

7. Restauración del Delta del Ebro: obras ya realizadas y propuestas.

Desde hace ya bastantes años se van realizando propuestas de actuación para el Delta del Ebro, como respuesta a los diferentes problemas existentes. Las obras realizadas hasta ahora responden más a iniciativas puntuales que no a un plan de gestión integrada del Delta del Ebro, con lo que muchas veces el intento de solucionar un problema crea otro. Hoy en día algunos de los proyectos ya ejecutados están en discusión (como la duna artificial de la barra del Trabucador), y afortunadamente se ha tomado conciencia de que el problema es global, y globalmente es como debe abordarse.

Existen diferentes opciones a la hora de actuar en todo el conjunto del Delta. Una primera, más ingenieril, pretende mantener el estado actual mediante obras duras. Otra visión, un tanto más ecológica, opta por canalizar, guiar, el desarrollo normal del Delta hasta un punto equilibrado y sostenible, pero que no ocasione grandes perjuicios a los actuales usos del Delta.

Existe una tercera opción, que podríamos calificar como natural, que consiste simplemente en esperar que el Delta llegue a un nuevo equilibrio dentro de la situación actual. Si se observan los cambios en la superficie del Delta, vemos que estos fueron muy grandes tras la construcción de las grandes presas, pero han ido disminuyendo con el paso de los años, es decir, tendemos a un nuevo punto de equilibrio. Pero, como veremos más adelante, este nuevo equilibrio puede ser negativo desde un punto de vista social, ecológico,...

Las actuaciones hoy día realizadas y las propuestas de futuro se enmarcan principalmente en la visión más ingenieril, aunque cada día cobran más fuerza las actuaciones más suaves para con el Delta.

El estudio más reciente a escala de todo el Delta, elaborado por expertos a instancias de la Generalitat de Catalunya, es el Plan Integral de Protección del Delta del Ebro, que aborda gran parte de sus problemas. A continuación analizaremos en detalle las propuestas de éste y otros planes para la conservación del Delta, además de algunas obras ya realizadas.

7.1 Obras ya realizadas

La misión de las obras ya realizadas en el Delta, de pequeña magnitud, ha sido resolver problemas puntuales en una u otra zona. Encontramos tanto obras ingenieriles como actuaciones de recuperación medioambiental. Veamos a continuación un ejemplo de algunas de ellas.

La obra ingenieril más importante realizada hasta la fecha es la fijación de la Barra del Trabucador mediante una duna artificial, realizada en 1992 como respuesta a la rotura de la barra en Octubre de 1990, episodio ya comentado en el apartado 5.2.1.

Para evitar nuevas roturas de la barra, que afectaban principalmente a las salinas localizadas en la península de la Banya, se realizó primero una duna artificial de emergencia de 1 km. de longitud, con 1,5 m. de altura, 12 m. de anchura en coronación y 24 m. en la base. Ésta primera parte de la actuación fue realizada en Enero de 1991.

La obra se completó en 1992 con la prolongación de la duna anterior a lo largo de toda la barra. La duna está situada en la parte más interior de la barra, junto a la bahía, para evitar el rebase o la rotura cuando se producen sobreelevaciones. La fijación se realizó con vegetación dunar: *Elymus Factus*, *Amophila Arenaria*, *Othantus Marítima*, entre otras. Podemos ver el perfil tipo de proyecto de la duna artificial de la Barra del Trabucador en la figura 7.1.1.

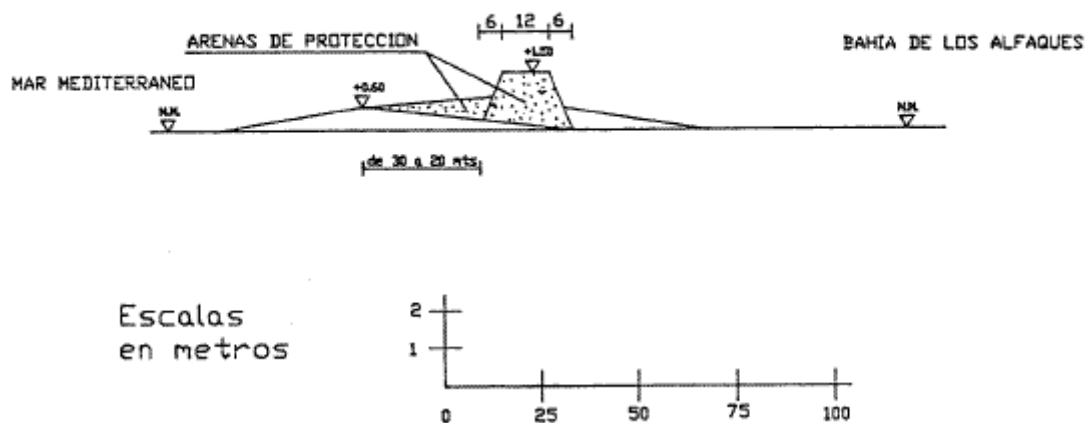


Figura 7.1.1: Perfil tipo de proyecto de la duna construida en la barra del trabucador.

Otra importante obra ejecutada en el Delta, en este caso de aspecto más medioambiental, fue el Proyecto de Restauración y Gestión integrada de la Illa de Buda. Se actuó sobre una zona de 1200 hectáreas, de las cuales 350 eran arrozales y 850 ambientes naturales. Los principales objetivos del proyecto fueron evitar la eutrofización del agua y la erosión de los márgenes del río Ebro.

Para la eutrofización se instalaron unas infraestructuras hidráulicas en los canales de desguace de los arrozales para controlar el flujo de agua desde estos a las lagunas

costeras de la Isla. En el caso de exceso de nutrientes, origen de la eutrofización, se desviaría el agua de los arrozales hacia la Gola de Migjorn.



Figura 7.1.2: Vista aérea de la Barra del Trabucador, con la península de la Banya al fondo.

Los márgenes del río se protegieron de la erosión mediante ingeniería blanda y la plantación de especies forestales de ribera.

7.2 Propuestas

Para evitar la pérdida de superficie emergida y la degradación del Delta se plantean dos alternativas de gestión del medio físico: el modelo de lucha frontal contra los agentes agresores, que en caso extremo aislaría al Delta del río y del mar, y otro modelo que intenta encauzar, manejar estas fuerzas, para que el sistema siga siendo vivo y dinámico. Por último existe la opción de dejar evolucionar al Delta, sin intervenir, hacia un nuevo equilibrio, con las afectaciones que esto podría tener desde un punto de vista social y ambiental.

Ya hemos comentado que lo óptimo es analizar el Delta de un modo global, teniendo en cuenta los distintos problemas que le afectan a la vez. Las intervenciones ejecutables pueden ser generales o suma de pequeñas acciones coordinadas. Veamos primero las actuaciones a escala de todo el Delta, para luego analizar las pequeñas intervenciones.

7.2.1 Propuestas globales.

La primera intervención a gran escala es una actuación muy radical, que situaríamos dentro de la corriente más ingenieril. Se trata de la “polderización” (llamada así por analogía a los polders holandeses), que consistiría en la construcción de diques en toda la costa del Delta (incluidas las lagunas interiores). Estos diques lo aislarían del mar y, junto a un importante sistema de bombeo y drenaje, evitarían la inundación de los terrenos que hoy lo forman, aunque éstos se encontraran por debajo del nivel del mar. El bombeo supone un gasto económico considerable y creciente en el tiempo, ya que el aumento relativo del nivel del mar no se combate, y por consiguiente la diferencia de cota (y la potencia del bombeo) crecen indefinidamente.



Figura 7.2.1.1: Noordoostpolder, polder holandés, en el que podemos apreciar los límites entre tierra y mar.

Dicho sistema se ha utilizado en los deltas del Po y del Rin, mostrándose claramente como insostenible, tanto económica como ambientalmente.

La segunda propuesta sería la contraria, es decir, la no intervención. Optaríamos por dejar evolucionar al Delta hasta un nuevo estado de equilibrio. Los deltas son sistemas muy dinámicos, gobernados por tres agentes: sedimento del río, oleaje y mareas. Desde la construcción de las grandes presas en la cuenca del Ebro el sedimento ha disminuido mucho, y las mareas están apareciendo en forma de ascenso del nivel del mar (ver página 41).

Este cambio en los agentes que dirigen la evolución del Delta hace que éste sea mucho más vulnerable ante oleaje y mareas meteorológicas. La propia costa tiende a defenderse por sí misma, adoptando una forma que disipe más energía y disminuya la erosión. Por tanto el Delta evolucionará hasta un cierto equilibrio, un punto donde ya tenga una forma que le proteja del oleaje y por tanto la velocidad de sus modificaciones sea muy pequeña.

Si analizamos los cambios de la superficie emergida en los últimos años vemos que ésta no disminuye, sino se redistribuye (ver página 57). Y podemos observar también que los cambios son cada vez menores, es decir, el Delta ya se está encaminando a una solución de equilibrio.

Ahora bien, es imposible predecir con exactitud hacia donde se dirige su evolución, y si habrá en un futuro pérdida de superficie emergida (el aumento relativo del nivel del mar parece indicar que sí la habrá). Si la redistribución del sedimento costero sigue las pautas actuales, se producirá un retroceso del frontal del Delta (Illa de Buda), se romperá definitivamente la barra del Trabucador, con lo que la península de la Banya se convertirá en isla, y se cerrará la bahía del Fangar, creándose una laguna costera.

Existen diversos problemas que debe vencer esta opción. El más importante es el diferente valor de los terrenos ganados respecto de los perdidos: mientras que los primeros serán seguramente campos de dunas y playa, entre los segundos se encontrarían arrozales, urbanizaciones y zonas de alto valor ecológico, como la Illa de Buda.

Desde el punto de vista ecológico es difícilmente asumible la pérdida de zonas como mencionada. Y en caso de terrenos privados, la administración debería compensar a los propietarios por su inundación. Además podría crearse un problema social, de despoblación del Delta, por la emigración de las personas afectadas.

7.2.2 Propuestas puntuales

Analizaremos ahora propuestas encaminadas a solucionar un determinado problema del Delta, pero que pueden a su vez tener consecuencias positivas o negativas para otros aspectos del mismo. Las propuestas que podrían resultar más beneficiosas son las relacionadas con restablecimiento del caudal sólido del río, origen fundamental de la mayoría de los problemas presentes en el Delta. Empezaremos por este punto.

- *La falta de sedimento.*

El problema más importante del Delta es la falta de sedimento, debida principalmente a la construcción de las grandes presas y a la regulación de los caudales. Una cantidad suficiente de sedimentos permitiría combatir la subsidencia y evitar el retroceso de la costa en las zonas erosionadas. El caudal sólido anual necesario para combatir el ascenso marino se ha establecido en unos 2 millones de m³/anuales (Ibáñez et al, 1999; Martín Vide, 2004). Es cerca de 10 veces el caudal sólido actual, pero sólo entre un 5 o 10 % del que presentaba el río a principios del siglo XX.

Así pues, debemos dotar al río (o directamente al Delta) de una importante cantidad de sedimentos. Lo primero que se debe resolver es de dónde se obtienen. Y la solución está bastante consensuada entre todos los expertos: aprovechar los sedimentos acumulados en los embalses de Riba-roja y Mequinena. Con esto solucionamos dos problemas: conseguimos una muy importante cantidad de material, y el de la colmatación de dos importantes embalses.

En la siguiente tabla (7.2.2.1) podemos observar una estimación de la disponibilidad de sedimento en los embalses de Mequinena y Riba-roja.

	<i>Reservas 1982</i> (x10 ⁶ m ³)	<i>Entradas 1982</i> (x10 ⁶ m ³ /año)	<i>Reservas 1997</i> (x10 ⁶ m ³)	<i>Espesor (cm.)</i>
Mequinena	96	7.5	150	57
Riba-roja	13	1.2	20	8
Total	109	8.7	170	65

Tabla 7.2.2.1: Reservas y entradas de sedimento en los embalses de Mequinena y Riba-roja. El espesor es el equivalente en grosor de las reservas de 1997 en la llanura deltaica, excluyendo la franja costera y las lagunas. Se asume una densidad seca de 1 g/cm³. (Ibáñez et al, 1999).

El problema reside en como obtener los sedimentos, trasladarlos hasta el Delta y distribuirlos de manera adecuada. Un sistema muy positivo sería poder utilizar el propio río para el transporte y distribución de los sedimentos en la llanura deltaica (Ibáñez et al, 1999 y Pla Territorial de les Terres de l'Ebre, 2001). En el Pla Territorial de les Terres de l'Ebre se sitúa en 75 mg/l el límite inferior de la concentración de sedimento en suspensión que puede transportar el río con caudales normales. Teniendo en cuenta la distribución anual de caudales del Ebro y que durante los meses de enero y febrero los canales prácticamente no llevan agua, se ha establecido en 728000 Toneladas la cantidad anual de sedimentos que, de media, se podrían incorporar al río, preferentemente en el pie del embalse de Riba-roja.

Ahora bien, dicho plan no establece ni como se deberían extraer los sedimentos del embalse, ni como se incorporarían al río. La distribución de éstos por la llanura deltaica se realizaría con los canales de riego, teniendo en cuenta que el material necesario para el interior del Delta son los limos, y el necesario para la dinámica litoral las arenas.

Otro trabajo muy interesante relacionado con el tema es el Estudio Técnico-Económico de Alternativas del Programa Para Corregir la Subsistencia y Regresión del Delta del Ebro, realizado por el profesor de la Univeristat Politècnica de Catalunya Juan Pedro Martín Vide en 2004 (Martín Vide, 2004). En el se contemplan distintas opciones para devolver al río su función de transportar material hacia el Delta, con sedimentos procedentes de los embalses.

Las diversas alternativas para recuperar el material sedimentado en los embalses y llevarlo al otro lado del sistema de presas son las siguientes.

- La primera, y de la que hablaremos más adelante al ser la óptima, es el arrastre controlado con bajo nivel de embalse y apertura de desagües de fondo o flushing.
- El transporte con barcazas o gánguiles en los embalses.
- El transporte con tubería a presión, ya sea con bombeo o por gravedad.
- Transporte por carretera o ferrocarril.

Se llega a unos precios aproximados de transporte (tabla 7.2.2.2), sin tener en cuenta la extracción, que debería realizarse mediante dragado mecánico o por succión con bomba.

	<i>Mequinzenza</i>	<i>Riba-roja</i>	<i>Flix</i>	Coste adicional
Gánguil	5.5	2.3	0.90	Cruce de presas
Carretera	29.2			Muelles
Carretera	12.2			Muelles
Ferrocarril	-			Derivación, muelles
Tubería sin bombeo	3.6	1.4	0.57	Cruce de presas por desagüe
Tubería con bombeo	4.9	1.0	0.38	
Arrastre controlado	-	0.54	-	

Tabla x: Costes de transporte de sedimentos en euros/m³. Sin tener en cuenta la extracción artificial (Martín Vide, 2004).

Vemos que el sistema más económico es el flushing o arrastre controlado, seguido de la tubería con bombeo, que sería competitiva si estuviera situada en el embalse de Riba-roja. A esta segunda opción debería añadirse el coste de la extracción de sedimento, que se sitúa alrededor de los 10 euros/m³, lo que nos sitúa el flushing claramente como la mejor opción.

El flushing o arrastre controlado consiste en aprovechar la fuerza del agua para arrancar los sedimentos de los embalses y hacerlos salir por los desagües de fondo. Para ello

debemos vaciar el embalse, con lo que el flujo de agua que por él circula aumenta su velocidad y forma un cauce excavando en los sedimentos presentes. El agua y el material erosionado se dirigen hacia aguas abajo de la presa a través de los desagües de fondo.

Tal “limpieza” debería realizarse con cierta periodicidad, y podría ver incrementada su eficacia con la colaboración de medios mecánicos que permitieran la creación de nuevos cauces o la excavación e incorporación del material extraído al flujo de agua.

Dicho sistema se ha usado con más o menos éxito en diversas partes del mundo, destacando los trabajos realizados en China (Martín Vide, 2005). Su aplicación al embalse de Riba-roja parece plausible, es más, sus características parecen muy adecuadas para que el flushing consiga un alto transporte de sedimentos. Su conveniencia o no se analiza en el Estudio de Aplicabilidad del Arrastre controlado de Sedimento en el Embalse de Riba-roja (Martín Vide, 2005).

Las ventajas del flushing en el caso del Delta son varias. La primera es su reducido o nulo coste en infraestructuras. También debe destacarse que se conseguirá una gran erosión de material por la forma estrecha del cauce y la posibilidad de formación de cauces secundarios asociados a los ríos Cinca, Segre y Matarranya, que desembocan en el embalse. Finalmente destacar que la presencia de Mequinzenza aguas arriba permite controlar los caudales que circularán durante la operación.

Por contra, para realizar el flushing debe vaciarse el embalse, lo que interrumpe la producción hidroeléctrica de la central (con la consecuente indemnización para la compañía eléctrica), los usos recreativos del embalse y el abastecimiento de agua en diversos puntos.

Otro aspecto que debe tenerse en cuenta, tanto para el arrastre controlado como para los demás sistemas de incorporación de sedimento al río, es la posible influencia del aumento del caudal sólido sobre la fauna y flora del río, sobre las obras de toma aguas abajo (Ascó, Xerta), y sobre los elementos reguladores presentes en los canales de riego del Delta, que se encargarían de distribuir el sedimento por toda la llanura deltaica.

Armand Vilalta, en su Tesina Restauració del Delta de l'Ebre II Recuperació dels lloms dels grans embassaments del tram final de l'Ebre, profundiza más sobre las opciones para restaurar parte del caudal sólido del río.

- Retroceso de la costa

El proceso de remodelación costera en el Delta del Ebro es un hecho, que puede verse agravado por el ascenso relativo del nivel del mar.

Anteriormente ya hemos visto que en la actualidad la superficie emergida del Delta se mantiene más o menos constante, debido a que las zonas erosionadas se equilibran con las zonas sedimentadas. Aunque no tengamos en cuenta el RSLR, debemos pensar si el valor socioeconómico y ecológico de las zonas que se pierden y se ganan es el mismo. Teniendo claro que la primera opción es siempre la de recuperar el caudal sólido del río,

por si esto no es posible debemos considerar dos posibles estrategias de gestión de la remodelación costera:

* Mantener la actual superficie deltaica mediante obra dura o con dragado de material de las zonas de sedimentación a las zonas erosionadas. Es la solución por la que parece optar la administración, ya que tanto el Pla Territorial de les Terres de l'Ebre como el Plan Integral para la Protección del Delta del Ebro contemplan este tipo de soluciones.

* Adoptar una estrategia adaptativa, es decir, adaptarse al reequilibrio costero. En Jiménez (1996) podemos observar que los cambios en la costa del Delta son muy inferiores en el período 73-89 que en el período 57-73, es decir, tras el desequilibrio que resultó la construcción de las grandes presas del río Ebro se busca una forma estable, que parece próxima. Esta estrategia pretende guiar la costa a un equilibrio que no perjudique en demasía tanto a sociedad como a medio ambiente. Para ello debería aplicarse la Ley de Costas para ir readaptando el límite de la zona marítimo-terrestre, y compensando a quien se viera perjudicado por la erosión. Según Ibáñez et al (1999), con la compra de una pequeña extensión de arrozales conseguiríamos solucionar el problema durante unos 50 años. Debe decirse que aquí, a diferencia de la estrategia de no intervención, sí que se plantean pequeñas soluciones para guiar el desarrollo del Delta (como la protección de zonas específicas).

Tanto una como otra se verían sobrepasadas si se diera un importante ascenso relativo del nivel del mar. Entonces, si quisiéramos mantener la línea costera, nuestras únicas opciones serían grandes aportaciones externas de sedimento o polderización.

Dentro de la primera estrategia, las obras que se podrían realizar son muchas: escolleras de protección de zonas erosivas, muros de protección, espigones perpendiculares, diques exentos, alimentaciones con arena,...

El Plan Integral de Protección del Delta del Ebro, realizado en 2003, opta por este tipo de soluciones, diferenciando entre problemas a corto plazo (impacto de tormentas) y a medio plazo (erosión costera).

Respecto al impacto de tormentas, el Plan ve dos posibles soluciones, que pueden llevarse a cabo solas o en combinación:

- Actuar sobre la playa, aumentando su capacidad de respuesta ante el impacto de tormentas. Consiste en aumentar el ancho de la playa, así como la cota del cordón de dunas posterior. La playa puede crecer hacia delante mediante la aportación de material, o hacia atrás, absorbiendo parte de las actividades que se realizan en su zona trasera. La duna serviría como reserva de sedimento para la playa durante el temporal.

- Actuar sobre el oleaje, es decir, conseguir que la tormenta perdiera fuerza antes de llegar a la playa. Para ello se usarían diques sumergidos o emergidos, que fueren la rotura del oleaje y limiten la altura de ola máxima que llega a la playa. El problema de los diques es que no solo influyen sobre la zona a proteger, sino que su influencia llega también a las zonas vecinas, por lo que una actuación con diques obligaría a implementar estas estructuras de forma continua a lo largo de toda la costa del Delta.

Esta influencia sobre tramos vecinos es mayor en el caso de diques emergidos que en sumergidos, que solo influyen en las alturas de ola más elevadas.

El Plan localiza estos problemas de erosión a corto plazo en las siguientes zonas:

- Playa de la Marquesa – Pal – Bassa de l’Arena.
- Zona del Niño Perdido – Riumar.
- Zona entre Migjorn y Alfacada.
- Playa del Trabucador.
- Illa de Buda.
- Desembocadura.

La actuación que se recomienda es la ampliación del ancho de playa hasta entre 150 y 300 metros (con lo que se soluciona el problema por 50 a 150 años), y una duna de unos 2 metros de altura, fijada mediante vegetación. Se propone empezar las actuaciones en la playa de la Marquesa, en el Hemidelta Norte.

También se proponen medidas para la Barra del Trabucador. Esta se veía afectada por sucesos episódicos y fue protegida en 1992 con una duna artificial. Pero esta duna ha frenado los procesos naturales de una costa barrera, y su uso recreativo la ha deteriorado paisajísticamente.

La actuación recomendada es una eliminación de los restos de la barra artificial, compensados con una aportación de arenas, que favorezca la dinámica natural de la Barra. También se debería eliminar el camino presente y sustituirlo por una pista de arena que no suponga un obstáculo al paso de sedimento. Finalmente una limpieza de la playa y la recogida de restos y escombros de las antiguas áreas de servicio y escolleras presentes en la Barra.

Respecto a la erosión a medio plazo, el Plan Integral de Protección del Delta del Ebro contempla tres soluciones básicas posibles, también aplicables por si solas o en combinación:

- Eliminar el origen del problema, el gradiente de transporte de sedimentos. Para ello debería alterarse el oleaje incidente con obras duras. El problema surge al ser el Delta una costa ininterrumpida, por lo que las estructuras costeras deberían extenderse a otras zonas originariamente no problemáticas, pero que podrían pasar a tener nuevos problemas de erosión. Dichas obras también tienen el inconveniente de un gran impacto paisajístico.
- Eliminar los efectos del problema, la falta de sedimento en un determinado tramo. Se haría mediante la aportación de material sedimentario, con un volumen de arena de la misma magnitud del que se pierde. No tiene ningún impacto ambiental, ni se altera la

forma de la costa, pero es claramente insostenible: un gasto considerable que además debe repetirse cada cierto tiempo.

- La última solución sería detener la erosión mediante defensas longitudinales en la zona que deseamos proteger. Dejaríamos que se fuera perdiendo un ancho de playa, hasta que la costa llegara a nuestra defensa. Perderíamos zona emergida, y cuando el oleaje golpeará directamente a la protección, se verían afectadas las zonas próximas.

Los autores del Plan se decantan por la alimentación de material a las zonas erosionadas: la Illa de Buda, la Playa de l'Alfacada y la Playa de la Marquesa. La cantidad estimada de material necesario es de 350000 m³/año, de los cuales 100000 corresponden a la Playa de la Marquesa y 250000 a la Illa de Buda y la Playa de l'Alfacada.

Las zonas de extracción de material serían áreas donde actualmente se acumula sedimento y están más cerca de las zonas de vertido: la Punta del Fangar y la zona de la desembocadura. De la Punta del Fangar se extraerían los depósitos que tienden a cerrar la bahía, mientras que de la desembocadura se utilizaría el presente en la flecha en el ápice de la Illa de Sant Antoni y también los bancos de arena sumergidos que se forman en el área. Si dichos recursos se agotaran, quedaría material disponible en la Punta de la Banyà, en el Sur, aunque queda más alejado de las zonas a tratar. Podemos verlos en la figura 7.2.2.3.

Las ventajas de esta opción pasan por ser una solución flexible, que no modifica el borde costero, no varía las condiciones ambientales de la zona, y el material se mantiene, ya que gran parte del sedimento que depositamos vuelve a la zona de extracción tras erosionarse. Además, frenamos el posible cierre de la bahía del Fangar, un problema que puede agravarse en los próximos años y que tendría un importante impacto en las actividades de la bahía. Ahora bien, como se ha comentado anteriormente, se trata de una solución no sostenible ya el dragado debería repetirse cada cierto tiempo.

Otra actuación importante, que se contempla desde hace bastantes años, es la desviación de la desembocadura actual del río. Esto debería reducir la erosión en la zona de Cap Tortosa y mejorar el reparto de los sedimentos procedentes del río. Boer et al (1994) analizaron los aspectos físicos, ambientales y económicos de la desembocadura actual, la gola Este y la gola de Migjorn, llegando a la conclusión que si la gola Este se reabriera se reduciría la erosión en un 12 %, pero se perdería la zona del Garxal, de gran interés ambiental. En la actualidad los expertos consideran que la mejor opción es el mantenimiento de la desembocadura actual.

Un último problema al que se han planteado soluciones es la disminución del calado en la desembocadura, que se presenta en verano e imposibilita la navegación. Para evitarlo Delft Hydraulics en 1994 propuso la construcción de un espigón de 420 m. de longitud asociado al margen derecho de la actual desembocadura y con orientación NNE. Pero dicho espigón podría favorecer la regresión del litoral deltaico situado al Norte del espigón. Se puede solucionar periódicamente mediante el dragado del material a zonas e pérdida neta de sedimentos.

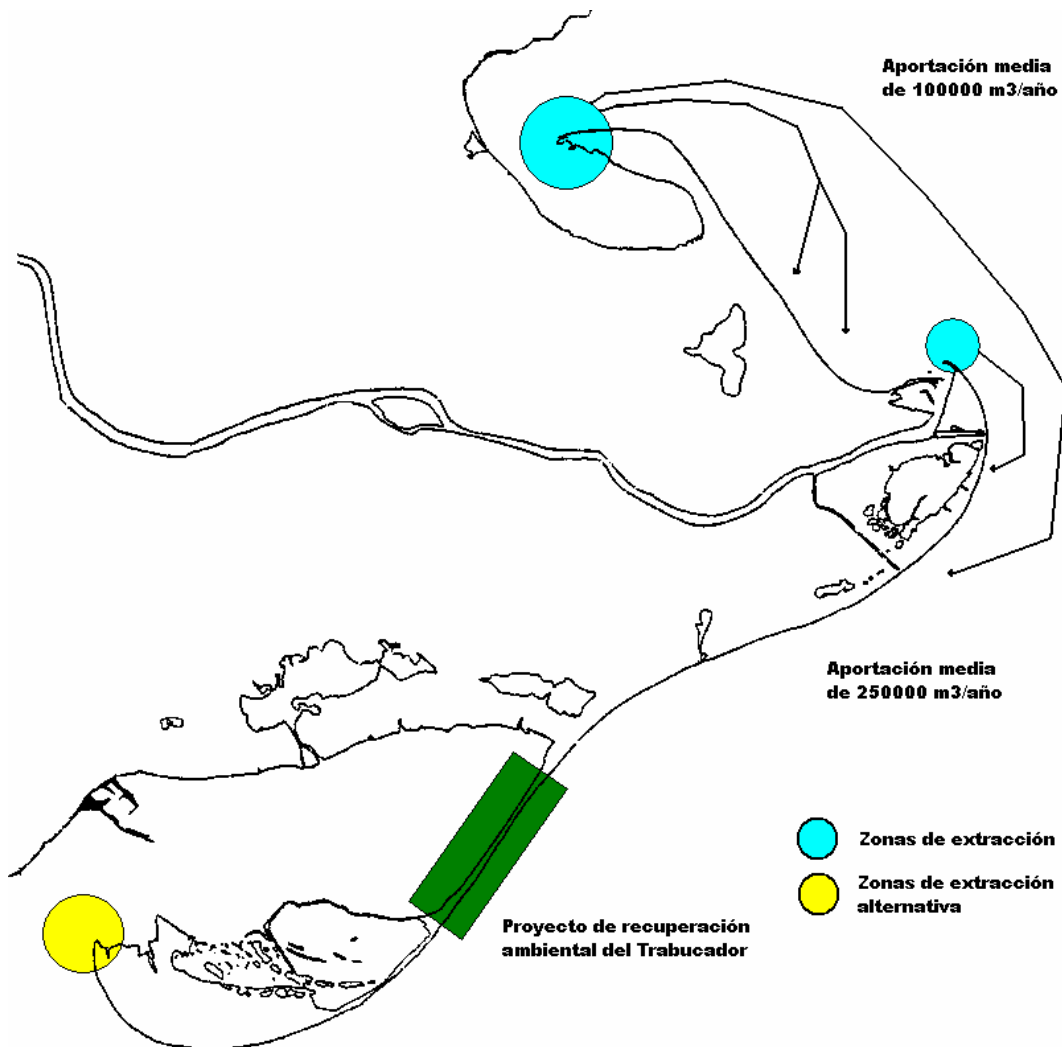


Figura 7.2.2.3: Zonas de extracción y de vertido de sedimento propuestas por el Plan Integral de Protección del Delta del Ebro como solución a la erosión a medio plazo, junto con el proyecto de recuperación ambiental de la barra del Trabucador, problema a corto plazo.

- Subsistencia y ascenso relativo del nivel del mar

La subsistencia y las consecuencias del ascenso relativo del nivel del mar están directamente relacionadas con la disminución del transporte de sedimentos del río. Ya hemos visto las propuestas para recuperar parte del caudal sólido antes existente en el río, pero existen alternativas por si la recuperación no es viable.

Una primera y muy interesante, presente en el Plan Integral de Protección del Delta del Ebro, sería aumentar la cantidad de humedales presentes, ya que estos generan sedimentos orgánicos y favorecen la producción de turba. Es decir, ganaríamos cota por la acumulación de restos vegetales y animales, no de sedimento inorgánico. Las zonas que deberían convertirse de nuevo en humedal serían preferentemente las que más recientemente pasaron a ser campos de cultivo. Con ello no solo combatimos la subsistencia, sino que también mejoramos la calidad ambiental de la zona.

Para llevarse a cabo la administración debería comprar los terrenos que se desea convertir en marismas, naturalizarlos (eliminar caminos, casetas, etc.) y dejar que la naturaleza los invada. Un proceso parecido, aunque sólo con función ambiental, no para ganar cota, se está realizando en el parque de Doñana, dentro del plan Doñana 2005.

Otra opción que debería estudiarse sería el aprovechar los limos presentes en el fondo de las bahías para rellenar las zonas más bajas de la llanura deltaica.

- *Cuña salina, eutrofización y anoxia*

Como ya hemos comentado al hablar de los distintos problemas del Delta, la presencia de la cuña salina es un fenómeno natural, que aporta diversidad y riqueza biológica, siempre que la cuña varíe su posición durante el año (si se estanca aparece el problema de la anoxia). Debido a la regulación que ejercen la gran cantidad de presas en la cuenca, los caudales son bastante constantes. Debe decirse que la demanda eléctrica hace variar los caudales turbinados por los embalses constantemente, pero son variaciones pequeñas que no modifican la posición de la cuña salina, ya que ésta tiene gran inercia.

Para luchar contra los efectos adversos que provoca la persistencia durante un largo período de tiempo de la cuña salina aguas arriba de la desembocadura, se debe fijar un caudal mínimo de estiaje, además de episodios periódicos de mayor cantidad de agua.

El Plan Hidrológico Nacional elaborado bajo el mandato del Partido Popular establece un caudal ecológico mínimo de 100 m³/s. El Plan Integral de Protección del Delta del Ebro considera que dicho caudal es suficiente para los requerimientos del Delta, pero otros autores (Ibañez et al, 1999) creen que dicho caudal no tiene en cuenta las necesidades de las lagunas costeras, las bahías y la zona marina próxima al Delta. El agua de las lagunas debe renovarse mínimamente para evitar períodos de anoxia o excesiva eutrofia. Debería establecerse el grado de salinidad idóneo para cada laguna, y a partir de ello fijar unos caudales mínimos.

También necesitan un mínimo desagüe de agua dulce las bahías, para garantizar una renovación y productividad suficientes, y evitar también situaciones de anoxia. Además, el agua dulce juega un papel muy importante en el cultivo de mejillones que se realiza en la zona, ya que permite refrigerar el agua hasta una temperatura soportable por los mejillones, que se ha calculado en 22° C. La temperatura del agua del mar en verano puede llegar a ser superior, por lo que la llegada de agua fresca procedente del río se hace imprescindible. Otra solución para evitar la anoxia en las bahías, complementaria a la anterior o en solitario, sería mejorar la conexión de estas con mar abierto, para que la renovación pudiera ser con agua salada.

Pero incluso garantizar un caudal ecológico de 100 m³/s puede resultar bastante complicado, si tenemos en cuenta los caudales de algún año seco (como por ejemplo 1989-90) y los trasvases que proponía el derogado Plan Hidrológico Nacional.

Ahora bien, el hecho de tener un caudal mínimo sólo nos garantiza que la cuña no avanzará demasiado, pero no que se renovará el agua de la cuña. Para ello debería conseguirse un caudal bastante elevado durante un cierto período de tiempo. El Plan Integral de Protección del Delta del Ebro propone 2 caudales regeneradores: uno en primavera de 600 m³/s durante 36 horas y un segundo en otoño de 1200 m³/s durante 48 horas.

Para conseguir estos caudales la administración debería llegar a un acuerdo y compensar económicamente a las compañías propietarias de los aprovechamientos hidroeléctricos de Mequinenza y Riba-roja, que son las que deberían abrir compuertas y dejar pasar el agua.

En el caso de no poder evitar la entrada de la lengua salina en el río (si no ha funcionado o no es posible ninguna de las soluciones anteriores) se ha estudiado también la posibilidad de utilizar una barrera antisal. Estas son estructuras construidas en el río con la suficiente altura como para detener la cuña salina.

Existen de varios tipos. El más sencillo es el de una barrera fija, con un dique sumergido, de tierras o escollera, como la que existe desde el año 1999 en el Delta del Mississipí, a 103 km. de su desembocadura. Allí, el río tiene una pendiente muy escasa, y muchos km. de su lecho quedan por debajo del nivel del mar. Esto había afectado al abastecimiento urbano, incluso al de la ciudad de Nueva Orleans. Con la barrera se solucionó el problema de la salinización en el abastecimiento de agua potable. Podemos ver un esquema de la barrera antisal del río Mississipí en la figura 7.2.2.4.

Estas barreras tienen la ventaja de que son efectivas, sencillas y baratas, pero por contra pueden provocar el estancamiento de la cuña aguas abajo, lo que agrava allí la anoxia.

Otro tipo de barreras son las móviles, que se pueden dividir en pasivas y activas. Las pasivas están gobernadas por la acción del río y de la cuña salina, es decir, si baja mucho caudal por el río, con lo que la cuña retrocede, la barrera baja. En cambio, si el caudal del río es muy pobre, la barrera sube para evitar el avance de la cuña. Tiene la ventaja de ser eficaz, bastante simple de instalación y manutención, impacto visual muy bajo y posibilidad de desmontaje en avenidas o cuando no es necesaria. Por contra, provoca también el estancamiento de la cuña, permite una gestión muy poco flexible (o todo nada), puede funcionar mal con elementos flotantes y lodos y puede ser arrastrada por una avenida.

Un ejemplo de barrer móvil pasiva es la del río Po, que consiste en unas clapetas que actúan con el caudal. Se han instalado en 3 de sus brazos, y se estudia ampliar su uso debido al éxito obtenido.

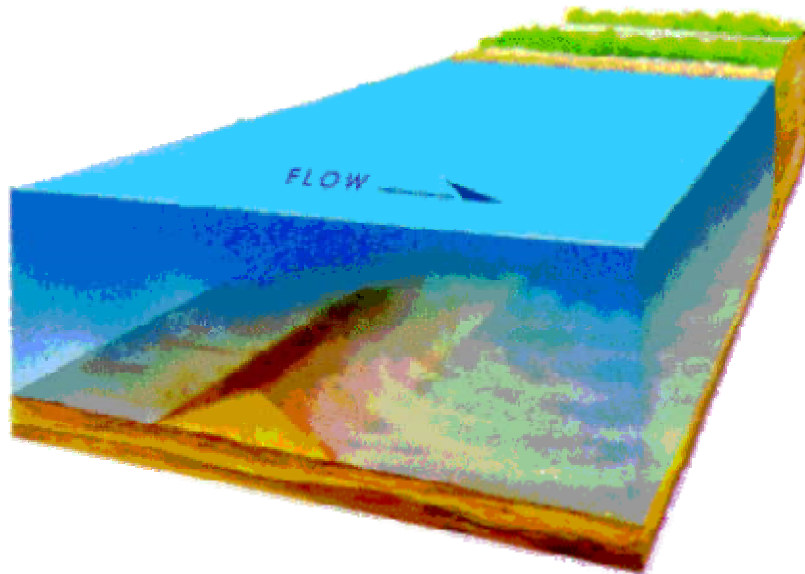


Figura 7.2.2.4: Barrera antisal en el río Mississippi. Es un dique sumergido situado a 103 km. de la desembocadura. Debe reconstruirse aproximadamente cada 5 años.

Por último tenemos las barreras móviles activas. Existen dos versiones: una primera consistente en un dique hinchable, que se llena de aire a voluntad del gestor para evitar la penetración de la cuña. Tiene el problema de su poca estabilidad en lecho móvil. Por otro lado, están las compuertas móviles, que se abren o cierran a voluntad. Su problema es su elevado impacto visual, como podemos observar en la figura 7.2.2.5, una fotografía de la barrera móvil activa del río Neches, en Estados Unidos.



Figura 7.2.2.5: Barrera antisal en el río Neches. Cuenta con un paso lateral para embarcaciones. Es una de las pocas barreras antisal de compuertas presentes en el mundo, ganadora del premio al mejor proyecto de restauración ambiental en 2003 por el US Army Corps of Engineers.

En el caso de que deseara aplicarse en el Delta del Ebro, se escogería una barrera móvil activa con compuertas sumergidas tipo clapetas. Sería necesario la colocación de una primera a 5,5 km. aguas arriba de la desembocadura principal, con una complementaria más pequeña en la gola de Migjorn. Esta barrera reduciría el efecto de la cuña en un 75%, permitiría la gestión de la misma, disminuiría la salinidad de los terrenos agrícolas

del Delta y los pozos cercanos al río, y podría utilizarse como puente entre ambas riberas. Por contra, su impacto visual sería enorme.

Como la salinidad en el Delta es algo natural, no tiene porque combatirse, excepto, eso sí, si conlleva procesos de eutrofización y anoxia. Por lo tanto parece que simplemente con un caudal mínimo y unos caudales de regeneración un par de veces al año es suficiente para evitar los problemas derivados de la salinidad.

- Conservación del patrimonio natural

Las marismas y humedales del Delta son espacios naturales de un elevado interés, como hemos podido ver en el apartado 3.6. Deben, por lo tanto, tomarse las medidas necesarias para el mantenimiento e incluso la mejora de las condiciones ambientales del Delta. Estas medidas, más centradas en temas biológicos, quedan fuera del ámbito de esta Tesina. Ahora bien, para obtener abundante información sobre el tema, se recomienda el libro *Plan Delta XXI: directrices para la conservación y el desarrollo sostenible en el Delta del Ebro*, de la Sociedad Española de Ornitología, cuya referencia se encuentra en la bibliografía.