



# VIENTO EN POPA

La necesidad de un plan eólico  
marino en España

---

JUNIO 2003

**GREENPEACE**

**Greenpeace Madrid**

San Bernardo, 107  
28015 Madrid

Tf: +34 91 444 14 00

Fax: +34 91 447 15 98

biodiversidad@greenpeace.es

**Greenpeace Barcelona**

Ortigosa, 5 - 2º 1  
08003 Barcelona

Tf.: +34 93 310 13 00

Fax: +34 93 310 51 18

barcelona@greenpeace.es

**Greenpeace Mallorca**

Carrer dels Blanquers, 1  
La Calatrava  
07001 Palma

Illes Balears

Tf.: +94 971 724 161

Fax: +34 971 724 031

palma@greenpeace.es

## VIENTO EN POPA

**La necesidad de un plan eólico marino en España**  
**GREENPEACE, JUNIO 2003**

**Textos:** Greenpeace y Dr. Ing Emilio Menéndez Pérez

**Diseño y Maquetación:** De Dos. Espacio de ideas

**Agradecimientos:** a Emilio Menéndez Pérez por su colaboración desinteresada en la elaboración y redacción de este informe.

Una versión electrónica de este informe está disponible en nuestra página web  
<http://www.greenpeace.es>

Impreso en papel 100% reciclado

**GREENPEACE**

# ÍNDICE



- 1 PRESENTACIÓN PÁG. 5
- 2 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE EMPLAZAMIENTOS PÁG. 9
- 3 DEFINICIÓN DE ZONAS PÁG. 13
- 4 ANÁLISIS DEL POTENCIAL EÓLICO MARINO EN ESPAÑA PÁG. 15
- 5 CRITERIOS DE DESARROLLO PÁG. 19
- 6 PLAN DE DESARROLLO DE LA EÓLICA MARINA PÁG. 21
- 7 VENTAJAS DE LA EÓLICA MARINA PÁG. 25
  - Medio Ambientales
  - Sociales
- 8 RESUMEN. DEMANDAS DE GREENPEACE PÁG. 28



# presentación

5

El desarrollo de las energías renovables es una necesidad global, pues es preciso comenzar la sustitución de los combustibles fósiles por fuentes limpias de generación con el objetivo de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de manera drástica. Esta sustitución debe darse de manera inmediata si queremos realmente frenar las consecuencias del cambio climático y los graves impactos que ya están sufriendo la sociedad y el medio ambiente, y que podrán intensificarse de manera dramática durante este siglo si no aplicamos las políticas energéticas correctas. Simultáneamente a la sustitución de los combustibles fósiles por energías renovables debe abandonarse progresivamente la energía nuclear, dado que ha demostrado su rotundo fracaso económico, social y medioambiental, suponiendo una grave amenaza para la sociedad, tanto por los residuos radioactivos, los accidentes y escapes continuos como por su aplicación con fines militares.

Las emisiones de gases de efecto invernadero vienen producidas principalmente por la quema de combustibles fósiles, siendo necesario el cambio de un modelo energético insostenible mediante la sustitución de los com-

bustibles fósiles y la energía nuclear por fuentes limpias y renovables, eficiencia y ahorro energético. Entre las energías renovables, la energía eólica está teniendo una penetración significativa en el sistema eléctrico de varios países, siendo ejemplos claros Alemania, Dinamarca y España. La tecnología evoluciona hacia una mayor eficiencia en la recuperación de la energía del viento y hacia una apertura de nuevos horizontes en la búsqueda de nuevos emplazamientos. La tecnología eólica marina, tecnología offshore, en la franja marina próxima a la costa puede ser, y es, ya una alternativa al respecto, que comienza a ser una realidad en Dinamarca.

En la última década del siglo XX hemos visto la evolución creciente, tanto en potencia como en mejora de prestaciones, de los aerogeneradores: a principio de los 90 las turbinas eólicas tenían 150 kW de potencia, y sin embargo hoy ya están en operación algunas de más de 1.500 kW. En la aplicación de la tecnología eólica en el mar se presupone que se instalarán equipos de potencia entre 2.000 y 5.000 kW, lo cual incrementará la capacidad de generación eléctrica.

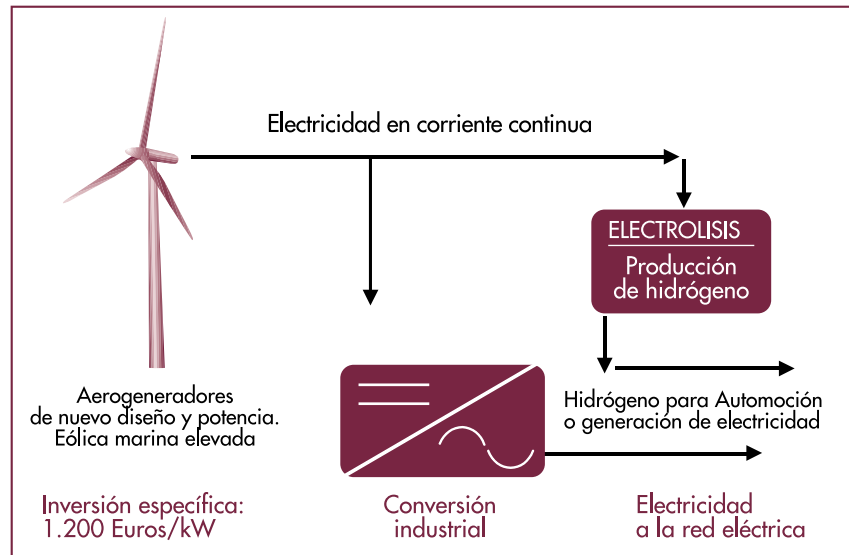


(c) Greenpeace/Zakora

En cuanto a la mejora de las prestaciones de los aerogeneradores, es notoria la evolución de las nuevas opciones de diseño intrínseco de los aerogeneradores, por ejemplo rotores de velocidad variable, equipados con motores síncronos o asíncronos, y en cualquier caso con inclusión de nuevas concepciones de la electrónica de potencia asociada al sistema de generación. Se incrementa así la capacidad de transformación

ten y aconsejen la obtención de hidrógeno para su utilización como combustible que no implique la emisión de CO<sub>2</sub> en su utilización. El uso de este hidrógeno verde se podrá realizar tanto para facilitar la regulación de la red eléctrica, vertiendo a ésta la parte de la energía producida que el sistema puede absorber, como para eliminar las crecientes emisiones de gases de efecto invernadero del sector transporte.

FIG. 1.1 ESQUEMA DE PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD E HIDRÓGENO



de energía eólica en electricidad, se mejora la eficiencia energética y se abre la posibilidad de suministrar esta electricidad tanto en corriente continua como en alterna, pero con una onda corregida de muy alta calidad.

Esto hará que a medio plazo la energía eólica pueda llevarnos a una producción de electricidad en cantidades significativas respecto a las demandas de consumo en red. En el momento que se llegue a una situación de producción de estas grandes cantidades de electricidad mediante el viento, probablemente en un medio plazo, es previsible que se aconseje que no toda esa electricidad generada entre directamente en la red, para no desequilibrar ésta cuando haya carencia de viento, sino que una parte de esa electricidad encuentre formas de transformación para ser acumulada como vectores energéticos limpios, como pueda ser el hidrógeno.

En la actualidad, y aún más en el futuro, la electricidad eólica se unirá a esquemas técnicos y económicos que posibili-

La figura 1.1 esquematiza el concepto de doble direccionado de la electricidad de origen eólico.

El hidrógeno es la opción energética que se propone para una automoción limpia en un futuro a medio plazo, bien en motores de encendido como los actuales, bien en vehículos equipados con celdas de combustible. La cuestión clave del hidrógeno es que deberá obtenerse mediante fuentes de energía limpia a través de procesos como la electrolisis del agua, para lo cual se deberá utilizar electricidad proveniente de fuentes renovables, independientemente del uso final que se dé a este hidrógeno.

Este no es un documento técnico, sino de planteamientos que se hacen en base a la certeza de que la energía eólica marina permite plantear la posibilidad de recuperar cantidades importantes de electricidad limpia mediante parques offshore en los países con espacios terrestres limitados. Así mismo, la certeza de que un entorno tan sensible y amenazado como es el mar,



exige el mayor cuidado y atención ambiental posible a la hora de la construcción de estas instalaciones.

Greenpeace, consciente de la prioridad que representa la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, apuesta por el desarrollo eólico en el mar. En el documento que aquí se presenta se hacen una serie de consideraciones sobre las posibilidades de esta energía y los esquemas posibles de desarrollo, pero sobre todo se quiere reflexionar sobre las demandas ambientales y sociales al respecto.

El documento "Viento Fuerza 12" plantea el objetivo de que en el entorno del año 2020, el 12% de la electricidad consumida en el mundo proceda de la energía eólica. Para conseguir esto, los países más industrializados, los que demandan más electricidad, deberían ir por delante de otros con consumos más

bajos de electricidad; pero muchos de esos países industrializados tienen espacios terrestres reducidos para la construcción de parques eólicos.

En el caso español, que es el que se contempla en este documento, aunque la eólica terrestre está teniendo un desarrollo rápido, tendrá limitaciones futuras en la localización de emplazamientos. En paralelo, las posibilidades de parques eólicos marinos son significativas, aunque necesitan un análisis detallado antes de ser soluciones energéticas.

El potencial eólico de las costas peninsulares puede hacer que la electricidad procedente de esta fuente renovable alcance cotas significativas en la generación total española, y además contribuir a que en la Unión Europea se alcance el objetivo de "Viento Fuerza 12".







# criterios de selección de emplazamientos

9



(c)Langrock/Greenpeace

## PLANTEAMIENTO

En el estado actual de la tecnología eólica marina se establece la posibilidad de ubicar aerogeneradores anclados a una profundidad de hasta treinta metros, esto significa una franja costera más o menos amplia según los casos, de hasta varios kilómetros. Pero muy sensible a diferentes aspectos relacionados con los ecosistemas marinos, con la actividad de barcos pesqueros y mercantes, y también con la visibilidad de las instalaciones desde la costa.

La tecnología eólica marina evolucionará en la medida que se construyan parques y dependiendo de la demanda por parte de la sociedad de esta forma de energía limpia. La tecnología ha de avanzar de manera que se puedan instalar parques a mayores profundidades,

quizás con otros tipos de anclajes; además, deberán resolverse las cuestiones de vertido de la electricidad en grandes magnitudes a la red, bien con producción de hidrógeno, bien con acumulación de electricidad. Así mismo, y posterior a una política de ahorro de agua y una correcta gestión de los recursos hídricos, en determinadas zonas habría que estudiar la posibilidad de utilizar parte de esta energía limpia para la desalación de agua de mar para suministrar agua dulce a la población, a la agricultura, o incluso a usos menos prioritarios como los turísticos, siempre y cuando esta desalación no incurra en problemas ambientales paralelos.

En la medida que se asuma que la energía es un bien escaso, que se debe ahorrar y utilizar eficientemente, se valo-



rá la realización de inversiones más elevadas para conseguir que se recupere electricidad con instalaciones muy bien diseñadas en emplazamientos técnicamente difíciles pero ambiental y socialmente interesantes.

### CRITERIOS BIOLÓGICOS

La vida en el mar es un eslabón fundamental de la cadena que hace habitable a la Tierra, pero que ha sido agredida de forma importante, por pequeñas acciones continuadas y por grandes desastres. La construcción de parques eólicos no debe contribuir a este deterioro. Por ello, en primer lugar, se necesitan estudios detallados y cuidadosos del emplazamiento considerado, con particular atención a los fondos marinos, a los ecosistemas que dependen de ellos y a la interacción con otros usos del medio marino en estas zonas.

Estos estudios deben valorar el impacto de la instalación sobre el medio marino, tanto en la fase de construcción como de explotación, con particular atención a los recursos pesqueros y a las especies sensibles. El análisis de la incidencia de los aerogeneradores en el ecosistema debe hacerse a priori a la decisión de construcción. Entre los aspectos a tener en cuenta están los conductores de corriente eléctrica que deben protegerse para no dar lugar a campos electromagnéticos, para lo cual Greenpeace recomienda firmemente la opción de que la conducción se realice en corriente continua.

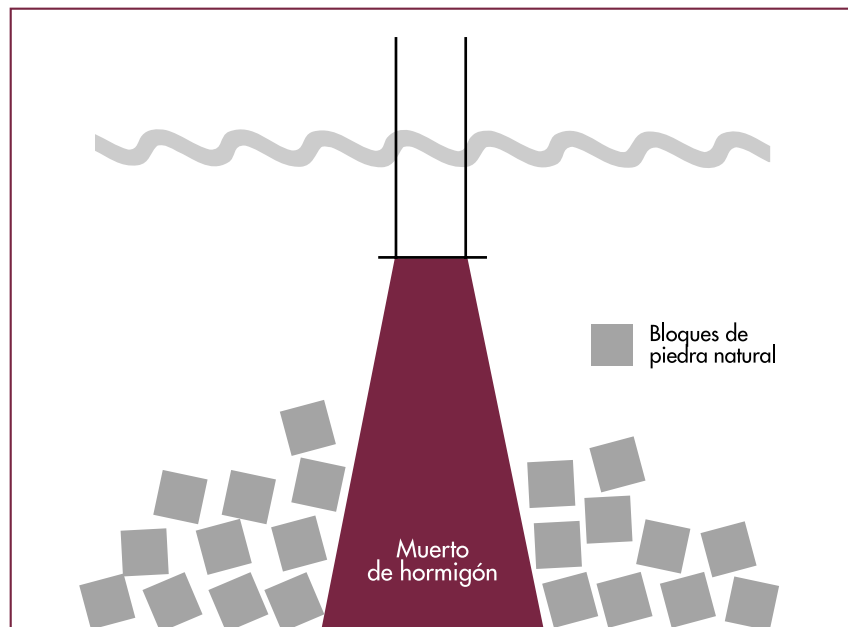
El impacto sobre las plantas y algas que se desarrollan en los fondos arenosos y rocosos debe ser minimizado, y las zonas especialmente sensibles, como praderas de fanerógamas marinas, deberán ser evitadas. En ese sentido no deberán hacerse obras que impliquen la utilización de explosivos para preparar superficies planas en zonas rocosas, o el empleo de sistemas brutos de percusión para hincar pilotes de grandes dimensiones, o acciones que supongan un deterioro de las condiciones ambientales existentes.

La realización de nuevas obras deberá contemplar la creación de espacios que favorezcan la recuperación de los ecosistemas marinos, preferentemente con una presión de pesca reducida. Este tipo de áreas ha demostrado ya en muchos lugares su potencial para incrementar la producción biológica en zonas adyacentes, con los beneficios consiguientes para la actividad pesquera en la zona.

La construcción de arrecifes artificiales en suelos arenosos, como muestra la figura 2.1, podría ser una práctica interesante. Las superficies rocosas y las interfases de arena piedra son espacios idóneos para el desarrollo de una vida animal muy rica, pudiendo extenderse y colonizar otras áreas.

Las aves viven en el entorno de la costa o se desplazan a larga distancia por corredores que pueden coincidir con

FIG. 2.1 DESARROLLO DE ARRECIFES ARTIFICIALES EN APOYOS



posibles emplazamientos de parques eólicos marinos. Se deben estudiar con detalle los hábitos de cada especie, tanto para conocer la incidencia del posible parque en ellas, como para declinar su construcción si la vida de las mismas se prevé sea afectada de forma significativa. Lo mismo sucede con las zonas en las que es habitual la presencia de cetáceos. Esta debe ser considerada en la elección de los emplazamientos y en la ejecución de la obra.

#### TRÁFICO MARINO

Los parques eólicos marinos deberán estar localizados en las cartas náuticas, y perfectamente señalizados con luces de posición y otros medios, de forma que no den lugar a accidentes en la navegación.

La ubicación de posibles parques eólicos marinos tendrá en cuenta las zonas de actividad de los barcos pesqueros, tanto de bajura y artesanales, a fin de no interferir en sus actividades. Preferentemente los parques se situarán fuera de las zonas donde pesca la flota local.

Las grandes líneas de navegación, de por sí, deben estar suficientemente alejadas de la costa, por lo que en la mayoría de los casos no interferirán con los emplazamientos de los parques eólicos. En el supuesto de coincidencia deberán ser las autoridades marítimas las que dilucidan el problema, buscando siempre una solución sobre criterios medioambientales, sociales y económicos que beneficie a la población local y a la sociedad en su conjunto.

#### ASPECTOS TURÍSTICOS

Una preocupación generalizada cuando se habla de eólica marina es la

visibilidad de los parques. En primer lugar hay que señalar que, dada la curvatura del horizonte y la óptica del entorno marino, los aerogeneradores a 5 millas del observador apenas se perciben desde la costa, siendo en muchos casos no visibles.

Tal y como se está definiendo la eólica marina, la mayoría de los parques de esta tecnología se situarán a más de 5 millas de la costa, con lo cual no serán prácticamente visibles desde playas y acantilados.

Un aspecto a tener en cuenta es que los parques marinos van a ser enclaves donde se podrá llegar con pequeños barcos de pesca y donde los turistas de ese litoral podrán acercarse en algunos casos a contemplar cómo es una instalación energética limpia. El tema debería ser bien gestionado desde el entorno social local para convertir el parque en un lugar atractivo desde diversos puntos de vista.

En cualquier caso, la visibilidad de los aerogeneradores y posibles programas derivados de una gestión de las visitas a los parques eólicos marinos, nos debería recordar que consumimos electricidad en forma excesiva y creciente. El impacto por la presencia y visibilidad de los aerogeneradores tiene un marcado carácter subjetivo, susceptible de poder ser utilizado en favor de la potenciación de actividades turísticas locales. Se debe promover el ahorro y uso eficiente de la energía, y en paralelo suprimir las fuentes de generación altamente contaminantes o que introducen riesgos irreparables y sustituirlas por fuentes de energía limpia y renovable.





# definición de zonas

La costa en general tiene viento, los efectos locales de la interfase tierra mar hacen que, al menos, haya brisas; pero para la recuperación energética se han de buscar zonas en las cuales la velocidad media sea superior a 6m/s. Ese criterio energético es el que permite hacer el primer análisis. No obstante, el criterio de mayor velocidad de viento y por lo tanto más energía recuperable no debe ser el único a la hora de definir posibles emplazamientos de parques eólicos. Las cuestiones ambientales y sociales deberán ser las que nos den los criterios para definir esas zonas de emplazamientos para futuros parques eólicos marinos. Tal como se recogen en el capítulo 2, y que aquí se recuerda con esta figura 3.1

Aparte del factor energético hay otros que, en cierta medida, también se relacionan con el medio ambiente y los aspectos sociales, aunque incluyen cuestiones técnicas limitantes.

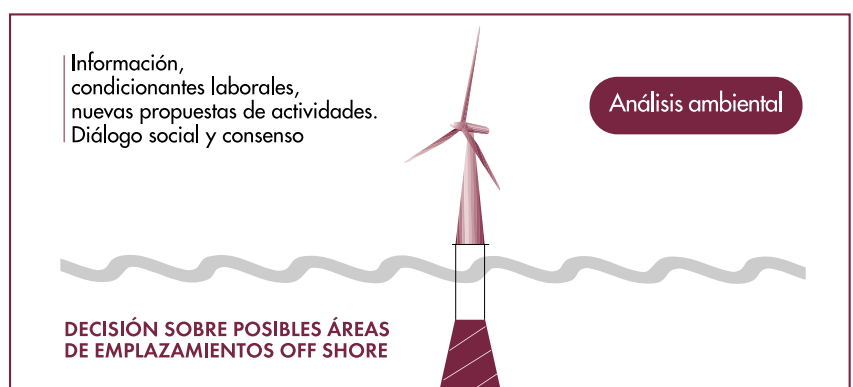
- Fondos. La tipología de los fondos es muy importante; la tecnología permite utilizar los rocosos y los arenosos. En cada caso habrá que analizar las restricciones que cada tipología pone, aunque a las profundidades que hoy se manejan parecen aconsejables por criterios ambientales los de tipo arenoso.
- Presencia de especies particularmente sensibles o amenazadas, como es el caso de los cetáceos.
- Interacción con otras actividades. Los caladeros utilizados por pesca artesanal no serán considerados en una primera instancia como posibles ubicaciones de parques offshore; en el futuro, y en función de ese diálogo social que desde aquí se propugna, se deberá realizar un

estudio sobre los posibles beneficios sobre estas pesquerías artesanales de la instalación de este tipo de parques.

- El tráfico marítimo es otro motivo de restricción a nuevos emplazamientos, que se ha tenido en cuenta en las valoraciones de potencial.

Todo esto se tiene en cuenta para, sobre una valoración global de potencial eólico, realizar en primera instancia las reducciones o correcciones correspondientes, que dan como resultado las valoraciones que se recogen en el capítulo 4. Pero que en cualquier caso ha de quedar matizado por el proceso de diálogo social.

**FIG. 3.1 ESQUEMA DE DECISIONES DE EMPLAZAMIENTOS EÓLICOS**





# análisis del potencial eólico marino en España

La Península Ibérica está situada en un entorno singular en lo que se refiere a recursos eólicos. Se encuentra frente al Atlántico, en la parte sur de la franja de vientos que, con frecuencia, van desde este océano a Europa, pero también en el sentido contrario; la costa cantábrica, la atlántica de Galicia y la del norte de Portugal se ven afectadas por estos vientos; las Islas Canarias, por el contrario, ya están en la franja de vientos alisios que se internan en el Atlántico.

Pero además algunos accidentes geográficos dan lugar a vientos interesantes: el Estrecho de Gibraltar, que comunica dos mares en distintas condiciones de temperatura, es el embudo que incrementa la velocidad de los vientos de uno hacia otro, bien de Levante, bien de Poniente, que inciden en el Golfo de Cádiz, pero también en la costa de Murcia y Almería y, en menor medida, en la de Málaga. El Ebro es una depresión que encauza vientos en tierra, pero además favorece otros costeros en Cataluña y la Comunidad Valenciana.

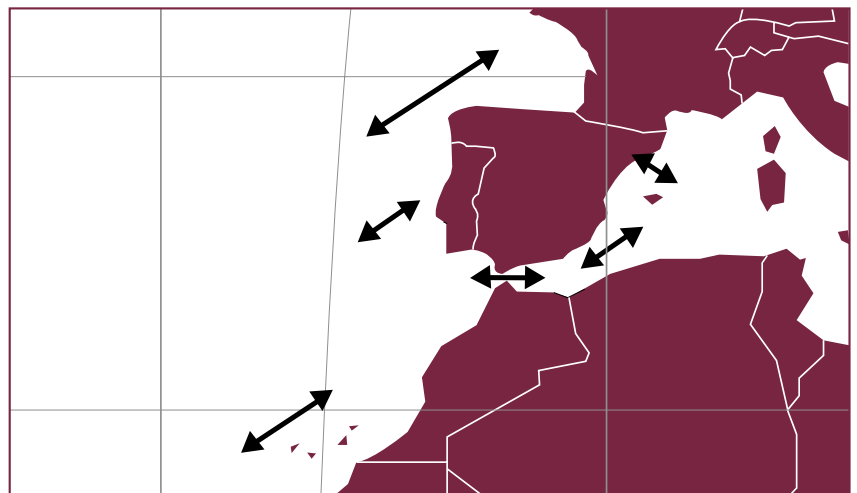
En la figura 4.1 se esquematizan esos diferentes tipos de vientos, que pueden generar un elevado potencial de energía eólica que se evalúa, con los crite-

rios que marca en primera instancia el análisis realizado, por encima de los 20.000 MW, y por encima de los 25.000 MW si contamos con la expansión de esta tecnología por la costa portuguesa, teniendo en cuenta que en el mar se pueden instalar aerogeneradores de gran potencia, entre 2 y 5 MW en la mayoría de los casos.

## EÓLICA EN MUELLES Y DIQUES PORTUARIOS

En la mayoría de los puertos se observa el fenómeno del viento en las obras de abrigo que los defienden, pero a veces también en los propios muelles el viento es frecuente; en ambos casos, sobre esas construcciones es posible la instalación

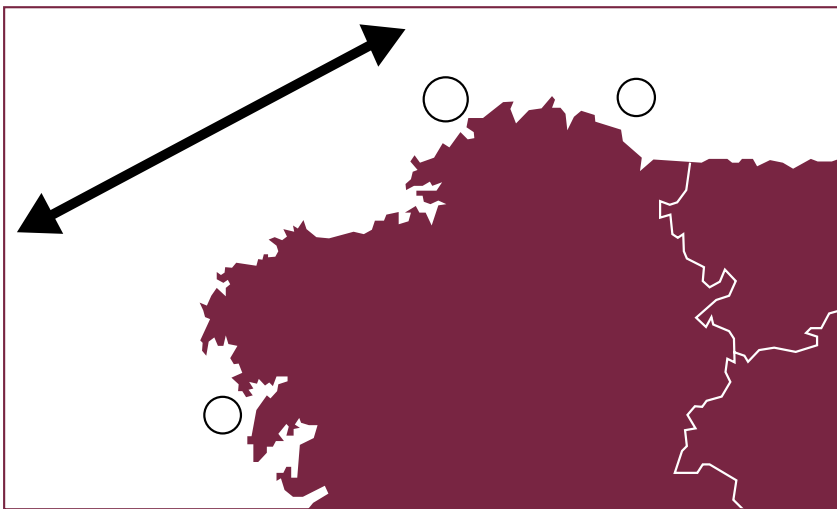
FIG. 4.1 RECURSO EÓLICO MARINO



de aerogeneradores, o en el propio mar exterior, aunque en emplazamientos próximos a los diques. Es posible pensar en aprovechamientos eólicos de dos tipos:

- En grandes puertos, por ejemplo: Gijón, San Ciprian, Burela, A Coruña, Huelva, Cartagena, Castellón, Las Palmas, y algún otro puerto ya construido. El posible desarrollo de este tipo de tecnología no debe utilizarse como excusa para la construcción de nuevos puertos ni grandes infraestructuras portuarias que afecten al ya dañado litoral. Se debería pensar en máquinas desde 1,5 a 2,5 MW de potencia unitaria, que podrían suponer en conjunto entre 200 y 500 MW de potencia instalada. Estas instalaciones tienen el interés especial de la facilidad técnica de instalación, que permite conocer los problemas de esta nueva tecnología a la vez que posibilita el diálogo social sobre la eólica marina.

FIG. 4.2 EÓLICA EN GALICIA



- En muchos otros puertos de tamaño mediano, en los cuales se podrá instalar un número pequeño de aerogeneradores, en bastantes casos de media potencia como 800 kW. En muchos casos, esos puertos también tienen una componente de abrigo turístico, donde recalán personas que por su nivel de vida consumen cantidades significativas de electricidad; los aerogeneradores y planes de concienciación sobre el uso de la energía deberían mostrarles la necesidad de ahorrar en ese consumo. Se puede pensar en el conjunto de la España peninsular, más las Islas, en más de 500 MW de potencia.

## PAÍS VASCO, CANTABRIA, ASTURIAS Y GALICIA

La costa correspondiente a estas Comunidades Autónomas no aparece en principio como de emplazamientos fáciles por las características del fondo marino de sus costas, dado que adquieren rápidamente profundidades considerables. Por el contrario, el viento es frecuente y fuerte, en especial en Galicia, lo que hace que los emplazamientos deban ser estudiados con interés a la vez que se espera en la evolución positiva de la tecnología.

Por las características del fondo marino de estas zonas, los parques deberían estar cerca de la costa, debiéndose realizar estudios y seguimiento de su interacción con las actividades de pesca de bajura. Así mismo, deben realizarse estudios sobre la posible creación de arrecifes artificiales en torno a la base de los aerogeneradores, que podrían ser colonizados por flora y fauna marina.

Es por ello necesario un análisis cuidadoso de esas costas, tanto en sus aspectos físicos, como en las características biológicas. Pero, sobre todo, hay que establecer un cauce de diálogo social para estudiar las condiciones en que es posible la instalación de parques eólicos marinos, y los aspectos positivos que éstos pueden revertir hacia la sociedad que vive de forma continuada en esas costas.

La figura 4.2 apunta hacia lo que pueden ser y ocupar esos parques en costas como las gallegas, que son las de mejor recurso, tanto en Lugo como en Coruña.

Se estima que en todo este litoral es posible instalar unos 500 MW de potencia, en parques de capacidad media en torno a los 30 MW, con aerogeneradores de 3 MW de potencia unitaria.

## GOLFO DE CÁDIZ

La mar que va desde la desembocadura del Guadiana hasta el Estrecho de Gibraltar presenta zonas amplias de profundidad inferior a 50 m y alejadas de la costa varias millas, a la vez que en ella los vientos son frecuen-



tes y fuertes: es la mejor zona eólica de España y en ella se puede pensar en parques de gran capacidad, de varios cientos de aerogeneradores cada uno. La potencia total que se podría instalar en la zona se eleva a unos 10.000 MW, aunque esa evaluación puede superarse en el futuro, en función de la evolución de la tecnología y de los resultados extraídos de los primeros parques instalados. La figura 4.3 apunta al esquema de emplazamientos.

En esa costa hay una importante actividad de pesca de bajura. Los parques deben alejarse de la costa para evitar interferir en esas faenas, siendo necesario el análisis y el estudio de potenciales beneficios junto con el sector pesquero local sobre la manera en que los aerogeneradores puedan contribuir a desarrollar vida de ciertas especies en los fondos arenosos donde previsiblemente irían ubicados, y si esto es compatible con las actividades de pesca artesanal.

Hay que tener atención especial con los movimientos migratorios de atunes, tanto los maduros que se dirigen hacia el Mediterráneo para su desove, como los jóvenes que salen de este mar hacia el Atlántico. Los parques no deben interferir en esos movimientos, ni por su ubicación, ni por la posible acción de los campos electromagnéticos; por ello, Greenpeace considera de gran importancia que la transmisión de la electricidad a tierra sea mediante corriente continua por principio de precaución.

Las almadrabas que se ubican en esta costa son una importante actividad económica, aunque inciden de forma negativa en el desarrollo de los atunes, ya que se pescan muchas hembras antes de su desove.

#### **COSTA MEDITERRÁNEA**

Ya en el Mediterráneo, desde Málaga a Girona, existen emplazamientos en los cuales es posible instalar parques eólicos. El viento es menos frecuente e intenso que en las áreas antes mencionadas pero, por el contrario, son parques de más fácil cons-

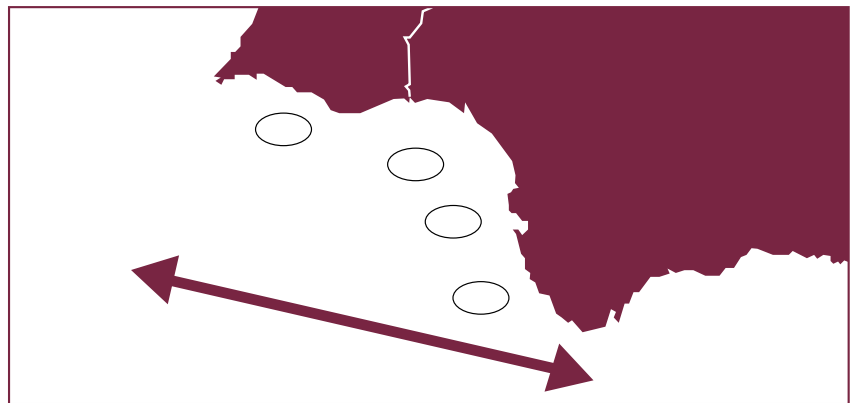
trucción ya que los fondos son menos profundos y, en general, arenosos.

Es una zona de fuerte desarrollo turístico donde podría aparecer cierto grado de rechazo por la visibilidad de los parques. El alejamiento de estos parques ayudaría a minimizar este rechazo pero no debe suponer un menoscabo del desarrollo de esta tecnología. No obstante, hay que volver a remarcar que la existencia de estos parques sería para cubrir parte de la electricidad que se demanda, que en otro caso se generaría con fuentes sucias y contaminantes. El actual consumo eléctrico es realmente excesivo, especialmente concentrado en zonas turísticas, y necesita de políticas fuertes de ahorro y eficiencia. La

La evaluación del potencial es discutible, pues el rango es amplio en función de cómo se quiera evaluar la rentabilidad económica en zonas de "vientos bajos". Se puede cifrar entre 7.500 y 10.000 MW, pudiéndose superar esta cifra hasta cerca de los 15.000 MW, dependiendo de la evolución de la tecnología y de las políticas energéticas.

Es necesario asumir, para el futuro, la necesidad de producción de hidrógeno que se pueda destinar a la automoción en esas zonas y a la generación de electricidad en puntos cercanos a los de consumo.

**FIG. 4.3** EÓLICA GOLFO DE CÁDIZ



posible visibilidad de estos parques podría tener un carácter educativo positivo y, gestionada correctamente, podría suponer un valor añadido a la economía turística de estas zonas.

Las especiales características del Mar Mediterráneo hacen que sus fondos marinos estén deteriorados. La contaminación, la pesca de arrastre y otras actividades han incidido negativamente en ellos. De especial relevancia son las praderas de fanerógamas marinas (*Poseidonia oceanica* sobre todo) que conforman ecosistemas muy ricos y biodiversos, llegando a albergar más de 300 especies, muchas de ellas de interés comercial. Se encuentran en profundidades entre 7 y 30 m. Los fondos de posidonia serán considerados no aptos para la instalación de estos parques. Buscar ubicaciones a menos de 7 metros de profundidad, o asumir el extracoste de inversión para aquéllos de más de 30 m debe ser un punto de análisis.

#### **ISLAS CANARIAS**

Los fondos marinos son profundos en la mayoría de los casos, pero hay emplazamientos cercanos a algunas costas donde es posible ubicar parques eólicos. En las Islas ha habido un importante desarrollo eólico en tierra, lo cual hace que la participación de esta electricidad en la red sea significativa. En el futuro también estos parques debieran proporcionar hidrógeno como combustible limpio de las Canarias. El potencial eólico total es de varios cientos de MW.

Esto nos puede llevar a un potencial disponible, y fácilmente alcanzable, cercano a los 20.000 MW. Si se acomete un plan ordenado y decidido de actuaciones, y se facilita la evolución de la tecnología y el crecimiento del sector, es posible que este potencial se incrementase por encima de estos 20.000 MW, haciéndose una realidad hacia el año 2030.



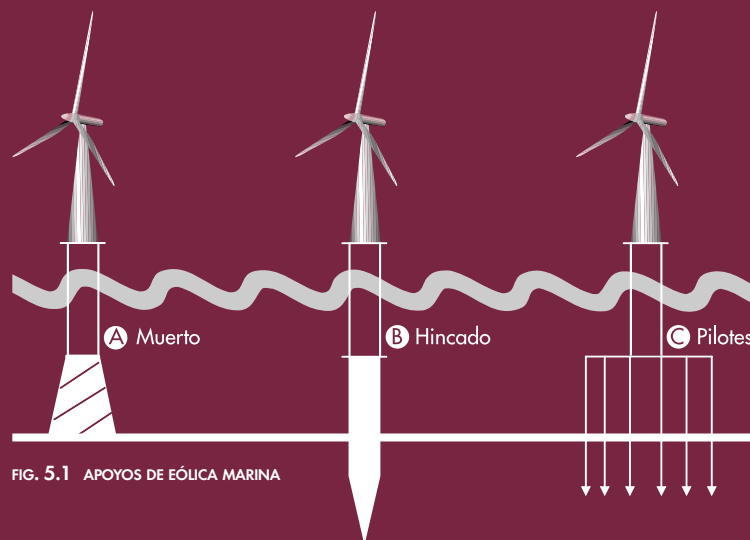


FIG. 5.1 APOYOS DE EÓLICA MARINA

## critérios de desarrollo

El potencial eólico en tierra ha ido creciendo en la medida que se han conocido mejor los diferentes entornos, pero sobre todo siguiendo la evolución de la tecnología. En el año 1990 los aerogeneradores que se instalaban eran de 150 kW de potencia, entonces en España el potencial eólico se estimaba en unos 1.000 MW; en la actualidad se están instalando aerogeneradores de 660 kW a 1.600 kW, y en el año 2000 se suponía, de forma generalizada, que era posible instalar en todo el país más de 15.000 MW; de hecho, el Ministerio de Economía asume en su planificación de infraestructuras la existencia de 13.000 MW para el año 2010.

La eólica marina arranca con máquinas en el entorno de 2 MW de potencia, y quizás la evolución en tamaño no sea tan espectacular como la vivida en la década pasada en tierra. Por el contrario, hoy se pone el límite de 30 m de profundidad a la instalación eólica marina, con una tendencia en la tecnología a rebasar ese límite, siendo posible que a medio-largo plazo se puedan superar ampliamente los 50 m de profundi-

dad, con lo que se incrementaría el potencial de la eólica marina.

No obstante, esa evaluación de potencial hoy no debe ser la primera preocupación, sino seleccionar aquellos emplazamientos que ofrezcan mayores beneficios sociales y ambientales. La información manejada al elaborar el capítulo anterior muestra que hay sitios más inocuos que otros, de mejor aceptación social y suficientes para que se construyan plantas de demostración con una capacidad en torno a los 2.000 MW. En este informe se propone una primera etapa con esa potencia o incluso la mitad.

Esos parques de demostración deberán tener un seguimiento ambiental muy profundo y en un plazo de unos diez años, con información pública que trate diferentes aspectos relacionados con:

- Evolución del ecosistema asociado al fondo marino.
- Movimiento de arenas y otros materiales de fondo.
- Migraciones de aves y de cetáceos.
- Interacción con la actividad pesquera: efecto reserva en caso de

que no exista actividad pesquera en el parque; evolución de la pesca en el parque en caso de que exista actividad pesquera.

En ese período de parques de demostración se podrá definir un programa de desarrollo eólico en etapas para alcanzar objetivos más ambiciosos.

En cuanto a los sistemas de anclaje, se trata de fijar en el fondo marino los aerogeneradores, para que éstos aprovechen el viento de esas zonas que, por la tipología de la superficie marina esencialmente plana, es de más fácil y efectiva recuperación energética. La fijación, la forma del apoyo y el proceso de realización, son una cuestión tecnológica importante, pero también lo es ambiental y merecerá un análisis cuidadoso. En la figura 5.1 se esquematizan los sistemas de apoyo que se proponen de manera más convencional, y ya probados en algunas instalaciones de demostración. Volveremos a ellos más adelante.

Otras alternativas de ubicación de los aerogeneradores en el fondo del mar son posibles.



# plan de desarrollo de la eólica marina

Los parques eólicos marinos serán, previsiblemente, instalaciones de mayor potencia unitaria que las que estamos acostumbrados a ver en tierra, ubicados en emplazamientos en los que las condiciones de construcción y operación sean las más adecuadas, pero también y muy importante, donde el impacto ambiental sea el menor posible.

El gran desarrollo eólico en las costas de la Península Ibérica, o de los Archipiélagos, no se producirá antes de pasados unos pocos años; en la actualidad, la industria trabaja en la instalación de parques en tierra firme. Esto da un período de tiempo suficiente para que haya un desarrollo ordenado de la eólica marina: este documento es sólo una primera reflexión que refleja el punto de vista de Greenpeace sobre esta tecnología, y que pretende mostrar la necesidad del estudio especializado, de la información y del consenso social.

Esas etapas deberían incluir:

**A)** Estudio del potencial eólico a diferentes profundidades a lo largo de todas las costas españolas. Se deberían definir los posibles emplazamientos,

y sus parámetros de disponibilidad de viento y potencia teórica.

**B)** Establecimiento de normas ambientales para futuros parques eólicos marinos. La participación científica y social en ellas debe ser amplia y transparente.

**C)** Valoración ambiental de los posibles emplazamientos. Debería incluir una clasificación según restricciones ambientales de diverso tipo, lo cual, junto a su potencial energético, facilitaría la definición restrictiva de esos emplazamientos.

**D)** Criterios técnico económicos de construcción de parques. Es conveniente que la recuperación energética se maximice de forma compatible con el respeto ambiental; este criterio básico deberá informar de cómo resultan los parámetros económicos del desarrollo eólico, para así definir los esquemas de regulación aplicable.

**E)** Esquemas de retorno ambiental. El desarrollo eólico marino supone un movimiento económico muy importante, tanto en inversiones como en ventas de electricidad. Sería conveniente que se



(c) Greenpeace/Sutton-Hibbert

contemplan alternativas de aplicación de fondos a proyectos paralelos de restauración o conservación ambiental en la zona de implantación del proyecto.

**F)** Retorno y participación social. La instalación de parques eólicos marinos se dirige, en muchos, casos a regiones menos desarrolladas económicamente, o que ven desaparecer otras actividades como la pesca; el desarrollo eólico debiera contemplar este aspecto para crear empleo en paralelo a actividades de fabricación de componentes, a la vez que se reconocen derechos económicos de participación en la propiedad de los parques a los municipios o a las organizaciones sociales de esos entornos.

**G)** Programa de desarrollo eólico marino. Los condicionantes antes citados deberían definir el marco en el cual se van a desarrollar los proyectos eólicos marinos. Sería deseable que las administraciones, junto a una amplia participación social, definieran el programa de construcción de parques, con el desarrollo paralelo de infraestructuras y otros requerimientos.

**H)** Parques eólicos marinos de demostración. En la concepción de acuerdo social y precaución ambiental que aquí se propone, un hito significativo es la construcción de varios parques de demostración que, además, permitirían el afianzamiento tecnológico. Greenpeace propone instalaciones en instalaciones portuarias y marinas propiamente dichas, en los diferentes tipos de emplazamientos citados en el capítulo 3.

**I)** Ensayos de producción de hidrógeno con electricidad eólica. En el programa de desarrollo eólico marino se debería incluir la investigación para obtener un combustible limpio a partir de la electricidad generada en algún proyecto de demostración, siguiendo el esquema mostrado en el capítulo 2.

#### ASPECTOS ECONÓMICOS

Los proyectos de parques en tierra han mostrado que la generación de electricidad con energía eólica es una actividad económicamente rentable; en el caso de países como Ale-

mania, Dinamarca y España, donde existe un sistema de primas, los promotores proponen de forma continua nuevas instalaciones.

En el desarrollo de la eólica marina hay que prestar atención a algunos factores antes de definir el esquema económico. En primer lugar, la especial atención ambiental que hay que prestar a un medio no tan visible como la tierra, y sobre el cual hay una especial y lógica sensibilidad social. En segundo lugar, el retorno social a que se ha hecho referencia más arriba.

Los parques eólicos marinos deberán realizarse con exquisito cuidado, lo cual lleva a pensar en inversiones específicas más elevadas que en tierra pero, por el contrario, se está pensando en instalaciones de elevada potencia, unos 50 MW, con la consiguiente economía de escala en operación y mantenimiento, que se une además al mayor potencial de recuperación energético en mar que en tierra. Unos datos de partida pueden ser:

- Inversión específica: 1.200  $\text{€}/\text{kW}$   
Parque de 50 MW: 60 millones de  $\text{€}$ .
- Horas equivalentes: 2.700 h/año  
Producción parque: 135 millones de kWh h/año.

El análisis económico de un parque eólico queda condicionado por el tratamiento que se dé a la inversión, de la cual se deriva el mayor factor de coste; lo habitual es que el promotor aporte una parte de la inversión (aquí se va a considerar el 25%) y el resto sea un préstamo contra el propio proyecto. Se pueden plantear dos formas de acercamiento:

- A)** Devolución del préstamo en un período de 10 años.
- B)** Capitalización de la inversión a 25 años, vida útil de parque.

En las figuras 6.1 y 6.2 se ven los resultados de ambos planteamientos para ese parque modelo de 50 MW de potencia; se han incluido parámetros convencionales de interés bancario, 5% real, de venta de la electricidad, 6,5 cts de  $\text{€}/\text{kWh}$ , que Greenpeace considera bajo, y



de coste de operación más mantenimiento, 0,45 cts de 2/kWh.

La construcción de un parque eólico marino como un negocio de recuperación económica a corto plazo puede dar resultados muy ajustados en la primera fase de operación, lo que incitará a reducir la inversión y a buscar emplazamientos de alto potencial eólico; en la segunda fase de la vida del parque, cuando se ha devuelto el crédito, aparecen unos beneficios muy elevados.

Por el contrario, si se concibe el parque como un proyecto a largo plazo, al cual se le faciliten créditos a largo plazo, la visión cambia totalmente, aparecen beneficios desde el primer año de operación, incluso si se destina una partida económica a retorno social y ambiental. No induce a reducir inversiones ni a buscar los emplazamientos de más viento, sino los de mayor consenso.

#### MARCO REGULATORIO

Este segundo planteamiento es el más adecuado para un desarrollo acorde con el esquema ambiental que, desde estas páginas, se defiende. Por ello se propone que una alternativa tan sensible como la eólica marina se encaje en un sistema energético que pueda contemplar éstas y otras peculiaridades. Cualquier aproximación a la propuesta de capitalización de la inversión a 25 años, alejándose de la propuesta de devolución del préstamo en 10 años, es una opción a analizar con interés.

Este esquema encaja además con el importante esfuerzo inversor a realizar antes citado, de unos 25.000 millones de 2, en un período de unos 20 años. Abrir esa inversión a la participación social como un marco de contribución para disponer de energía limpia, a la vez que se da una vía de retorno económico a la sociedad, es una opción a considerar muy seriamente.

La preparación de infraestructuras adecuadas de evacuación de la electricidad, aparte de los estudios ambientales antes citados, incide en esa obligada planificación del desarrollo eólico marino, que subyace en este documento.

Sería deseable que las Administraciones definieran los emplazamientos de posibles parques eólicos marinos, incluyendo todos los condicionantes ambientales y sociales, y la realización de los parques correspondientes salieran a concurso empresarial, donde se utilicen criterios objetivos y que aporten claros beneficios a la

FIG. 6.1 ESQUEMA ECONÓMICO CONVENCIONAL

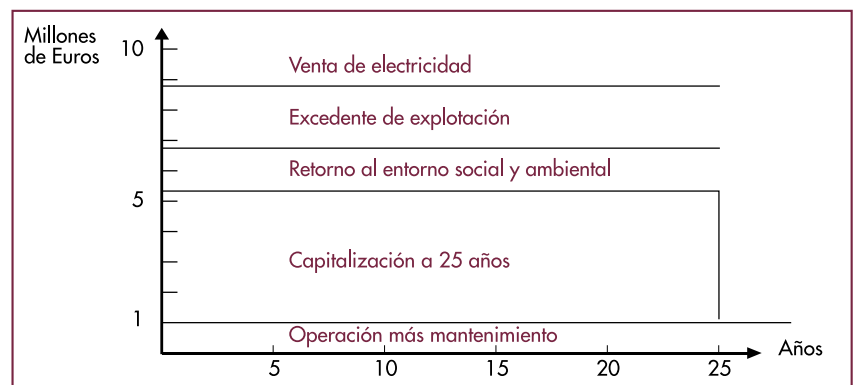
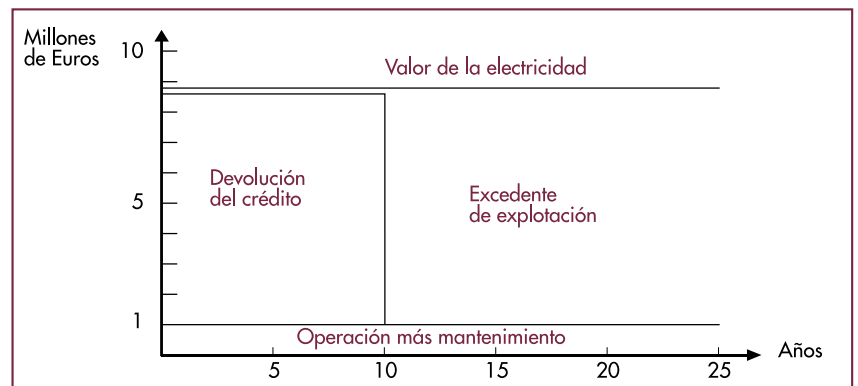


FIG. 6.2 CONCEPCIÓN ECONÓMICA A LARGO PLAZO

población local, incluso mediante la posible participación económica de ésta en el proyecto, y con métodos y criterios transparentes. En estas licitaciones ya deberían estar contemplados los retornos sociales y ambientales en cada emplazamiento.

Evidentemente, el grado y la evolución del desarrollo de la tecnología eólica marina dependerá en gran medida del trato que se le proporcione desde la política energética. Dado su gran potencial y sus enormes ventajas medioambientales y sociales en base a un crecimiento ordenado y participativo, la energía eólica marina necesita de unas primas específicas, distintas a la energía eólica terrestre, de manera que se garantice el crecimiento de este sector. Greenpeace propone que, inicialmente, esta prima se sitúe en 4,3969 céntimos de 2 por kWh.





# ventajas de la energía eólica marina

25

## MEDIO AMBIENTE Y SOCIEDAD

La energía eólica marina está llamada a ser una de las grandes alternativas de suministro de energía limpia; es un reto hacia futuro, tanto en generación de electricidad, como en producción de hidrógeno como combustible limpio. Las posibilidades de reducir emisiones de CO<sub>2</sub> son muy amplias, contribuyendo así a frenar el cambio climático, que no olvidemos es una de las mayores amenazas a la sostenibilidad del planeta.

Las posibilidades en los mares de nuestras costas son importantes, pero hay otras zonas del mundo en las cuales las posibilidades son mucho mayores, el orden de magnitud para todo el planeta es el millón de MW de potencia, aunque para ello es preciso investigar, desarrollar tecnología y, sobre todo, encontrar cauces de colaboración con los países en vías de desarrollo para trasladar a ellos fondos de inversión y la transferencia de tecnología. Es necesario cambiar los mecanismos de financiación de Instituciones Financieras Internacionales, Banco Mundial y Agencias de Crédito a la Exportación, de manera que se cambien los flujos de inversión en combustibles fósiles a ener-



(c) Greenpeace/Zakora

gías renovables. Los mecanismos de desarrollo limpio previstos en el Protocolo de Kioto u otras formas de colaboración tienen que dedicarse a este fin.

Nos encontramos ante un reto importante en el campo industrial, los aerogeneradores para instalaciones marinas tendrán unas dimensiones considerables, palas de más de 40 m de longitud, multiplicadores con una relación de salida a entrada muy amplia, par en el eje de baja muy fuerte, etc. Se ha de desarrollar tecnología e instalar fábricas en los puertos o cercanías para fabricar componentes y ensamblar máquinas; la creación de empleo puede ser muy importante, tanto en los países que comiencen con estas opciones

como en aquéllos que adopten con posterioridad la tecnología.

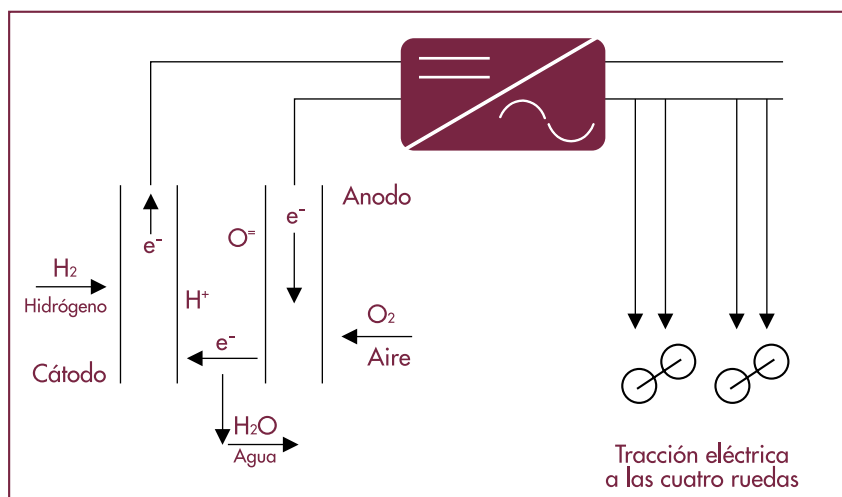
#### ELECTRICIDAD LIMPIA

La demanda punta de electricidad en España ya ha alcanzado los 35.000 MW, y la valle sobrepasa los 20.000 MW. En este documento se ve que con eólica, terrestre y marina, se puede sobrepasar ese valor mínimo. La penetración de un 30% de electricidad de origen eólico en la red es factible en las actuales condiciones de infraestructuras y posibilidades de aplicaciones técnicas.

Ahora bien, es previsible que haya instalada una potencia eólica de 8.000 MW en tierra hacia el año 2006. Por ello es preciso comenzar ya con desarrollos tecnológicos que permitan penetraciones mayores y también dirigir la electricidad eólica hacia otros usos o transformaciones energéticas.

Esto es completamente necesario, pues en la actualidad la emisión promedia de dióxido de carbono en la generación eléctrica española sobrepasa los 400 gr. de CO<sub>2</sub>/kWh, y la entrada de electricidad producida con gas natural en ciclos combinados también tiene esa emisión específica; es decir, no se aporta un esquema de reducción

FIG. 7.1 AUTOMÓVIL EQUIPADO CON CELDA DE COMBUSTIBLES



de emisiones significativo, salvo en lo que significa una menor producción con carbón.

Por ello, para el futuro se ha de pensar en una gran componente de eólica, terrestre y marina, cuyas emisiones de CO<sub>2</sub> son nulas.

#### EL HIDRÓGENO EN AUTOMOCIÓN

Lo anterior nos lleva ineludiblemente a la necesidad de desarrollar la producción de hidrógeno con eólica marina, y dirigir éste bien a la generación de electricidad en punta o bien a la automoción con pilas de combustible, tal y como muestra en la figura 7.1.

El transporte es uno de los mayores focos de emisiones de CO<sub>2</sub>; utilizamos mucho los vehículos, en especial el automóvil; lo hacemos mal, de forma ineficiente, sin pensar además que el actual es un coche de bajo rendimiento energético, y por lo tanto con elevadas emisiones de dióxido de carbono.

Esta vía de aplicación de la eólica marina podría reducir una parte significativa de nuestro exceso en emisiones de CO<sub>2</sub>. Hay que recordar que, con la actual tendencia, se estima que en el año 2010 las emisiones sobrepasarán a las permitidas por el Protocolo de Kioto en unos 80 millones de t/año.

#### EMPLEO

La eólica en tierra ha mostrado que la creación de empleo con su desarrollo industrial es una realidad. Hoy hay más de 8.000 empleos directos en fabricación de componentes, en instalación de parques y en operación y mantenimiento, que inducen un empleo total en torno a las 25.000 personas.

El programa eólico marino que aquí se propone deberá llevar a unas cifras de empleo similares, que deberían localizarse en las costas correspondientes, en algunas zonas de reconversión industrial, antiguos astilleros u otras actividades con graves problemas para su subsistencia.

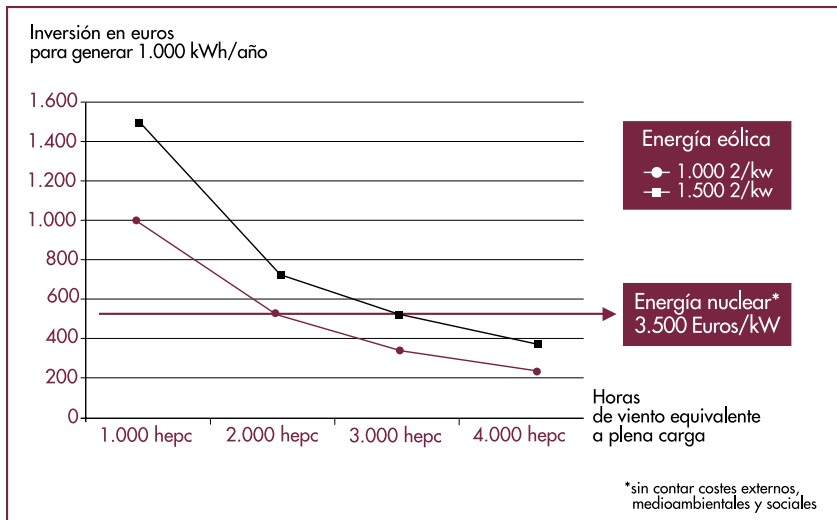
#### COSTES E INVERSIÓN

El programa de eólica marina implica unas fuertes inversiones, no sólo en instalación de parques, que pueden suponer unos 25.000 millones de euros en total, sino además en las actividades de promoción, análisis ambiental, desarrollo tecnológico, proyectos de demostración y planes de seguimiento. Toda esta labor preparatoria se estima tendrá un coste

de 3.000 millones de euros, y se debería empezar a trabajar en ella de manera inmediata y prolongarse durante unos 10 años.

Esas cifras no deben llamar la atención. La energía nuclear tiene unos costes de inversión muy superiores por unidad de potencia instalada, y nos acarrea graves problemas medioambientales, sociales y económicos. En la figura 7.2 se muestra que a partir de unas 1.500 horas de funcionamiento a plena carga con costes de instalación de 1.000 euros/kW y de 2.500 horas con costes de 1.500 euros/kW, situaciones ampliamente superadas por las condiciones de viento de estas instalaciones, la inversión a realizar para producir 1.000 kWh/año de electricidad es menor con la energía eólica que con energía nuclear.

**FIG. 7.2 INVERSIÓN NECESARIA PARA GENERAR 1.000 kWh AL AÑO. EÓLICA MARINA VS ENERGÍA NUCLEAR**



# resumen

La energía eólica es la fuente de energía que está creciendo más rápidamente en el mundo con tasas de más del 30% anual, hasta el punto de empezar a convertirse en un punto de referencia para un futuro basado en una energía limpia y sostenible.

A comienzo de 2003, la potencia eólica instalada en todo el planeta superaba los 32.0000 MW. Esto proporciona energía suficiente para satisfacer las necesidades de cerca de 16 millones de hogares medios europeos o, lo que es lo mismo, 40 millones de ciudadanos europeos.

Esta experiencia acumulada en el desarrollo de la tecnología eólica en tierra ha de empezar a ser puesta al servicio de la energía eólica marina, una tecnología que, por su enorme potencial medioambiental, económico y social, empieza a despuntar como otra alternativa más a los nefastos combustibles fósiles y nucleares.

Evidentemente, la experiencia adquirida del crecimiento de la energía eólica terrestre, y la experiencia que aún deberá obtenerse de su continuado crecimiento, debe servir como apoyo a establecer una serie de criterios medioambientales y sociales que permitan una expansión sostenida de la energía eólica marina, dado que su potencial es enorme en todos los aspectos.

Greenpeace, consciente del grave problema que supone el cambio climático y las nefastas implicaciones del uso de la energía nuclear, apuesta y apoya la energía eólica como una clara alternativa real, limpia y disponible para comenzar la sustitución de las energías sucias. Sustitución que no debe demorarse más.

Un plan específico y consensuado para la eólica marina debería aumentar el rendimiento global de la energía extraída del viento en emplazamientos marinos, combinando la generación de

hidrógeno y electricidad a red, pero siendo necesario solucionar sus actuales restricciones de la red eléctrica para beneficiarse de la capacidad de la eólica marina para la aportación de electricidad en base.

Este documento de Greenpeace, realizado con la inestimable colaboración de Emilio Menéndez Pérez, pretende ser un documento que abra el debate sobre la necesidad de realizar un plan eólico marino en España desde el organismo competente.

## Demandas de Greenpeace

- **Plan eólico marino abierto y con participación desde todos los ámbitos de la sociedad.**
- **Estudios detallados sobre el potencial eólico marino y disponibilidad pública de estos datos.**
- **Estudios detallados de los emplazamientos y sus implicaciones medioambientales, sociales y económicas, respetando los criterios expuestos en este documento.**
- **Prioridad de acceso a la red eléctrica de la electricidad eólica sobre la energía procedente de combustibles fósiles y nuclear. Evitar medidas de restricción al respecto de este tema.**
- **Establecimiento de una prima específica de 4,3969 céntimos de 2 a esta tecnología que posibilite el crecimiento de este sector.**

La energía eólica es una realidad creciente, tanto en tierra como en mar, como se puede comprobar en los diferentes parques eólicos instalados en el norte de Europa, con un amplio potencial para convertirse en una parte importante en la sustitución de las energías sucias por energías limpias. Pero este presente prometedor para la energía eólica marina sólo se convertirá en realidad si se empiezan a tomar las medidas necesarias y adecuadas sin perder ni un instante.

### EÓLICA MARINA E HIDRÓGENO EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

POTENCIA INSTALADA EN EL AÑO 2030 25.000 MW

ELECTRICIDAD GENERADA 62.500 millones de kWh/año

ELECTRICIDAD VERTIDA A LA RED 35.000 millones de kWh/año (10% de ambos países)

HIDRÓGENO PRODUCIDO\* Equivalente al 8% del consumo de combustibles de automoción y otros usos

CO<sub>2</sub> NO EMITIDO A LA ATMÓSFERA 25 millones de Tm/año

INVERSIÓN REALIZADA 30.000 millones 2

\* Vehículos con pilas de combustible  
Nota: Estos datos podrían variar dependiendo del grado de penetración a la red permitido para la energía eólica.

Las pilas de combustible están llamadas a ser un cambio tecnológico, pero también a introducir una nueva cultura del automóvil: los motores eléctricos de accionamiento de las ruedas, con sus limitaciones intrínsecas, no deben llevar hacia velocidades moderadas y a concebir el vehículo como una necesidad y no como un derroche. Esta es una de las tecnologías analizadas, siendo necesario un estudio completo de todas las opciones tecnológicas disponibles y un análisis del ciclo de vida del hidrógeno en sus distintas tecnologías de obtención y aplicación.