

---

# *Premio Marcel Brú i Turull de Ingeniería Ambiental*

---

*Octava Edición  
Curso 2010-2011*



○○○  
○○○  
○○○  
UPC

*Asignatura de Ingeniería Ambiental*

*ETS de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos  
Universidad Politécnica de Cataluña*

*Barcelona, abril de 2011*





El acto de entrega del Premio “Marcel Brú i Turull” de Ingeniería Ambiental, en su 8ª Edición del curso 2010-2011, tuvo lugar en la Aula A2-001 del Campus Nord de la Universitat Politècnica de Catalunya, el miércoles 6 de abril de 2011.

El acto fue presidido por el Prof. Rafael Mujeriego y contó con la participación del Sr. Pep Torres, inventor y director del Museu de les Idees i els Invents (MiBa), que pronunció una conferencia con el título de “No hi ha res impossible”, de Vicenç y Emi, padres de Marcel, de varios amigos de la familia y de numerosos alumnos de Ingeniería Ambiental del curso 2010-11 y anteriores.

El Comité de Selección de los premios incluyó un total de 7 personas: los alumnos del Comité Técnico de Ambient 2011, Alba Baños, Ana Cuartero, Diego Gómez, José María Díaz, Mar Tegido y Roser Marré y el Prof. Rafael Mujeriego.

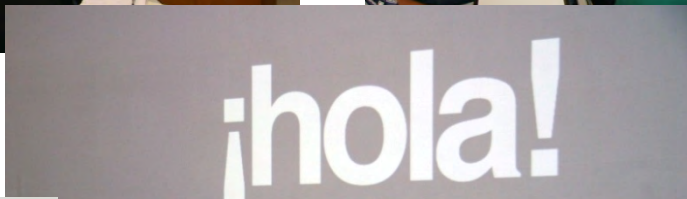
El premio fue otorgado a los alumnos David Maestro Sáez y Manuel Villaroya Marquina por la redacción del trabajo titulado “Centrales solares con almacenamiento con sales” que fue entregado por Emi Turull.

Prof. Rafael Mujeriego  
Abril de 2011.









Invitados, alumnos y alumnas premiados y organizadores del Premio "Marcel Brú i Turull" de Ingeniería Ambiental, en su 8ª edición del curso 2010-2011. Reportaje fotográfico amablemente realizado por Ceferino Robledo.





# Premio Marcel Brú i Turull de Ingeniería Ambiental, curso 2010-2011

## **CENTRALES SOLARES CON ALMACENAMIENTO CON SALES**

David Maestro Sáez

Manuel Villarroya Marquina

### RESUMEN

Las centrales solares son una fuente de energía limpia y renovable, pero presentan un gran inconveniente: su producción es instantánea, y ello conlleva discontinuidad en la conducción de energía a la red. Los depósitos de sales fundidas son una interesante solución a este problema, pues homogeneizan la producción a la par que prolongan los periodos de generación.

Les centrals solars són una font d'energia neta i renovable, però presenten un gran inconvenient: llur producció és instantània, i això comporta discontinuïtat en la conducció de l'energia a la xarxa. Els dipòsits de sals foses són una interessant solució a aquest problema, puix que homogeneïtzen la producció a la vegada que perllonguen els períodes de generació.

### INTRODUCCIÓN

La generación y obtención de energía eléctrica es, ahora mismo, un problema de repercusión global. El mundo actual necesita de este tipo de energía para desarrollar sus diferentes actividades económicas y sociales. Además, dada su elevada demanda, es de una importancia crucial la sostenibilidad en su producción. En este contexto, las centrales solares térmicas se presentan como unas grandes generadoras renovables, que usan el calor de los rayos solares como fuente térmica. Pero dado que la producción de energía eléctrica es instantánea, el principal problema de este tipo de centrales es la dependencia directa de los periodos de radiación del sol para generar electricidad (si luce el sol, se produce energía; si el cielo se nubla o cuando se pone el sol, no). De este modo, es costoso gestionar y coordinar la producción de energía eléctrica con su demanda, ya que ambos conceptos varían de manera independiente a lo largo de un mismo día.

Una solución a este problema son las plantas de almacenamiento con sales. Estas centrales son capaces de almacenar energía térmica sobrante

durante el día, y de usarla en momentos de baja intensidad solar para continuar con la producción de electricidad. A continuación se presenta el caso de la planta Andasol I en Granada, pionera a nivel mundial en cuanto a tecnología comercial de estas características.

### OBJETIVOS

En este trabajo se intentará explicar la realidad de las centrales termosolares con almacenamiento con sales: su funcionamiento, principales ventajas e inconvenientes, las franjas de producción... En particular, se seguirán estos puntos:

1. Funcionamiento de una central termosolar convencional y con acumuladores salinos.
2. Franjas en que se produce energía en ambas centrales.
3. Facilidades de gestión que aporta el sistema de acumulación por sales.
4. Perspectivas de futuro en el sector.

### FUNCIONAMIENTO

Una central solar térmica convencional basa su funcionamiento en el aprovechamiento de la energía de la radiación solar para calentar un fluido, el cual, conducido por unos tubos, intercambia calor con el llamado *ciclo de vapor* (conjunto de tuberías por las que circula vapor de agua a alta presión). Este vapor se usa para mover una turbina, que a su vez actúa sobre un alternador, el cual genera una corriente eléctrica que se suministra a la red.

Este sistema turbina-alternador es el utilizado en la mayoría de centrales generadoras para convertir la energía primaria en eléctrica. Para que su funcionamiento sea efectivo, se necesitan temperaturas elevadas para mantener el ciclo de vapor (en el rango de 300-400 °C). Para ello, se concentran los rayos solares mediante espejos enfocados bien hacia una torre central, bien hacia una tubería local que recorre los espejos y por la que circula un fluido térmico (en ocasiones agua, pero por lo general aceites sintéticos, que

permiten trabajar con mayores temperaturas). Este fluido intercambia calor con el ciclo de vapor, manteniéndolo a una temperatura suficiente para que haga funcionar el grupo turbina-generator.

En el caso de una central con almacenamiento salino, el campo solar es mayor que el de una central termoeléctrica tradicional. La energía térmica sobrante acumulada en momentos de máxima insolación se invierte en calentar grandes tanques de sales fundidas. Mientras que una central térmica convencional pararía su producción o usaría un quemador de fuel o gas auxiliar si disminuyese la radiación solar, en este tipo de central es posible continuar generando electricidad, aprovechando la energía térmica acumulada en las sales fundidas.

Esta tecnología de acumulación con sales ha sido desarrollada durante los últimos veinte años en la central Solar Two de Barstow, California; esta instalación se ha constituido en referencia para el diseño de posteriores centrales de acumulación, como es el caso de Andasol I.

El complejo de Andasol (Guadix, Granada), en el que se han invertido 260 millones de euros, es el primero del mundo en implantar esta tecnología en una central eléctrica comercial. Se trata de una central solar térmica con una turbina de potencia nominal de 50 MW, que cuenta con un extenso campo solar de colectores cilindro-parabólicos en serie; la tubería recorre el campo, de 510.120 m<sup>2</sup> de superficie, mientras los colectores van aumentando la temperatura del fluido térmico que por ella circula. Este fluido intercambia calor en dos ciclos diferentes: uno en el que lo hace con las sales fundidas y otro con el vapor que atraviesa la turbina.

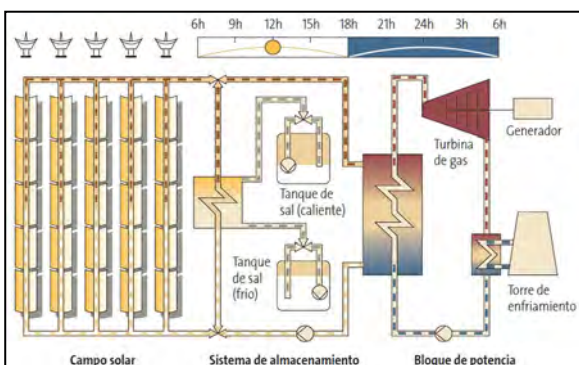


Figura 1. Esquema de la central Andasol I.

Respecto a las sales, se trata de un compuesto formado por un 60% de  $\text{NaNO}_3$  y un 40% de  $\text{KNO}_3$ , con punto de fusión en 221 °C. La masa de sales (28.500 tm en total) está repartida en dos depósitos conectados, un tanque frío a 290 °C y otro caliente a 390 °C, e intercambia calor con el fluido al pasar de uno a otro mediante

bombas. La energía térmica que el sistema es capaz de almacenar es de 1.010 MWh.

Con un conjunto de válvulas y bombas, se puede gestionar por qué ciclos circula el fluido térmico. Así pues, en momentos de máxima insolación éste transmite calor al vapor y a las sales, mientras que en periodos de baja irradiación son las sales fundidas las que calientan el fluido a una temperatura suficiente para que este, a su vez, pueda mantener la temperatura del vapor. La flexibilidad aportada por esta reversibilidad del sistema es una característica importantísima de cara a la gestión del suministro eléctrico de la central.

## HORARIO SOLAR

La central comienza su funcionamiento con la salida del sol. Los rayos solares inciden en los espejos, que redirigen su luz hacia los tubos en los que se calienta el fluido térmico.

Las horas de irradiación y la intensidad de las mismas varían según la latitud en que se encuentra la central: a mayor proximidad con el Ecuador terrestre, mayor irradiación. También influye la época del año, naturalmente: en verano hay más horas útiles de radiación que en invierno.

En una central como Andasol I, las horas de generación directa por radiación (sin tener en cuenta la energía generada por los depósitos) rondan las 6-7 en invierno, mientras que en verano se alcanzan las 12-14. Es en ese contexto en el que sale a relucir la utilidad de los depósitos de sales: mientras que en una central solar convencional el campo solar genera energía exclusivamente para suministrarla a la red, en las centrales con acumuladores salinos una parte del calor se almacena en estos depósitos. Así se produce en paralelo una reserva de energía, disponible en todo momento para ser introducida en la red.

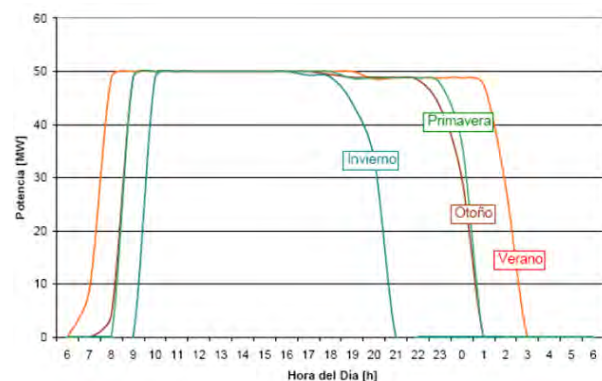


Figura 2. Franjas productivas según estación.

En periodos de mayor insolación la capacidad de reserva de las sales puede alcanzar las 7,5 horas de operación con la turbina a plena carga (50 MW). Esto, en la práctica, añadido a las horas de generación solar directa durante el día, permite que la planta produzca electricidad durante 18-20 horas en verano y 8-10 en invierno, lo que suma un total de 3.644 horas de operación anuales; de las cuales la energía debida a la aportación de los acumuladores representa el 35% del total generado.

## VENTAJAS DE GESTIÓN

El principal punto a favor (y seguramente el de mayor vistosidad) de las centrales de acumulación con sales es la posibilidad de «producir energía por la noche». Los depósitos de sales almacenan energía durante el día, y parte de ella se utiliza para cubrir los “baches” de producción, pero la gran mayoría se queda en reserva. ¿Y cuando se pone el sol? Entonces se activa el circuito de las sales, y éstas transmiten el calor acumulado al fluido térmico. Así, en horas en que la generación de electricidad sería impensable para una central solar tradicional, las centrales con tanques de acumulación continúan suministrando energía proveniente del sol.

Se trata de un gran paso adelante para las centrales solares. Si su gran limitación, inherente a su naturaleza (la producción de energía eléctrica sólo es posible si se sigue el horario solar), se ve superada en gran medida gracias al sistema de acumulación, el modelo de generación eléctrica solar gana enteros frente a sus competidores.

Otra de las ventajas importantes que el sistema de acumulación aporta es la estabilidad: la seguridad de saber que se dispone en todo momento de un sistema secundario de generación que no se ve afectado por periodos de cielo nublado o lluvia, y que permite seguir suministrando electricidad de forma continua. La Red Eléctrica de España (REE) clasifica Andasol I como una central eléctrica con «generación previsible de energía». Esto significa que, a diferencia de las centrales solares convencionales u otro tipo de renovables (p.ej. las centrales eólicas), la generación de electricidad se presupone estable; gracias a los depósitos salinos, no hay baches en el suministro de la electricidad.

De hecho, para superar dichos baches, la gran mayoría de centrales solares tienen un sistema generador alternativo, por combustión de fuel o gas natural, para producir energía en estos casos en que la radiación no basta para activar el ciclo de vapor. Desde la perspectiva medioambiental, los depósitos de sales constituirían una

alternativa a los quemadores auxiliares integrada en el ciclo solar (no se dependería de una fuente externa, la producción sería 100% de origen solar) y mucho más ecológica, pues no se emitiría CO<sub>2</sub>, ya que no habría consumo de combustibles fósiles. Se estima que la producción anual evitada de CO<sub>2</sub> por la central Andasol I es de 152.000 tm.

También desde el punto de vista económico se aprecian ventajas significativas en el modelo con acumuladores: mientras que la producción es continua en el caso de las centrales tradicionales, y toda la energía producida se vierte en la red o se pierde, en las centrales con acumulación se dispone de una opción adicional: guardarla en reserva. Así, según la demanda de cada momento, los operadores pueden elegir si suministrar electricidad a plena carga o si es más interesante almacenar energía (p.ej. porque haya excedentes en ese momento). De esta manera, la flexibilidad en la distribución permite al distribuidor jugar con los precios del kWh (la remuneración por la energía aportada a la red es diferente según el momento del día).

## PERSPECTIVAS DE FUTURO

El estudio 'MED-CSP', realizado por el Centro Alemán de Aeronáutica y Aeroespacial (DLR), se muestra bastante optimista respecto al papel que pueden desempeñar las centrales térmicas solares a medio y largo plazo, que de forma progresiva irán adquiriendo un peso específico mayor en el panorama mundial de producción de electricidad.

A mediados de este siglo, se espera haber reemplazado la mayoría de centrales eléctricas operadas con combustibles fósiles por centrales renovables. Mientras tanto, con el objetivo de reducir emisiones de gases contaminantes (CO<sub>2</sub> principalmente), es deseable integrar de forma paulatina tecnología termosolar en las centrales eléctricas convencionales. Se crean, así, plantas híbridas que usan quemadores de recursos fósiles a la vez que aprovechan la radiación solar, en lugar de centrarse exclusivamente en la combustión como principal fuente de energía.

En la actualidad, las centrales térmicas solares, del mismo modo que otras productoras renovables, necesitan subvenciones para asegurar su rentabilidad. Eso es debido a que su producción aún no se ha generalizado, y en ocasiones los costes económicos (aun contando el peso de las tasas e impuestos ecológicos) todavía son mayores en el caso de las renovables que en el de la fósil. No obstante, se espera que en 2025 la situación se haya revertido. Las causas de este cambio serían un aumento en la demanda energética renovable (la cual conllevaría una

reducción de costes de componentes), producida por la escasez de recursos fósiles y los gravámenes a dichos recursos; así como los avances tecnológicos en el campo de aplicación de las centrales solares. Estos avances irían dedicados especialmente al aumento del rendimiento total de la planta, que en la actualidad se encuentra en el 15% de media anual (28% a plena carga).

A día de hoy, un ejemplo ya en uso de mejora técnica sería la utilización de acumuladores térmicos con sales como complemento a una central termosolar convencional. Su eficacia ha sido demostrada ya que el calor se almacena de forma más eficiente y económica que la electricidad. Esto hace que las centrales con acumuladores sean más competitivas frente a sus homólogas tradicionales, y también en comparación con las otras renovables (eólica, fotovoltaica). En esta línea, la DLR, en el citado estudio, se atreve a afirmar que, con un crecimiento y desarrollo adecuados, para el año 2050 en la zona mediterránea la energía producida por centrales termosolares con acumuladores sería capaz de doblar la producción fotovoltaica, eólica, geotérmica y de biomasa juntas.

A largo plazo se prevé que el mercado principal del sector termosolar será el sureste de los Estados Unidos (pues es ahí donde comenzaron a operar de forma comercial las primeras centrales termosolares, hace ya unos veinte años), aunque también hay proyectos para desarrollar centrales en la zona mediterránea, en el norte de África o en el Oriente Próximo.

## CONCLUSIONES

Las centrales térmicas solares con acumuladores de sales suponen un progreso importante frente a las centrales solares tradicionales. Las ventajas principales son las siguientes:

1. Mayor autonomía. Las sales aumentan en un 35% las horas de producción útil; con las condiciones propicias, casi se puede llegar a producir ininterrumpidamente durante 24 horas.
2. Aumento de la estabilidad productiva. Los episodios puntuales de "desconexión solar" (cielo nublado) pueden evitarse gracias a las reservas energéticas almacenadas en las sales. La producción se homogeneiza y no es tan dependiente de la climatología.
3. Mayor rendimiento de la planta. La inclusión de los acumuladores aumenta el rendimiento total de la central, pues parte de la energía que en una central tradicional se perdería se almacena en los depósitos. Hay que destacar la facilidad de acumulación de la energía en

forma de calor, más que en forma de electricidad (inviabile en grandes cantidades, no hay 'baterías' suficientemente potentes).

4. Menor contaminación. Con las reservas de sales no es necesario recurrir a un quemador auxiliar (generador de CO<sub>2</sub>) como apoyo, no al menos para superar los baches de producción debidos al cielo nublado.
5. Facilidad de gestión. Aporta gran flexibilidad en la distribución de la electricidad, pues permite jugar con la demanda y las tarifas horarias para ajustar la generación a los intereses económicos y energéticos.

Aun así, hay que tener en cuenta que todavía estamos hablando de una central solar, con todas las limitaciones que su naturaleza comporta:

1. Dependencia del clima y de la latitud. No todo emplazamiento es bueno para instalar una central solar; son necesarias muchas horas útiles de sol para que el sistema sea rentable. Los países más adecuados son los más próximos al Ecuador terrestre; no es una solución eficiente para los países nórdicos.
2. Gran cantidad de espacio ocupado. Una central solar necesita de grandes explanadas, libres de obstáculos para la luz del sol; esto implica que en un ambiente urbano, con alta densidad de población, sería francamente difícil su construcción.
3. Coste de la instalación. Aun cuando el monto del mantenimiento es reducido, la inversión inicial es considerable, y aún más en el caso de las centrales con acumuladores, ya que los campos solares son aún mayores, con los gastos adicionales que ello conlleva.
4. Baja eficiencia. A pesar del progreso continuo que se lleva a cabo en el sector, la tecnología energética todavía tiene un rendimiento muy bajo. Una central solar, aun con acumuladores de sales, no tiene una eficiencia mayor al 20%.
5. Factores sociales. Existe un cierto recelo para con las centrales de energía renovable, tanto por parte de los inversores ("¿es rentable una inversión como ésta?"), como por la de los usuarios ("¿esta central no será más un problema que una solución?"), que puede dificultar la aparición de proyectos de este tipo. Afortunadamente, las campañas informativas van reduciendo, de forma progresiva, tales reservas. Este recelo, no obstante, es importante de cara a los inversores, pues pueden verse abocados a exigir un quemador de fuel auxiliar "por si acaso la central no aporta suficiente energía", lo cual es ecológicamente reprochable.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Biello, D. (2009). *How to Use Solar Energy at Night*. Scientific American, edición web.

<http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=how-to-use-solar-energy-at-night>

Solar Millenium AG. (2008). *Las centrales eléctricas de colectores cilindro parabólicos: De Andasol 1 a 3*. Editado por Solar Millenium AG, Erlangen. Edición web.

<http://www.solarmillennium.de/upload/pdf/Andasol1-3spanisch.pdf>

Volker-Quaschnig.de, Regenerative Energien und Klimaschutz.

<http://www.volker-quaschnig.de/articles/>

fundamentals2/index.php

Cerrillo, A. (2009). *La energía solar ya da electricidad de noche*. La Vanguardia, edición del lunes, 12 de octubre de 2009, pág. 20-21. Edición web.

<http://hemeroteca.lavanguardia.es/preview/2009/10/12/pagina-20/79421819/pdf.html>

<http://hemeroteca.lavanguardia.es/preview/2009/10/12/pagina-21/79408432/pdf.html>



# Segundo finalista del Premio Marcel Brú i Turull de Ingeniería Ambiental, curso 2010-2011

## **COCHES HÍBRIDOS: COCHES RESPETUOSOS CON EL MEDIO AMBIENTE**

*Marta Ojeda Prim*

### **RESUMEN**

Un coche híbrido combina dos motorizaciones, un motor de combustión interna y otro eléctrico alimentado por baterías. Son una realidad desde hace muchos años y poco a poco empiezan a hacerse populares por la crisis, alza de combustibles, abaratamiento de la tecnología y concienciación ambiental. Son una solución a tener en cuenta para el futuro inmediato.

Un cotxe híbrid combina dos motoritzacions, un motor de combustió interna i un altre elèctric alimentat per mitjà de bateries. Són una realitat des de fa molts anys i poc a poc comencen a fer-se populars per la crisi, l'alça dels combustibles, l'abaratiment de la tecnologia i la conscienciació ambiental. Són una solució a tenir en compte per al futur immediat.

### **INTRODUCCIÓN**

Las zonas climáticas se están desplazando, los glaciares se están descongelando, y el nivel de los océanos se eleva. El planeta se está calentando. Estos son algunos de los anuncios que cada vez con más frecuencia escuchamos, ya no sólo como predicción de los climatólogos, sino como sucesos catastróficos del presente. Estos acontecimientos de orden meteorológico han alertado a la comunidad internacional, que ve en ellos una amenaza futura para el desarrollo económico y la preservación de las condiciones ambientales necesarias para mantener las distintas formas de vida sobre la tierra, tal como hoy son concebidas. Es lo que se conoce como el cambio climático global y su principal causa es la emisión de gases provenientes de la combustión de fuentes de energía fósil, que provocan el denominado "efecto invernadero o invernadero". De todos los gases de efecto invernadero el más importante es, sin duda, el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y la principal aportación de este gas a la atmósfera se realiza mediante el tubo de escape

de los vehículos automóviles. Es por este hecho que las principales marcas de vehículos automóviles trabajan cada día para mejorar los llamados coches híbridos; coches respetuosos con el medio ambiente cuyo objetivo es liberar una menor cantidad de dióxido de carbono a la atmósfera.

### **OBJETIVOS**

El principal objetivo de este estudio es dar a conocer las posibilidades que ofrecen estos nuevos vehículos con respecto a la disminución del CO<sub>2</sub> en la atmósfera; así como también:

1. Exponer su historia y evolución
2. Explicar su funcionamiento y las diferencias con respecto los vehículos automóviles convencionales.
3. Exponer sus ventajas y sus desventajas.
4. Analizar la situación actual de estos vehículos en el mercado.

### **HISTORIA**

La creación de los coches híbridos no es solamente algo de la reciente historia del automóvil, dado que el coche híbrido se ha desarrollado desde el año 1839 en Escocia por Roberto Anderson; donde la gente por aquel entonces también se daba cuenta de la necesidad de algo diferente. En 1970 se desarrolla el primer coche con un motor eléctrico, pero las baterías que daban energía a dicho motor eran muy pesadas y por ello la velocidad y capacidad del automóvil eran bastante limitadas. En 1880, en Inglaterra se hacía un uso bastante común de una especie de taxi eléctrico, los cuales disponían de un grupo de baterías y de un pequeño motor eléctrico el cual podía viajar unos 80 kilómetros antes de tener que cargar de nuevo. Por la época también se creó un coche eléctrico de tres ruedas; y en el mismo año, la compañía Immisch crea un carruaje para cuatro

pasajeros que es movido por un motor alimentado por una batería.

En 1900 y en los años siguientes, las compañías empezaron en serio a trabajar con coches híbridos. Produjeron vehículos a vapor y eléctricos que rivalizaron con los coches de gasolina de aquellos años. El primer coche híbrido, mezcla de gasolina y electricidad, fue construido en 1903 por la compañía Krieger. El interés por estos coches declinó debido a la gran competencia en el mercado y al sacar otros fabricantes, como por ejemplo Ford, modelos de gasolina que llamaron más la atención.

En 1966, el gobierno americano sugirió que el uso de los coches híbridos era aconsejable para ayudar a reducir la polución medioambiental. Cuando los precios de la gasolina se elevaron considerablemente en los años 70, y la contaminación del aire llegó a su punto álgido, los fabricantes empezaron de nuevo a investigar con los coches híbridos. En 1997, Toyota introduce el Prius, el cual comenzó de nuevo la revolución de vehículos híbridos.

Hoy en día, cada vez más se tiene en consideración este tipo de coche, aunque en ciertos países se le da más importancia que en otros. Se cree que en el futuro, este tipo de coches será el estándar por los beneficios que ofrece.

## PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El principio de funcionamiento de un coche híbrido consiste en la combinación de dos motores, uno de combustión interna y otro movido por energía eléctrica proveniente de las baterías. Los sistemas híbridos recogen y reutilizan la energía cinética que se escapa en forma de calor al frenar convirtiéndola en energía eléctrica gracias a los llamados frenos regenerativos.

Las distintas fases de funcionamiento de estos coches son las siguientes:

1. Puesta en marcha: El automóvil se pone en marcha únicamente mediante el motor eléctrico; es silencioso y no se emiten gases de combustión.
2. Conducción: Cuando el vehículo alcanza los 25 ó 30 km./ h, el motor eléctrico llega a su límite y el sistema enciende automáticamente el motor de combustión, con el cual se funciona mientras no se rebaje esa velocidad. Por este motivo, este tipo de vehículo es especialmente indicado para su uso en ciudad, dada la reducción de humos y ruido.
3. Frenado: El motor eléctrico aprovecha la energía cinética del frenado o de las subidas

de cuestas, que normalmente se desperdicia en forma de calor a través de los neumáticos, convirtiéndola en electricidad y almacenándola en la batería.

4. Aceleración: Al alcanzar altas velocidades, por ejemplo durante los adelantamientos, el motor eléctrico entra en juego de nuevo, complementando y aumentando la potencia proporcionada por el motor convencional, con lo cual aumenta la seguridad de la conducción.
5. Paradas frecuentes: Ante un semáforo en rojo, ambos motores se encuentran apagados, y sólo en el momento de pisar de nuevo el acelerador salta de nuevo el motor eléctrico, hasta el momento en que se sobrepase su capacidad, lo que ocurre a una velocidad de 25 - 30 km. / h., y se haga necesario activar de nuevo el motor de combustión.
6. Conducción en carretera: Durante trayectos por carretera convencional, la batería se recarga aprovechando el movimiento de las ruedas del coche.

La capacidad de este sistema de funcionar únicamente con el motor eléctrico en bajas velocidades, y el hecho de que recupere energía durante los frenados, lo hacen especialmente indicado para su uso en ciudad. A esto hay que añadirle la ventaja de la reducción de ruidos y gases, y el hecho de que disminuya el envejecimiento del motor convencional.

La combinación de un motor de combustión operando siempre a su máxima eficiencia, y la recuperación de energía del frenado (útil especialmente en la ciudad), hace que estos vehículos alcancen un mejor rendimiento que los vehículos convencionales, especialmente en entornos urbanos, donde se concentra la mayor parte del tráfico, de forma que se reducen significativamente tanto el consumo de combustible como las emisiones contaminantes.

Según su funcionamiento, los coches híbridos se pueden clasificar en tres tipos: híbrido en serie, en paralelo y combinado.

En los híbridos en serie el motor de combustión interna no tiene conexión mecánica con las ruedas, sólo se usa para generar electricidad; por lo que el vehículo se impulsa sólo con el motor eléctrico. El motor de combustión funciona a un régimen óptimo y recarga la batería hasta que se llena, momento en el cual se desconecta temporalmente. Un ejemplo de estos coches son los Chevrolet Volt y Opel Ampera.

Los híbridos en paralelo se impulsan con el motor térmico y eléctrico a la vez. El motor térmico es la principal fuente de energía y el motor eléctrico actúa aportando más potencia al sistema. El



motor eléctrico ofrece su potencia en la salida y en la aceleración, mientras que el motor térmico consume más. Este sistema destaca por su simplicidad, por lo que es posible implementarlo en modelos de vehículos ya existentes sin necesidad de diseños específicos. Este es el sistema utilizado para los Honda Civic Hybrid e Insight.

Los híbridos combinados utilizan el sistema más complejo: el motor eléctrico funciona en solitario a baja velocidad, mientras que a alta velocidad el motor eléctrico y térmico trabajan a la vez. El motor térmico combina las funciones de propulsión del vehículo y de alimentación del generador, que provee de energía al motor eléctrico, lo que resta eficiencia al sistema. Los híbridos de Toyota y Lexus utilizan este sistema, que es el más complicado a nivel mecánico y electrónico.

Existen también los llamados híbridos enchufables, también conocidos por sus siglas en inglés PHEVs, que emplean principalmente el motor eléctrico y que se pueden recargar enchufándolos a la red eléctrica. Aunque en principio esto pueda suponer un problema, tres estudiantes de la EUETIT han ideado un sistema universal de carga inalámbrica para los coches eléctricos. Este innovador sistema está diseñado para ser instalado en aparcamientos i funcionaria gracias a la inducción magnética i sería de uso universal. El aparcamiento tendría que estar equipado con un acumulador de energía generada por fuentes eólicas o solares. El coche estaría equipado con su cargador instalado en el interior. Us sistema de generación de inducción magética situado en el suelo del aparcamiento y interconectado con el acumulador trasmeteria la energía a un receptor magnético situado en los bajos del coche el cual acumularia la electricidad en la batería del vehiculo. Esta idea presenta ventajas en relación a los sistemas que actualmente se estan instalando. El principal es la ausencia de cables que evitaria el riesgo de desconexión y de descarga eléctrica hacia el usuario, además de poder realizar la carga de una manera más simple y cómoda.

De esta forma utilizando una mezcla de tecnologías que apoyen al motor eléctrico se consigue un vehículo que pueda competir en prestaciones con la versión clásica.

## VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Los coches híbridos disponen de una serie de ventajas respecto los coches de combustión. La principal es una mayor eficiencia en el consumo de combustible, lo cual reduce las emisiones contaminantes a la atmósfera. Además, los

coches híbridos son mucho más silenciosos que los coches de motor térmico, por lo que gracias a ello sería posible reducir la contaminación acústica hasta un 50% en las ciudades, pues el tráfico es la principal fuente de ésta. Estas ventajas son las principales desde el punto de vista medioambiental, pero en el momento de escoger entre un vehículo híbrido y no híbrido, posiblemente los conductores se basen en otro tipo de ventajas mecánicas y tecnológicas.

Una de las ventajas mecánicas y tecnológicas de estos coches es el hecho que los motores de los coches híbridos tienen más par y más elasticidad que un motor térmico convencional y por lo tanto tienen una respuesta más inmediata. Además, en caso de utilizar frenos regenerativos, los motores híbridos son capaces de recuperar la energía de las desaceleraciones.

Otras ventajas de los coches híbridos respecto a un coche eléctrico simple es su mayor autonomía y una recarga más rápida, es decir, requieren menor tiempo para llenar el depósito. Además estos coches tienen una mayor suavidad y facilidad de uso.

En recorridos cortos y urbanos, los coches híbridos tienen un mejor funcionamiento que los coches de combustión y pueden funcionar sin usar el motor térmico, evitando así que trabaje en frío y disminuyendo el desgaste.

El motor térmico tiene una potencia más ajustada al uso habitual. No se necesita un motor más potente del necesario por si hace falta esa potencia en algunos momentos, porque el motor eléctrico suplente la potencia extra requerida. Esto ayuda además a que el motor no sufra algunos problemas de infrutilización como el picado de bielas.

En los modelos de coches híbridos actuales la instalación eléctrica es cada vez más potente y versátil, por lo que es muy difícil que se quede sin batería por dejarse encendido. La potencia eléctrica extra también sirve para usar algunos equipamientos, como el aire acondicionado, con el motor térmico parado; hecho que reduce de manera abundante el consumo de combustible.

Y a parte de tener ventajas por lo que respecta a la tecnología y mecánica, facilidades y mejoras ambientales, los coches híbridos también tienen ventajas económicas, ya que su precio, en comparación con un coche de combustión, es mucho más económico y además estos vehículos tienen descuento en el seguro, por su mayor nivel de eficiencia y menor grado de siniestralidad. Cabe añadir que estos coches también son una buena inversión, ya que se desvalorizan más lentamente que los coches de

combustión. De hecho, en algunos países como México, adquirir un coche híbrido trae consigo beneficios fiscales, como la deducibilidad en el Impuesto sobre la Renta y una tasa del 0% en el impuesto de vehículos. Esta medida económica cada vez será más frecuente en todos los países. De hecho, los gobiernos, conscientes de la amenaza del calentamiento global, han establecido planes de incentivos para fomentar la compra de vehículos híbridos. Concretamente, en España existe el Plan Integral de Automoción compuesto por el Plan de Competitividad, dotado con 800 millones de euros, el Plan VIVE II y la apuesta por el vehículo híbrido eléctrico, con el objetivo de que en 2014 circulen por las carreteras españolas un millón de coches eléctricos. Para ello, se propone poner en marcha un programa piloto denominado Proyecto Movele, consistente en la introducción en 2009 y 2010, y dentro de entornos urbanos, de 2.000 vehículos eléctricos que sustituyan a coches de gasolina y gasóleo.

Resumiendo, las ventajas más importantes de estos coches es que son menos contaminantes, utilizan menos combustible y son más económicos. Y todo sin perder la comodidad y una gran parte de la potencia de un coche de combustión.

Sin embargo, no todos son ventajas actualmente. Los costes actuales de producción de baterías, el peso de las mismas y la escasa capacidad de almacenamiento limitan aún su empleo generalizado. Además, las baterías que requieren los motores eléctricos son más tóxicas que las baterías utilizadas actualmente en los coches con motor de combustión.

Otra de las desventajas de estos coches es su mayor peso en comparación con un coche convencional, ya que estos llevan añadido el peso del motor eléctrico y de las baterías; por tanto estos coches requieren un incremento de energía necesaria para desplazarse.

Y finalmente, quizás una de las desventajas más importantes, es su complejidad mecánica, lo que dificulta las revisiones y reparaciones del mismo.

### SITUACIÓN EN EL MERCADO ACTUAL ESPAÑOL

Actualmente las marcas más importantes de coches están trabajando para poder ofrecer más y mejores modelos de coches híbridos. La tabla 1 muestra los principales modelos disponibles actualmente en el mercado.

Tabla 1. Principales coches híbridos disponibles en el mercado.

Marca	Modelos	Fecha disponibilidad
Peugeot	Ion	2010
Micro-Vett (Fiat)	Fiat 500, Doblo Panorama	2009, 2008
Smart	Smart electric drive Coupé	2010
Subaru	Estella	2010
Opel	Ampera	2010
Seat	Leon Twin Drive Ecomotive	2010

### CONCLUSIONES

Después de haber analizado la información relativa a los coches híbridos, su funcionamiento, sus ventajas y desventajas y su situación en el mercado actual en España se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. En la actualidad el conocimiento relativo a los coches híbridos por parte de los conductores es prácticamente nulo. Mucha gente ha oído hablar de ellos pero sin llegar a conocer verdaderamente las ventajas que estos ofrecen y como podríamos entre todos mejorar la calidad del aire y la contaminación acústica existente en las ciudades si se llegara a fomentar mucho más la compra de estos vehículos. Es decir, falta implicación por parte del Gobierno para fomentar la compra de estos vehículos.
2. Aunque el mercado de los coches híbridos está en auge, los modelos disponibles actualmente en el mercado son muy pocos y con características limitadas. Hace falta una mayor implicación por parte de los fabricantes de coches para sacar al mercado nuevos modelos y más variados.
3. Comparando las ventajas y desventajas de estos coches, está claro que serán los coches del futuro, puesto que aseguran una mejor calidad de vida.

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Tabla 1. Fuente Movele Proyecto de Movilidad Eléctrica  
[www.yoteca.com/pg/Informacion-de-desventajas-del-coche-hibrido.asp](http://www.yoteca.com/pg/Informacion-de-desventajas-del-coche-hibrido.asp)  
[www.motorpasion.com](http://www.motorpasion.com)

[www.hibridoparatodos.es/](http://www.hibridoparatodos.es/)  
<http://sine-die.blogspot.com/2008/02/analisis-la-realidad-de-los-autos.html>  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Calentamiento\\_global#Teor.C3.ADa\\_de\\_los\\_gases\\_invernadero](http://es.wikipedia.org/wiki/Calentamiento_global#Teor.C3.ADa_de_los_gases_invernadero)  
[www.ciefap.org.ar/novedades/notas/nota1/default.htm](http://www.ciefap.org.ar/novedades/notas/nota1/default.htm)  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo\\_h%C3%ADbrido\\_el%C3%A9ctrico](http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo_h%C3%ADbrido_el%C3%A9ctrico)  
[www.content4reprint.com/view/spanish-20478.htm](http://www.content4reprint.com/view/spanish-20478.htm)

[www.marcadecoche.com/](http://www.marcadecoche.com/)  
[www.upc.edu/saladeprensa/al-dia/mes-noticies/tres-estudiants-de-12019euetit-de-la-upc-ideen-un](http://www.upc.edu/saladeprensa/al-dia/mes-noticies/tres-estudiants-de-12019euetit-de-la-upc-ideen-un)  
[www.eleconomista.es/economia/noticias/121174/12/06/Coches-hibridos-cuales-son-los-diez-mas-eficientes-y-cuanto-te-ahorrarias-al-comprar-uno.html](http://www.eleconomista.es/economia/noticias/121174/12/06/Coches-hibridos-cuales-son-los-diez-mas-eficientes-y-cuanto-te-ahorrarias-al-comprar-uno.html)



# Tercer finalista del Premio Marcel Brú i Turull de Ingeniería Ambiental, curso 2009-2010

## EL RETROCÉS DEL DELTA DE L'EBRE

Lluís Garriga Seguranyes

Oriol Blanco Roca

### RESUM

El delta de l'Ebre és un espai protegit de gran interès natural des de fa molt de temps. El seu retrocés és un tema d'actualitat que pot comportar greus perjudicis per a l'activitat econòmica de la zona, així com per a la població de la zona i per a l'ecosistema deltaic actual.

El delta del Ebro es un espacio protegido de gran interès natural desde hace mucho tiempo. Su retroceso es un tema de actualidad que puede conllevar graves perjuicios para la actividad económica de la zona así como para su población y para el ecosistema deltaico actual.

### INTRODUCCIÓ

El delta de l'Ebre es troba situat al sud de la província de Tarragona, i va ser declarat parc natural al 1983. És la tercera zona humida més important de tota Europa Occidental i la primera de Catalunya, amb una superfície de més de 320 km<sup>2</sup>. Les seves especials condicions paisatgístiques i climàtiques afavoreixen la presència de gran varietat d'espècies vegetals i animals. Entre aquestes últimes hi trobem un gran nombre d'aus migratòries hivernants que paren en aquest indret per descansar, i moltes espècies aquàtiques que troben en les aigües del delta un lloc ideal per viure.



Figura 1. Vista aèria del delta de l'Ebre.

En els últims 50 anys s'ha observat un retrocés de la superfície del delta, sobretot en la zona on conflueixen el riu i el mar. La retenció de sediments als pantans és la principal causa del retrocés del delta, ja que l'erosió marina és major que l'aportació de sediments. Altres problemes que afecten al delta són l'enfonsament de la plataforma deltaica per subsidència, l'augment del nivell del mar degut a l'escalfament global de la Terra i la disminució del cabal aportat pel riu.

Els efectes que aquest retrocés provoca són de tipus mediambiental i socioeconòmic. Entre les primeres hi trobem la disminució dels ecosistemes, la pèrdua de biodiversitat, el major risc d'inundacions i la introducció d'una falca salina. Íntimament lligats als efectes de tipus ambiental trobem els efectes socioeconòmics, com ara la disminució de la superfície conreable, el perill per als habitants de la zona i la realització d'actuacions de protecció, amb el cost que aquestes comporten.

### OBJECTIUS

El principal objectiu d'aquest treball és donar una visió global del retrocés del delta de l'Ebre. Per a fer-ho analitzarem:

1. Les causes i les conseqüències d'aquest fenomen.
2. Les possibles actuacions que impedeixin el seu retrocés.

### RETENCIÓ DE SEDIMENTS ALS PANTANS

Una de les principals causes de la regressió del delta de l'Ebre és la construcció d'embassaments en els rius de la seva conca. Els més antics daten de la segona dècada del segle XX, com els pantans de Talarn o de Camarasa, a la Noguera Pallaresa. Els pantans estan pensats per a l'aprofitament hidroelèctric, la prevenció d'inundacions, els usos agrícoles i el consum domèstic. Malgrat això, la construcció de les preses comporta també la retenció dels

sediments que el riu transporta al fons dels embassaments, impedit així que aquests arribin al curs baix del riu i es dipositin a la plataforma deltaica. De totes maneres, no va ser fins l'any 1946 que es va començar a notar un retrocés en el delta; fins aquell moment, segons Terán i Solé, la punta del delta avançava uns 10 metres anuals, però des d'aquella data ha retrocedit ja 2km. Una altra causa d'aquest retrocés va ser que el 1937 es va obrir una nova boca a la desembocadura cap al nord i es va tancar la de més a l'est com a conseqüència d'una gran avinguda. El 1946 coincideix amb l'inici de la construcció dels primers grans pantans a la conca de l'Ebre. Tot i que aquest efecte negatiu és conegut, encara s'estan projectant més embassaments. Aquest últim fet ens sorprèn: si bé abans la concepció dels embassaments es realitzava únicament atenent a criteris tècnics i econòmics sense tenir en compte els efectes mediambientals contraproductius, ara aquests últims sí que es coneixen i, per tant, s'haurien de considerar en la construcció dels nous pantans.

És un fet que els sediments que actualment baixen pel tram final de l'Ebre constitueixen només al voltant del 1% dels que baixaven fa uns 100 anys. Com a dada, i segons un estudi del Centre d'Estudis Hidrogràfics, entre els embassaments de Mequinensa i de Riba-Roja es retenen el 96% del total de sediments que baixen pel riu, un percentatge elevadíssim. Sense gairebé sediments, el delta és molt més vulnerable, ja que l'erosió marina supera l'aportació de partícules per part del riu i per tant el delta retrocedeix. Aquest fenomen s'intensifica molt més durant els temporals de llevant, on el mar assoleix forces molt superiors que les habituals i ja ha provocat algun any retrocessos de la línia de la costa de més de 100 metres.

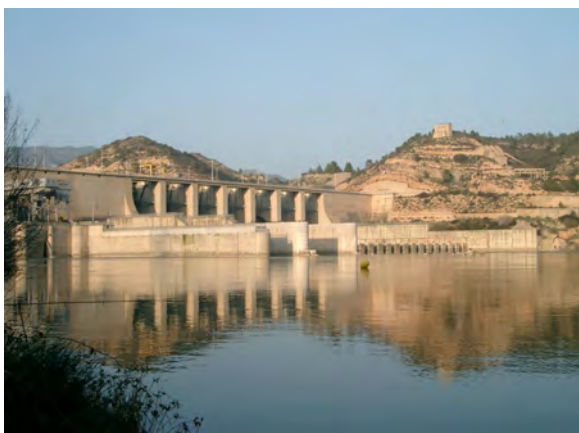


Figura 2. Presa de Riba-Roja.

Un dels motius pels quals es construeixen els pantans és que produeixen una laminació del cabal del riu, fet positiu en èpoques de crescuda. Tanmateix, aquest fet és negatiu en altres èpoques, ja que redueix el cabal natural del riu

degut a les pèrdues per evaporació, evapotranspiració i a la pròpia aigua que se n'extreu per al consum humà. Aquesta reducció del cabal comporta també una reducció dels sediments transportats. Per al període del 1960 al 1993 es calcula que el riu ha deixat de tributar al mar gairebé 6.000 hm<sup>3</sup> d'aigua anuals respecte als períodes anteriors.

## ENFONSAMENT PER SUBSIDÈNCIA

Una altra causa del retrocés que ha experimentat el delta de l'Ebre és el fenomen de la subsidència. No és un procés únic del delta de l'Ebre sinó que l'experimenten tots els deltes, és un fenomen normal en la geologia deltaica. Consisteix en l'enfonsament de la plataforma, que es produeix per la compactació, consolidació i dessecació natural dels sediments, efectes potenciat sovint per les activitats humanes com les detraccions d'aigua del subsòl i les activitats agrícoles. Així doncs, per sobreviure a la crescuda del nivell del mar i l'enfonsament, la plana del delta ha de créixer cap amunt a la mateixa velocitat que la suma de la velocitat d'enfonsament més la velocitat d'augment del nivell del mar. Aquesta suma s'anomena pujada relativa del nivell del mar (d'ara endavant, PRNM). Si la superfície del delta no creix verticalment en proporció igual al PRNM, llavors el mar guanyarà terreny al delta.

La subsidència en si no hauria de ser un problema ja que l'aportació de sediments l'hauria de compensar, però el fet que no arribin sediments, juntament amb l'augment progressiu del nivell del mar, impedeix compensar aquest enfonsament. És a dir, que el PRNM és positiu; de fet, s'ha estimat que la pujada del nivell del mar actualment es troba entre 1-2 mm/any, i l'índex de subsidència és de 2-5 mm/any depenent de la zona, així que podem estimar el PRNM com segueix:

$$\text{PRNM} = \text{Subsidència} + \Delta \text{Niv. Mar} = 7 \text{ mm/any. [Eq. 1]}$$

L'índex de sedimentació (IS, aportació de sediments per part del riu) al delta de l'Ebre varia des de 0.1 mm a 4 mm depenent de la zona, per tant, el balanç de sediments serà:

$$\Delta \text{Sediments} = \text{IS} - \text{PRNM} \in (-6.9, 1) \text{ mm/any. [Eq. 2]}$$

Com podem observar, el balanç de sediments és majoritàriament negatiu. Cal destacar que abans de la construcció dels grans pantans els índexs de sedimentació eren més alts que el PRNM, variant de 3 a 15 mm/any, és a dir, el balanç de sediments era positiu i es produïa un creixement del delta, mentre que ara hi ha retrocés, sobretot a la zona de la desembocadura del riu, precisament on s'hauria de produir el màxim

creixement del delta en condicions naturals. En aquesta situació, les forces marines prevalen sobre els impulsos constructius fluvials i la forma del contorn deltaic pren una altra forma.

S'ha predit que si es manté el dèficit actual de sedimentació, estimat en 1 hm<sup>3</sup>/any de materials sedimentaris, en 100 anys podria desaparèixer el 75% de la superfície del delta. El que sí està clar és que si no es canvia aquesta tendència el retrocés continuarà.

### AUGMENT DEL NIVELL DEL MAR

L'augment del nivell del mar és l'altra gran causa que està provocant el retrocés del delta de l'Ebre. Aquest augment és degut al desgel del gel de l'Àrtic i l'Antàrtic, que al seu torn està provocat per l'augment de la temperatura de la Terra, fenomen conegut com a escalfament global.

L'activitat humana en els últims 250 anys ha comportat una generació de gasos que s'expulsen a l'atmosfera i que generen el conegut com a efecte hivernacle (sobretot el CO<sub>2</sub>). La concentració d'aquest gas s'ha doblat en aquest període respecte el nivell dels últims 650.000 anys. Això intensifica aquest efecte i fa augmentar la temperatura del planeta i per tant el nivell dels mars.

Els deltes, com el de l'Ebre, són zones costaneres, però a més són molt planes, això fa que siguin més vulnerables a l'augment del nivell del mar que altres zones del litoral perquè de seguida queden inundades. Segons un estudi de la universitat Rutgers de Nova Jersey, el nivell del mar els últims 200 anys ha augmentat a raó de 2-2.5 mm/any. Aquest fet, combinat amb la nul·la aportació de sediments i la subsidència, plantegen un escenari molt difícil per a la supervivència del delta, ja que la seva elevació mitjana és de pocs metres respecte el nivell del mar.

### CONSEQÜÈNCIES DEL RETROCÉS

El retrocés del delta de l'Ebre comporta diverses conseqüències, degudes a les causes explicades anteriorment. La principal i més greu és la penetració de la falca salina com a efecte directe de la disminució del cabal del riu. La poca força amb què l'aigua arriba al mar permet a l'aigua salada d'aquest que vagi entrant dins al riu fins a Amposta. La ciutat es troba situada a uns vint-i-cinc quilòmetres de la desembocadura i en èpoques en que el riu porta poca aigua la falca salina pot arribar fins i tot més amunt. La reducció de l'aigua que arriba a la desembocadura s'ha produït per l'emmagatzematge d'aigua als

embassaments i per l'increment dels aprofitaments donats en les últimes dècades en les activitats agrícoles, urbanes, industrials i energètiques.

Entre els efectes socioeconòmics, el més important és la disminució de la superfície conreable. El conreu d'arrossars necessita grans quantitats d'aigua dolça pel seu correcte cultiu. Aquest efecte pot provocar grans pèrdues econòmiques a la seva població ja que són els únics cultius possibles en la zona. Això és degut a un alt nivell freàtic provocat pel baix nivell dels terrenys respecte el mar, amb una gran concentració de sals que necessita aigua dolça per combatre aquest excés. Per tant cap més tipus de cultiu que no sigui l'arròs es pot desenvolupar en aquestes condicions de plena inundació, característica que necessita l'entrada d'un cabal continu en la parcel·la de cultiu tal que es filtri al subsòl per contrarestar la pujada de la salinitat. A més d'abocar l'aigua de forma horitzontal cap al desguàs per tal d'evitar l'acumulació d'aigua estancada i garantir una correcta renovació i sanitat agrícola. Així doncs, segons la llarga experiència de cultiu del delta, es té molt clar que en cap cas es pot reduir la dotació d'aigua perquè provocaria una disminució de la producció d'aquest cereal essencial.

Un altre efecte que el retrocés del delta provoca és la pèrdua de biodiversitat. El delta és una zona humida que ha estat parcialment substituïda per arrossars, i el paisatge mixt que formen els dos hàbitats ha permès l'establiment d'una important comunitat d'organismes, sobretot d'espècies aquàtiques i aus. Malgrat això, la disminució de la superfície del delta, combinada amb altres factors com la degradació de l'hàbitat o l'ús massiu de contaminants, està posant en perill aquest hàbitat tan ric.

Les conseqüències de la pèrdua de la biodiversitat no són fàcils de quantificar, però el que sí és segur és que aquestes són negatives, ja que l'existència de biodiversitat és important: tots els organismes vius necessiten dels altres per a sobreviure, però també el sòl, l'aigua i l'aire depenen de la vida del planeta. També suposa una pèrdua de recursos per al futur que, si haguessin estat ben gestionats, no es perdrien. Finalment, el més perillós és que moltes de les conseqüències de la desaparició de la biodiversitat encara no se saben perquè es noten a llarg termini.

### POSSIBLES ACTUACIONS

Per tal de combatre el retrocés del delta, hi ha tres grans possibles vies d'actuació: una lluita

frontal contra els agents agressors (actuacions enginyerils "dures"), deixar evolucionar el delta en la situació actual fins a una nova configuració en equilibri amb el mar - ja que la costa tendeix a adoptar una forma que dissipa el màxim d'energia i disminueix l'erosió -, i un model que intenta controlar i suavitzar els agents agressors per tal que el delta continuï sent un sistema viu i dinàmic (actuacions de caire ecològic i enginyerils "suaus").



Figura 3. Típics arrossars del delta.

Actuacions enginyerils dures:

1. En primer lloc trobem la polderització, que consisteix en la construcció de dics al llarg de tota la costa, incloent-hi les llacunes interiors. Així impedim la inundació de la plana deltaica, però el sistema de bombeig constitueix un cost considerable i creixent amb el temps si el nivell del mar continua augmentant.
2. Construcció d'esculleres de protecció de zones erosives, murs de protecció, espigons perpendiculars i dics per minimitzar l'erosió marina
3. Aportacions extraordinàries de sediments per compensar el dèficit de sedimentació. Una opció seria extreure'ls dels pantans de Mequinensa i Riba-Roja i transportar-los per barca, per canonada o per carretera.
4. Desviació de la desembocadura actual del riu per a reforçar zones amb dèficit de sedimentació
5. Barreres anti-sal, fixes o mòbils, per combatre la falca salina.

Actuacions de caràcter ecològic:

1. Per incrementar l'aportació de sediments es pot aplicar el *flushing*. Aquest consisteix en l'arrossegament controlat dels sediments d'un embassament mitjançant el buidat del pantà i posterior erosió per part de l'aigua que arriba d'aigües amunt. Aquesta opció requereix un desguàs de fons del pantà però no necessita la construcció de més infraestructura. Un inconvenient és que buidar el pantà té efectes

negatius en els regadius i la producció d'electricitat.

2. Com a sistema d'amortiment en front de l'atac dels temporals i la pujada del nivell del mar, ja s'han generat camps de dunes prop de la costa, i es preveu generar-ne més en un futur proper.

Actuacions de caràcter ecològic:

1. Per combatre la subsidència, s'ha proposat la creació de noves maresmes, ja que aquestes creen sediments orgànics (com la torba) i, a més, serveixen com a hàbitat per les espècies animals.
2. Per lluitar contra la falca salina, es pot fixar un cabal mínim d'estiatge, així com programar episodis periòdics en que el riu porti un cabal superior.

## CONCLUSIONS

Després de les exposicions realitzades a la comunicació hem arribat a les següents conclusions:

1. El delta de l'Ebre és un ecosistema a preservar pel seu gran valor mediambiental.
2. L'home és la principal causa del retrocés del delta.
3. El gran nombre de pantans construïts en la segona meitat del s.XX. és la causa principal d'aquest fenomen.
4. El canvi climàtic és la major amenaça que el delta ha d'afrontar en les pròximes dècades.
5. No es pot abusar dels recursos hídrics que el riu ens ofereix ja que aquests són molt necessaris per a la conservació de l'ecosistema deltaic i les activitats econòmiques de la zona.
6. Utilitzar actuacions enginyerils suaus i ecològiques per combatre el retrocés del delta i recuperar el medi ambient que l'envolta.

## REFERÈNCIES

- <http://www.atpyc.es>  
<http://www.rivernet.org/>  
<http://upcommons.upc.edu/>  
<http://www.laflecha.net/>  
<http://www.eumed.net/>  
<http://iagua.es/>  
<http://www.portalcienza.net/>  
<http://www.consumer.es/medio-ambiente/>  
<http://www.ija.csic.es/>  
 John W. Day, Jr. i Edward Maltby (Setembre de 2002). *El Delta del Ebro y el Plan Hidrológico Nacional Español. Un Análisis*  
 Jordi Galofré (19 de Febrer de 2009). *Mesuras contra el cambio climático en el delta del Ebro*