



LOS FACTORES RELACIONADOS CON EL DESARROLLO DE LA ENERGÍA EÓLICA: UNA VISIÓN ECOLOGISTA

Edita: Ecologistes en Acció de Catalunya

Contenidos y redacción:

**Jaume Morrón
Miguel Muñiz
Enric Tello**

SUMARIO

- 0.- Introducción.
- 1.- Presentación. Energía eólica y conflicto.
- 2.- Conceptos generales.
 - 2.1.- ¿Por qué energía eólica?
 - 2.2.- Aprovechamiento del viento y generación de energía.
 - 2.3.- Los aerogeneradores.
 - 2.3.1.- La evolución técnica
 - 2.3.2.- Los modelos modernos
 - 2.4.- Los impactos.
 - 2.4.a.- Impactos de construcción del parque
 - 2.4.a.1.- Los parques en el medio urbano.
 - 2.4.a.2.- Los parques en el medio rural.
 - 2.4.a.3.- Los parques marinos.
 - 2.4.b.- Impactos de funcionamiento.
 - 2.4.b.1.- El impacto acústico.
 - 2.4.b.2.- Impacto visual
 - 2.4.c.- Impactos sobre la avifauna.
 - 2.4.c.1.- Las causas humanas de la mortalidad de aves.
 - 2.4.c.2.- Otras causas de mortalidad de aves atadas a fuentes de energía.
 - 2.4.c.3.- Acciones para reducir el potencial impacto de los parques eólicos en las aves.
 - 2.4.c.4.- Conclusiones : efectos sobre la avifauna.
 - Lo que demuestran los estudios.
 - Lo que implican los estudios
 - Lo que se desconoce pese a los estudios
- 2.5.- Las personas y la ordenación del territorio.
- 3.- El papel de la energía eólica dentro de un modelo energético sostenible.
 - 3.1.- Las características de un modelo energético sostenible.
 - 3.2.- La transición hacia un modelo energético sostenible.
 - 3.3.- Eólica y transición hacia un modelo energético sostenible.
- 4.- La energía eólica en Cataluña, factores a considerar.
 - 4.1.- El territorio y el viento.
 - 4.2.- La diversidad biológica.
 - 4.3.- Las actuaciones de la administración.
 - 4.4.- La producción y el consumo energético.
 - 4.5.- Criterios de ordenación territorial.
 - 4.6.- La problemática de la conexión a las redes.
 - 4.7.- Efectos sobre la estructura económica: empresas y ocupación.
- 5.- Factores que determinan el proceso para obtener una potencia eólica sostenible.
- 6.- A modo de conclusión: La ordenación territorial del modelo energético.
- 7.- BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:
 - 7.1.- A internet y formato digital, recursos básicos
 - 7.2.- Publicaciones en papel (y algunas que se pueden consultar también a internet)

0.- Introducción

Este documento, que acabas de bajarte de internet, es una versión resumida y adaptada del estudio **"ELS FACTORS RELACIONATS AMB EL DESENVOLUPAMENT DE L'ENERGIA ÈOLICA A CATALUÑA: UNA VISIÓ ECOLOGISTA"**, que fue desarrollado por un equipo de personas voluntarias de Ecologistes en Acció de Catalunya, para intentar introducir reflexión y racionalidad en un debate cargado de irracionalidad desde sus inicios: la necesidad de que Cataluña aprovechara sus recursos eólicos de manera sostenible.

El trabajo de años sobre la problemática de la energía eólica nos han llevado a la conclusión de que la irracionalidad no es patrimonio exclusivo de una parte de ciudadanos y ciudadanas de Cataluña; la realidad es que, argumentando desde la más absoluta ignorancia sobre la complejidad del problema de la energía, multitud de personas han intervenido en este debate para imputar a la que, paradójicamente, es la fuente más limpia y segura, todo tipo de atrocidades y despropósitos. La universalidad del fenómeno ha sido la que nos ha impulsado a redactar una versión en castellano del documento original.

Unos apuntes sobre el trabajo para una mejor comprensión del texto. En esta versión se han mantenido intactos los aspectos que, aún haciendo referencia explícita a Cataluña, eran generalizables a cualquier otro territorio con posibilidades de aprovechamiento eólico; de la misma manera, y en clave contraria, se han eliminado las partes que solo eran de interés para personas residentes en Cataluña (que pueden adquirir el documento completo en lengua catalana). Tan solo hemos hecho una excepción: se ha optado por mantener la presentación original del documento, pese a que su contenido hace referencia exclusiva a lo acontecido en Cataluña. En todo caso el índice se mantiene intacto, dejando la referencia al documento original en los apartados vacíos.

Y poca cosa más. Tan solo apuntar que nuestro objetivo es ofrecer una información que raramente se encontrará en los medios de comunicación cuando se trate de la energía eólica. No aspiramos a convencer a nadie, tan solo deseamos que cada cual pueda formarse su propia opinión con el máximo de conocimiento de causa. También aspiramos a algo cada vez más difícil de conseguir en esta sociedad de satisfacción inmediata e ignorancia egoísta en que nos ha tocado vivir: pensar más allá del yo.

Con esta finalidad os lo ofrecemos. Un saludo.

Ecologistes en Acció de Catalunya.

1.- Presentación. Energía eólica y conflicto.

Este documento fue redactado antes de conocer el contenido del "Pla de l'Energia a Catalunya 2006-2015" (PEC), aprobado el mes de enero del año 2006. Por tanto, el contenido del PEC no se ha considerado en su redacción. Se ha optado por el criterio de mantener el redactado original, sin adaptarlo a los apartados de energías renovables del PEC, ya que consideramos que su valor como estudio de los impactos de la energía eólica supera el de análisis del modelo energético. Ámbito que desarrollamos en otras publicaciones.

En el año 2001 habían instalados en el mundo 23.000 MW de potencia eólica. En el año 2002 la energía eólica suministró un 12,4% de la producción eléctrica de Dinamarca, un 3,5% de España y un 2,8% de la de Alemania (país que produce un 60,7% más de energía que el estado español)¹, el año 2003 España se convirtió en el segundo país mundial en potencia instalada con 6.202 MW; y las potencialidades de esta energía para contribuir a la

¹ Datos obtenidos de la oficina estadística europea (<http://europa.eu.int/comm/eurostat/>)

construcción de un modelo energético sostenible tan sólo empiezan a ser exploradas.

En sus 30 años de existencia la tecnología eólica ha evolucionado mucho, especialmente en los últimos diez años, de manera que la mayoría de los problemas asociados a los aerogeneradores (y parques eólicos) que entraron en funcionamiento en la década de los 80, ya están superados en los que se construyen en el 2000.

Pero en Cataluña aún se reproducen debates sobre problemas que, como veremos, están más que analizados y, en muchos casos, superados (impacto acústico, impacto sobre la avifauna, etc.), cómo si la energía eólica estuviese aún en sus inicios, allá en la década de los 70 del siglo pasado. Por ello, uno de los objetivos de este documento es clarificar la situación de esta energía, aportando datos y criterios para poder situar el debate en la realidad actual.

En los últimos diez años hablar de energía eólica en Cataluña ha significado, en términos generales, hablar de conflicto. Un conflicto que ha tenido dos vertientes, una más pública y visible, de cariz social, articulada en torno a las diversas plataformas territoriales que se oponen a la construcción de parques eólicos; y otra más oculta, de cariz político, que se ha manifestado en la falta de voluntad de los sucesivos gobiernos de Cataluña para que esta energía se desarrollase realmente. Y, a pesar de que las movilizaciones de cariz conservacionista han sido claves para generar en algunos sectores sociales un ambiente de rechazo por principio a cualquier proyecto eólico, el bloqueo real al desarrollo de esta energía proviene de la segunda vertiente (la política). El resultado ha sido que las actuaciones de los políticos en el gobierno y de algunos sectores sociales en la oposición parecen haber sido coordinadas para impedir que Cataluña pudiese aprovechar sus recursos eólicos.

Todo ello ha provocado que, pese a la coincidencia de unos y otros en declaraciones genéricas favorables, tan sólo se hayan difundido visiones críticas o declaradamente negativas sobre la energía eólica; renunciando en todo momento a analizar los intereses que había detrás de las mismas². Así se ha ido situando, de hecho, el debate eólico fuera de la problemática real de la energía³, al tiempo que se elevaba el denominado impacto visual a la categoría de valor absoluto⁴.

Porque es un hecho reconocido que el modelo energético basado en combustibles fósiles y energía nuclear provoca graves impactos globales (cambio climático, contaminación radiactiva, lluvia ácida, vertidos en masa de combustible por accidentes o por rutinas de mantenimiento, liberación de sustancias tóxicas que acaban afectando a los organismos vivos, etc.); y que dichos impactos también tienen una fuerte incidencia local. Pero resulta que la mayoría de estos impactos son difíciles de percibir y de cuantificar: tan solo con datos que provienen de estudios científicos se puede justificar la urgencia de sustitución del modelo energético vigente.

Por el contrario, el aprovechamiento de la energía eólica sólo provoca impactos locales, impactos fácilmente perceptibles y cuantificables, impactos que –precisamente por esto– son fáciles de denunciar, se pueden corregir y también, y esto es importante, son insignificantes en comparación con los impactos globales.

² A guisa de ejemplo, y entre otros casos, hay que recordar la difusión masiva por internet del manifiesto Darmstädter, en el que, desde una confusión total en el planteamiento de la problemática energética, se hacía una crítica global a la energía eólica (sin aportar ningún dato) para acabar defendiendo la bondad de los combustibles fósiles sin mencionar para nada sus impactos ambientales.

³ Así lo muestran las opiniones de algunas personas del movimiento conservacionista que insisten que la energía eólica se tiene que tratar al margen de la problemática del cambio climático, o que la energía nuclear es tan sólo una tecnología neutra.

⁴ Ejemplos de estos criterios se pueden encontrar visitando las páginas web que desarrollan las argumentaciones más representativas de esta línea en Cataluña: www.alvent.net o www.gepec.org

Debido a ello, una parte del discurso conservacionista se limita a ignorar los impactos globales del modelo energético y su traducción local, y a remarcar tan sólo los impactos locales de los parques eólicos. De esta manera se contribuye a mantener a la sociedad en la ignorancia de la problemática de fondo del consumo de energía que es, justamente, la que hace necesario el aprovechamiento de la energía eólica.

Este documento pretende aportar elementos para poder evaluar de manera más objetiva los impactos locales, lo que significa, entre otras cosas, valorar la dimensión real del impacto de las obras de construcción de un parque eólico, saber cuál es la realidad del impacto acústico, huyendo de generalizaciones exageradas; conocer datos para valorar la realidad del conflicto entre aerogeneradores y aves, apuntar elementos de racionalidad al concepto de impacto visual, etc., y, además, enmarcar todo esto dentro del contexto de Cataluña.

Como decíamos, el discurso político dominante durante los últimos años se ha movido dentro una aparente contradicción: siempre ha defendido, de manera genérica, los valores de la energía eólica ante la crisis ambiental (con especial mención a los impactos relacionados con el cambio climático), pero siempre ha renunciado "de facto" a actuar políticamente, en coherencia con dicho discurso, ante las empresas de generación y distribución. Ignorando el hecho tan demostrado de que la irracionalidad del actual mercado energético nunca permitirá que las energías renovables se abran paso por la propia lógica económica⁵.

A lo largo de estos años, el poder político en Cataluña ha evitado abordar la ordenación y planificación territorial de la energía eólica con participación de todos los sectores implicados; pretendiendo que fuese el propio mercado la que la realizase. Esta aparente neutralidad se mantuvo hasta que la combinación de acumulación caótica de proyectos presentados, e incremento de la contestación social la hicieron inviable⁶; mientras tanto se renunció a ejercer la potestad legislativa, para simplificar los procedimientos de tramitación de los proyectos⁷; no se intervino en el problema decisivo de la conexión a la red eléctrica; se mantuvo una actitud de inhibición, pese a la multiplicación de anuncios sobre la tramitación de proyectos, frente a una heterogénea mezcla de promotores, que incluía tanto empresas solventes como especuladores de terrenos⁸; y no se creó ningún organismo de participación de los sectores interesados que permitiera regular el debate en torno a la energía eólica. Tímidamente y con contradicciones esta situación empezó a cambiar a partir del 2003.

Pero esta actitud viene de lejos, Cataluña lleva más de veinte años sin abordar con rigor la problemática de la ordenación del territorio, el modelo energético y el camino hacia la sostenibilidad ambiental. El peso que han tenido los sectores empresariales vinculados a la energía nuclear y los combustibles fósiles en los sucesivos gobiernos y en la administración de Cataluña, no es un factor ajeno al gran retraso en el aprovechamiento de los considerables recursos renovables existentes: un repaso a las vinculaciones profesionales de las personas que forman, o que han formado, parte de las instituciones relacionadas con la energía (departamento de Industria y direcciones generales) puede explicar mejor la situación de marginación de la energía eólica que muchas de las movilizaciones aparecidas en los medios de comunicación.

Estos conflictos en el desarrollo de la energía eólica demuestran que el cambio hacia un modelo energético sostenible será de todo menos fácil; el cambio implica una nueva

⁵ Sólo hace falta recordar las consideraciones del documento "Hacia una política energética de la Unión Europea - Libro Verde de la Comisión Europea", realizadas en enero de 1995.

⁶ Ver el apartado 4.3 de este documento.

⁷ Contrasta la actitud del gobierno de Cataluña con el de Navarra o Galicia, que ya en 1998 habían creado procedimientos unificados de tramitación de parques.

⁸ Un repaso a la relación de antiguas autorizaciones de construcción de parques que no han llevado a cabo ninguna gestión posterior puede ayudar a esta diferenciación.

mentalidad sobre la producción y el consumo de energía; algo que va más allá de las formulaciones genéricas, fácilmente aceptables por todo el mundo; un cambio que afecta también a la percepción del territorio, del entorno inmediato; a la forma en que se integra en el territorio nuestro sistema de vida, de consumo de productos y servicios; y un cambio en el rigor en la formulación de nuestras demandas. Una breve reflexión puede ayudar a entenderlo.

Las dos características del modelo energético dominante han sido la concentración y la abstracción. La **concentración** se ha manifestado en la construcción de centros de producción energética de enorme potencia (grandes centrales y embalses), generalmente alejados de las fuentes de materia prima que los hacen funcionar (carbón, gas, petróleo, uranio, cuencas fluviales), alejados también de los principales centros de consumo, y pensados para el suministro de amplios territorios. De esta manera, el consumo de energía y productos nunca ha tenido un referente directo y cercano a la mayoría de la gente.

La segunda característica, la **abstracción**, ha consistido en desvincular el consumo tanto de criterios de eficiencia, como del impacto ambiental asociado: la comercialización de productos industriales baratos y de corta vida útil, y la tendencia irracional hacia el "todo eléctrico" en el suministro energético de las nuevas construcciones son dos ejemplos evidentes. Otro ejemplo sería la reiteración permanente del mito tecnológico de una fuente de energía ilimitada, inagotable y prácticamente gratuita. Mito que se ha asociado sucesivamente a la energía nuclear de fisión y de fusión.

De esta manera, la energía se convierte en un concepto difuso, lejano, que nos llega de forma invisible en objetos y servicios. Es necesario investigar, e investigar muy a fondo, para poder relacionar el consumo energético directo e indirecto (el que está oculto en productos y objetos) con sus efectos materiales: residuos vertidos al aire, el agua y la tierra; sustancias artificiales introducidas en el medio, que penetran y alteran el ciclo vital de plantas, animales y personas; cambios en el clima, etc. La ocultación sistemática, mantenida a lo largo de décadas, del impacto real de la producción y el consumo de energía ha generado toda una mentalidad social en la que la energía es algo abstracto y remoto.

Pero el modelo energético sostenible rompe con esta ocultación y le da la vuelta: donde antes había una producción de pocas centrales potentes, con enormes impactos globales e invisibles, aparecen ahora multitud de puntos de poca potencia con impactos locales pequeños, pero perceptibles; donde se daba una concentración territorial de la producción, aparece una dispersión territorial que se visualiza en multitud de aerogeneradores, placas solares, plantas de aprovechamiento de la biomasa, depósitos de metanización, etc., dispersos por el territorio; donde la producción de energía se hacía con recursos remotos, se pasa a la necesidad de producir en el lugar donde se encuentra el recurso; donde sólo se consideraban tres tecnologías de producción de energía eléctrica (nuclear, térmica e hidráulica), aparecen multitud de tecnologías directas y muchas otras mixtas; y, finalmente, donde había una ocupación del territorio invisible, globalizada y remota, aparece el verdadero precio energético en términos de ocupación territorial visible, concreta y próxima.

En resumen, un modelo energético sostenible hace visible lo que estaba oculto y, por tanto, choca con una mentalidad en la que el consumo de energía, y también la preservación del entorno, se plantean de manera abstracta, sin relacionarla con nuestra manera de vivir y consumir.

Y la energía eólica es la forma más extrema de dicha visualización: el recurso del viento ha de aprovecharse en el lugar donde se halla, y los mejores lugares se encuentran generalmente en el mar y en los espacios rurales, justamente donde se dan las representaciones más idealizadas de lo que es "natural". Ello convierte a la energía eólica en exponente máximo del cambio de mentalidad al que hacíamos referencia, cambio relacionado con lo que se empieza a denominar una nueva cultura de la energía.

Este documento ha sido redactado desde la perspectiva del ecologismo social. Pese a que conocemos sobradamente el papel que la política económica juega en el despliegue de las

energías renovables hemos eludido, de manera consciente, manifestarnos sobre problemas relacionados con el tejido empresarial, la competitividad, los precios, las primas, los beneficios, el mercado, o cualquier otro aspecto situado por debajo de la necesidad de detener la devastación ecológica y social, que es el principal reto de nuestra sociedad. Nuestra opción no es fruto del descuido: creemos que en todos los campos de la existencia la economía ha de estar subordinada a la vida, lo que, actualmente, no es el caso.

Nuestra finalidad es divulgativa, la consulta de la bibliografía final y un seguimiento de la información cotidiana es la mejor manera de entender cada caso, cada proyecto y cada conflicto en toda su profundidad (global y local).

2.- Conceptos generales.

2.1.- ¿Por qué energía eólica?

Todas las actividades humanas y, por supuesto, todas las formas de producción de energía provocan un impacto ambiental. Pero ni todos los impactos son iguales, ni todos se perciben del mismo modo, lo que nos lleva a la pregunta: ¿cómo se han de evaluar dichos impactos?

Cada sistema energético genera impactos locales y globales. Unos impactos son más cercanos y se perciben con facilidad. Son los que afectan a lo que podemos denominar "huella ecológica" local (efectos que una actividad provoca en el territorio inmediato). En cambio, los impactos de mayor gravedad se producen de manera invisible, a distancias más lejanas en el espacio y el tiempo, en otros lugares y hacia el futuro; lejos de la percepción del ojo humano. Son parte de la "huella ecológica" global.

Después de años de ignorar la existencia de impactos ecológicos causados por la actividad industrial la realidad ha acabado imponiéndose, y ahora se empiezan a valorar los impactos de manera correcta: considerando todo el ciclo de vida de las tecnologías y los productos que generan. Ello implica analizar no tan sólo los impactos de funcionamiento de una instalación o los del producto resultante. Yendo más allá (y situándonos en el terreno de la producción, consumo y distribución de energía) el ciclo de vida exige contabilizar y cuantificar con rigor el máximo de impactos que generan, a) la construcción de los mecanismos que son necesarios por suministrar el producto (en este caso energía eléctrica); b) las operaciones de instalación y puesta en funcionamiento de los mecanismos; c) el funcionamiento de los mecanismos a lo largo de toda su vida útil; d) los impactos derivados de su desmantelamiento, de las operaciones propias, de los residuos resultantes, y de su tratamiento final.

No existe el impacto nulo. El criterio de determinación de impactos es, pues, comparativo; se hace necesario comparar impactos entre sí, y contrastar los impactos visibles (mucho más espectaculares pero de alcance más reducido) con los que no se pueden percibir a simple vista (y que a menudo tienen un efecto más destructivo). Pero esta es tan sólo la parte más mecánica del proceso; se tienen también que tomar en consideración la comparación entre los impactos locales directos (fáciles de percibir y cuantificar) y los impactos globales indirectos (difíciles de percibir y cuantificar, pero que acaban repercutiendo a nivel local por vía indirecta) y, además, hay que tener presente el criterio de prioridad, urgencia o gravedad de los problemas del medio ambiente a los que es necesario enfrentarse.

La complejidad aparejada a la realización de un estudio del ciclo de vida de este tipo es evidente, y la dificultad de encontrar criterios comunes para comparar varios tipos de impacto, muchos de ellos de difícil cuantificación, aún más. Pero, pese a las limitaciones que puedan darse, el estudio de los impactos a partir del análisis del ciclo de vida es la manera más rigurosa de acercarse a la transición hacia una economía y unas formas de vida humana compatibles con el respeto a los ecosistemas que hacen posible la propia vida.

La aplicación del estudio del ciclo de vida de tecnologías y productos es lo que permite descartar todas las formas de generación de energía de origen fósil y nuclear a la hora de

hacer frente a la crisis ecológica, y centrarse en las energías renovables como las únicas verdaderamente sostenibles. Pues bien, de todas las energías renovables, la energía eólica es la que ofrece unos mejores resultados en cuanto a impactos ambientales derivados de su ciclo de vida.

Así, el informe **"Impactos ambientales de la Producción Eléctrica, Análisis del ciclo de vida de ocho tecnologías de generación eléctrica"**, editado por el IDAE el año 2000, analizaba 11 variables de impacto aplicadas a 9 tecnologías de producción eléctrica y otorgaba a la energía eólica un impacto considerado despreciable en 9 de las variables, y pequeño en las dos restantes, calificación superada tan sólo por la energía minihidráulica⁹.

Hay que tener en cuenta que dicho estudio no hace ninguna referencia a la concreción de cada tecnología dentro de un territorio y un modelo energético determinados. Como no existe ningún sistema energético "limpio", siempre se ha de tener presente el principio de que concentrar muchas unidades de generación de una tecnología de bajo impacto en un marco territorial reducido puede provocar un impacto mayor por un proceso de acumulación. Este es el problema de la energía minihidráulica cuando muchas centrales pequeñas se concentran en el curso de un río, afectando al caudal ecológico. También puede darse en el caso de la energía eólica, si un gran número de aerogeneradores se concentra en un espacio importante por su biodiversidad o interés para la avifauna. El informe citado, sin embargo, demuestra el carácter local y mínimo de los impactos asociados a la tecnología eólica.

Y como el aprovechamiento de los energéticos renovables de cualquier territorio es la clave para avanzar en la construcción de un modelo energético sostenible, es decir, de un modelo que permita satisfacer las necesidades energéticas de la población con el mínimo impacto ambiental; el desarrollo de la energía eólica se convierte en una necesidad ecológica.

2.2.- Aprovechamiento del viento y generación de energía.

El primer factor es el viento. Lo que determina la necesidad ecológica de un proyecto de parque eólico es la evaluación de su capacidad de producción de energía (y no el periodo de devolución de las inversiones a sus promotores); y esto es así porque la necesidad ecológica de potenciar la energía eólica la determinan los impactos del modelo energético vigente, y no la obtención de beneficio económico.

Por tanto, el primer criterio ecológico para aceptar un parque es que ha de haber viento; pero para que se dé un verdadero aprovechamiento ecológico cualquier tipo de viento no sirve: se necesitan vientos constantes, regularmente distribuidos a lo largo del año, y de intensidad suficiente.

Ahora bien, los datos disponibles sobre el potencial de viento existente muestran que las condiciones de eficiencia de funcionamiento de los parques eólicos no se dan en cualquier lugar. La importancia de las velocidades medianas anuales de viento (en lo sucesivo VMA) vienen dadas por las frecuencias horarias de cada velocidad, como muestra el CUADRO 1

Lo que se deduce de este cuadro es que la producción de un aerogenerador es muy desigual según el área de VMA donde se instale, ya que existen diferencias muy significativas de rendimiento energético (del orden de un 35% de promedio en función de cada tramo de VMA).

⁹ IDAE. "Impactos ambientales de la Producción Eléctrica, Análisis del ciclo de vida de ocho tecnologías de generación eléctrica", página. 23 y siguientes.

CUADRO 1: FRECUENCIAS MEDIANAS DE VIENTO HORAS/AÑO (total horas anuales: 8760).

Velocidad. m/seg.	Vma:3,5 m/seg	Vma:4 m/seg.	Vma:4,5m/seg	Vma:5 m/seg.	Vma:6 m/seg.
3	1711	1614	1458	1277	921.
4	1396	1469	1459	1387	1141.
5	996	1164	1268	1308	1234.
6	636	821	981	1098	1190.
7	368	523	683	831	1039.
8	194	303	432	571	826.
9	95	161	249	358	601.
10	43	78	132	205	401.
11	18	35	64	108	245.
12	7	15	29	52	137.
13	2	6	12	23	71.
14	1	2	4	9	34.
15	0	1	2	3	14.
16	0	0	1	1	6.
17	0	0	0	0	2.
18	0	0	0	0	1.
19	0	0	0	0	0.
20	0	0	0	0	0.

Fuente: Manual de energías renovables núm.2 Energía Eólica. Biblioteca "Cinco Días", IDAE, 1996

Para complementar el CUADRO1, en el CUADRO 2 se ha realizado un cálculo partiendo del rendimiento de un modelo de aerogenerador de tipo mediano. Con estos datos **se demuestra que la política de incrementar las subvenciones al KWh de producción eólica, como medio de dirigir a los promotores hacia zonas de VMA inferior, no tiene sentido desde el punto de vista ecológico**, ya que tan sólo se lograría una proliferación de parques con un bajo rendimiento, que ocuparían territorio sin producir mejoras ambientales.

CUADRO 2: PRODUCCIÓN ANUAL DE UN AEROGENERADOR DE 1300KW DE POTENCIA SEGÚN FRECUENCIA ESTADÍSTICA DE VELOCIDADES DEL VIENTO.

ÁREA	Total MWh	Orden de reducción del rendimiento respecto a la Vma final (6 m/seg.)	Orden de incremento del rendimiento respecto a la Vma anterior
Vma 3,5m/seg	298,33	19,1 %	0,0 %
Vma 4 m/seg	457,87	29,3 %	34,8 %
Vma 4,5m/seg	663,72	42,6 %	31,1 %
Vma 5 m/seg	917,59	58,9 %	37,7 %
Vma 6 m/seg	1556,82	100,0 %	41,1 %

Fuente: elaboración propia a partir de los datos del Manual de energías renovables núm.2 Energía Eólica, IDAE 1996

2.3.- Los aerogeneradores.

Después del viento, el segundo factor a tener en cuenta son los aerogeneradores. La evolución de los aerogeneradores durante la década de los 90 ha sido espectacular, actualmente se comercializan modelos de eje horizontal o vertical, con potencias que van desde 50W a 4,5 MW. Las máquinas más pequeñas pueden empezar a generar electricidad a partir de velocidades de viento de 3 metros por segundo.

Las turbinas eólicas pueden diseñarse de varias maneras, y muchas de las diferencias son debidas al deseo de minimizar las emisiones sonoras. Algunas variables son:

- Máquinas a barlovento ("up wind") y a sotavento ("down wind")

La mayor parte de turbinas de eje vertical están diseñadas de forma que el rotor y las palas siempre reciben el viento de cara (barlovento), lo que tiene el efecto de minimizar cualquier cambio en el flujo del aire cuando las palas pasan por delante de la torre. En cambio, algunas turbinas eólicas instaladas en los Estados Unidos de América tienen el rotor y las palas de espaldas al viento; con este diseño en ocasiones puede escucharse una especie de pulsación cada vez que una pala pasa por delante de la torre. La inmensa mayoría de las turbinas eólicas instaladas en Europa son máquinas a barlovento.

- Turbinas de velocidad fija, doble velocidad y de velocidad variable

La mayoría de las turbinas eólicas de eje vertical giran a velocidad constante, habitualmente entre 25 y 50 rpm, independientemente de la velocidad del viento. No obstante, hay turbinas de doble velocidad que operan a velocidad reducida cuando el viento es ligero. Esto genera menos ruido, y significa que cuando el rumor del viento en las hojas de los árboles es bajo, el ruido de la turbina también es significativamente inferior, de un orden de 10 dB(A).

Las turbinas de velocidad variable cambian la velocidad continuamente, respondiendo a los cambios en la velocidad del viento y aunque la producción de sonido puede ser superior a mayores velocidades de viento, también es menor cuando este sopla con menos fuerza, cuando el ruido de fondo es también menor.

- Generador directamente acoplado al rotor ("direct drive")

Son las que llevan el generador acoplado directamente al rotor. Al no disponer ni de multiplicador ni de tren de potencia y, por lo tanto, de componentes mecánicos o eléctricos que se muevan a alta velocidad, estas turbinas son mucho más silenciosas que las que poseen multiplicador.

2.3.1.- Evolución técnica de los aerogeneradores: una breve historia.

La que probablemente fue la primera turbina eólica de funcionamiento automático para generar electricidad, fue construida durante el invierno del año 1887 por Charles F Brush, en Cleveland (Ohio, Estados Unidos de América)¹⁰. Se trataba de un auténtico gigante para la época, con un diámetro de rotor de 17 m y 144 palas fabricadas con madera de cedro. Funcionó durante 12 años, y sus 12 KW servían para alimentar unas baterías ubicadas en el sótano de la mansión de Brush.

Pero fue el danés Poul la Cour¹¹ quién, más tarde, descubrió que las turbinas eólicas de giro rápido (con pocas palas en el rotor) son más eficientes para la producción de electricidad que las de giro lento, como la de Brush.

La Cour -uno de los pioneros de la moderna aerodinámica- se preocupaba del almacenamiento de energía, y utilizaba la electricidad de las turbinas eólicas para obtener hidrógeno para las lámparas de gas de su escuela mediante electrólisis del agua. Curiosamente, el principal inconveniente fue que tuvo que sustituir las ventanas de algunos edificios de la escuela en varias ocasiones, porque el hidrógeno explotaba a causa de las pequeñas cantidades de oxígeno que contenía.

¹⁰ Charles F. Brush (1849-1929) fue uno de los fundadores de la industria eléctrica americana. Inventó una dinamo de corriente continua muy eficiente utilizada en la red eléctrica pública, la primera lámpara de luz de arco eléctrico comercial, así como también un método eficiente para la fabricación de baterías de plomo - ácido. Su empresa, la Brush Electric, de Cleveland (Ohio), se vendió el año 1889 y el año 1892 se fusionó con la Edison General Electric Company, bajo el nombre de General Electric Company (GE). Véase <http://www.windpower.orgespicturesbrush.htm>

¹¹ Poul la Cour (1846-1908), que era meteorólogo de formación, fue el pionero de las modernas turbinas eólicas para hacer electricidad. Véase <http://www.windpower.orgespictureslacour.htm>

El aprovechamiento social de la energía eólica es un fenómeno temprano. En Dinamarca, el año 1918, unas 120 empresas públicas locales tenían, cada una de ellas, un aerogenerador (en general de 20 a 35 KW de potencia), lo que suponía un total de 3 MW de potencia eólica instalada, lo que cubría aproximadamente un 3 por ciento del consumo de electricidad de aquel momento.

Fue el ingeniero Johannes Juul, uno de los primeros alumnos de Poul la Cour en sus cursos para electricistas eólicos del año 1904, el que se convirtió, en los años 50, en un pionero en el desarrollo de los primeros aerogeneradores de corriente alterna en el mundo. Entre 1956 y 1957 construyó el aerogenerador de Gedser, de 200 KW, para la compañía eléctrica SEAS, en la costa de Gedser, al sur de Dinamarca¹². Funcionó durante 11 años sin mantenimiento, y en el año 1975 fue reparado a petición de la NASA, que quería datos de operación de la turbina para utilizarlas en el naciente programa norteamericano de energía eólica.

Tras la primera crisis del petróleo de 1973, muchos países se volvieron hacia la energía eólica. En Dinamarca, Alemania, Suecia, el Reino Unido y los Estados Unidos de América, algunas compañías energéticas e instituciones de investigación dirigieron inmediatamente su atención hacia la construcción de grandes aerogeneradores¹³.

La generación de turbinas de 55 KW, que se desarrollaron entre los años 1980-81, supuso el despegue industrial y tecnológico para los modernos aerogeneradores. El coste del kWh de electricidad cayó en un 50 por ciento. La industria eólica se hizo mucho más profesional, y la elaboración, en paralelo, del "Atlas Eólico Europeo" por el Risø Laboratory de Dinamarca fue extremadamente importante para la reducción de costes del kWh. El programa eólico de California, a comienzos de los años 80, instaló miles de estas máquinas. El aerogenerador Micon de 55 KW es un ejemplo: un enorme parque eólico de Palm Springs (California) tiene instalados más de mil.

En marzo de 1984 se conectó a la red eléctrica española –en Vilopriu (Baix Empordà)- el primer aerogenerador moderno, un tripala de 12 metros de diámetro y 15 KW de potencia. Era el fruto del trabajo de unos pioneros que, desde 1980, se reunían en la Subcomisión de Energía Eólica de la Comisión de Energía de la Asociación de Ingenieros Industriales de Cataluña¹⁴. Mientras las grandes eléctricas y el gobierno estatal (y autonómico) centraban toda su atención y esfuerzos en la conexión a la red eléctrica de las centrales nucleares¹⁵, estos emprendedores trabajaban para hacer crecer la semilla de lo que posteriormente sería Ecotécnia.

¹² La turbina de tres palas con rotor a barlovento, orientación electromecánica y un generador asíncrono fue un diseño pionero de los modernos aerogeneradores. La turbina disponía de regulación por pérdida aerodinámica, y Juul inventó los frenos aerodinámicos de emergencia en punta de pala, que actúan por la fuerza centrífuga en caso de exceso de velocidad. Básicamente el mismo sistema que hoy utilizan las modernas turbinas de regulación por pérdida aerodinámica. Véase <http://www.windpower.orgespicturesjuul.htm>

¹³ Para profundizar en la historia de estos desarrollos eólicos se recomienda el libro **El poder del viento**, de Josep Puig, Conrad Meseguer y Miquel Cabré. Editado el año 1982 por Ecotopia Ediciones (Barcelona), es un ejemplo del papel pionero de Cataluña en el desarrollo de la energía eólica, adelante que las circunstancias han frenado hasta situar nuestro país a la cola del despliegue eólico en la Península Ibérica, esperamos que no definitivamente.

¹⁴ **Quién es quién en la eólica**, 2003 *Energías Renovables* 18:28-30.

¹⁵ Durante la primera mitad de la década de los 1980 se pusieron en funcionamiento todas las centrales nucleares españolas denominadas de "segunda generación": Almaraz-1 se acopló a la red el 1/5/1981, Ascó-1 el 29/8/1983, Almaraz-2 el 8/10/1983, Cofrentes el 14/10/1984 y Ascó-2 en Octubre de 1985. Las denominadas de tercera generación, Vandellòs-2 y Trillo-1 se acoplaron a la red eléctrica el 12/12/1987 y el 23/5/1988, respectivamente (Consejo de Seguridad Nuclear, 1999 **Las Centrales Nucleares Españolas**, Colección Informes Técnicos, INT-01.02, Madrid).

2.3.2.- Los modelos modernos

En los últimos 10 años (entre 1994 y 2003), la media mundial de potencia por turbina en operación ha pasado de 340 KW a 1.217 KW¹⁶. Es decir, en diez años los aerogeneradores han multiplicado su potencia casi por cuatro.

En el mismo periodo, en España se ha pasado de una potencia eólica instalada de 75 MW (1994) a 6.202 MW en el año 2003. La potencia media por turbina en operación ha pasado de 297 KW (1995) a 848 KW (2003)¹⁷.

- Turbinas a partir de 2 MW

Aunque algunos parques en tierra dispondrán en un futuro de turbinas de más de 2 MW, la mayor parte de las grandes máquinas se instalarán en parques eólicos ubicados al mar (*offshore*) una opción que se halla apenas en sus inicios.

El que, por ahora, es el parque eólico offshore más grande del mundo, Horns Rev, se completó el año 2002. Se sitúa en el Mar del Norte, a una distancia entre 14 y 20 km de la costa de Jutlândia. Está equipado con 80 aerogeneradores Vestas de 2 MW, lo que supone una potencia total de 160 MW¹⁸.

El parque eólico offshore urbano de Middelgrunden, cerca del puerto de Copenhague, también consta de 20 aerogeneradores de 2 MW, fabricados por Bonus. Con una potencia total de 40 MW, el parque genera 90.000 GWh/año, aportando el 3 por ciento del consumo eléctrico de la ciudad¹⁹.

El primer prototipo de la turbina Nordex de 2,5 MW se puso en funcionamiento la primavera del año 2000, en Alemania. El diámetro del rotor es de 80 metros y se coloca sobre una torre tubular de 80 a 100 metros de altura.

El mes de Mayo 2002 GE Wind Energy inauguró en Barrax, Albacete, su aerogenerador prototipo para aplicaciones marinas de 3,6 MW. Está montado sobre una torre de unos 100 metros de altura. Desde entonces, se han instalado siete aerogeneradores como este en el parque eólico Arklow Bank, propiedad conjunta de Airtricity y de la Corporación Energía Hidroeléctrica de Navarra.

El Octubre de 2003, el fabricante danés NEG Micon instaló su prototipo de aerogenerador más grande en el emplazamiento de pruebas que el Risø Laboratory tiene en Høvsøre (Dinamarca). La turbina, NM110, es un prototipo de 4,2 MW para parques eólicos offshore²⁰.

Por su parte, Ecotècnia – convertida en uno de los 10 fabricantes más importantes del mundo – está desarrollando un prototipo de 3 MW, con un diámetro de rotor de 100 metros²¹.

¹⁶ Weiss - Taylor, Patricia; (Editora), 1998 **IEA Wind Energy Annual Report 1997**; OS National Renewable Energy Laboratory; Boulder, Colorado; y Weiss-Taylor, Patricia; Dorsett, Michelle (Eds.) 2004 **IEA Wind Energy Annual Report 2003**; International Energy Agency; Boulder, Colorado

¹⁷ **España finaliza 2003 con 6.202 MW eólicos**, 2004 *Energías Renovables* 25: páginas. 34-42.

¹⁸ Véase <http://www.hornsrev.dk>

¹⁹ Este parque eólico es propiedad al 50% de la compañía eléctrica de Copenhague y de una cooperativa. Véase: <http://www.middelgrunden.dk>

²⁰ **NEG-Micon erects largest wind turbine in Denmark**, 7/10/2003. Véase: <http://www.neg-micon.com/cm305.asp?d=1&NewsID=328>

²¹ Weiss-Taylor, Patricia; Dorsett, Michelle (Eds.) 2004 **IEA Wind Energy Annual Report 2003**; International Energy Agency; Boulder, Colorado, p. 206.

Por su parte, el fabricante alemán Enercon, que posee el 33,4% del mercado eólico de Alemania y un 18,5% del mercado eólico mundial, ya ha construido tres unidades de su prototipo de aerogenerador de 4,5 MW; hasta ahora el más potente fabricado²².

2.4.- Los impactos.

El que la energía eólica sea la que tiene menos impactos ambientales asociados no significa que no tenga ninguno, ni que una acumulación caótica de parques sea una opción aceptable; ahora bien, ante la utilización genérica, indiscriminada y abusiva que se ha hecho de la palabra **impacto** relacionándola con esta energía, es necesario realizar un análisis exhaustivo de los mismos y recordar, una vez más, que ni todos los impactos son iguales, ni todos se perciben del mismo modo.

Los parques eólicos generan casi únicamente impactos locales, impactos que son poco significativos pero que, en el caso de la eólica terrestre, se perciben con facilidad; como ya se ha apuntado antes son parte de la "huella ecológica" local. En este contexto la aplicación de medidas correctoras es muy importante.

En cada caso es importante realizar un análisis riguroso de los impactos concretos de cada proyecto, que identifique cada tipo, lo evalúe dentro del grupo en que se engloba, valore el tipo de medidas correctoras, su grado de eficacia y las aplique.

Se pueden ordenar los impactos en tres grupos: impactos en la **construcción del parque**, impactos de **funcionamiento** e impactos **sobre la avifauna**. Estos tres impactos se dan tanto en entornos urbanos, como rurales o marinos.

2.4.a.- Los impactos de construcción del parque.

Son los más evidentes, aunque hace falta distinguir la diferente tipología de cada caso.

2.4.a.1.- Los parques en el medio urbano.

Son los que presentan los impactos menos significativos debido a su ubicación en entornos urbanizados y humanizados (polígonos industriales, rompeolas, zonas urbanas o próximas a la ciudad) donde ya se han hecho actuaciones. En este caso los impactos de construcción de un parque, o de montaje de un aerogenerador, son mínimos en el contexto de los impactos generales de la vida urbana.

2.4.a.2.- Los parques en el medio rural.

Según su ubicación, la construcción de los parques eólicos puede plantear impactos agudos concretos y puntuales sobre su entorno inmediato.

Las pistas de acceso a la zona de construcción y los caminos internos de servicio son determinantes. El número, anchura y ubicación de las pistas son la manifestación más visible del respeto que promotores y constructores tienen por el medio natural que acoge sus instalaciones. Es su responsabilidad no abusar²³ de las infraestructuras de acceso a las obras.

²² Hinsch, Christian: **The race for size: Enercon's E-112 sets a new wind power marker**, *New Energy* 5:24-27, Octubre 2002. Véase: http://www.wind-energie.de/zeitschrift/new-energy/year-2002/inhaltenew-1002oct_2.htm

²³ Véase el apartado Roads and Road Construction en el capítulo **Impact on Land** de Gipe, Paul, 1995. *Wind Energy Comes of Age*, John Wiley & Sons. New York, pp:409-414.

- Movimientos de tierra. Impactos sobre la flora y la fauna.

Como los impactos de construcción están muy relacionados con la vulnerabilidad, lo mejor es determinar territorialmente los espacios donde no puedan construirse parques, por mucho que las condiciones de aprovechamiento del viento lo hagan deseable, y sea técnicamente factible.

La determinación de las áreas de exclusión ha de tener en cuenta la percepción subjetiva del espacio natural. Como veremos más adelante, no todos los espacios rurales con vegetación arbórea son espacios vírgenes: las actividades humanas han intervenido en la configuración de muchos espacios, espacios que hoy se consideran "naturales" tan solo porque el abandono de las actividades agrícolas o ganaderas que se habían desarrollado en ellos ha hecho que las especies arbóreas los colonizaran.

Aún en una zona compatible es necesario extremar las medidas de control en la construcción del parque, y en la restauración posterior de los terrenos afectados. La restauración puede recuperar totalmente la biodiversidad de las zonas donde se han realizado movimientos de tierra. La experiencia histórica de los incendios forestales en Cataluña proporciona datos que demuestran que la capacidad de regeneración biológica es muy elevada, y más si se acompaña con medidas de apoyo humanas.

El resultado final de la restauración ha de ser el limitar la presencia en el entorno a las condiciones mínimas de acceso humano al parque. Una vez construidas las infraestructuras, el mantenimiento posterior de los equipos ha de tener en cuenta la utilización de medios aéreos para transportar piezas de gran volumen²⁴ minimizando los accesos.

- Circulación de maquinaria pesada. Impacto acústico.

Para reducir este impacto es necesario prestar mucha atención a la variable estacional de estancia, reproducción y cría de especies. Un buen proyecto de construcción en un entorno rural tiene que considerar los momentos en que el trabajo de la maquinaria pesada provoque un mínimo de impacto acústico sobre la fauna, planificando y llevando a cabo un calendario y un programa correcto de realización de las obras para corregirlo.

2.4.a.3.- Los parques marinos.

El caso de los parques marinos presenta unas características especiales, puesto que los impactos de construcción sobre el fondo marino tienden a ser ignorados porque no se ven. Por lo tanto, hace falta ser aún más esmerados en los estudios previos a la aprobación o rechazo de un proyecto.

Los requisitos que ha de incluir el Estudio de Impacto Ambiental en un parque eólico marino implican el análisis del medio físico, sedimento, columna de agua y aire, lo que significa analizar como la construcción y el funcionamiento del parque afectará al área, el hidrodinamismo de la zona, el régimen de olas, el régimen sedimentario y la calidad del agua.

Asimismo es necesario un estudio de los organismos presentes en el emplazamiento, y de como les afectará el proceso de construcción y el de funcionamiento: comunidades bentónicas, de organismos entre mareas, de peces, mamíferos marinos y aves.

También hace falta analizar el efecto de la construcción y actividad del parque en el medio humano, valorando aspectos socio - económicos, turismo, pesca, ruido, navegación,

²⁴ Los medios aéreos se usan de manera generalizada en la construcción de equipamientos de alta montaña, de estaciones de esquí, y en la renovación de torres eléctricas de alta tensión. Su uso potencial para el mantenimiento y reparación de determinados componentes eólicos tiene, pues, precedentes.

evaluación del paisaje actual, predicción de los impactos visuales, medidas de atenuación, etc.

Obviamente en cada campo del estudio es necesario detallar cuatro etapas: el estado actual, el efecto de la construcción del parque, el efecto de su funcionamiento y el de su desmantelamiento; para lo que es necesario hacer un análisis bibliográfico de los estudios existentes en la zona, una descripción de la metodología empleada para la toma de muestras, y una descripción del estado actual, predicción de los efectos y medidas correctoras.

En el caso de la avifauna se han de combinar los datos de seguimiento de las aves desde el aire y desde tierra, durante un periodo anual completo, contrastándolos con los datos bibliográficos existentes antes de iniciar la construcción del parque.

Existen metodologías para calcular el riesgo de colisión de aves marinas con aerogeneradores. Se han desarrollado a partir del estudio de la altura de vuelo de la especie, de la geometría de los aerogeneradores y la altura de las palas. Es necesario proceder a la optimización local de estos métodos y a su aplicación. Por ejemplo, para llevar a cabo los cálculos del efecto de la posible pérdida de "habitat" en el área concreta de operación del parque, se tienen que hacer estudios en círculos concéntricos de radio creciente en la zona, y comparar los resultados en cada uno de ellos durante varios periodos al año para las especies consideradas.

Se recomienda que la evaluación del impacto en las diferentes comunidades sea llevada a cabo por personas de la comunidad científica que hayan demostrado su experiencia en estudios de campo sobre el emplazamiento propuesto y, lógicamente, la evaluación de impacto ambiental debería contar con los informes preceptivos de los científicos, además de incluir un dictamen, en el caso de Cataluña, del Departamento de Medio Ambiente de la Generalitat.

2.4.b.- Los impactos de funcionamiento.

2.4.b.1.- El impacto acústico:

Junto con el aspecto estético, ninguna variable crea más alarma, o más debate, en torno a la energía eólica que el ruido. Si las turbinas eólicas son "ruidosas", o no, puede convertirse en una valoración tan subjetiva como si su presencia en el paisaje es "bonita" o "horrorosa". No obstante, y contrariamente a la estética, el ruido se puede medir.

Aunque audibles, las modernas turbinas eólicas son muy poco ruidosas. Gracias a los avances en la tecnología los aerogeneradores, siempre que estén bien diseñados y bien ubicados, pueden ser lo suficientemente silenciosos como para no causar ninguna molestia a residentes que vivan en las cercanías.

A cien metros de distancia, cualquier ruido que pueda producir un aerogenerador queda enmascarado por el propio rumor del viento, de las hojas de los árboles, y de cualquier otro tipo de vegetación. Hoy en día el ruido es un problema secundario y menor.

El sonido de los aerogeneradores puede tener dos orígenes diferentes: el **ruido mecánico** y el **ruido aerodinámico**.

Se denomina **ruido mecánico** al que generan los diferentes componentes al rozar o chocar unos contra otros durante el funcionamiento. Puede originarse al multiplicador, a la transmisión (los ejes) y al propio generador de la turbina eólica.

Un estudio sobre prioridades de investigación realizado por los fabricantes daneses en el año 1995, demostraba que no se consideraba ya que el ruido mecánico fuese un problema: gracias a las mejoras en ingeniería las emisiones sonoras se habían reducido a la mitad respecto a su

nivel anterior en los últimos tres años²⁵. Por ejemplo, los multiplicadores de los aerogeneradores ya no son multiplicadores industriales estándar; han sido adaptados específicamente para un funcionamiento silencioso.

De todas maneras, las palas del rotor producen un ligero ruido silbante, que puede escucharse si alguien se sitúa cerca de un aerogenerador, a velocidades de viento relativamente bajas, se trata del **ruido aerodinámico**.

Para transferir energía al rotor, las palas tienen que frenar el viento. En este proceso se producen emisiones de ruido. Si la superficie de la pala es muy lisa --y, de hecho, tiene que serlo por razones aerodinámicas--, solo emitirá una pequeña porción de sonido. La mayor parte, sin embargo, se emitirá en el canal de salida --posterior-- de las palas. El diseño de los canales de salida, y una cuidadosa manipulación de las palas durante el ensamblaje para reducir el sonido, ya es una práctica habitual de la industria eólica desde hace años.

Sin variar el resto de factores, la presión sonora aumentará con la quinta potencia de la velocidad de la pala con el aire que la rodea. Por eso se observa que los modernos aerogeneradores, con grandes diámetros de rotor, giran muy lentamente.

Aunque los conceptos relativos a la medida y percepción del sonido no son demasiado conocidos del público, son bastante sencillos de entender una vez se está familiarizado. Las autoridades de todo el mundo utilizan la denominada escala dB(A), o escala de decibelios (A), para cuantificar las medidas del sonido. La TABLA1 ofrece una aproximación a la escala.

TABLA 1: ESCALA DE DECIBELIOS A (dB A)

Nivel de sonido Db(A)	Umbral de audibilidad 0	Cuchicheo 15	Conversación débil 20 - 30	Calles tranquilas 40	Conversación normal 45 - 60	Tránsito urbano 80 - 90	Concierto de rock 120	Reactor a 10 m de distancia 150.
--------------------------	----------------------------	-----------------	-------------------------------	-------------------------	--------------------------------	----------------------------	--------------------------	-------------------------------------

La escala de decibelios (A) mide la intensidad de sonido en todo el rango de las diferentes frecuencias audibles, y posteriormente utiliza un sistema de ponderación, teniendo en cuenta que el oído humano tiene una sensibilidad diferente a cada frecuencia de sonido.

Generalmente sentimos mejor las frecuencias medianas (rango vocal) que las bajas o altas. La intensidad del sonido se expresa habitualmente en una unidad llamada Pascales (Pa). Una persona normal puede oír a partir de 0,00002 Pa, y el rango más normal de sonidos va de 0,00002 a 20 Pa. Ahora bien, la amplitud de esta escala hace que se trabaje con una conversión logarítmica, para que el rango de valores sea más manejable (así, el rango que va desde 0.00002 a 20 Pa, se convierte en la escala dB A en el campo que va de 0 a 120 dB).

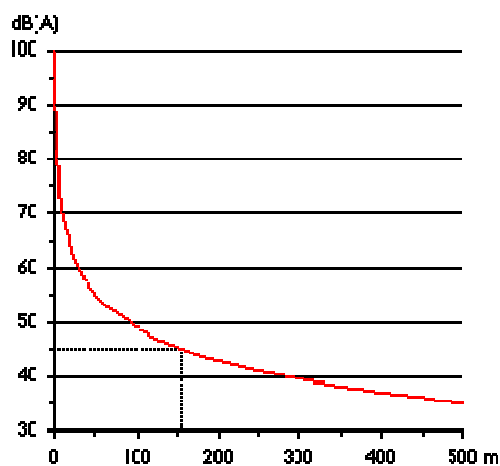
El sistema de ponderación (A) se utiliza para sonidos considerados débiles, como el de los aerogeneradores, existen otros sistemas de ponderación para sonidos fuertes, denominados (B) y (C), pero solo se usan en contadas ocasiones. Lo que importa es que al tratarse de una escala logarítmica, o escala relativa entre intensidad y distancia, quiere decir que al doblar la presión sonora el índice se multiplica aproximadamente por 3. Así, por ejemplo, un nivel de sonido de 100 dB(A) contiene el doble de energía que un de 97 dB(A).

Según muestra el **GRÁFICO 1** la energía de las ondas sonoras, y por tanto la intensidad del sonido, decrece en función del cuadrado de la distancia a la fuente de sonido. En otras palabras, si nos alejamos 200 metros de un aerogenerador, el nivel de sonido será un cuarto del que teníamos a 100 metros. Si multiplicamos por dos la distancia, el nivel de dB(A) se dividirá por seis.

²⁵ Danish Wind Industry Association, **Sound from Wind Turbinas**, Mayo 2003 <http://www.windpower.org>. Definitivamente, la mejor web sobre energía eólica. Incluye un magnífico "tutorial" en danés, alemán, inglés, francés y castellano.

Así, a una distancia de un diámetro de rotor de la base de un aerogenerador emitiendo 100 dB(A) generalmente obtendremos un nivel de 55-60 dB(A), equivalente al de una secadora de ropa (europea). A cuatro diámetros de rotor la intensidad del sonido será 44 dB(A), que corresponden al sonido que habría en una sala de estar tranquila. A una distancia de 6 diámetros de rotor (260 m) habría alrededor de 40 dB(A).

GRÁFICO 1: PROPAGACIÓN DEL SONIDO Y DISTANCIA



© 1998 www.WINDPOWER.org

Propagación del sonido y distancia:
ley del inverso del cuadrado de la distancia

Si en vez de uno, nos encontramos delante de dos aerogeneradores, situados a la misma distancia de nuestro oído, la **energía sonora** que nos llegará será, naturalmente, el doble. Ahora bien, como hemos visto anteriormente, esto quiere decir que las dos turbinas aumentarán el nivel de sonido a 3 dB(A). Cuatro turbinas, en vez de una, a la misma distancia, incrementarán el nivel de sonido a 6 dB(A). Se necesitarían diez turbinas situadas a la misma distancia para percibir que la intensidad **del sonido subjetiva**, la sonoridad, se ha doblado, es decir, que el nivel de dB se ha multiplicado por 10.

El sonido de los aerogeneradores está regulado por una doble legislación. Para garantizar la protección de los residentes próximos a los parques eólicos, la administración exige que los aerogeneradores cumplan una reglamentación estricta respecto al ruido, ya que existe normativa internacional para medir el sonido que emiten los mecanismos; pero también existe normativa –de ámbito local o nacional– que garantiza umbrales aceptables de ruido en el entorno.

Para la primera función en Europa se utiliza la reglamentación específica para turbinas eólicas de la Comisión Electrotécnica Internacional, que define la calidad el tipo y la calibración del instrumental de medida, así como las velocidades de viento a las que se han de efectuar las medidas, las ubicaciones y tipos de medidas a tomar, y los datos de reducción y de información requeridos²⁶. Los fabricantes de turbinas eólicas deben facilitar los niveles de presión acústica que generan sus máquinas en función de varias velocidades de viento.

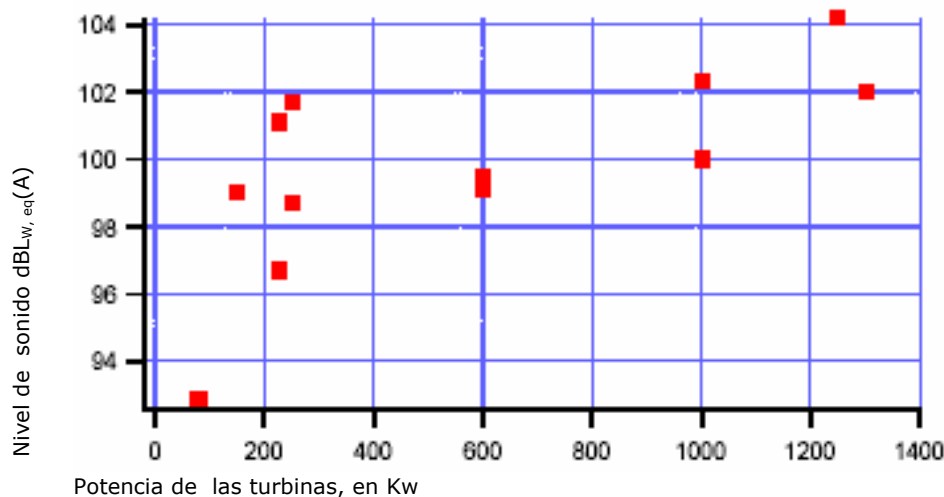
El GRÁFICO 2 muestra algunos ejemplos de niveles de sonido en varias turbinas eólicas en función de su potencia. También demuestra que las emisiones de sonido se han mantenido moderadamente constantes, pese a que las turbinas han aumentado considerablemente en

²⁶ International Electrotechnical Commission, **IEC 61400-11. Standard: Wind Turbine generator systems – Parte 11: Acoustic noise measurement techniques**, IEC 2001.

potencia. Ello es fruto del esfuerzo de los diseñadores e ingenieros para afrontar la problemática²⁷.

Los datos se han seleccionado de las especificaciones de los fabricantes y, en general, las medidas corresponden al sonido captado a pie de torre, a 10 metros de altura sobre el nivel de tierra y a velocidades de viento de 8 m/s

GRÁFICO 2: MEDIDAS DE NIVEL DE SONIDO DE TURBINAS EÓLICAS DE POTENCIAS DIVERSAS



Fuente: elaboración propia.

Respecto al segundo control, aunque internacionalmente no existe una norma común respecto a los niveles máximos de sonido que pueden considerarse aceptables, las regulaciones locales o nacionales definen unos umbrales superiores o inferiores. Umbrales que determinan el nivel al que se considera que la población puede ser expuesta sin impactos sobre su bienestar. Habitualmente los límites diferencian entre día y noche, y también en función de la ubicación de la actividad, según muestra el CUADRO 3

CUADRO 3: LÍMITES DE PRESIÓN ACÚSTICA, L_{EQ} (dB(A)) EN DIFERENTES PAÍSES EUROPEOS (Fuente: Elaboración propia).

País	Comercial	Mixte	Residencial	Rural
Dinamarca			40	45.
Alemania				
(día)	65	60	55	50.
(noche)	50	45	40	36.
Holanda				
(día)		50	45	40.
(noche)		40	35	30.

Asimismo, muchos ayuntamientos han incorporado a sus ordenanzas municipales, o en el propio planeamiento urbanístico una normativa propia sobre los niveles máximos de sonido admitidos en el término municipal, también en función de la hora del día y de la ubicación de la actividad.

²⁷ Salmonetes, Anthony L.; Manwell, James F.: 2004 **Wind Turbine Noise Issues**, Center for Energy Efficiency and Renewable Energy, Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Massachusetts at Amherst.

2.4.b.2- Impacto visual:

Se trata de uno de los aspectos más conflictivos (por subjetivos) de la energía eólica. De entrada, hay que considerar que el impacto visual que se adjudica a los proyectos eólicos suele ir en proporción inversa a la carencia de impactos materiales cuantificables. Ello nos obliga a apuntar unas consideraciones genéricas, puesto que el propio concepto de impacto visual se ha de abordar con precaución.

El impacto visual implica una fuerte carga subjetiva porque va asociado a una concepción estética que puede ser contradictoria con el conocimiento que resulta de la investigación ecológica; así, mientras que la primera (la estética) implica elementos diversos (de imagen, culturales, emotivos, etc.) que surgen de la valoración personal, y que se sintetizan de manera prioritaria en la apariencia; la segunda (la investigación) implica un conocimiento profundo de procesos que en su forma correcta pueden, en ocasiones, entrar en contradicción con la estética y la cultura. Una reflexión sobre aspectos tan alejados de nuestra problemática pero tan evidentes, y a la vez tan polémicos, como los residuos orgánicos, o los espectáculos con maltrato de animales, nos ilustran sobre la contradicción que puede darse entre lo que se percibe y lo que se sabe.

La determinación del impacto visual también implica referentes prácticos ligados a la supervivencia material, a la historia, y a los aspectos sociales y culturales del territorio donde se vive. Es el caso de poblaciones que han convertido edificios, o instalaciones construidas en diferentes épocas, en parte de su "paisaje", integrándolas en el entorno. Ello demuestra, como es el caso de los paisajes agrícolas, que el paisaje es una construcción social que evoluciona continuamente, y en la que no tan sólo son importantes las formas, también lo es la función, el conocimiento, la utilidad, etc.

Y, sobre todo, hay que considerar que el impacto visual no tiene referentes comparativos que permitan establecer relaciones lógicas con otros impactos materiales; especialmente significativa es la carencia de relación con los impactos no perceptibles, a largo plazo, o la falta de valoración de la proyección de futuro²⁸.

Considerando la importancia creciente de los impactos globales sobre los ecosistemas locales el peso real del impacto visual es muy cuestionable, puesto que al no tener referentes globales comparativos se sitúa al margen del concepto de evolución, y no contempla la urgencia de hacer frente a los impactos globales mediante acciones locales.

Por todo ello, excepto en casos muy determinados de paisajes con una fuerte carga simbólica consensuada, la falta de conceptos sobre el impacto visual dentro del conjunto de los impactos ambientales hace que sea un argumento poco fiable desde el punto de vista ecológico, lo que, desde luego, no le resta eficacia como recurso sentimental para generar oposición a los parques eólicos²⁹.

Y es que al analizar la estética de las estructuras arquitectónicas no se puede separar la función de la forma. Cuando los primeros postes eléctricos o telefónicos aparecieron en el paisaje, o cuando el ferrocarril empezó a recorrer territorios hasta entonces vírgenes, también surgieron feroces opositores a la violación de los espacios "naturales".

Y es que todo cambio genera oposición; cuando Auguste Eiffel recibió el encargo de construir una torre de hierro que tenía que ser el edificio emblemático de la Exposición Universal de 1889 a París, la mayor parte de la intelectualidad de la ciudad se opuso a la construcción por

²⁸ Es importante tener en cuenta que los impactos globales o no perceptibles acaban afectando a la visión estética (impacto visual) cuando ya no hay posibilidad de corregir el impacto.

²⁹ Un ejemplo entre otros "**No quiero abrir la ventana y tener un ventilador como paisaje**". Diari de Tarragona 10/7/2003.

motivos estéticos³⁰.

En cambio, los primeros molinos de viento para moler grano o bombear agua son hoy monumentos nacionales, en Holanda, Reino Unido, La Mancha, Mallorca, Menorca e Ibiza.

Los parques eólicos no deberán juzgarse sólo por su efecto visual. También tendrán que valorarse cualidades referentes al desarrollo sostenible que simbolizan: la tecnología de producción de electricidad menos agresiva con el medio ambiente, que no consume agua, ni emite contaminantes. Por ello, pese a que un parque eólico, o un aerogenerador, es una estructura hecha por personas, lo que representa puede contemplarse como un añadido positivo al paisaje, sin olvidar que el aspecto estético es importante.

Los aerogeneradores, y aún más los parques eólicos, implican un efecto visual. La imagen poderosa que presentan terrenos agrícolas y montañas se debe, en parte, a la potencia de elementos visuales como el cielo, las líneas horizontales y a un patrón estético formal integrado en nuestro subconsciente; un patrón que, como ya hemos apuntado, evoluciona con el tiempo, y nos lleva a considerar que los elementos arquitectónicos históricos (castillos, iglesias o ermitas) no provocan impacto, puesto que están integrados en el paisaje.

En cambio, la ubicación de unas estructuras recientes, como son los aerogeneradores, en este mismo paisaje, genera un fuerte contraste tanto en forma como en color, líneas y altura. Esta es la realidad a la que tienen que enfrentarse tanto los ingenieros de turbinas eólicas como los diseñadores de parques. Además, el hecho que los aerogeneradores deban de estar absolutamente expuestos, hace que los parques eólicos no puedan esconderse. Las turbinas eólicas serán el elemento dominante del paisaje hasta 2 km de distancia del parque, y serán un elemento importante hasta una distancia de incluso 5 km.

Por el hecho de ser visibles y porque no puede separarse la forma de la función, es muy importante que, siempre que haga viento, los aerogeneradores estén funcionando. No se puede permitir que estén "desocupados", ya que se corre el riesgo de que sean vistos como una ocupación innecesaria del espacio visual. Cuando los aerogeneradores no funcionan a menudo, o existe la percepción que se averían con mucha frecuencia, es más probable que se perciban como una "intrusión" en el paisaje³¹.

Algunos autores consideran que esta intrusión no es directamente proporcional al número de aerogeneradores por alineación, sino que depende más de factores relacionados con el diseño del parque. Por ejemplo, un gran parque eólico -- concepto que se aplica a parques de más de 70 aerogeneradores-- puede aparecer menos dominante en el paisaje que un parque más pequeño, si se reparten las turbinas en subconjuntos de varias unidades.

Hay una serie de recomendaciones de los arquitectos paisajistas para facilitar la integración de los parques eólicos en el paisaje, entre las que destaca la uniformidad de color entre palas, góndola y torre. Además, es también muy recomendable evitar pintar marcas o logotipos en los laterales de las góndolas, puesto que ello acentúa excesivamente los componentes individuales de las turbinas (rotor, góndola, etc.) en menoscabo de la armonía del conjunto.

³⁰ Es muy recomendable la lectura del apartado dedicado a la estética de los parques eólicos en el libro de Paul Gipe, **Wind Energy Comes of Age**. Incluye un relato detallado y documentado de las peripecias de Auguste Eiffel. Véase, **Machines in the Garden: Aesthetics, Opinion, Design and Acceptance** (Gipe, Paul: 1995 **Wind Energy Comes of Age**, John Wiley & Sons, New York, pp:251-341).

³¹ Sobre la estética de los aerogeneradores y los parques eólicos recomendamos la consulta de los siguientes trabajos: Stanton, Caroline: 1996 **The Landscape Impact and Visual Design of Windfarms**, School of Landscape Architecture, 52 pp, Edinburgh College of Arte, Heriot-Vatio University, Edimburgo; Nielsen, Frode Birk: 1996 **Wind Turbinas & the Landscape: Architecture & Aesthetics**, Danish Energy Agency's Development Programme for Renewable Energy, 63 pp, Arhus; Pasqualetti, Martin (te.al.): 2002 **Wind Power in View: Energy Landscapes in a Crowded World**, Academic Press, San Diego, California, 234 pp.

Las observaciones respecto a las infraestructuras asociadas a los parques eólicos son muy importantes, en especial lo que se refiere a la erosión potencial que puede suponer la construcción de nuevas pistas, aspecto sobre el que ya hemos apuntado ideas.

Los aerogeneradores han de implantarse con cuidado, para enriquecer el paisaje culturalmente, no para degradarlo. Un buen diseño de parques eólicos –con la intervención de especialistas en paisajes- tiene que garantizar que este objetivo se consiga plenamente.

2.4.c.- Impactos sobre la avifauna.

Los impactos de la energía eólica sobre la diversidad biológica se han concretado sobre todo en los impactos sobre la avifauna, hasta el punto de presentar la energía eólica como antagónica con la presencia de aves, y especialmente en relación a las rapaces y las especies migratorias. Esta falsa percepción está tan extendida que es obligatorio dedicarle un apartado específico, puesto que ningún otro aspecto ambiental ha causado más preocupación, tanto entre defensores de la energía eólica como entre los defensores de las aves, que los efectos potenciales de los aerogeneradores en la avifauna.

Como se trata de una problemática que genera fuertes respuestas emocionales puede, si no se enfoca convenientemente, agravar la crisis ambiental; puesto que entorpecería la expansión de esta energía limpia en uno de los ámbitos donde es más necesaria: dentro de países industrializados que generan la mayor parte de los impactos ambientales relacionados con la energía.

Nuevamente se hace necesario recordar que no existen actividades humanas de "impacto cero", lo que hace necesario partir de un criterio comparativo. Lo que la evolución de los estudios está poniendo en evidencia es que el impacto eólico sobre las aves es significativamente inferior al que provocan el conjunto de infraestructuras de la sociedad actual, tanto globalmente como analizadas por separado. El mayor conocimiento, y la evolución de los modelos de aerogeneradores, ha reducido significativamente sus efectos.

Las aves suelen chocar con numerosos obstáculos, tanto naturales como artificiales, ubicados en las trayectorias de su vuelo. Algunas de estas colisiones son debidas a problemas visuales, como el reflejo de los vidrios de las ventanas o las estructuras ocultas en la niebla. La literatura científica cita casos de aves rapaces en busca de presa que se han estrellado contra edificios, pero también contra obstáculos naturales como los árboles. Una hipótesis, que actualmente se investiga, es que las rapaces pueden chocar contra obstáculos por su fijación en la presa durante la persecución y captura.

En general, se ha descubierto que los parques eólicos tienen muy poco impacto global en la vida salvaje, y que cumpliendo una serie de condiciones básicas no deben darse problemas. Las excepciones, repetidas hasta la saciedad, son las matanzas de aves en Altamont Pass, California; y en Tarifa, Andalucía, las dos por causas ya analizadas y corregidas. Pero como ambos casos suelen mencionarse continuamente, vengan o no a cuento, en cada alegación contra un proyecto eólico, conviene realizar un breve resumen de su historia.

Cuando, a finales de los años 80, la California Energy Commission documentó el problema de las muertes de aves a Altamont Pass³², aún se sabía muy poco de lo que podía pasar en otros lugares, y aparecieron dudas sobre la posibilidad que la energía eólica pudiera coexistir con los pájaros. Desde entonces se han efectuado numerosos estudios en diversas partes del mundo y la evidencia es clara: la mortalidad de la avifauna debida a los parques eólicos y las infraestructuras asociadas es baja en la inmensa mayoría de emplazamientos. En los peores

³² Estep, James A.: 1989 **Avian Mortality at Large Wind Energy Facilities in California: Identification of a Problem**, California Energy Commission, Sacramento. Una de las especies identificadas era la muy apreciada, y extremadamente protegida, águila dorada (*Aquila chrysaetos*)

casos se registran de 1 a 2 aves muertas por turbina y año. Pero incluso dichas cifras son muy pequeñas, comparadas con los impactos sobre las aves de otras actividades humanas, como veremos más adelante.

En Altamont Pass --una las áreas de desarrollo eólico peor diseñadas del mundo-- la mortalidad de aves se sitúa muy por debajo de estos datos, puesto que es de 0,5 pájaros por turbina y año. No obstante, el emplazamiento sigue siendo preocupante por las muertes de rapaces y, en especial, de águilas doradas. El lugar está ubicado cerca de una de las zonas de anidamiento de águilas doradas más importantes del planeta.

La frecuencia de muerte de rapaces está relacionada con este error de emplazamiento, y con otras tres circunstancias: que Altamont es el único emplazamiento eólico del mundo con una elevada presencia de rapaces durante todas las épocas del año, que posee una gran cantidad de alimento disponible, y que concentra miles de aerogeneradores de primera generación agrupados densamente. La frecuencia de muertes de rapaces en Altamont es mucho más elevada que en cualquier otro emplazamiento eólico en el que se haya evaluado la mortalidad de aves.

El que Altamont fuese una de las primeras zonas de desarrollo eólico del mundo, junto con el hecho, ya comentado, de que se construyó mal desde el punto de vista de la protección de la avifauna, ha marcado mucho los términos del debate. Hoy la mayor parte de las máquinas de Altamont son viejas y obsoletas, y los aerogeneradores modernos que consideran los diversos programas de remodelación del parque --en estudio por las autoridades urbanísticas de Alameda County-- supondrán una gran reducción de los daños a la avifauna³³, pero las líneas de polémica se repiten continuamente, como ya hemos comentado. Este problema también puede constatarse en el otro referente general de la mortalidad de aves: el caso de Tarifa.

El análisis de la mortalidad de aves en los alrededores del parque eólico de Tarifa es otro de los casos más debatidos. El estudio, realizado el año 1995, del Dr. Ramón Martí Montes, que contribuyó a solucionar el problema de la ubicación del vertedero que causaba la mortalidad, fue objeto de polémica desde su publicación; dejando de lado la muy razonable premisa, vinculada al desarrollo de las energías renovables, de que los estudios sean concretos, y que los valores obtenidos en un estudio no se extrapolen a parques eólicos diferentes³⁴. Porque, desgraciadamente, abundan las "denuncias" que se basan en extrapolar el resultado de un estudio, o unos datos concretos, al total de aerogeneradores de un parque, de una comarca, de una comunidad, e incluso de un país.

En general, si los emplazamientos de los parques eólicos están bien escogidos, la probabilidad de que las aves choquen con las palas de los aerogeneradores en días de buena visibilidad es muy baja³⁵. La probabilidad de una mortalidad significativa de aves en un parque eólico parece ser específica tanto del emplazamiento como de las especies. Lo más importante para evitar futuras interacciones adversas entre avifauna y parques eólicos, es decidir la situación de las instalaciones a partir de rigurosos estudios de ubicación y lejos de hábitats críticos³⁶.

La mayor parte de los estudios parece llegar a la misma conclusión: no es probable que los impactos sean significativos si los aerogeneradores se ubican en zonas de viento situadas en

³³ **Proposed repowering May Cut Avian Deaths in Altamont**, Wind Energy Weekly 816, 28/9/1998. Green Ridge Energy Partners, una de las compañías propietarias de los parques eólicos de la antigua Kenetech, propone sustituir 644 turbinas eólicas Kenetech de 100 KW por 92 turbinas NEG-Micon de 700 KW, manteniendo la misma potencia pero mejorando la generación eléctrica debido a la mayor eficiencia de las nuevas máquinas.

³⁴ **INCIDENCIA DE LAS PLANTAS DE AEROGENERADORES SOBRE LA AVIFAUNA EN LA COMARCA DEL CAMPO DE GIBRALTAR**. Apartado 8. Conclusiones.

³⁵ Crockford, J.J. 1992 **A Review of the Possible Impacts of Wind Farms donde Birds and Other Wildlife**, JNCC Report No. 27. Joint Nature Conservancy Committee, Peterborough, Reino Unido, 60 pp.

³⁶ Colson & Associates. 1995 **Avian interaction with wind energy facilities: a summary**. American Wind Energy Association, Washington, D.C.

hábitats con baja densidad de avifauna, y sin poblaciones significativas de especies con problemas de conservación. Ya que, aunque no sea razonable exigir a la industria eólica un objetivo cero en mortalidad de aves, sí que lo es exigirle que evite los emplazamientos de mayor conflicto, especialmente si están habitados por especies amenazadas.

Ya hemos comentado que la existencia de impacto ambiental ligado a la actividad humana obliga a partir de un criterio comparativo, lo que nos lleva a situar el impacto de los parques eólicos en el conjunto de impactos sobre las aves.

2.4.c.1.- La mortalidad de aves por causas de origen humano

En los Estados Unidos, agencias gubernamentales de protección de la naturaleza, consultores ambientales, y asociaciones ecologistas y conservacionistas han realizado multitud de estudios sobre la mortalidad de aves por causas de origen humano. El CUADRO 4 las resume.

En España, en cambio, no se han hecho estudios sistemáticos comparativos, facilitando todo tipo de especulaciones. Aunque no hay datos sistemáticos disponibles, las fuentes coinciden en que la primera causa conocida de muerte de aves es la **carretera**.

Según el informe del **Proyecto Provisional de Seguimiento de la Mortalidad de Vertebrados en Carreteras**³⁷, más de 30 millones de vertebrados --de los que casi 11 millones serían aves-- mueren atropellados cada año en las carreteras españolas. El informe advierte que la cifra podría ser más alta porque muchas muertes pasan desapercibidas. El estudio se ha elaborado a partir del trabajo de campo de 400 voluntarios durante los últimos veinte años.

Según el estudio **los atropellos en carretera** suponen una causa de mortalidad animal relativamente reciente, ligada al desarrollo y acentuada por el aumento y acondicionamiento de la red viaria, así como por la mayor densidad y velocidad del tránsito. El informe se basa en una muestra de 43.505 vertebrados muertos y recogidos durante los años 2001 y 2002. De la evaluación de la muestra se desprende que un 36% de los vertebrados atropellados son aves, un 33% mamíferos, un 22% anfibios y un 6% reptiles.

Las **colisiones y electrocuciones con las líneas eléctricas** son, probablemente, la segunda causa de muerte en total de individuos, y quizás la primera en cuanto a rapaces y otras aves amenazadas. Los datos indican que entre 30.000 y 50.000 aves mueren en España cada año, por electrocución o colisión contra las líneas eléctricas. Las estrategias y planes de recuperación del Ministerio de Medio Ambiente y de las Comunidades Autónomas, recogen desde hace años como medida urgente remodelar las torres y señalar las líneas eléctricas más peligrosas³⁸.

La **caza** es también un factor importante de muerte de aves a causa de la actividad humana. A destacar la práctica de la caza **con barraca o "parany"**, muy extendida a Aragón, Cataluña y País Valenciano. Pese a haber sido declarada ilegal, se estima que cada año causa la muerte de entre dos y cuatro millones de aves, en su mayor parte insectívoras, incluyendo más de un millón de individuos perteneciente a especies protegidas. Los estudios de la propia administración también indican que esta práctica captura cada año más de 300 rapaces, entre las que se cuentan ejemplares de milano común (*Falco tinnunculus*), aguilucho común (*Buteo buteo*), lechuza (*Tyto alba*), y buho común (*Athene noctua*)³⁹.

³⁷ **CD-ROM Mortalidad de Vertebrados en Carreteras**, Sociedad para la Conservación de los Vertebrados, 2003, ISBN 12297. <http://www.weboryx.comphtmlbuslib.phtml?lib=12977>, 9,00 €

³⁸ **SEO/BirdLife denuncia el hallazgo de ocho águilas reales electrocutadas en un tendido eléctrico de Los Monegros**, 20/11/2003, <http://www.seo.orgnoticias.asp?id=210>, Acceso 6/5/2004.

³⁹ Ecologistas en Acción del País Valenciano: **El parany**, 2004 *El Ecologista* 39:32-33.

CUADRO 4: CAUSAS RECOGIDAS ESTADÍSTICAMENTE DE MORTALIDAD DE AVES EN LOS ESTADOS UNIDOS.

Causa	Aves muertas (por año)	Observaciones
Ventanas de vidrio	100 – 900 millones	El Dr. Daniel Klem, del Muhlenberg College ha estudiado durante 20 años las colisiones de aves con las ventanas de vidrio. Su conclusión es que esta es la primera causa de origen humano en mortandad de pájaros.
Gatos domésticos	100 millones	Según la National Audubon Society, unos 100 millones de pájaros mueren cada año atrapados por gatos domésticos. El Dr. Stan Pemple, de la Universidad de Wisconsin estima que, sólo en este estado, 7 millones de pájaros son muertos por los gatos cada año.
Carreteras	50 – 100 millones	Los científicos consideran que en las carreteras y autopistas de los EE.UU. los coches y camiones matan entre 50 y 100 millones de pájaros cada año. Estos datos han sido citados en informes publicados por el National Institute for Urban Wildlife y por el OS Fish and Wildlife Service.
Colisiones con líneas eléctricas	174 millones	Estimaciones del OS Fish and Wildlife Service demuestran que millones de aves mueren cada año cuando chocan con los cables de las líneas de transmisión eléctrica, especialmente las de media y baja tensión.
Agricultura	67 millones	Los pesticidas matan cada año una población estimada en 67 millones de pájaros, según la Smithsonian Institution. La siega del forraje supone otro millón de pájaros muertos.
Desarrollo urbanístico	Desconocido	La expansión urbanística es un asesino silencioso, pero implacable, de pájaros. Según la National Audubon Society la pérdida de hábitat es la mayor amenaza para las poblaciones de pájaros.
Torres de comunicación	4 – 10 millones	La OS Fish and Wildlife Service estima que las colisiones de pájaros con las torres de comunicaciones más altas, especialmente si están iluminadas, y con sus vientos de soporte, son la causa de entre 4 y 10 millones de muertes de aves cada año. Debido a su altura –250 metros o más- el creciente número de torres de comunicación que se están instalando a los EE.UU., supone una amenaza mucho más seria para los pájaros que los parques eólicos, puesto que ponen en peligro incluso los pájaros migratorios que vuelan a gran altura.
Bebederos	Desconocido	Los biólogos del OS Fish and Wildlife Service y otros investigadores creen que una gran cantidad de pájaros se ahogan inadvertidamente en bebederos de agua para el ganado.
Extracción de petróleo y gas	1 – 2 millones	La OS Fish and Wildlife Service informa que en el año 1997 unos 2 millones de pájaros murieron al aterrizar en depósitos de petróleo para beber o bañarse, confundidos con agua. Esta situación ha mejorado por la orden de cerrar estos depósitos con redes. No hay estimaciones del número global de pájaros afectados por los vertidos de petróleo y gas, y por su extracción y transporte.
Explotación forestal y minería	Desconocido	La explotación forestal y la minería destruyen los hábitats de los pájaros. Según la National Audubon Society la destrucción de los hábitats es la principal causa del declive en la población de algunas especies de pájaros.
Pesca comercial	Desconocido	Lo OS Fish and Wildlife Service y el Ornithological Council informan que unos 40 mil pájaros marinos mueren cada año al Golfo de Alaska durante las operaciones de pesca con grandes redes. Las mismas fuentes estiman que estas mismas tareas matan gran número de pájaros en otras explotaciones pesqueras del país.
Electrocuciones	1.000 (sólo rapaces)	Los expertos estiman que más de un millar de halcones, águilas, mochuelos y lechuzas se electrocutan en las líneas de transporte de electricidad.
Cacería	100 millones	Según lo OS Fish and Wildlife Service, los cazadores matan cada año más de 100 millones de patos, ocas salvajes, cisnes y palomos, entre otras aves.

Causas de origen humano de muerte de aves en los Estados Unidos de América
 Datos compilados por Curry & Kerlinger LLC, Consultants <http://www.currykerlinger.com>

La caza –junto con la electrocución- tiene un peso importante en que la emblemática águila perdiguera (*Hieraëetus fasciatus*) sea una de las pocas rapaces que actualmente se encuentra en regresión, tanto en Cataluña como en el resto de Europa. Un estudio sobre 377 águilas perdigueras muertas en España entre 1990 y 1998, identificó como primera causa de muerte la electrocución (55% de los casos), seguida por la persecución directa por parte de cazadores (26%). La electrocución afectaba mayormente los ejemplares no adultos, a la vez que los adultos eran las víctimas de la persecución. El estudio también mostraba diferencias entre zonas.

Numerosos estudios internacionales y nacionales indican que la **intoxicación por plomo** ha sido responsable de una creciente mortalidad de aves acuáticas, que ingieren perdigones procedentes de las actividades de la caza y el tiro deportivo. Este impacto es especialmente acusado en las zonas húmedas⁴⁰. Ello ha motivado la regulación del uso de perdigones que contengan plomo, tanto en el ámbito estatal como autonómico⁴¹.

En el conjunto de las actividades humanas, la producción, transporte, consumo y generación de residuos relacionados con las energías no renovables también tienen un peso mucho más importante en la mortalidad de aves que el desarrollo de la energía eólica; información que es silenciada generalmente desde algunos de los ámbitos del conservacionismo.

2.4.c.2.- Otras causas de mortalidad de aves relacionadas con fuentes de energía

Las aves también están afectadas de muchas maneras por la producción de energía con combustibles fósiles y nucleares, desde muertes directas hasta destrucción de hábitats. De todas estas causas se tienen datos dispersos, porque nunca se han hecho estudios sistemáticos por su condición de emplazamientos energéticos puntuales y estratégicos.

- Las aves padecen colisiones con las chimeneas de las centrales térmicas, y también con las torres de refrigeración de las centrales nucleares, especialmente si disponen de elementos de iluminación nocturna siguiendo las reglamentaciones de seguridad de la navegación aérea. Nadie sabe exactamente cuántos ejemplares pueden resultar afectados por este problema porque, contrariamente a lo que pasa con la energía eólica, nunca se ha estudiado de manera sistemática⁴².

- La lluvia ácida, resultante de los contaminantes emitidos por las centrales térmicas fósiles, precipita el calcio de la tierra, y reduce el éxito reproductivo de algunas especies porque el caparazón de sus huevos se vuelve más frágil. También las emisiones de óxido de azufre (SO₂) y de óxidos de nitrógeno (NO_x) han destruido la vida en muchos lagos y cursos de agua, reduciendo las fuentes de alimentación de las aves acuáticas.

- Las emisiones de mercurio de las centrales térmicas de carbón contaminan persistentemente lagos y corrientes de agua, y se acumulan en la cadena trófica, provocando el envenenamiento de las aves acuáticas⁴³.

⁴⁰ Véanse los datos recogidos por el Doctor Ramon Guitart, del laboratorio de toxicología de la Facultad de Veterinaria de la Universitat Autònoma de Barcelona, <http://quiro.uab.estoxWONEONE.htm>

⁴¹ Real decreto 581/2001, de 1 de junio, (Ministerio de Medio ambiente) **por el que en determinadas zonas húmedas se prohíbe la tenencia y lo uso de municiones que contengan plomo para el ejercicio de la caza**, BOE núm. 143, de 15/6/2001, pp: 21284 - 21285. Orden de 2 de octubre de 2001, (Departamento de Medio ambiente) por la que se dictan normas de aplicación en Cataluña del Real decreto 581/2001, de 1 de junio, DOGC núm. 3490, de 10/10/2001. Esta Orden retrasa la aplicación del Real Decreto hasta la temporada de caza 2003-2004, pero amplía su aplicación a todas las zonas húmedas y arrozceras de Cataluña.

⁴² Maehr, D. S., et. al., **Bird Casualties at a Central Florecimiento Power Plant**, 1983 *Floreacimiento Field Naturalist* 11:45-49.

⁴³ **Save the Loon with Wind Energy: Comparative Impacts of Wind and Other Sources of Energy on Wildlife.**

- Un único vertido al mar --el del petrolero *Exxon Valdez* en Alaska el año 1994-- causó la muerte de más de 500.000 aves migratorias, aproximadamente 1000 veces más que las que se calcula que matan en un año los parques eólicos de California. Otros desastres aparecen claramente documentados⁴⁴.

- La minería y las actividades extractivas asociadas a las industrias del carbón, gas, petróleo o uranio destruyen los hábitats de los pájaros a gran escala. Aunque este impacto puede parecer menos agresivo que la muerte directa, los expertos opinan que la pérdida de hábitats es la primera causa del declive de la vida salvaje, incluyendo las aves⁴⁵.

- La explotación minera de carbón, a base de la técnica de descabezar las cimas de las montañas y llenar los valles, provoca un impacto masivo y permanente sobre los pájaros que habitan los bosques de la región de los Apalaches, --bosquerola cerúlea (*Dendroica cerulea*), bosquerola de Luisiana (*Seiurus motacilla*), bosquerola cuquera (*Helminthos vermivorous*), mosquitero de Kentucky (*Oporornis formosus*), griveta boscana (*Hylocichla mustelina*), viri de frente amarillo (*Vireo flavifrons*), cazamoscas acadià (*Empidonax virescens*)— debido a la pérdida de 150.000 Ha. de bosques caducifolios⁴⁶.

- Muchas centrales térmicas, que no disponen de torres de refrigeración, utilizan las aguas de los ríos para refrigerar, por lo que matan millones de peces. Los pájaros y otros animales salvajes que dependen del pescado para su alimentación tienen en estas plantas una competencia no prevista.

- Aunque --como ya hemos visto-- no disponemos de datos sobre el número de pájaros que mueren en colisión con las torres de refrigeración de las centrales nucleares, los científicos sí que han podido documentar los graves efectos que la descarga de las aguas de refrigeración de las centrales nucleares provoca en el ambiente marino⁴⁷.

En general, existe un amplio consenso entre la comunidad científica mundial en que las crecientes emisiones de gases de efecto invernadero, en particular el dióxido de carbono (CO₂) resultante de la quema de combustibles fósiles, se acumulan en la atmósfera y provocan el cambio del clima de la Tierra. Los cambios en la meteorología ya se han vinculado a impactos en varias especies de aves por el aumento de la violencia de las tormentas en alta mar⁴⁸.

2.4.c.3.- Acciones para reducir el potencial impacto de los parques eólicos en las aves

Los estudios indican que lo más importante que se puede hacer para reducir la mortalidad de aves en un parque eólico, es evaluar con el máximo cuidado los emplazamientos propuestos

Abril 2000. American Wind Energy Association, Washington, D.C. Este documento se puede obtener en <http://www.awea.orgpubsfactsheetswildlife.pdf>

⁴⁴ SEO/Birdlife, 2003 **Impacto de la Marea Negra del Prestige sobre las Aves Marinas**. Se puede obtener un resumen gratuito (PDF, 661KB) en <http://www.seo.org2002prestigeinforme12m.asp>

⁴⁵ Debido a la carencia de datos en España, los de Estados Unidos pueden ejemplificar esta cuestión. Las minas de carbón que suministran combustible a las centrales térmicas de los EE.UU. ocupan una extensión de 700.000 Ha, según el Renewable Energy Policy Project. Ver **The Environmental Imperative for Renewable Energy: An Update**, Serchuk, A., April 2000, p. 19. Renewable Energy Policy Project, Washington, D.C. Disponible en <http://www.repp.org>. Un parque eólico de 100 MW evita, durante sus 30 años de vida operativa, la destrucción de unas 300 Ha. si se construye en lugar de una térmica de carbón, generando la misma cantidad de electricidad.

⁴⁶ Presentación de Gerald Winegrad, American Bird Conservancy, en las Jornadas sobre Significación Biológica del National Wind Coordinating Committee, noviembre de 2001. Disponible en PDF en <http://www.nationalwind.org/events/wildlife2003/11/7/presentations/Winegrad.pdf>

⁴⁷ **Committee Finds Massive Sea Life Kills from San Onofre**, 1989 *Groundswell* 11 (2&3):

⁴⁸ Price, Jeff; Glick, Patricia: 2002 **Birds and Climate Change**, American Bird Conservancy / National Wildlife Federation. The Plains / Reston, Virginia. Disponible en formato PDF (2.1 MB) en <http://www.abcbirds.org/climatechange/birdwatchersguide.pdf>

antes de que se instalen los aerogeneradores. Como dice Karin Sinclair, una de las mayores autoridades mundiales en el estudio de las interacciones entre avifauna y energía eólica, "**es mucho más fácil desarrollar un emplazamiento seguro que arreglar uno problemático**"⁴⁹. Una guía detallada sobre la evaluación adecuada del impacto ambiental de un proyecto eólico desde el punto de vista específico de la protección de la avifauna está disponible en la documentación elaborada por el National Wind Coordinating Committee (NWCC)⁵⁰.

En el mismo sentido, Environment Canada, la agencia federal responsable de la preservación del medio ambiente en Canadá, ha encargado a Bird Studies Canada⁵¹, organización conservacionista canadiense asociada a BirdLife International, la elaboración de una guía para la evaluación del impacto ambiental que el despliegue eólico en Canadá puede tener sobre la avifauna, preparando lo que promete ser una obra de referencia en este campo⁵².

Otras acciones aconsejables para garantizar el mínimo impacto de los parques eólicos en las aves son:

Estudiar la ubicación de los aerogeneradores. Como se ha expuesto, los parques eólicos pueden suponer un riesgo para especies concretas en determinados emplazamientos. Pero, incluso en estos casos, se puede aplicar medidas de corrección para hacer compatible el desarrollo eólico con la protección de la avifauna.

Estudiar la visión y oído de los pájaros, para identificar señales visuales o sonoras que les puedan mantener lejos de las turbinas⁵³.

Restringir el uso de torres meteorológicas de medida de velocidad del viento en los parques eólicos. Estas torres son muy delgadas, pero las aves chocan esporádicamente con los vientos de acero que las sujetan a tierra, lo que puede significar una contribución importante a las muertes de aves en algunos emplazamientos.

2.4.c.4.- Conclusiones: efectos sobre la avifauna.

En principio, el despliegue de la energía eólica tiene unos efectos globales positivos para la avifauna, entre los que se cuentan la aportación a las economías rurales de unos ingresos alternativos de larga duración, ya que el tiempo de explotación de los parques eólicos oscila entre 20 y 25 años. Esto permite a los propietarios de terrenos mantener los hábitats existentes y compensar, por ejemplo, los efectos negativos que tiene la urbanización sobre la vida salvaje, lo que, a su vez, permite que pájaros y otros animales silvestres puedan disponer de hábitats libres de la presión urbanística.

⁴⁹ Sinclair, Karin: **Status of Avian – Wind Turbine Interaction Issues**, presentación en Energy Institute 2001: Power Markets and Wind Energy Issues, 18/10/2001.

⁵⁰ El NWCC es una asociación sin ánimo de lucro, a la que participan representantes de la industria eólica americana, científicos y grupos ecologistas. La publicación **Studying Wind Energy/Bird Interactions: A Guidance Document** -- que puede obtenerse gratuitamente en formato PDF (625 KB) en <http://www.nationalwind.org>-- incluye un capítulo dedicado a la evaluación de los recursos biológicos de los emplazamientos propuestos para su desarrollo eólico, donde se explica como efectuar este proceso.

⁵¹ <http://www.bsc-eoc.org>

⁵² Kingsley, Andrea; Whittan, Becky: 2003 **Wind Turbinas and Birds – A Guidance Documento for Environmental Assessment: Phase III (Draft) Report - December 2003**, Bird Studies Canada, Puerto Rowan, Ontario

⁵³ Young, D. P., Jr.; Erickson, W. P.; Strickland, M. D.; Good, R. E.; Sernka, K. J.; 2003 **Comparison of Avian Responses to UV-Light-Reflective Paint on Wind Turbinas: Subcontract Report, July 1999--December 2000**; Western EcoSystems Technology; Cheyenne, Wyoming. Disponible en formato PDF (1.033 KB) en http://www.osti.gov/bridge/product.biblio.jsp?osti_id=15003047

Cómo hemos visto, en la medida que la electricidad de origen eólico desplaza la generada por otras fuentes energéticas, especialmente los combustibles fósiles, la energía eólica beneficia a las aves y también a otras formas de vida salvaje, tanto animales como vegetales. No resulta arriesgado afirmar que la energía eólica resulta positiva para las aves⁵⁴.

Lo que demuestran los estudios.

A veces los pájaros y murciélagos mueren en parques eólicos como resultado de las colisiones con los aerogeneradores, las torres meteorológicas, y sus cables de apoyo en tierra. Los estudios han demostrado que los parques eólicos con poca actividad de avifauna también presentan muy poca mortalidad. Lo que indica que la mortalidad casual no es significativa, y que la idea de que los parques eólicos causan mortalidad genérica de aves no tiene base real.

En aquellas zonas dónde se han realizado estudios sobre las interacciones entre avifauna y parques eólicos en operación, las tasas más elevadas de mortalidad se sitúan en una media de una a dos aves muertas por turbina y año⁵⁵. En algunos parques eólicos no se ha registrado ninguna muerte. Esta variedad de resultados obliga a reiterar la conclusión de que la interacción entre avifauna y parques eólicos es específica de cada emplazamiento, y que no es aceptable desde el punto de vista científico efectuar extrapolaciones, ni regionales ni de ámbitos más grandes.

Lo que implican los estudios

El hecho que un determinado lugar presente una elevada actividad de avifauna no tiene porqué significar forzosamente que su aprovechamiento eólico ponga en peligro las aves. No obstante, el principio de precaución y la evidencia científica actual desaconsejan dichos emplazamientos, especialmente si son de rapaces, o de especies protegidas. Comparándolas con otras especies, las rapaces parecen mucho más vulnerables a las colisiones con los aerogeneradores.

Lo que se desconoce pese a los estudios

- **Si los grandes aerogeneradores reducirán las colisiones y la mortalidad de la avifauna:** Se ha especulado con que los grandes aerogeneradores causarán más colisiones que las máquinas más pequeñas por el hecho que las palas son más grandes. Contrariamente a esta argumentación, también se ha especulado con la idea contraria ya que las palas giran más lentamente, y son más visibles; y también porque habrá menos máquinas, y más espaciadas, en un área determinada. Algunos estudios indican que los proyectos eólicos más recientes, con máquinas más grandes, registran una mortalidad de avifauna más baja. No obstante, aún no está del todo claro si esto se debe a la medida de las turbinas, o a factores relacionados con el acierto en los emplazamientos.

- **El impacto de la iluminación de los aerogeneradores:** Los organismos responsables de la seguridad de la navegación aérea exigen que, en función de su altura, las torres de los aerogeneradores estén iluminadas con pilotos superiores. No se sabe con rotundidad que

⁵⁴ Esta es una opinión compartida con las organizaciones conservacionistas y de observación, estudio y defensa de las aves de ámbito internacional, como **BirdLife International** (<http://www.birdlife.net>), **The Nacional Audubon Society** (<http://www.audubon.org>), **American Bird Conservancy** (<http://www.abcbirds.org>), **The National Wildlife Federation** (<http://www.nwf.org>) y **The Royal Society for the Protection of Birds** (<http://www.rspb.org.uk>). Todas ellas dan un espaldarazo explícito al despliegue eólico y disponen de recomendaciones específicas en sus páginas web.

⁵⁵ 2001 Erickson, W.P., G.D. Johnson, M.D. Strickland, D.P. Young, K.J. Sernka and R.E. Good: **Avian collisions with wind turbinas: a summary of existing studies and comparisons to other sources of avian collision mortality in the United States**. National Wind Coordinating Committee Resource documento. 62 pp. (Disponible en formato PDF, 283 KB, en <http://www.nationalwind.org/pubs/default.htm>)

afectación puede tener esta medida sobre las aves migratorias, y otras especies de vuelo nocturno a baja altura, especialmente en condiciones climatológicas adversas⁵⁶.

- **La importancia del tipo de torre:** Las turbinas eólicas se colocan sobre torres que pueden ser de celosía o tubulares. Los modernos parques eólicos se construyen con torres tubulares con escaleras internas. Se ha descubierto que la mortalidad de rapaces es, en general, mucho más baja en los parques eólicos con torres tubulares. Por esto, los investigadores especulan con la idea de que el diseño de las torres es un factor a tener en cuenta para disminuir el riesgo de muerte por colisión con turbinas eólicas, aunque apuntan que hace falta más investigación para que esta idea pueda considerarse concluyente.

- **Los impactos de los aerogeneradores en los murciélagos:** Simultáneamente a la evaluación de la mortalidad de avifauna, muchos parques eólicos también recogen datos sobre la mortalidad de murciélagos, aunque hasta ahora estos datos no eran exigibles para publicación, ni acostumbraban a hacerse públicos.

Las investigaciones han demostrado que, en general, los murciélagos tienen poca mortalidad, pese a que esta cuestión se complica por la presencia de necrófagos en muchos emplazamientos. Hace falta continuar los estudios y análisis para determinar el impacto real de los aerogeneradores en los murciélagos. Con esta finalidad, en los Estados Unidos, representantes de asociaciones conservacionistas, de la industria eólica, y de las agencias federales de protección de la Naturaleza han decidido trabajar juntos para estudiar este impacto⁵⁷.

Los murciélagos, a menudo ignorados e injustamente vilipendiados, son vitales para la salud del medio ambiente y para muchas actividades económicas de los humanos. Son depredadores insectívoros, que se alimentan de insectos voladores nocturnos, muchos de los cuales son plagas para la agricultura. Algunos murciélagos también actúan de polinizadores y dispersores de semillas. No se conocen con exactitud las causas por las que algunas especies de murciélagos parecen susceptibles a chocar con las turbinas eólicas. Se necesita esta información para el desarrollo de estrategias de prevención que tengan éxito.

- **Los impactos de los aerogeneradores en los pájaros pequeños:** Aún no está del todo claro cuál es el verdadero impacto de las turbinas eólicas en los pájaros pequeños. Aunque los primeros estudios, realizados a principios de la década de los años 80, habían recogido varios episodios de mortalidad de estas aves en parques eólicos, existen muchas dudas sobre el rigor con que se efectuaron los recuentos para contabilizar las muertes; ya que, como pasa con los murciélagos, los ejemplares muertos que habitualmente se recuperan son pocos, puesto que antes los hacen desaparecer los animales carroñeros.

- **La influencia de los efectos meteorológicos en la mortalidad de pájaros:** Además del caso de las rapaces, más estudiado, pueden producirse episodios de mortalidad de otras aves. Hace falta estudiar con más profundidad la relación entre diferentes episodios meteorológicos y mortalidad de pájaros en parques eólicos.

⁵⁶ **Wind Turbine Lighting**, AWEA, 14/5/2004.

⁵⁷ **Unusual Alliance Hopes to Keep Bats Out of Wind Turbines**; Comunicado de prensa de la Asociación Americana de la Energía Eólica (AWEA), Bat Conservation International y OS Fish and Wildlife Service, 4/3/2004. Disponible en <http://www.awea.org>

ANEXO: EL CONVENIO DE BERNA Y EL DESARROLLO DE LA ENERGÍA EÓLICA

El Convenio relativo a la conservación de la vida silvestre y el medio natural en Europa, redactado en Berna el 19 de septiembre de 1979⁵⁸, y conocido popularmente por ello como **Convenio de Berna**, tiene como objetivos: a) garantizar la conservación de la flora y la fauna silvestres, y de sus hábitats naturales --en concreto de las especies y de los hábitats que para su conservación requieren la cooperación de varios Estados-- y, b) fomentar esta cooperación.

El Convenio dedica una atención especial a las especies vulnerables y amenazadas de extinción, incluidas las especies migratorias, pero sólo se han dado dos casos en que las partes contratantes hayan discutido interacciones entre avifauna y parques eólicos: la propuesta de construcción de un parque eólico en Tarifa (Cádiz), y la propuesta de construcción de dos parques eólicos en Smøla, **junto a la mayor colonia de águilas marinas de Noruega** que es un ejemplo de manual de hasta que punto un estudio riguroso puede conseguir la convivencia de la avifauna salvaje con la tecnología eólica.

2.5.- Las personas y la ordenación del territorio.

Para empezar, hay que constatar que la conservación de la naturaleza se identifica demasiado a menudo con **la ausencia de intervención del ser humano en el territorio**, olvidando que en Europa en general, y más aún en el área del Mediterráneo, la acción humana ha sido parte de la evolución de los ecosistemas y mosaicos de paisaje a lo largo de milenios.

Los estudios más recientes apuntan en esta dirección. Así, resulta que en lugar de encontrarnos con una frontera rígida entre espacios humanizados, supuestamente no-naturales, y espacios naturales, supuestamente no humanizados, la misma riqueza y variedad de los paisajes mediterráneos tiene justamente mucho que ver con el mantenimiento de un gradiente continuo, pero diverso, que ha combinado la explotación humana del territorio con la preservación de sus activos ambientales⁵⁹.

Y esto es muy importante para la biodiversidad, porque es la estructura en mosaico la que, en el medio mediterráneo, consigue generar y mantener una mayor diversidad biológica que en los ecosistemas más septentrionales⁶⁰. Así, la mayor diversidad acostumbra a encontrarse en los márgenes de transición entre espacios agrícolas o ganaderos abiertos y espacios forestales más cerrados; porque es la combinación de los dos lo que permite a muchas especies encontrar en la vez hábitat y alimento. Se trata de hechos confirmados por muchos trabajos de campo⁶¹.

De ello se desprende una importante línea estratégica de trabajo para promover la biodiversidad, línea que se encuentra en la base de una propuesta de ordenación territorial.

Pero mientras los estudiosos de la diversidad biológica y la ecología del paisaje están cada

⁵⁸ **Instrumento de Ratificación de 13 de mayo de 1986 del convenio de 19 de septiembre de 1979 relativo a la conservación de la vida silvestre y del medio natural en Europa, hecho en Berna**; BOE núm. 235, 1/10/1986.

⁵⁹ Es importante destacar, entre otras, las siguientes obras de Fernando González Bernáldez.

González Bernáldez, F. (1981): **Ecología y paisaje**, Blume, Barcelona.

González Bernáldez, F. (1995): "**Western Mediterranean land-use systems as antecedentes for semiarid America**", en Turner, B. L. edit. (1995): *Global Land Use Change*, CSIC, Madrid, p. 131-149.

Y también Díaz Pineda, F.; De Miguel, J. M.; Casado, M. A.; Montalvo, J., coords. (2002): **La diversidad biológica en España**, Prentice Hall, Madrid

⁶⁰ Así, Naredo, J. M. y Parra, F. editores. (2002): **Situación diferencial de los recursos naturales españoles**, Fundación César Manrique, Madrid.

⁶¹ QUERALT y BOLDÚ, Ramon (1999): **Impacto ambiental del despoblamiento**, Labrador Editores, Lleida.

vez más de acuerdo en este diagnóstico, la gran transformación experimentada por el sector agrario en la segunda mitad del siglo XX, y los procesos de abandono rural que han incidido sobre una considerable parte del territorio, están provocando un efecto contrario al que se preconiza teóricamente.

En una Europa mediterránea, donde el concepto de naturaleza "virginal" es una entelequia, la clave para la conservación del territorio radica en volver a prácticas agrícolas y ganaderas extensivas y sostenibles. Justo lo contrario de pretender "blindar" unos espacios "naturales" aislados, mientras el resto del territorio se entrega a unas formas de explotación agraria, ganadera, industriales y urbanísticas totalmente insostenibles.

De esta forma, el proceso de cambio hacia un nuevo modelo de desarrollo sostenible sería integral: combinando a la vez un nuevo tipo de flujos energéticos, materiales o hídricos, en una nueva ordenación territorial donde convivan ciudades y pueblos más sostenibles, entrelazados con una movilidad más sostenible; y con un mosaico de paisaje diverso, formado por la combinación de espacios forestales, ganaderos y agrícolas extensivos con zonas de horticultura más intensiva. La conservación del paisaje no se puede confundir con el mantenimiento de una "idílica" imagen verde de postal sin presencia humana.

Evidentemente, no se trata de sustituir bosques de pino blanco por aerogeneradores. Pero una propuesta ambientalmente sensata de reequilibrio territorial, destinada a fomentar la diversidad biológica y de paisaje, tiene que promover una explotación y/o contención selectiva de las masas boscosas para abrir claros, restaurar vías trashumantes y antiguos caminos, restablecer pastos extensivos, y volver a ocupar antiguas terrazas con cultivos ecológicos. Hasta este punto, todo lo expuesto sólo tiene relación con el modelo energético en un posible aprovechamiento de la biomasa forestal explotada de manera sostenible, pero también tiene que ver con la potenciación de nuevas formas de desarrollo rural y urbano.

No podemos olvidar que el proceso de potenciación de nuevas formas de desarrollo rural y urbano sostenibles sólo será posible con una presencia humana suficiente y equilibrada, lo que significa detener y revertir el proceso de abandono rural. La gente sólo podrá vivir y trabajar en las zonas rurales si dispone de ingresos dignos y adecuados, y ello quiere decir ampliar y diversificar las fuentes de ingreso de un nuevo modelo de desarrollo rural que también sea sostenible económicamente. Y aquí es donde podemos encontrar sinérgias positivas entre desarrollo eólico y desarrollo rural que favorezcan, de paso, la diversidad biológica y de paisajes.

Hasta ahora, el discurso dominante sobre el desarrollo rural se ha limitado --si dejamos a un lado las referencias a la agricultura y la ganadería extensivas, y la retórica sobre los productos "de calidad"--, a referirse a un único recurso económico: el denominado "turismo rural sostenible" o "ecoturismo", basado en muchas ocasiones en simples actividades de diversión, y en reproducir el esquema del "campo" como zona de entretenimiento centrada tan sólo en los valores "del paisaje", como ficticia imagen idílica contrapuesta a la ciudad. Los promotores de este discurso no ha analizado nunca las contradicciones ambientales que se derivan de su generalización, ni su falta de consistencia en un futuro determinado por la crisis ecológica y energética.

Como, al final, la sinergia más determinante resulta ser la económica, los ingresos de la venta de electricidad eólica podrían contribuir de manera eficaz a sostener la población y las actividades necesarias para mantener la diversidad biológica y de paisajes. En un nuevo modelo territorial, en que se dé un pacto para la sostenibilidad entre el mundo urbano y el rural, los parques eólicos podrían acabar convirtiéndose en un buen aliado para el fomento de la biodiversidad. En el nuevo modelo de desarrollo rural que defendemos pueden ayudar a sostener económicamente los parques naturales, junto con otras fuentes de ingreso, como un verdadero ecoturismo rural sostenible.

3.- El papel de la energía eólica dentro de un modelo energético sostenible.

3.1.- Las características del modelo energético sostenible.

Como entrar a argumentar sobre la insostenibilidad del actual modelo energético cae fuera del ámbito de este documento nos limitamos a las ideas más generales.

Partimos del concepto global de sostenibilidad tal como se ha desarrollado internacionalmente a raíz del debate iniciado por el Informe Brundtland (1989), continuado en la Cumbre de Río (1992), la Cumbre Rio+5 (1997) y la Cumbre de Kioto (1997), además de otras elaboraciones⁶².

Según todas las referencias, una actividad puede considerarse sostenible cuando satisface las necesidades de las generaciones actuales sin poner en peligro la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.

Partiendo de este punto, el economista Herman Daly, que recibió el Premio Nobel Alternativo, ha desarrollado tres criterios relacionados con las tasas de consumo y renovación de los recursos. Nosotros partiremos de dichos criterios, adaptándolos al consumo energético⁶³.

Si aplicamos los tres criterios a la producción de energía, y considerando otros trabajos de Daly relacionados con el análisis de flujos, tendríamos cuatro conceptos relacionados: un aprovechamiento energético sería sostenible, a) **cuando la tasa de consumo de un recurso no es superior a su tasa de regeneración**, b) **cuando se da una tasa de sustitución de los recursos no renovables**: es decir, la explotación de un recurso no renovable se hace por debajo del nivel de generación de un recurso renovable sustitutivo, c) **cuando la tasa de emisión de contaminantes no supera la tasa de asimilación de los ecosistemas** y, muy importante, d) **cuando la explotación de un recurso permite conservar la biodiversidad en hábitats naturales**.

Estos cuatro conceptos se tienen que dar de forma simultánea para que un modelo de desarrollo energético se pueda denominar sostenible.

El modelo energético sostenible surge de la consideración de lo que ha venido en llamarse la "**nueva cultura de la energía**": una combinación de prácticas de ahorro, eficiencia e introducción masiva de las energías renovables; desarrollada en un contexto de cambio de mentalidad social y personal sobre la satisfacción de las necesidades energéticas. Se trata de una concepción compleja, con múltiples implicaciones individuales y colectivas, que no puede ser analizada en detalle en este documento.

3.2.- La transición hacia un modelo energético sostenible.

Se parte de la percepción de que el modelo energético vigente no se puede mantener; ello significa que, dada la acumulación de evidencias sobre el previsible agotamiento de los recursos fósiles y los impactos del actual modelo, la transición hacia un nuevo modelo energético se ha iniciado ya. Ahora bien, la experiencia histórica sobre el cambio de diferentes tecnologías energéticas aporta datos para entender como se dará dicha transición, y como hemos de actuar desde el ecologismo.

A guisa de ejemplo, el actual modelo energético aún usa tecnologías que son restos del periodo de "desarrollismo" de los años cincuenta y sesenta del pasado siglo (las térmicas de carbón o las grandes centrales hidroeléctricas), otras tienen su origen en la tecnocracia de los

⁶² Como, por ejemplo, lo obra "Economía Solar Global" de Hermann Scheer.

⁶³ Daly, H. E., (1997): "Criterios operativos para el desarrollo sostenible", en Daly, H. E.; Schütze, Ch.; Beck, Uno. y Dahl J., *Crisis ecológica y sociedad*, Germania/Arcadia, Valencia, pp. 15-23.

setenta y ochenta (las térmicas de fuel-gas y las nucleares), y otras apuntan rasgos de lo que será el modelo futuro (centrales minihidráulicas con respeto a los caudales mínimos y al régimen natural de los ríos, parques eólicos, cogeneración, aprovechamiento puntual de la energía solar, etc.). Esta mezcla heterogénea, en la que conviven tecnologías arcaicas, muy contaminantes y despilfarradoras de energía primaria, con tecnologías de futuro, no puede comprenderse sin considerar dos aspectos: la filosofía dominante sobre la centralización de la producción de energía, y el efecto negativo de la llamada "liberalización" del mercado eléctrico; aspectos que tampoco entraremos a analizar a fondo aquí.

Por ejemplo: las presiones para alargar la vida activa de las nucleares nos sitúa en un escenario de transición en que se dará un proceso de construcción y de cambio complejo, en una pugna entre la propia dinámica de las compañías y la incidencia política; un escenario al que habrá que estar muy atento para intervenir en momentos puntuales.

Resulta fácil entender las resistencias de las compañías energéticas a abordar esta transición. La lógica de las compañías excluye cualquier consideración social, ecológica o de futuro, tan solo consiste en dar prioridad al beneficio inmediato (anual), para justificarse ante propietarios y accionistas. La superación de esta lógica, en clave optimista, sólo podrá conseguirse como resultado de una combinación de voluntad política, movilización social y factores económicos, que irán creando espacios de sostenibilidad que se extenderán en el tiempo.

Las iniciativas que se están tomando deben ser analizadas a diferentes niveles⁶⁴, lo que aquí nos interesa es remarcar que la transición no será homogénea ni en el tiempo ni en el espacio, y que tampoco será fruto de una planificación energética centralizada y ordenada. Por tanto, **descalificar y oponerse al desarrollo de la energía eólica con el argumento de que no se están dando las actuaciones políticas y sociales para la transición energética, no es sino abstenerse de iniciarla.**

Por eso el argumento, tantas veces repetido, de que no tiene sentido construir parques eólicos en tanto no se cierren las centrales actuales, nucleares o de combustibles fósiles, es, además de irreal, favorable a la destrucción de los ecosistemas; significa dejar la transición energética en manos de las grandes compañías eléctricas, justamente las que muestran más resistencia a abordarla.

Hay que recordar que, a pesar de que resulta bastante fácil encontrar consenso social en la percepción de que el actual sistema de producción y consumo de energía es insostenible, es también fácil detectar resistencias sociales en cuanto se pasa a plantear propuestas concretas para articular un modelo energético sostenible. La fragmentación con la que se aborda la problemática ecológica, y la ignorancia en la que se mantiene a la sociedad en todo lo que se relaciona con la energía, gracias a una propaganda sostenida, dificulta la formación de una mentalidad activa a favor del cambio de modelo. El cambio, en muchas ocasiones, se identifica tan solo con la aparición de una tecnología "milagrosa", siguiendo la pauta ideológica del modelo actual.

Sólo hay que recordar lo que fue el debate (y el elocuente silencio de una buena parte de la sociedad civil) en torno a la ubicación del proyecto de reactor termonuclear de fusión (ITER) en Cataluña, para darse cuenta del alcance de las dificultades.

3.3.- Energía eólica y transición hacia un modelo energético sostenible.

El papel que la energía eólica debe jugar dentro de un modelo energético sostenible ha de ser triple: como fuente de suministro eléctrico a las redes, como fuente de suministro eléctrico directo (con aerogeneradores conectados o desconectados de la red, según el lugar), y como

⁶⁴ En algunos países se plantean rasgos que apuntan hacia una transición más avanzada: acuerdos políticos globales de cierre ordenado de centrales nucleares, o de sustitución de combustibles fósiles (Alemania), primeros estudios de transición con modelos para cubrir la demanda tan sólo con recursos renovables (Japón), etc. (una referencia Harry Lehmann, director de Institute for Sustainable Solutions and Innovations. ISUSU, de Aachen, Alemania).

fuente de producción de hidrógeno, en el contexto de una economía energética en que se generalice la utilización de dicho gas.

Haciendo prospecciones cara al futuro, la Asociación Europea de la Energía Eólica evaluó que el año 2020 muchos parques eólicos generarán electricidad a un coste aproximado de 0,02 €/kWh, más económica que cualquier otra fuente. Afirmación que debe interpretarse en un contexto de costes comparativos reales entre las diferentes fuentes de energía.

Resulta evidente que una vez se pueda disponer de electricidad eólica tan económica, también se dispondrá de la opción de electrolizar agua para obtener hidrógeno, lo que proporcionará una manera eficiente de almacenar y transportar dicha energía. Por ejemplo, por la noche, cuando baja la demanda eléctrica, se pueden conectar generadores de hidrógeno para crear "reservas" de energía. El hidrógeno es el combustible ideal para las pilas de combustible, en que todos los fabricantes de coches están trabajando, para sustituir los vehículos con motor de combustibles fósiles⁶⁵.

En el contexto de una nueva cultura de la energía las posibilidades son muchas. Por ejemplo, una vez almacenado, el hidrógeno puede emplearse como combustible para generar electricidad, tal como hoy en día se utiliza el gas natural. El hidrógeno puede ser una energía de apoyo a la eólica -cuando no hace viento- o una alternativa al gas natural, especialmente si los costes crecientes, y el progresivo agotamiento de los yacimientos, hacen que el gas natural sea un combustible prohibitivo para la generación de electricidad⁶⁶.

El hecho de que el balance energético de la producción de hidrógeno sea negativo queda compensado por el aprovechamiento de una producción puntualmente excedente, con un mínimo impacto ambiental.

4.- La energía eólica en Cataluña, factores a considerar.

Todos los apartados enunciados se desarrollan en el documento original.

4.1.- El territorio y el viento.

4.2.- La diversidad biológica.

4.3.- Las actuaciones de la administración.

4.4.- La producción y el consumo energético.

4.5.- Criterios de ordenación territorial.

4.6.- La problemática de la conexión a la red.

4.7.- Los efectos en la estructura económica: empresas y ocupación.

⁶⁵ Brown, Lester: **Europe Leading World Into Age of Wind Energy**, 8/4/2004. Véase <http://www.earth-policy.org/Updates/Update37.htm>

⁶⁶ Para una descripción detallada de la economía del hidrógeno consúltese, ad Rifkin, Jeremy 2002 **La Economía del Hidrógeno**, Paidós, Barcelona, 324 páginas, y dos trabajos de Amory Lovins sobre el tema: 2003 **Hydrogen: The Future of Energy** (PDF - 1,3 MB) , y 1999 **A Strategy for the Hydrogen Transition** (PDF - 144 kB), ambos disponibles al lugar web del Rocky Mountain Institute <http://www.rmi.org/site/pagespid171.php#LibFuelCellsHydro>. Se aconseja efectuar un donativo una vez descargados los PDFs.

5.- Factores que determinan el proceso hacia una potencia eólica sostenible.

- La voluntad política.

Se concreta en un proceso rápido de aprobación de proyectos que no tengan problemáticas de incompatibilidad.

- La participación social.

Hay que conseguir un verdadero foro de debate y participación con autoridad y rigor para marcar criterios sobre su despliegue. De este modo se irían desautorizando muchas referencias irracionales sobre los impactos, y se crearía una base para centrar el debate eólico en términos de racionalidad.

- El desarrollo integral de todas las posibilidades de aprovechamiento.

Tal como hemos explicado, conseguir una potencia eólica ecológica no significa únicamente centrarse en la construcción de parques conectados a la red: la proliferación de aerogeneradores de pequeña y mediana potencia es una parte tan importante del modelo energético como lo son los parques. Se trata de una distribución territorial, tanto autónoma como conectada a la red, y destinada al consumo directo.

- El papel relevante de las administraciones locales.

El papel que puede jugar la energía eólica en la recaudación de recursos en los municipios beneficiados es evidente.

- Hacer visible los criterios de ordenación del territorio.

El proceso de educación social relacionado con una **nueva cultura de la energía** implica remarcar aquellos aspectos que el modelo energético dominante oculta o deja en un segundo plano.

- Impulsar el aprovechamiento del viento a mediana y pequeña escala.

Un programa de instalaciones de aerogeneradores de eje vertical en edificios oficiales, con el fin de determinar en detalle las características de este tipo de aprovechamiento, es una herramienta educativa de primer orden para acercar la producción energética a los consumidores. Se pueden establecer convenios con los ayuntamientos interesados en promover la energía eólica en entornos urbanos, redactar un modelo de ordenanza municipal de aprovechamiento eólico y promover su aceptación.

- Hacer pedagogía energética.

Promover la nueva cultura de la energía es ir más allá de unos conceptos genéricos fácilmente aceptables por todo el mundo (promover las energías renovables, impulsar el ahorro y la eficiencia, frenar el proceso de cambio climático, etc.) significa enfrentarse a mitos fuertemente arraigados en la sociedad por años de propaganda energética falsa; también significa cuestionar los intereses a corto plazo de las empresas, y abordar contradicciones latentes en la sociedad sobre la manera en que se produce y consume la energía.

Estas contradicciones pueden, en casos extremos, llegar a manifestarse de manera violenta e irracional, como demuestra la dinámica de destrucción de torres de medida de velocidad del viento puesta en marcha por sectores minoritarios del conservacionismo en Cataluña.

A diferencia de entidades conservacionistas que defienden el recurso a la violencia para proteger áreas que consideran amenazadas, o de las acciones simbólicas de los campesinos

contra los cultivos transgénicos, los que destruyen las torres de medida no justifican ni reivindican sus acciones. De este modo dejan el recurso a la violencia al alcance de cualquier particular que lo quiera usar por envidia, por rencor, por perturbación o por cualquier otro motivo personal.

6.- A modo de reflexión final: La ordenación territorial del modelo energético.

Iniciar el proceso de cambio hacia un nuevo modelo de desarrollo más sostenible implica una tarea integral desde el punto de vista del territorio: tiene que combinar a la vez un nuevo modelo de flujos energéticos, materiales o hídricos, en una nueva matriz territorial donde convivan ciudades y pueblos más sostenibles, entrelazados con una movilidad también más sostenible, y un mosaico de paisajes diverso, formado por la combinación de espacios forestales, ganaderos y agrícolas extensivos con zonas de horticultura más intensiva.

Conseguir que se desarrolle un modelo energético sostenible implica intervenir sobre el territorio y provocar cambios en el paisaje. Como decíamos en su momento, la conservación del paisaje no se puede confundir con el mantenimiento de una imagen verde de postal que, a lo sumo, no tiene más allá de cuarenta años de existencia.

En la vertiente territorial, la clave pasa por convertir el desarrollo eólico en una herramienta más, entre otras, para una estrategia de desarrollo rural y urbano sostenibles; lo que implica una sinergia entre los promotores de parques y la población, un reparto de los beneficios, y una diversificación de fuentes de ingresos que incluya un turismo sostenible no excluyente con otros usos del territorio.

7.- BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

7.1.- En internet y en formato digital, recursos básicos :

- La página clásica sobre energía eólica, de gran calidad: <http://www.windpower.orges>
Incluye un magnífico "tutorial" en danés, alemán, inglés, francés y castellano.
- Información y enlaces sobre energía eólica en <http://www.energiasostenible.org>
- Sobre la energía eólica en Cataluña <http://www.ecologistesenaccio.cat>
- Una exposición de las posturas conservacionistas en el caso de Cataluña se puede encontrar en www.alvent.net o www.gepec.org
- Una muestra del que es un debate sobre el conjunto de criterios territoriales se puede encontrar en <http://www.nationalwind.org>
- La página clásica de los opositores conservacionistas a la energía eólica a nivel europeo: <http://www.thecountryguardian.org>
- Página web del movimiento ecologista internacional en la que se rebaten las principales falacias que se han hecho circular sobre la energía eólica <http://www.yestowind.org>
- CD-ROM "Mortalidad de Vertebrados en Carreteras", Sociedad para la Conservación de los Vertebrados, 2003, ISBN 12297, <http://www.weboryx.com/htmlbuslib.phtml?lib=12977>, 9,00 €
- Price, Jeff; Glick, Patricia: 2002 "Birds and Climate Change", American Bird Conservancy / National Wildlife Federation. The Plains / Reston, Virginia. Disponible en formato PDF (2.1 MB) en <http://www.abcbirds.org/climatechange/birdwatchersguide.pdf>
- Western Eco-Systems Technology, "Wildlife Monitoring Studies for the SeaWest Wind Power

Project, Carbon County, Wyoming: 1995 – 1999. Final Report”, 9/8/2000. Disponible en: http://www.west-inc.com/wind_reports.php , en formato PDF (7.223 KB)

- Young, D. P., Jr.; Erickson, W. P.; Strickland, M. D.; Good, R. E.; Sernka, K. J.; 2003 “Comparison of off Avian Responses to UV-Light-Reflective Paint on Wind Turbines: Subcontract Report, July 1999--December 2000”; Western EcoSystems Technology; Cheyenne, Wyoming. Disponible en formato PDF (1.033 KB) en http://www.osti.gov/bridge/product.biblio.jsp?osti_id=15003047

7.2.- Publicaciones en papel (y algunas también en internet)

- Oficina de publicaciones de las Comunidades Europeas. “Por una política energética de la Unión Europea - Libro Verde de la Comisión Europea”, Luxemburgo, enero de 1995.

- IDAE. “Impactos ambientales de la Producción Eléctrica, Análisis del ciclo de vida de ocho tecnologías de generación eléctrica”, Madrid, 2000.

- Puig, Josep; Meseguer, Conrad; Cabré, Miquel “El poder del viento”, Ecotopia Ediciones, Barcelona, 1982.

- Consejo de Seguridad Nuclear. “Las Centrales Nucleares Españolas”, Colección Informes Técnicos, INT-01.02, Madrid, 1999.

- Gipe, Paul. “Wind Energy Comes of Age”, John Wiley & Sons, New York, 1995.

- Estep, James A.: “Avian Mortality at Large Wind Energy Facilities in California: Identification of a Problem”, California Energy Commission, Sacramento, 1989.

- Colson & Associates. “Avian interaction with wind energy facilities: a summary”. American Wind Energy Association, Washington, D.C., 1995.

- Stanton, Caroline: “The Landscape Impact and Visual Design of Windfarms”, School of Landscape Architecture, Edinburgh College of Art, Heriot-Watt University, Edimburgo, 1996.

- Nielsen, Frode Birk. “Wind Turbines & the Landscape: Architecture & Aesthetics”, Danish Energy Agency's Development Programme for Renewable Energy, 1996.

- Arhus; Pasqualetti, Martin (te.al.): 2002 “Wind Power in View: Energy Landscapes in a Crowded World”, Academic Press, San Diego, California, 234 páginas.

- Salmonetes, Anthony L.; Manwell, James F.. “Wind Turbine Noise Issues”, Center for Energy Efficiency and Renewable Energy, Department of Mechanical and Industrial Engineering, University of Massachusetts at Amherst, 2004.

. - SEO/Birdlife, 2003 Impacto de la Marea Negra del “Prestige” sobre las Aves Marinas. Se puede obtener un resumen gratuito (PDF, 661KB) en <http://www.seo.org/2002/prestige/informe12m.asp>

- González Bernáldez, F. “*Ecología y paisaje*”, Ed. Blume, Barcelona, 1981.

- González Bernáldez, F. “Western Mediterranean land-use systems as antecedents for semiarid America”, en Turner, B. L. edit. (1995): *Global Land Use Change*, CSIC, Madrid, 1995.

- Díaz Pineda, F.; De Miguel, J. M.; Casado, M. A.; Montalvo, J., coords. “*La diversidad biológica en España*”, Prentice Hall, Madrid, 2002.

- Naredo, J. M. y Parra, F. (edits). "*Situación diferencial de los recursos naturales españoles*", Fundación César Manrique, Madrid, 2002.
- Queralt y Boldú, Ramon. "*Impacto ambiental del despoblamiento*", Labrador Editores, Lleida, 1999.
- Scheer, Hermann. "Economía Solar Global", Ed. Círculo de Lectores, Barcelona, 2000.
- Daly, H. E., "Criterios operativos para el desarrollo sostenible", en Daly, H. E.; Schütze, Ch.; Beck, Uno. y Dahl J., *Crisis ecológica y sociedad*, Germania/Arcadia, Valencia, 1997.
- CC.OO., UGT y AEDENAT, IDAE. "Energía eólica", Madrid 1996
- Rifkin, Jeremy. "La Economía del Hidrógeno", Paidós, Barcelona, 2002.
- Kingsley, Andrea; Whittan, Becky: "Wind Turbinas and Birds – A Guidanc Documento for Environmental Assessment: Phase III (Draft) Report - December 2003", Bird Studies Canada, Puerto Rowan, Ontario, 2003.