratoria entre Europa y África de muchas especies de aves.

Además, hay que recordar la excepcionalidad de la presencia de zonas húmedas litorales, uno de los ecosistemas más amenazados del planeta, especialmente los cercanos a entornos urbanos.

Actualmente, en el delta del Llobregat existen las siguientes figuras de protección ambiental (figura 2):

En el ámbito estatal y europeo:

- **ZEPA** (Zona de Especial Interés para las Aves, figura establecida en la Directiva 79/409 CEE, conocida como Directiva de Aves) n.º 145, con una extensión de 574 ha repartidas en varios sectores:
 - La Ricarda-Ca l'Arana (326 ha).
 - El Remolar-Filipines (174 ha).
 - Litoral del Prat de Llobregat (18 ha).
 - Els Reguerons (37ha).
 - La Murtra (19 ha).
- Además existen en el conjunto del delta numerosas zonas con **hábitats catalogados** y protegidos por la Directiva 92/43/CEE (conocida como Directiva Hábitats).



Figura 2. Figuras de protección ambiental en el delta del Llobregat.

En el ámbito autonómico:

- El delta del Llobregat tiene 3 zonas incluidas en la red del Plan de Espacios de Interés Natural (PEIN), bajo la denominación delta del Llobregat, que son:
 - La Ricarda- Ca l'Arana.
 - El Remolar- Filipines.
 - La Murtra.
- Están declaradas dos Reservas Naturales Parciales (RNP):
 - La Ricarda- Ca l'Arana.
 - El Remolar- Filipines.

Estas son las dos zonas protegidas más extensas, aunque existen otras de interés como la laguna de la Murtra, la zona de Els Reguerons y la zona litoral del Prat de Llobregat.

El desvío del río Llobregat afecta especialmente a la RNP de La Ricarda-Ca l'Arana, cuya propiedad es esencialmente privada y con un acceso restringido.

A nivel faunístico, el conjunto de ambientes del delta del Llobregat y su situación estratégica en la ruta migratoria entre el delta del Ebro y el Parc Natural dels Aigua-

molls de l'Empordà hacen posible la presencia de un enorme número (más de 300) de especies de aves.

Resumiendo, desde un punto de vista ecológico, el máximo aliciente que ofrece el delta del Llobregat no reside tanto en la presencia de especies raras o endémicas, que también existe, como en el espectacular juego de lagunas, humedales y dunas que configuran un paisaje realmente sorprendente a las puertas de Barcelona.

6. CONDICIONANTES MEDIOAMBIENTALES

Tal y como establece la normativa actual sobre evaluación de impacto ambiental y la propia Ley de aguas, el proyecto de desvío del río Llobregat ha estado sometido al correspondiente trámite de evaluación de impacto ambiental. Este trámite supuso la realización de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) con la finalidad de evaluar los efectos ambientales y sociales que la obra pudiera generar en su entorno y proponer las medidas correctoras y los programas de vigilancia pertinentes.

El proyecto, con su correspondiente Estudio de Impacto Ambiental, se sometió a trámite de Información Pública en octubre de 1997. De las alegaciones y sugerencias presentadas se dedujo la necesidad de realizar una serie de estudios que se fueron elaborando en paralelo a las modificaciones del proyecto que aseguraban su mejor integración medioambiental.

Se redactó un nuevo Estudio de Impacto Ambiental y un nuevo proyecto —en mayo de 1998— llamado «Proyecto de canalización del río Llobregat desde el puente de Mercabarna hasta el mar con inclusión de las medidas correctoras de impacto ambiental».

La Declaración de Impacto Ambiental (DIA), aprobada por resolución de la Dirección General de Calidad y Evaluación de Impacto Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente el 4 de agosto de 1998 (BOE n.º 210, de 2 de septiembre de 1998) el 4 de agosto de 1998, completa el proceso de trámite ambiental del proyecto e impone las medidas que ha de incorporar el proyecto y las obras correspondientes.

El desvío del río Llobregat supone, forzosamente, una importante modificación del territorio y por lo tanto unos impactos ambientales notables. A la importante modificación del régimen hidráulico (construcción del nuevo cauce y restitución del actual, modificación de la extensa red de canales de riego y drenajes, efecto drenante del nuevo cauce con las interacciones que ello supone sobre el acuífero superficial y, por lo tanto, sobre el sistema de lagunas y marismas del delta) se une la afectación a las playas litorales en la zona de la nueva desembocadura. Todo ello en un entorno de gran riqueza ambiental con ecosistemas sensibles y una enorme biodiversidad a preservar.

La inclusión del conjunto de medidas correctoras y compensatorias impuestas en la DIA obligó a la redacción de un nuevo proyecto que incorporase estas medidas y que, bajo el nombre «Proyecto de canalización del río Llobregat desde el puente de Mercabarna hasta el mar con inclusión de las medidas correctoras de impacto ambiental, actualizado según la DIA, con adenda de octubre de 1999», fue el proyecto licitado y actualmente en ejecución.

Algunas de las medidas incluidas en el proyecto definitivo, son las siguientes:

- Informe complementario sobre el tratamiento de los fangos existentes en el cauce actual del río, aprobado por la Junta de Residus el 15 de octubre de 1998.
- Informe complementario al proyecto de saneamiento de zonas contaminadas dentro del ámbito del desvío del río Llobregat, con una nueva campaña de análisis y sondeos de los suelos potencialmente contaminados, que determinó la actuación en 3 zonas.
- Desplazamiento de la mota de aguas altas hacia el canal de la Bunyola.
- Elaboración de un Plan de control y mantenimiento del canal de la Bunyola.
- Definición de la conexión de pozos de suministro de agua para riego en caso de emergencia.
- Análisis de suelos contaminados en la zona ZAL.
- Eliminación de los espigones de protección proyectados en mayo de 1998.
- Concreción del Programa de Vigilancia Ambiental y del Plan de mantenimiento y gestión de zonas húmedas.
- Restitución del hábitat destinado a la nidificación del chorlito patinegro.
- Ampliación de la propuesta de red piezométrica para evaluar los efectos sobre la laguna de la Magarola.
- Realización de un modelo hidrogeológico matemático
- Fijación de niveles acústicos de referencia.
- Modificaciones al Plan de Gestión de Tierras.

Por otro lado, la DIA también indicaba la obligatoriedad de constituir la Comisión Mixta de Seguimiento y Control Ambiental de las Obras (CMSCA), con el objetivo principal de velar por el cumplimiento de la DIA y tomar las decisiones ambientales pertinentes para resolver las diferentes incidencias que toda obra puede presentar a lo largo de su ejecución. Esta comisión se constituyó el 15 de marzo de 1999 y está formada por 7 miembros:

- Generalitat de Catalunya (3 miembros).
- Ministerio de Medio Ambiente (3 miembros).
- Ayuntamiento del Prat de Llobregat (1 miembro).

7. EL PROYECTO DE DESVÍO DEL RÍO LLOBREGAT

Las obras de desvío del río Llobregat se encuentran en estos momentos en fase de ejecución, siendo sus principales referentes administrativos los que aparecen en la siguiente tabla:

Tabla 1. Principales referentes administrativos de las obras 121,39

Organismo Contratante	Ministerio de Medio Ambiente
Dirección de Obra	Agència Catalana de l'Aigua
Presupuesto de ejecución (licitación)	121,39 millones de euros
Plazo de ejecución de las obras (licitación)	53 meses
Plazo de mantenimiento y explotación	24 meses
Empresa adjudicataria	FCC-COPISA-COMAPA (UTE)
Presupuesto de ejecución (adjudicación)	93,34 millones de euros
Plazo de ejecución de las obras (adjudicación)	42 meses
Fecha inicio de las obras	19 julio de 2001

En referencia a las características técnicas, el proyecto propone un desvío de los últimos 3,5 km, desde el Puente de Mercabarna hasta el mar, unos 2,5 km al sur de la desembocadura actual.

La solución incorpora al tramo final un cauce de planta asimétrica, en la que se diferencian claramente 2 espacios bien distintos:

- Cauce de aguas bajas, con una anchura comprendida entre los 105 y los 215 m., cuya margen izquierda limita con el dique sur de la zona de ampliación del puerto de Barcelona y con la nueva depuradora de aguas residuales del Baix Llobregat (Depurbaix). Tiene una capacidad hidráulica para transportar unos 1.355 m³/s, caudal que se corresponde a un periodo de retorno aproximado de 18 años (figura 3).
- Cauce de aguas altas, con un ancho máximo de 800 m. y cuya margen derecha coincide con la correspondiente al cauce de aguas bajas en los primeros 1.200 m. para, a partir de este punto, separarse en dirección sur, formando una diagonal, hasta encontrarse con el canal de la Bunyola y discurrir paralelo a él hasta su encuentro con el mar. Diseñado para soportar caudales punta de 4.000 m³/s (periodo de retorno aproximado de 300 años) e incluso de 4.500 m³/s (periodo de retorno aproximado de 500 años).

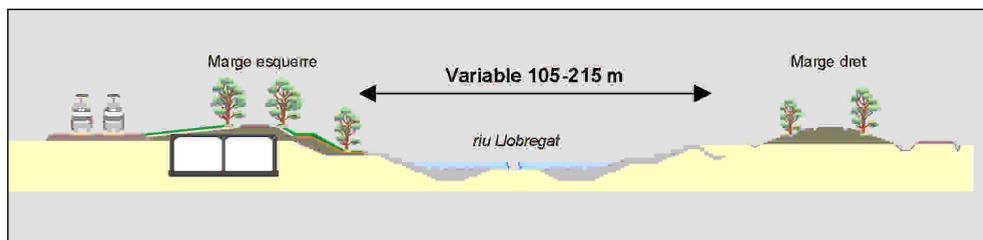


Figura 3. Sección tipo del nuevo cauce.

De este modo, se propone la creación de una gran superficie inundable a partir de determinados caudales, que permitirá incorporar una nueva zona húmeda —de aproximadamente 95 ha— con el objetivo inicial de compensar los impactos ambientales producidos por el proyecto y potenciar la biodiversidad de la zona.

Esta nueva situación del tramo bajo del río afecta un gran número de elementos del territorio que hay que restituir y, al mismo tiempo, se aprovecha la ocasión para resolver otros elementos que actualmente presentan problemas, especialmente en referencia al drenaje de algunos terrenos del Prat de Llobregat.

Los principales elementos constructivos a considerar son los siguientes (figura 4):

- **Construcción del nuevo cauce:**
 - Motas de aguas altas y bajas.
 - Excavación del nuevo cauce.



Figura 4. Principales elementos constructivos de las obras.

■ **Restitución y mejora de canales y sistemas de drenaje:**

- Canal Ronda Sur y trasvase Aviación-Bunyola.
- Ampliación del canal de la Bunyola.
- Reposición de canales interceptados por la mota: Sabogal, hijuela 4 horas, etc.
- Construcción del cajón de pluviales de la margen izquierda.

■ **Creación de la nueva zona húmeda:**

- Creación de la laguna de Cal Tet.
- Construcción de un carrizal de depuración terciaria.
- Red de canales de alimentación y sistemas de regulación de agua.
- Itinerarios y observatorios de fauna y paisaje.

■ **Otras actuaciones:**

- Sellado de pozos existentes.
- Construcción de red piezométrica de control.
- Instalaciones auxiliares y caminos de obra.
- Restitución del cauce actual.
- Habilitación de un nuevo hábitat de nidificación para el chorlito patinegro.

8. MEDIDAS COMPENSATORIAS Y CORRECTORAS AMBIENTALES

Los aspectos medioambientales constituyen un continuo en la ejecución de la obra, y muchas de las actuaciones indicadas son actuaciones propiamente ambientales. Por

este motivo intentaremos presentarlas agrupadas en función de los potenciales impactos ambientales identificados en el EIA y en la DIA.

Como ya hemos comentado anteriormente, los principales parámetros ambientales afectados por el proyecto son:

- La hidrología y, especialmente, los acuíferos.
- Los ecosistemas naturales: se afecta una parte de la RNP y ZEPA de La Ricarda-Ca l'Arana.
- Las playas y litoral deltaico.
- La vegetación y fauna asociados a estos ambientes y ecosistemas.

Así pues, las medidas compensatorias y correctoras más relevantes van dirigidas a proteger estos parámetros y/o a compensar las posibles pérdidas.

La enorme vulnerabilidad de los ecosistemas deltaicos y la complejidad de la ejecución de muchas de estas medidas exigen la presencia de un equipo de profesionales medioambientales a pie de obra y la colaboración de especialistas específicos en las diversas tareas.

Derivadas de los potenciales impactos ambientales identificados en el EIA y en la DIA, las medidas correctoras se agrupan en:

8.1. Medidas de protección de acuíferos

El objetivo es evitar los posibles efectos negativos en la modificación de los regímenes hidráulicos del acuífero superficial (y por tanto en las lagunas de las reservas naturales) y evitar la contaminación de los acuíferos:

- Inventario de puntos agua.
- Sellado de pozos existentes para evitar contaminación de los acuíferos superficial y profundo.
- Red de control piezométrico y de calidad del agua.
- Saneamiento de fangos contaminados existentes en el cauce actual.
- Barrera física de arcillas y escollera en la desembocadura del cauce actual.
- Minimización de los efectos de la subida del nivel freático sobre edificaciones cercanas al cauce actual.
- Red de canales pluviales para la recarga del acuífero superficial.

En el delta del Llobregat se diferencian dos acuíferos principales, conectados entre sí en distintos puntos de la zona: el acuífero superficial y el profundo.

El acuífero superficial ocupa casi toda la superficie deltaica, con espesores comprendidos entre los 5 y los 15 m y se comporta como libre. Si bien su uso actual por el hombre es restringido a causa del importante deterioro de la calidad de sus aguas, su papel ecológico es muy relevante, especialmente para las lagunas y los prados húmedos.

El acuífero profundo también ocupa la mayoría del delta, prolongándose mar adentro hasta subaflojar a una distancia situada entre los 3 y los 5 km de la costa. Tiene potencias de entre 5 y 10 m en la zona central del delta y se conecta con el acuífero

Evitar en todo momento la posible comunicación de los dos acuíferos, resulta otro aspecto de gran interés para preservar la calidad de las aguas del acuífero profundo. En la zona de actuación, al igual que en el conjunto del delta, existe una gran cantidad de pozos en explotación o en situación de abandono. Previamente al inicio de las obras, se ha procedido al sellado de todos aquellos que supusieran un riesgo de comunicación durante la ejecución de las obras.

Hay que recordar que amplios sectores del delta han sufrido importantes contaminaciones en los últimos 30 años. Por este motivo, se ha realizado un estudio exhaustivo de los suelos potencialmente contaminados determinándose un conjunto de actuaciones concretas en tres zonas puntuales y en la gestión de los fangos depositados en el actual cauce del río. Estos materiales contaminados se tratarán en instalaciones autorizadas de tratamiento y gestión de residuos.

8.2. Medidas compensatorias sobre los usos del suelo (ecosistemas)

Pretenden compensar la pérdida de zona ZEPA directamente afectada por el proyecto y las posibles afectaciones (de difícil cuantificación) al comportamiento hidrológico del acuífero superficial:

- Mantenimiento de la laguna existente en Ca l'Arana.
- Creación de la nueva zona húmeda:
 - Creación de la laguna de Cal Tet (16 ha).
 - Aportación de agua tratada procedente de Depurbaix (400 l/s).
 - Creación de un carrizal de depuración terciaria.
 - Mejora estructura y ampliación de las Pinedas de Ca l'Arana y La Bunyola.
 - Mejora de hábitats: junqueras y remodelaciones microtopográficas.
 - Mantenimiento y mejora de los prados húmedos.
 - Construcción de la red de canales de alimentación y sistemas de regulación de agua.
 - Creación de itinerarios y observatorios de fauna y paisaje.

El diseño de la canalización del río en planta asimétrica resulta una innovación importante que permite disponer una extensa zona inundable en periodos de retorno de 18-20 años y compensar los terrenos protegidos afectados por el desvío, asegurando un mantenimiento de las tipologías de hábitats presentes en el delta y que son capaces de albergar la extraordinaria biodiversidad que nos ofrece.

En este espacio entre motas —de unas 95 ha de superficie— se construirá una laguna de unas 16 ha de extensión con su eje principal perpendicular a la línea de costa, a semejanza de las principales lagunas del delta que tienen su origen en antiguos paleocauces del río. Esta laguna se alimentará con aguas procedentes del propio acuífero superficial y, en parte, de las aportaciones de aguas tratadas en Depurbaix. Para garantizar una mejor calidad de éstas últimas, se construirá un carrizal de tratamiento terciario que filtrará y reducirá las cargas de nutrientes antes de su incorporación a la laguna. Este carrizal puede, a su vez, constituir un importante hábitat para determinadas especies.

La laguna presenta una enorme diversidad morfológica, con riberas muy suaves en algún caso y márgenes más pronunciados en otros, con profundidades variables hasta los 1,9 m y con islotes estratégicamente colocados para favorecer el refugio y nidificación de aves. Se pretende el establecimiento de comunidades de plantas macrófitas subacuáticas, muy escasas en el delta debido a la mala calidad de las aguas en las lagunas existentes.

Se restituirá una red de canales interiores orientada al riego temporal de la vegetación de ribera a implantar en las motas de protección y diseñada para posibilitar su desbordamiento y anegar el conjunto de prados húmedos actualmente existentes -que permanecerán alrededor de la laguna-, preservando uno de los ecosistemas más escasos y valiosos del delta por la cantidad de especies de aves que se alimentan en ellos.

El proyecto propone, también, una actuación de mejora y conservación sobre las pinedas existentes, uno de los únicos ecosistemas arbóreos del delta y que en su día jalonaban todo el frente litoral frenando el avance de las dunas de arena sobre los campos de cultivo. La Laguna de Ca l'Arana existente y los sistemas de dunas y playas litorales se conservan y protegen estrictamente.

Se realizarán trabajos de remodelación microtopográfica de alguna finca, con el objetivo de favorecer la implantación de determinados tipos de vegetación. La vegetación existente en estos sistemas, y su distribución espacial, dependen en gran medida del sustrato y de la disponibilidad de agua. Los suelos de texturas limosas y arenosas, junto con la presencia de un acuífero superficial muy cercano, hacen que pequeños cambios de la topografía permitan el establecimiento de una u otra comunidad vegetal.

El conjunto presentará, así, una diversidad de espacios y condiciones ambientales muy completa (lagunas, carrizales, junqueras, prados húmedos, pinedas y dunas) formando un mosaico de paisajes con un enorme potencial faunístico (figura 6).



Figura 6. Nueva zona húmeda en Cal Tet.

8.3. Medidas correctoras sobre la dinámica litoral

El proyecto propone la regeneración anual del frente litoral, para evitar su regresión, mediante la aportación de unos 100.000 m³/año de arenas que compensen posibles pérdidas. Esta medida queda ahora incorporada en el proyecto de ampliación del puerto de Barcelona, ya que su declaración de impacto ambiental obliga a la creación de una nueva playa en el frente litoral.

8.4. Medidas correctoras sobre la vegetación

Su finalidad es compensar la pérdida de zona ZEPA y mejorar comunidades y hábitats del delta del Llobregat.

- Protección de la vegetación existente con elevado valor ambiental mediante cerramiento y/o vallado.
- Plantación de vegetación de ribera (unas 30 ha) a lo largo de las motas de canalización, cuyo riego se efectuará a través de unos canales con agua tratada procedente de la estación depuradora de aguas residuales del Baix Llobregat.
- Creación de una comunidad vegetal subacuática en la laguna de Cal Tet. Se trata de la implantación de macrófitos sumergidos, especies en franca regresión en el delta.
- Regeneración de la pineda de Ca l'Arana.
- Transplante de especies vegetales de especial interés afectadas por las obras.

El mosaico de vegetación existente en el interior de la zona de afectación, y especialmente en la zona inundable, hacia difícil establecer sistemas de protección independientes para cada comunidad vegetal. Se ha optado por la protección del conjunto mediante un cerramiento y vallado de las zonas de actuación, dejando un margen para el movimiento de maquinaria, confinando los espacios de tránsito y quedando, el resto, estrictamente inaccesible durante la ejecución de las obras (figura 7).



Figura 7. Zonas de vegetación de especial interés.

Los caminos de obra quedan prohibidos en el interior de la zona ZEPA, limitándose el paso durante la construcción de la laguna y el carrizal por la propia zona de excavación. La construcción de las motas y la excavación del nuevo cauce utilizarán siempre caminos exteriores a la zona ZEPA, debidamente señalizados. Se ha instalado un conjunto de carteles informativos sobre la presencia de una zona protegida y de la necesidad de respetar los espacios naturales.

La creación de un bosque de ribera a lo largo de todas las motas del río permitirán recuperar más de 30 ha de esta comunidad, que se encuentra en franco retroceso en el conjunto del delta y que, además de su interés naturalístico, ofrece una indudable mejora paisajística.

8.5. Medidas correctoras sobre la fauna

Nuevamente, su finalidad es compensar la pérdida de zona ZEPA y mejorar comunidades y hábitats del delta del Llobregat.

- Gestión de fauna: captura y posterior suelta de fauna existente en la zona de la obra.
- Creación de refugios y nidales alternativos.
- Creación de un nuevo hábitat de nidificación del chorlito patinegro (*Charadrius Alexandrinus*).
- Reintroducción especies.

La fauna existente en la zona está muy ligada al tipo de comunidades vegetales presentes, siendo las aves el grupo faunístico mejor representado en el delta. Sin embargo, no es despreciable la presencia de reptiles y anfibios ligados a los ambientes acuáticos y, en algunos casos, a las dunas y las propias edificaciones de la zona.

La DIA establece la necesidad de realizar una campaña de prospección, captura y traslado de las especies animales presentes en la zona de actuación. No ha sido una tarea fácil, si bien la época del año de inicio de los trabajos (julio de 2001) ofrecía una oportunidad para realizar las prospecciones iniciales en un momento donde resultaba fácil identificar las distintas especies, sobre todo de reptiles y anfibios (algunas en hibernación), posponiendo las capturas a los meses de septiembre y octubre, fuera del periodo de nidificación y cría de la mayoría de ellas.

Se diseñó una campaña de capturas y posteriores sueltas sobre la base de unos protocolos bien establecidos por zoólogos especialistas en cada grupo faunístico, agrupándose en aves, reptiles y anfibios, quirópteros y moluscos. Para cada grupo se conocían las posibles especies presentes y una estimación somera de las poblaciones, así como sus posibles ubicaciones y hábitos. Una vez realizadas las capturas, se procedió a su suelta en la reserva natural del Remolar, en el mismo delta del Llobregat pero en su extremo sur. Algunas de estas capturas supusieron una coordinación precisa con las operaciones de derribo de las edificaciones existentes y que constituían un hábitat para lechuzas, búhos, quirópteros y algunas salamandras.

Especies como los moluscos, no se han podido trasladar a otros espacios naturales por no disponer de canales alternativos con aguas de calidad suficiente. Se ha optado por mantenerlos en cautividad, en los acuarios del parque zoológico de Barcelona, hasta que se restituya su lugar de origen.

Otras actuaciones importantes sobre la fauna se realizarán en etapas más avanzadas de la obra, especialmente la reintroducción de algunas especies indicadas en la DIA. Se prepararán programas de reintroducción para el fartet (*Aphanius Ibererus*), especie de pez vinculado a lagunas de aguas salobres, el sapo común y la salamanguera rosada, especies en regresión en el delta del Llobregat.

Resaltar, finalmente, las medidas encaminadas a la protección de una especie de ave singular por su elevada protección en el ámbito internacional. El chorlito patinegro (*Charadrius Alexandrinus*) vive y nidifica en zonas de playa y está en peligro de extinción (figura 8). Para compensar la pérdida de hábitat de esta especie se ha adquirido y se restaurará una parcela de unas 5 ha cercana a la zona de actuación para que cumpla las condiciones de hábitat y nidificación del chorlito.

8.6. Medidas generales de control ambiental de la obra

El objetivo básico consiste en garantizar una ejecución ambientalmente correcta en todas las operaciones constructivas a realizar:

- Control de niveles acústicos.
- Control de niveles de contaminación atmosférica.
- Controles de prevención de contaminación en los parques de maquinaria y oficinas de obra.
- Control ambiental de caminos de obra y accesos.
- Control y gestión de materiales de excavación y aportación (Plan de Tierras).
- Protocolos de gestión de residuos.
- Derribos selectivos de edificaciones.
- Gestión del patrimonio cultural y arquitectónico.
- Buenas prácticas ambientales en el conjunto de las actuaciones.

Muchas otras operaciones medioambientales se realizan de forma sistemática durante la ejecución de las obras. Cabe señalar el establecimiento de redes de control de las contaminaciones atmosférica y acústica, la prevención de contaminación de suelos por el parque de maquinaria e instalaciones auxiliares, los protocolos de gestión de tierras y residuos, la implantación de una metodología selectiva de derribo (deconstrucción con-



Figura 8. Chorlito patinegro.

trolada y tratamiento de materiales tóxicos, figura 9), el control de los niveles piezométricos, el trasplante de árboles singulares, la selección de material vegetal para la posterior plantación con especies autóctonas, el seguimiento de las poblaciones de fauna y un largo etcétera que exige la presencia en obra de técnicos con una adecuada formación y sensibilidad medioambiental.

Se impone, así, la figura de *dirección ambiental* que, junto con la dirección de obra se encarga de supervisar y garantizar el cumplimiento de los condicionantes ambientales que establece la DIA y el EIA. La consideración de esta obra, en su conjunto, como un proyecto de ingeniería ambiental se integra de lleno en las posibilidades del desarrollo sostenible enunciado, hace ya casi diez años, en la Conferencia de Río de Janeiro.



Figura 9. Derribos selectivos. Tratamiento previo del fibrocemento.

9. CONCLUSIONES

El desvío del río Llobregat, en su tramo final, afecta un espacio natural de dimensiones reducidas, muy presionado por un conjunto de grandes infraestructuras a desarrollar en los próximos años, con un valor ecológico indiscutible y una importancia ambiental estratégica.

Por estos motivos, la obra incorpora, de manera esencial, un conjunto de medidas compensatorias y correctoras que resultan imprescindibles para que su ejecución sea sostenible y compatible con las características y riqueza ambiental de este entorno natural.

Los requerimientos en cuanto a la creación de la extensa zona húmeda y el conjunto de actuaciones medioambientales incorporadas al proyecto pueden considerarse pioneras en el contexto nacional, deseando que constituyan un referente ambiental para futuras actuaciones de la obra pública.