

**VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS COSTES  
MEDIOAMBIENTALES ASOCIADOS A LA GENERACIÓN  
DE ELECTRICIDAD A PARTIR DE LA ENERGÍA EÓLICA.  
ESPECIAL REFERENCIA A LA COMUNIDAD AUTÓNOMA  
DE CASTILLA Y LEÓN \***

**María José SÁNCHEZ GARCÍA**  
**José María ELENA IZQUIERDO**  
**Departamento de Economía Aplicada**  
**Universidad de Salamanca**

## **1. INTRODUCCIÓN**

El mercado de la energía eléctrica en la Unión Europea presenta en la actualidad una clara tendencia hacia una progresiva liberalización, que se enmarca en un proceso generalizado en otros sectores económicos y que, en el caso particular de la electricidad, se ha acelerado desde la publicación en 1988 del *Libro Blanco sobre el Mercado Interior de la Energía*. El hecho anterior, unido al estimado futuro incremento de la demanda de energía eléctrica en Europa, hace prever un aumento en la actividad en este mercado.

Sin embargo, existen diversos motivos que desaconsejan una completa descentralización del sector, entre los que se encuentra la generación de efectos externos medioambientales en todas las fases de la producción de energía eléctrica para todas las fuentes de generación, incluidas las renovables que, a pesar de tener unos efectos mucho menores y fundamentalmente locales, no deben ser ignorados. En ausencia de regulación, los costes medioambientales no son asumidos por el mercado y, por lo tanto, los precios no informan de la verdadera valoración del bien por parte de la sociedad. En este sentido surge la necesidad de estimar estos costes para su consideración por parte de las autoridades públicas. Este tipo de análisis económico es objeto de una atención especial en el V Programa Marco de Investigación y Desarrollo en la Comunidad.

En este contexto el proyecto ExternE, impulsado por la Comisión Europea dentro del programa JOULE, ha supuesto una primera aproximación en el ámbito europeo a la evaluación de las externalidades en el sector eléctrico y ha desarrollado un método económico de gran utilidad para la valoración monetaria de los efectos medioambientales en la producción de energía eléctrica para las distintas fuentes. Esta técnica se ha centrado en la aplicación de distintos métodos de valoración económica del medio ambiente. En la última fase del proyecto, que ha concluido en diciembre de 1997, se ha mejorado esta metodología.

El objetivo de nuestro estudio es, utilizando como referencia el material analítico del proyecto ExternE, la estimación de los costes medioambientales asociados a la generación de electricidad a través de la energía eólica. Este planteamiento resulta especialmente oportuno en estos momentos en Castilla y León ya que, si bien existe un único parque eólico operativo en la región, en la provincia de Soria, sólo para la de Salamanca se han presentado 29 proyectos alguno de los cuales ha suscitado una fuerte polémica debido, precisamente, a los efectos medioambientales a los que hacíamos referencia anteriormente.

## **2. LOS EFECTOS EXTERNOS MEDIOAMBIENTALES DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

### 2.1. Electricidad y medio ambiente

La tendencia hacia una progresiva liberalización de los mercados en el ámbito europeo no es en absoluto un fenómeno ajeno al sector de la energía, que en los próximos años sufrirá una profunda transformación en este sentido en todos los países europeos. En el caso de España, la Ley del Sector Eléctrico de 27 de noviembre de 1997 tiene como objetivo principal dotar al sector de mayores niveles de competencia, a través de una reducción de la intervención pública en el mismo, que se articularía, fundamentalmente, en la garantía del suministro de energía. Estos cambios, ya consolidados en algunos Estados, como el Reino Unido, han coincidido en el tiempo con una creciente preocupación social e institucional por aquellos aspectos relacionados con la protección del medio ambiente, objetivo de no pocas regulaciones tanto de ámbito estatal como comunitario.

Es previsible además que, junto al proceso de liberalización anteriormente mencionado, y cuya consecuencia previsible será una reducción sustancial de los precios, la demanda de electricidad aumente en general en todo el mundo y, especialmente, en los países en vías de desarrollo. Sin embargo esto no quiere decir en absoluto que la demanda se estabilice o disminuya en los países industrializados. Se prevé que en Europa el consumo de electricidad continúe creciendo a un ritmo igual o superior a un 3% anual, concretamente en nuestro país la tasa de crecimiento para 1997 fue de un 4.2%.

La generación de energía, y en concreto de electricidad, es una de las actividades que contribuyen en mayor medida a la degradación medioambiental, participando en problemas medioambientales tales como la lluvia ácida y el cambio climático, y representando aproximadamente el 30% de las emisiones de dióxido de carbono, principal responsable del llamado “efecto invernadero”. Las distintas fuentes de energía presentan diferencias en cuanto a los efectos sobre el medio ambiente, siendo en algunos casos de carácter fundamentalmente global mientras que en otros los efectos son más locales, pero que también deben ser considerados.

Este y otros efectos que la producción y el consumo de electricidad imponen a la sociedad, sin que se tengan en cuenta en los procesos correspondiente, se denominan en economía efectos externos o externalidades, concepto que pasamos a revisar, muy brevemente, en los próximos párrafos.

## 2.2.El concepto de externalidad en la ciencia económica

Uno de los supuestos en el que es posible legitimar la intervención pública en la economía se encuentra en la presencia de efectos externos o externalidades asociados a ciertos procesos de producción o de consumo. Los efectos externos constituyen un fallo del sistema de mercado en el sentido de que el sistema de precios en el mismo no interioriza todos los beneficios, o los costes, que una actividad económica impone a la sociedad. En el primer caso estaríamos en presencia de una externalidad positiva, ya que produce beneficios no considerados por los agentes que participan en el proceso económico, y en el segundo de una negativa, ya que la actividad correspondiente está generando un coste que no es asumido en el desarrollo de la actividad ni reflejado, por lo tanto, en el sistema de precios. La consecuencia que se deriva en términos económicos es que se produce una divergencia entre el coste marginal privado, o beneficio marginal en el caso de las externalidades positivas, y el social y la solución del mercado es subóptima, ya que se estarán produciendo cantidades diferentes a aquellas deseables desde un punto de vista social. Así, en el caso de la electricidad, el valor monetario de los costes medioambientales que se producen, en ausencia de intervención, no se incluyen en el precio, así los consumidores no pagan por el coste total de la electricidad que consumen y se produce de esta forma una ineficiente asignación de los recursos.

El tratamiento de las externalidades y su solución ha sido un tema ampliamente estudiado en la ciencia económica. Entre los primeros estudios podemos mencionar los de Marshall y Pigou, en los cuales la corrección que proponían era precisamente condicionar al mercado introduciendo mecanismos correctores que afectasen a la función de oferta de la actividad económica que genera el efecto externo, mediante la colocación de un impuesto igual al coste marginal social en el caso de la externalidad negativa (lo que provocaría un desplazamiento hacia arriba de la curva de oferta) o una subvención igual al beneficio marginal social en el caso de la positiva; con el efecto contrario. Más recientemente, la solución que postulaba Coase en contra de la aplicación de impuestos pigouvianos sobre que en ausencia de costes de transacción y con derechos de propiedad bien definidos las deficiencias se corregirían mediante la negociación entre las partes, es de aplicación imposible cuando se ve afectado un gran número de agentes económicos, como en los problemas medioambientales de carácter global. En cualquier caso, como ha sido señalado por Baumol y Oates (1988), cuando el problema de la externalidad sea de *grandes números*, en relación con las partes implicadas, una solución como la propuesta por Coase no sería posible.

Para el correcto tratamiento de las externalidades medioambientales resulta fundamental la consideración de la magnitud del efecto, así como el carácter del mismo.

En el caso de las emisiones de CO<sub>2</sub>, por ejemplo, una de las soluciones que se plantean en la Unión Europea es la aplicación de un impuesto sobre las actividades energéticas más contaminantes, de forma que el precio del producto acabe reflejando de algún modo el daño que se ocasiona. Parece además que ésta es una de las prioridades de la presidencia austríaca de la Comunidad Europea <sup>1</sup>. Las medidas para el fomento de las energías renovables, menos contaminantes, es otro ejemplo de intervención en este sentido. En otras ocasiones la solución al problema puede pasar por la negociación entre las partes, como por ejemplo en el caso de que por la instalación de algún tipo de industria se induzcan pérdidas en las explotaciones agrarias cercanas.

### 3. LAS ENERGÍAS RENOVABLES

Las energías renovables se diferencian fundamentalmente de las fuentes clásicas de producción de energía, como los combustibles fósiles y el uranio, en el hecho de que no se agotan en el tiempo. A grandes rasgos, proceden en última instancia del sol y mediante algún tipo de transformación - térmica, electrónica, bioquímica o mecánica- pueden ser aprovechadas como fuente de energía. Analizaremos a continuación, de forma necesariamente concisa, cuáles son sus principales características.

La energía hidráulica es la que se obtiene al transformar la energía mecánica del agua en energía eléctrica. El agua fluye de un nivel superior a otro inferior y aprovechando la energía potencial se ponen en movimiento unas turbinas. El movimiento de rotación de las mismas hace girar un imán dentro de un solenoide generándose así electricidad. La energía eólica se obtiene de forma análoga; la única diferencia es que la fuente natural es el aire. Se aprovecha la energía mecánica del aire para mover las aspas de un molino y la forma de transformar la energía mecánica en eléctrica es similar. Otro recurso importante es el sol. Por un lado la biomasa procede de la energía captada y almacenada por los enlaces químicos durante la fotosíntesis y proporciona combustibles líquidos, sólidos y gaseosos. Además la energía solar es enviada en forma de radiación electromagnética que en interacción con la materia produce elevación térmica y excitación electrónica (efecto fotovoltaico). En el primer caso el calor resultante puede ser almacenado en unos colectores que lo absorben y lo transmiten a un fluido, por ejemplo agua. El efecto fotovoltaico se fundamenta en el hecho de que la luz solar actúa sobre un material semiconductor, como el silicio, produciendo una corriente eléctrica. Por último se pueden citar como fuentes naturales de energía la geotérmica o calorífica procedente de la tierra que provoca un flujo de calor que puede ser extraído hacia la superficie en condiciones económicamente rentables y la energía mecánica del agua cuando sube o baja la marea en el mar que puede transformarse en otro tipo de energía.

El incremento de la generación de energía a partir de fuentes renovables se considera en la actualidad uno de los principales retos a los que tiende la configuración del sector energético en el contexto europeo. <sup>2</sup> Varias son las razones que justifican este objetivo y que son señaladas en el *Libro Blanco de las Energías Renovables* aprobado

por la Comisión Europea en noviembre de 1997. En primer lugar contribuiría a reducir la fuerte dependencia exterior de la Comunidad en el sector energético así como a asegurar el suministro en el futuro. En segundo término podría favorecer de forma importante la creación de empleo a través de su explotación, principalmente por pequeñas y medianas empresas, hecho que favorecería también, desde un punto de vista social, la reducción de barreras a la entrada en el sector energético, por la mayor accesibilidad a tecnologías más simples que las tradicionales. Así mismo, la expectativa sobre el crecimiento de la demanda de electricidad en los países en vías de desarrollo en el futuro abre las puertas de nuevos mercados en los que la Comunidad partiría con ventajas competitivas por su posición de liderazgo en parte de las tecnologías existentes. Por último señalaremos el fundamento que más nos interesa en nuestro estudio, el importante papel que deberán desempeñar las fuentes de energía renovables en la consecución de objetivos medioambientales. En este sentido la reducción del volumen de emisiones de CO<sub>2</sub>, en gran parte debidas, como ya hemos apuntado anteriormente, a la generación de electricidad en las centrales térmicas, pasa por el incremento sustancial en el uso de las fuentes alternativas de producción de energía.

Tras la cumbre sobre el cambio climático celebrada en Kioto en diciembre del pasado año, y que en opinión de muchos resultó un rotundo fracaso, se llegó a un acuerdo sobre los porcentajes de reducción de los llamados “gases del efecto invernadero”. A pesar de que la UE acudió con el firme propósito de alcanzar un compromiso de reducción del 15% de las emisiones de CO<sub>2</sub> para el 2010 en términos de 1990, finalmente se acordó una reducción del 8%. A pesar de la reducción sustancial de los requerimientos medioambientales a los que se comprometió la comunidad, se prevé las emisiones de este gas, solamente como efecto de la producción de energía incrementen, si no se toman las medidas oportunas, en un 8% hasta el año 2010. Además el reparto de esta reducción ha favorecido a países que, como Portugal, España, Grecia, Irlanda y Suecia podrán aumentar sus emisiones.<sup>3</sup>

El cumplimiento de estos compromisos asumidos hace necesaria una mayor producción de energía a partir de las fuentes renovables. Sin embargo, como comprobaremos a continuación, ni siquiera estas tecnologías *limpias* están libres de efectos negativos desde el punto de vista medioambiental, si bien, en términos comparativos, son mucho menores que aquellos que se derivan de otros procesos de generación.

En las siguientes partes del trabajo vamos a considerar los efectos de una de las fuentes de energía consideradas como más ecológicas. Para ello nos serviremos fundamentalmente del material analítico de un proyecto de la Comisión Europea, el ExternE (Externalities of Energy), realizado en 1995. Posteriormente trataremos de aplicar los resultados del mismo a la situación de la energía eólica en nuestra comunidad autónoma, más concretamente en la provincia de Salamanca.

## 4. LA ENERGÍA EÓLICA

### 4.1 Aspectos técnicos

Antes de referirnos a los aspectos que realmente nos interesan de la generación de electricidad a través de la energía eólica señalaremos, de forma necesariamente breve, cuáles son las principales características técnicas de estas instalaciones.

El aprovechamiento del viento como fuente de producción de electricidad comparte, con el resto de energías renovables, la ventaja fundamental de sustituir a otras fuentes más contaminantes y que además se derivan del uso de materiales agotables. La potencialidad de la energía eólica para su conversión en electricidad procede de la energía mecánica que, en forma de energía cinética, se transporta en el viento. Al mover éste las palas ensambladas en un rotor de los aerogeneradores, mediante un sistema de transmisión que incluye un multiplicador de velocidad, se pone en funcionamiento un generador de energía eléctrica. La electricidad generada se transporta mediante tendido eléctrico para su conexión a la red. La potencia que se puede alcanzar es proporcional a la velocidad del viento al cubo.<sup>4</sup> La velocidad mínima a partir de la que se considera rentable una instalación es de 6.5 metros por segundo de velocidad media, aunque con molinos más pequeños y especialmente diseñados para velocidades bajas se amplían estos límites.

### 4.2. Análisis de los efectos externos medioambientales de la energía eólica: el proyecto ExternE

Como ha sido señalado anteriormente, la existencia de externalidades en el sector energético se traduce en la imposición de costes sociales y medioambientales que no son tenidos en cuenta ni en las actividades productivas ni consuntivas. La generación de electricidad a partir de fuentes renovables tiene unos efectos en este sentido mucho menores que las fuentes clásicas de producción y su carácter es fundamentalmente local, sin embargo el conocimiento de los mismos se hace necesario para la correcta planificación del sector.

La identificación y valoración de estos efectos ha sido el objetivo de un proyecto denominado ExternE de la Dirección General XXII de la Comisión Europea, dentro del programa JOULE, realizado en 1995. En el citado proyecto se ha desarrollado una metodología adecuada para el estudio de estos problemas, fundamentándose en los principios de transparencia, consistencia y globalidad, para toda una serie de fuentes de producción de electricidad: carbón, lignito, petróleo, gas, nuclear, eólica e hidráulica. En el resto de nuestro estudio nos centraremos en el análisis realizado por el proyecto ExternE para la energía eólica exclusivamente y concluiremos intentando aplicar de algún modo un análisis similar en el caso de esta fuente de generación para la comunidad de Castilla y León.

El análisis realizado en todas las fuentes consideradas tiene las siguientes fases: identificación de las fases del ciclo, descripción exhaustiva de los impactos en cada una de ellas, identificación de las áreas prioritarias y selección de lugares de referencia y de tecnologías para la valoración.

Quizá lo más destacado del estudio sea la consideración de los efectos no ya solamente para las fases operacionales de las centrales de producción, sino también para las no operacionales. Este hecho se traduce, en el caso de la energía eólica, en la atención prestada a las consecuencias que se derivan desde el momento de extracción de los materiales necesarios para la construcción de los aerogeneradores hasta el momento del deshecho de los mismos una vez que el parque eólico deja de funcionar. Los efectos, en general, son reversibles, en el sentido de que concluyen cuando cesa la actividad de la instalación,<sup>5</sup> por lo que, al desaparecer en el largo plazo, no tienen carácter intergeneracional.

Una vez identificados los límites temporales del análisis se procede a realizar una graduación de cada uno de los efectos que puedan presentarse en una o varias de las fases comprendidas en los mismos. Concretamente se agrupan en función de la potencial importancia del daño producido como alta, media y baja. En el primer bloque se consideran los efectos negativos derivados del ruido originado por los aerogeneradores y el efecto visual en el paisaje una vez instaladas las turbinas, las emisiones atmosféricas que se producen en los estadios no operacionales y los accidentes que pudieran producirse, tanto en las fases de funcionamiento como de instalación. En el segundo conjunto se incluyen los daños a las aves y a los ecosistemas terrestres y las interferencias con los sistemas de comunicación electromagnética. En el último grupo se encuentran algunos efectos menores para los que no se realiza ningún tipo de valoración por la baja probabilidad de su aparición, entre otros se señalan los posibles accidentes de tráfico por distracción al contemplar las turbinas

Para el estudio se toman como referencia dos parques eólicos situados en el Reino Unido y que, tanto por sus características técnicas como por su emplazamiento físico, podrían ser considerados como los dos casos extremos entre los que cualquier parque eólico podría situarse, fijándose de esta forma los posibles límites en cuanto a la valoración de los efectos. Los parques se sitúan el primero de ellos en Delabole (Cornwall) y el segundo en Llidiartywaun y Perhyddlan (Powys).<sup>6</sup> El método empleado tiene por lo tanto un carácter que podríamos describir como inductivo, o “de abajo a arriba” en una traducción literal del término empleado en el proyecto. En este caso, al tener los efectos una dimensión espacial fundamentalmente local, resulta especialmente apropiado.

El fin último del análisis efectuado es la valoración monetaria de las externalidades observadas para la cuantificación del daño total, y de esta manera poder establecer cuáles son los costes reales del proceso de producción. Es necesario llegar a estos resultados si se pretende que el estudio sirva para ilustrar el diseño de políticas

económicas de intervención en el sector tales como la introducción de un impuesto en los procesos productivos más nocivos para el medio ambiente o la aplicación de medidas correctoras para que se contemplen todos los efectos en la actividad, aunque debemos señalar que en el estudio se da prioridad a los aspectos metodológicos antes que a la exactitud de los valores monetarios obtenidos. Dejando al margen las críticas que suscita la valoración de los bienes medioambientales y, especialmente, alguno de los métodos que se utilizan con este propósito, describiremos concisamente cuáles son estos métodos de valoración: funciones de daño, coste de viaje, precios hedónicos y valoración contingente. Esencialmente, lo que se trata de descubrir es cuál es el valor de bienes intangibles, para los cuáles no existe mercado pero que, a pesar de no tener un precio, si tienen un valor para la sociedad. Estos métodos se pueden clasificar primeramente como indirectos, basados en las relaciones que se establecen entre los bienes ambientales y otros bienes privados, como es el caso de los tres primeros, y directos, que no se fundamentan en las relaciones con otros bienes. El *método de los costes evitados o inducidos, o aproximación de la función de gasto*, se apoya en la sustituibilidad entre los dos tipos de bienes y se indica, a través de funciones dosis-respuesta, cómo se ve afectado un determinado aspecto por la calidad medioambiental, por ejemplo las pérdidas en las cosechas debidas a algún proceso de producción de energía; de esta manera se realiza una aproximación al valor del bien medioambiental. El *método del coste de viaje* se fundamenta en las relaciones de complementariedad entre los bienes ya que, para disfrutar de determinados espacios naturales, los individuos incurren en costes necesarios para llegar a ellos; de esta manera se puede inferir la demanda del bien ambiental estimando cómo cambia la cantidad demandada del mismo cuando cambian los costes privados. El *método de los precios hedónicos* se utiliza cuando el bien ambiental puede considerarse una característica del bien privado. Así se observan las diferencias en los precios de los bienes privados ante cambios en la calidad del bien medioambiental, pudiéndose así inferir una medida de valoración del mismo, por ejemplo analizando cuánto cambian los precios de las viviendas en función de los atributos medioambientales de su emplazamiento. Por último, entre los métodos directos de valoración, ésta se descubre en el *método de la valoración contingente* mediante la pregunta directa a los individuos, a través de entrevistas y encuestas.

A continuación analizaremos separadamente cada uno de los efectos externos que se consideran en el proyecto ExternE en todo el ciclo de producción de energía eléctrica a partir de la fuerza del viento.

- El ruido

La generación de ruido tanto en la fase operativa como en la de instalación de parques eólicos se considera uno de las mayores inconvenientes de los mismos, junto con el efecto sobre el paisaje que analizaremos a continuación. En el ExternE solamente se evalúa en este caso la etapa relativa al funcionamiento, ya que se estima que durante la construcción o el transporte de los materiales necesarios los efectos serán menores y poco duraderos.

Las turbinas emiten dos tipos de ruido, el ruido aerodinámico, debido a la interacción de las aspas con el aire, y el ruido mecánico, debido al movimiento del aspa y de todo el mecanismo de la turbina. El aerodinámico proviene de diferentes procesos. Por un lado de la frecuencia debida a la rotación de las aspas, frecuencia que es aproximadamente 1 Hz y está muy por debajo del umbral auditivo del oído humano. En segundo lugar de las turbulencias del viento, más importante que el anterior sobre todo a velocidades altas. La tercera fuente proviene del diseño de las aspas, que es el más significativo a velocidades pequeñas. En particular la geometría del extremo de las aspas puede aumentar el ruido de una turbina de 300 Kw. en más de 7 dB(A). El ruido mecánico fundamentalmente proviene de la caja que contiene el mecanismo de ruedas que hacen que gire el aspa y depende de la calidad de la construcción. El ruido total sería la suma de estos dos efectos anteriormente expuestos.

El nivel de ruido se mide en una escala relativa tomando como referencia el nivel umbral para un oído humano normal, es decir, mide variaciones de energía y no valores absolutos. La unidad de medida es el dB(A). En ausencia de un modelo teórico de emisión de sonido se utiliza un modelo empírico simple. Cuanto más lejos se encuentre el observador de la fuente de sonido menos la oirá. De esta manera una fuente de sonido de potencia  $L_w$ , a una distancia  $r$  de la fuente y suponiendo que el sonido se propaga en forma de semiesfera con centro en la turbina el nivel de ruido será:

$$L_p = L_w - 10 \log_{10} (2\pi r^2) = L_w - 10 \log_{10}(2\pi) - 20 \log_{10} r$$

Esto implica que cada vez que la distancia se duplica el nivel de ruido se reduce  $20 \log_{10} 2$  dB(A), -aproximadamente 6 dB(A)-. Además a distancias mucho mayores que el diámetro de la turbina ésta puede ser tratada como una fuente puntual de sonido. Si añadimos los efectos de la atenuación del aire, la anterior expresión se convierte en la siguiente:

$$L_p = L_w - 10 \log_{10}(2\pi) - 20 \log_{10} r - \alpha r$$

Siendo  $\alpha$  el coeficiente de absorción del aire cuyo valor depende de las condiciones atmosféricas y de la frecuencia.

Además influyen otros muchos factores en la emisión y propagación del sonido como son el material del cual están hechas las aspas, efectos atmosféricos fundamentalmente relacionados con la temperatura, barreras acústicas- colinas, muros, etc. – que hacen que la variación del nivel de ruido no sea tan sencilla como la expresión anterior.

Se podría usar otro modelo suponiendo que el sonido se propaga en forma de rayos en lugar de en forma de semiesfera más apropiado para hacer un estudio de los efectos de forma más local pero más complejo de estudiar.

En la evaluación del efecto generado por el ruido hay que tener en cuenta además la hora del día, fundamentalmente la variación del nivel de ruido entre el día y la noche, la intermitencia, es decir la diferencia entre el nivel de ruido cuando las turbinas están funcionando y cuando no lo están, la distinta sensibilidad que cada persona tiene al ruido, la tonalidad y las actitudes hacia los ruidos de las turbinas así como los aspectos socioeconómicos de la zona.

Para la valoración del efecto se recurre a un índice sobre la depreciación originada por el ruido sobre el precio de las viviendas cercanas a la fuente del mismo, utilizando el *método de los precios hedónicos*. Este índice se obtiene de estudios que consideran una diferente procedencia del sonido, el tráfico rodado. El problema que plantea esta aproximación es que los niveles que se observan en el caso del tráfico están en el rango de 55-65 dB(A), mayores que los medidos en las cercanías de los parques eólicos. Por este motivo junto a estos estimadores se utilizan otros basados en cálculos de la probabilidad de que el ruido sea muy molesto. El valor de dicha molestia se deduce de los mismos estudios pero después se aplican al rango más bajo de decibelios percibidos por la actividad de las turbinas.

En la primera aproximación se considera como mejor estimación una depreciación de la vivienda de un 0.9% de su valor por dB(A), y con un ruido de fondo de referencia de 37 dB (A), la estimación de la valoración monetaria es de 1.1 mECU/kWh para la instalación de Delabole y de 0.07 mECU/kWh para Penrhyddlan y Llidiartywaun. El límite superior del rango de valores que se deduce utilizando este mismo método para un ruido de fondo de 32 dB(A) y el inferior utilizando los estimadores basados en los cálculos de probabilidad, el método alternativo.

El efecto es completamente local, obviamente reversible y su valor agregado dependerá del número de personas que vivan en la zona afectada. Existe posibilidad de internalización de los efectos negativos para los residentes de la zona en algunas circunstancias, mediante acuerdos de los promotores de los proyectos y los residentes.

- Efectos sobre el paisaje

Este es uno de los aspectos más polémicos en los casos en que se han presentado proyectos para la instalación de un parque eólico cuya ubicación supusiera un cambio cualitativamente significativo en zonas de importancia escénica. El problema que aquí se considera es la intrusión que suponen los generadores eólicos cuando se contempla un paisaje. Existe también un efecto estroboscópico producido por la rotación de las aspas cuando el molino se encuentra en funcionamiento, apenas perceptible a unos pocos

metros de distancia, que podría producir reacciones en las personas epilépticas, aunque puede considerarse nimio.

El problema principal al que se enfrenta un estudio sobre la valoración del cambio en percepción del paisaje como consecuencia de la instalación de los aerogeneradores es la disponibilidad de instrumentos objetivos para su descripción. El único método que podría servir a este objetivo es el de *valoración contingente*, que consiste en intentar descubrir la *disposición a pagar* por un determinado bien que carece de mercado, como puede ser el paisaje, preguntándose directamente a una muestra de la población que se considere afectada por el cambio. Una vez realizada la encuesta se agregan los resultados, extrapolándolos a la totalidad de la población, obteniendo así una medida monetaria del valor del bien. Algunos autores han apuntado que el riesgo que se corre al hacer este tipo de análisis es que las personas que responden al cuestionario pueden no saber delimitar la valoración de un bien concreto y tiendan a expresar su opinión refiriéndose a bienes más generales. Este efecto es conocido como *efecto incrustación* y se traduce en el hecho de que las respuestas sobre la *disposición a pagar* por un bien determinado no coinciden cuando se pregunta por dicho bien individualmente y cuando éste aparece formando parte de un bien más general. Para evitar este sesgo en el proyecto se utilizan los estudios de valoración contingente de espacios de importancia escénica en el Reino Unido, y se expresan los resultados para el desarrollo del potencial eólico en la totalidad de las áreas objeto del estudio y no para un parque eólico individualmente.

No existe ningún estudio de *valoración contingente* que se refiera a la evaluación de cambios en el paisaje por intrusión de generadores eólicos en su contemplación, ni tampoco se lleva a cabo ninguno por parte del proyecto ExternE. En el tratamiento de este punto del análisis se recurre a otros estudios que utilizan el método descrito para la valoración de escenarios naturales en el Reino Unido, principalmente el de Willis y Garrod (1991). Esta aproximación al problema tiene, por lo tanto, un carácter muy limitado, y meramente orientativo, puesto que los estudios anteriormente mencionados se refieren a áreas muy concretas y de gran valor natural, precisamente dónde no debe situarse un parque eólico. Por lo tanto los resultados a los que se llega deben ser interpretados con cautela y, en todo caso, como límite superior de la valoración monetaria.

Para la agregación de los valores numéricos apuntados en los estudios se multiplica la *disposición a pagar* que se obtiene en las encuestas realizadas en los mismos por la población afectada, fundamentalmente residentes de la zona y visitantes (para la consecución de este dato se recurre a estadísticas sobre el turismo anual en el área considerada). Los resultados se presentan en términos relativos a la superficie de las áreas afectadas, dividiendo el número de personas de cada grupo entre los kilómetros cuadrados de la región, Cornwall y Powys para cada uno de los parques de referencia, y multiplicando el resultado por la *disposición a pagar* estimada en el estudio de Willis y Garrod (1991) para residentes y turistas (medida en ECUS), obteniendo de esta forma el daño total por kilómetro cuadrado. A continuación, a partir del mapa eólico previsto del

Reino Unido, se calculan las cifras correspondientes a la producción total de electricidad en las regiones consideradas y, dividiendo el dato correspondiente al daño total entre la energía producida, se llega al resultado final de valoración expresado en milésimas de ECU por Kwh producido.

La posibilidad de la asunción de la externalidad producida, al menos en parte, no es en este caso tan sencilla como en otros, en los que puede articularse el establecimiento de medidas defensivas o correctoras.

- Emisiones atmosféricas

Las emisiones de materiales nocivos a la atmósfera sólo se producen, en el caso de la energía eólica, en la fase no operacional. Se considera, así mismo, que las emisiones atmosféricas responsables de la lluvia ácida y del calentamiento de la atmósfera – principalmente el dióxido de carbono, el dióxido sulfúrico y los óxidos de nitrógeno – presentan una fuerte correlación con el uso de energía, por lo que se presta particular atención a los estadios no operacionales intensivos en energía. Por la razón anteriormente apuntada no se analizan los efectos del transporte de los materiales, de la extracción de los recursos primarios, ni de la construcción, desmantelamiento y deshecho de materiales por ser considerados de poca importancia por su bajo consumo energético. De este modo se da prioridad a la etapa de tratamiento de los materiales necesarios para la construcción de los aerogeneradores.

Para la construcción de las turbinas se utiliza principalmente acero, además de fibra de vidrio, cobre y hormigón. En el proyecto se calculan intervalos del peso de estos materiales en el proceso de fabricación de una turbina media – de entre 300 y 400 kW de potencia y 40 toneladas de peso – y, utilizando los datos de uso de energía y emisiones de los procesos industriales para el tratamiento de estos materiales y la fabricación de los componentes en el Reino Unido, se calculan las emisiones de CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> por aerogenerador construido y la relación entre gramo de emisión y kWh generado. Los resultados son los siguientes:

<b>TABLA 1 Emisiones producidas en la fabricación de una turbina</b>			
	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>
Emisiones (en toneladas por turbina)	190	1.8	0.8
Emisiones (en g/kWh)	9.1	0.087	0.036

Fuente: Proyecto ExternE.

La precisión de las estimaciones anteriores está limitada por varios factores, principalmente por la utilización de datos aproximados, sujetos a incertidumbre y específicos para el Reino Unido. Sin embargo lo realmente relevante en este sentido es la comparación de estos resultados con los que se calculan para otras fuentes de generación de electricidad realizadas en el propio proyecto. De esta observación se deduce que las

emisiones de CO<sub>2</sub> representan en torno al 1% de las derivadas de la combustión del carbón, las de NO<sub>x</sub> un 1.7% y las de SO<sub>2</sub> un 8%. Si bien este último dato es un tanto elevado, debido a que en el estudio del carbón las localizaciones tomadas como referencia utilizan medidas de control de sulfuros y en los datos generales utilizados para el ciclo eólico no, las conclusiones a las que se llega son significativas. Los daños derivados de la energía eólica son muy pequeños comparados con los de otras fuentes de energía. La valoración de los mismos es complicada, debido a la incertidumbre que existe para la exacta cuantificación de los efectos del calentamiento global y de las deposiciones ácidas. Teniendo presente esta limitación, se utiliza el estudio de Cline (1992), donde, siguiendo el método de las *funciones de daño o costes inducidos*, se calculan los efectos del calentamiento global en la reducción del producto interior bruto en los países desarrollados, debido principalmente a los daños provocados en la agricultura. Los resultados se extrapolan posteriormente a todo el mundo. El valor del daño se expresa, siguiendo este método, en un intervalo de 0.006-0.15 mECU/kWh, una cifra realmente reducida.

- Accidentes

Los accidentes que se pudieran ocasionar en las diferentes etapas consideradas para el ciclo eólico son el principal efecto sobre la salud de las personas. Se distingue entre los accidentes laborales y no laborales, ya que la intervención para su consideración en cada uno de los casos debería ser diferente. Se clasifican en función del daño ocasionado en muertes, accidentes graves y leves.

Se considera que los accidentes laborales pueden ocasionarse principalmente en las fases de fabricación de los materiales y componentes de los equipos, en la construcción de los mismos, durante el funcionamiento de los aerogeneradores y en el transporte. En los dos últimos casos se incluye la posibilidad de accidentes no laborales. En el estudio se hace constar la escasez de datos disponibles sobre la siniestralidad directamente relacionada con la energía eólica, de tal modo que se utilizan estadísticas que corresponden a sectores más amplios. En el caso de la manufactura de los materiales, el primer grupo de eventos anteriormente enumerados, se toman como referencia los datos correspondientes al sector industrial en el Reino Unido y en la de montaje la del sector de construcción en su totalidad, limitación no demasiado importante, al ser similares a los de la mayoría de países de la OCDE. La tercera relación de accidentes analizada se refiere a aquellos que pudieran producirse ya en el momento de funcionamiento del parque eólico, como consecuencia de la actividad laboral o por otro tipo de eventualidades. En el primer caso no hay ningún motivo que nos induzca a pensar que los riesgos de esta actividad concreta sean mayores que los valores medios y, además, pueden ser en parte asumidos utilizando todos los recursos existentes para la seguridad laboral. Además del riesgo para los trabajadores de la explotación, se puede considerar también la posibilidad de accidentes para no trabajadores durante esta fase, fundamentalmente causados por el desprendimiento de alguno de los elementos del molino durante su funcionamiento, que al producirse en momentos de gran velocidad del

viento, podrían salir disparados a cientos de metros de distancia. Este riesgo es realmente muy pequeño, y puede ser asumido, al menos en parte con la contratación de seguros cubriendo estos extremos aunque, repetimos, la probabilidad de que un hecho así suceda parece ser bastante remota y no se conoce ningún caso hasta la fecha. En cuanto al último grupo de riesgos considerado, aquellos relativos a los accidentes de tráfico, se da mayor importancia a los posibles accidentes de los trabajadores que formen parte de la plantilla de la instalación y que deban realizar viajes diarios para trabajar. El cálculo de este efecto se realiza tomando como referencia una instalación tipo, asumiendo una serie de características sobre el número de trabajadores, la distancia a su lugar de trabajo y otra serie de aspectos técnicos.

Para la valoración monetaria de este efecto las relaciones de accidentes calculadas se convierten en costes utilizando el *Valor de la Vida Estadística* de 2.6 millones de ECUS que se usa en la valoración de la mortalidad y otros daños graves en otras partes del proyecto. De esta forma se obtienen los siguientes resultados:

<b>TABLA 2 Valoración de los daños por accidentes en el ciclo eólico</b>		
Fase	Estimación del daño (en mECUS)	
	Laboral	No laboral
Fabricación de los materiales	0,05	/
Construcción del equipo	0,11	/
Funcionamiento de la turbina	0,1	No considerable
Viajes	/	0,09
<b>TOTAL</b>	<b>0,26</b>	<b>0,09</b>

Fuente: Proyecto ExternE.

Como puede deducirse de los datos anteriores los costes son bastante reducidos en comparación con el precio de la electricidad, y pueden ser en gran medida interiorizados en el proceso, por lo que se considera que los posibles accidentes que puedan producirse en las distintas fases del ciclo para la energía eólica no constituyen una externalidad significativa.

- Avifauna

El daño que los equipos eólicos pudieran inferir en las aves se corresponde con la posibilidad de colisiones durante el funcionamiento de los aerogeneradores y los cambios de comportamiento ocasionados al evitar el paso por las zonas cercanas a los mismos. En el estudio se señala que no hay evidencia de que en el Reino Unido, donde se sitúan las dos centrales de referencia, existan motivos para concluir que los daños en este sentido sean realmente importantes, si bien no se dispone de datos exactos para este país. En los Países Bajos se realizó un estudio cuya principal conclusión fue que las muertes de aves eran similares a las producidas en otras actividades parecidas, y no se encontró evidencia

alguna sobre la existencia de fuertes cambios en el comportamiento. En cualquier caso se señala que la disponibilidad de estudios es escasa, y por lo tanto no se pueden ofrecer conclusiones significativas, aunque se apunta que para turbinas de tamaño medio situadas en áreas de poca importancia natural los efectos son reducidos.

Sin embargo es necesario tomar en consideración ciertas cautelas en este punto, ya que se han dado casos en los que los daños han sido de gran magnitud. En un estudio realizado en California se señaló que la mitad de las muertes de pájaros - principalmente águilas, halcones y cernícalos -, en la zona de un parque eólico, fueron debidas a la actividad del mismo. Así mismo en Tarifa (Cádiz), donde se sitúa una de las zonas de mayor desarrollo de la energía eólica en España, se observó una importante siniestralidad en especies migratorias y de rapiña. Aunque los efectos anteriormente mencionados son preocupantes no pueden extrapolarse a la generalidad de las instalaciones de energía eólica. Ambos casos tienen características peculiares, ya que en el primero de ellos se trata del mayor programa de energía eólica del mundo, y se sitúa en una zona de importancia especial para ciertas especies raptoras, y en Tarifa se encuentra la ruta migratoria de mayor importancia del sudeste de Europa. La principal conclusión a la que se puede llegar a la vista de los datos es que es necesario realizar estudios detallados sobre la ubicación de los parques, prestando especial importancia a las zonas de importancia ornitológica.

En cuanto a la medición de estos efectos se señala que, cuando se encuentren en peligro especies amenazadas o en peligro de extinción, el cálculo de la *disposición a pagar* no parece ser la mejor herramienta para estimar su valor, pues su carácter irremplazable se refiere a la propia sostenibilidad ecológica, por lo que en el estudio no se ofrecen cifras de valoración monetaria en este punto. Así se apunta que, si la planificación sobre la ubicación de los parques no se realiza en zonas de interés ornitológico, el efecto externo será mínimo.

- Ecosistemas

Los efectos que pudieran provocarse sobre los ecosistemas se producen principalmente por la pérdida de terrenos donde se sitúan los aerogeneradores, las actividades de instalación tanto de éstos como de las líneas de conexión a la red, la construcción de edificios y de accesos para vehículos.

En principio no se pueden extraer conclusiones con carácter general, puesto que dependerá de las características de los terrenos en cada caso concreto, si bien, excepto cuando se pongan en peligro áreas de importancia ecológica con ecosistemas vulnerables, donde no es posible la valoración monetaria ni deben situarse explotaciones industriales, los daños ocasionados pueden ser fácilmente interiorizados. Por ejemplo, en el caso de daños en la agricultura a través de acuerdos con los dueños de las explotaciones afectadas o, al final de la actividad de la central, mediante la ordenación de las actividades tendentes a la recuperación de los terrenos.

- Interferencias electromagnéticas

Cualquier tipo de estructura en movimiento es susceptible de producir interferencias electromagnéticas. En particular las aspas de los molinos en movimiento reflejan las señales electromagnéticas de forma que cualquier receptor capta la señal directa y la reflejada en el molino. La interferencia se produce por dos motivos: por un lado la señal reflejada sufre un desfase respecto a la señal directa debido a la diferencia de camino recorrido como consecuencia de la reflexión y, por otro lado, se produce un corrimiento de la frecuencia como consecuencia del efecto Doppler producido por el movimiento del aspa. El primer efecto es acusado en mayor medida por los sistemas de radio que operan en amplitud modulada y el segundo para la frecuencia modulada. La interferencia también dependerá del material del cual están hechas las aspas: las aspas metálicas son mucho más reflectantes que las de madera. Los plásticos son parcialmente transparentes y tendrían un comportamiento intermedio.

El rango de frecuencias afectado por este problema es muy amplio. A bajas frecuencias la longitud de onda es mucho mayor que los tamaños característicos de las turbinas y sólo son relevantes los parámetros globales de las mismas. A frecuencias altas la longitud de onda es del mismo orden que el tamaño de los componentes de la turbina, o incluso menor, y los detalles de la geometría de las aspas pueden resultar significativos. Los sistemas de comunicación apenas se verán afectados si la longitud de onda es cuatro veces mayor que la longitud total de la turbina. Como ejemplo, que los molinos tengan una altura de 30 metros, como los de los lugares tomados como referencia, implica que la longitud de onda por encima de la cual no se producirían las interferencias sería de 120 metros lo que supone una frecuencia límite para transmitir señales de 2.5 MHz. Los tipos de comunicaciones más afectados serían las emisiones de radio y televisión recibidas en la mayoría de los hogares; las efectuadas en el rango de las microondas y los sistemas de navegación aérea y los instrumentos de aterrizaje. Las frecuencias más altas no se ven afectadas.

Los problemas que afecten a las telecomunicaciones por microondas y a los sistemas de navegación aérea podrían ser evitados en el proyecto de planificación del parque eólico, cargando los costes que supone adquirir la información necesaria a los promotores del proyecto. Las interferencias con los receptores de radio y televisión domésticos son fácilmente eludibles y de forma relativamente económica adoptando medidas técnicas como amplificadores de la señal, repetidores o televisión por cable, también a expensas de los promotores.

- Otros efectos menores

En el proyecto se señalan, así mismo, otros efectos de mínima importancia que pudieran ocasionarse, pero que, por su poca relevancia, no son evaluados como los anteriores. Algunos de los mencionados son las lesiones musculares que pudieran sufrir

los trabajadores de la instalación o los accidentes en el tráfico rodado de las cercanías por distracción al contemplar los elementos visibles de la instalación.

- Conclusiones del proyecto

Los resultados del análisis realizado en el proyecto, si bien limitados por la falta de datos en algunos de los aspectos considerados, son representativos de todos los efectos externos que se producen en el ciclo eólico, que si son considerados en la fase de planificación de los parques, al tener un carácter fundamentalmente local, pueden ser en gran parte corregidos. Por esta razón se desaconseja la ubicación de instalaciones eólicas en lugares próximos a zonas habitadas, en áreas de importancia escénica, en las cercanías de centros de importancia ornitológica, en zonas de ecosistemas sensibles y en rutas de sistemas de comunicación. Si estas recomendaciones se cumplen los daños que pudieran provocarse serían mínimos y mucho menores a los producidos en otros procesos de generación de energía.

- Aplicación en España

La metodología que se desarrolla en el proyecto ExternE ha sido aplicada en España por un grupo de expertos del CIEMAT. Para el ciclo de la energía eólica consideran idénticas fases y efectos considerados para el análisis general, siguiendo así mismo el método inductivo del proyecto y tomando como referencia un parque eólico situado en La Coruña, en Cabo Vilano. Así, el efecto ocasionado por el ruido se considera que es muy pequeño, dada la distancia del parque a zonas habitadas. La misma conclusión en cuanto a la magnitud del efecto se determina para el caso de las aves, que parecían haberse habituado a los molinos. Las interferencias electromagnéticas se circunscriben a un área de un kilómetro cuadrado, luego los efectos tampoco se consideran importantes. La ubicación concreta del parque contribuye, así mismo, a hacer mínimo el efecto visual. El mayor daño considerado en el proyecto se refiere a los posibles accidentes del personal contratado para el funcionamiento y el mantenimiento de los equipos, no los laborales sino los que pudieran ocasionarse en los desplazamientos hasta la central. En cualquier caso estos efectos pueden ser, al menos en parte, interiorizados. Así, como era previsible, los daños considerados son bastante reducidos, aunque se señala que es debido a la buena planificación y ubicación de este proyecto concreto, de tal modo que se recomienda un estudio detallado en el momento de la planificación para el futuro desarrollo de la energía eólica en España, para evitar la situación de las instalaciones cerca de zonas habitadas, en áreas de importancia ecológica o cerca de emplazamientos y rutas de especies migratorias.

#### 4.3. La energía eólica en Castilla y León

La energía eólica en España está actualmente pasando por un proceso de importante crecimiento. Al igual que en el caso de otras fuentes de energía renovables se favorece su actividad en la producción de electricidad en la Ley de Ordenación del

Sistema Eléctrico de 1997, incluyéndose en las actividades en régimen especial <sup>7</sup>. El fomento de las energías renovables en el contexto más amplio de liberalización del sector favorecerá la proliferación de este tipo de instalaciones en los próximos años. Según los informes del Plan de Ahorro y Eficiencia Energética dentro del Plan Energético Nacional para el periodo 1990-2000 se estima que las energías renovables en España, que en 1990 participaban en la producción de energía primaria en 2.6 Mtep, consigan alcanzar una producción de 3.8 Mtep en el año 2000. En este contexto es previsible que la energía eólica sea una de las fuentes que experimente un mayor crecimiento en nuestro país. De hecho se espera que, de acuerdo con la cantidad de proyectos que se encuentran en fase de aprobación en muchas Comunidades Autónomas, la potencia de 500 MW instalada en 1997 prácticamente se duplique durante 1998, superando así las previsiones que se habían apuntado al respecto años atrás y convirtiéndose así nuestro país en uno de los mayores productores de energía eólica del mundo. En la Comunidad Europea solamente Alemania y Dinamarca, país pionero en la explotación del viento como fuente de energía, cuentan con mayor potencia instalada.

El desarrollo de la energía eólica en España es reciente, podríamos decir que data de 1981, cuando se instaló una máquina experimental de 100 kW en Tarifa. Las zonas que presentan en España las mejores posibilidades para el aprovechamiento de su potencial eólico son las costas gallegas, las Islas Canarias y Andalucía, especialmente en la zona del estrecho. También cuentan con buenas condiciones para la explotación energética de la fuerza del viento Navarra, que en los últimos años ha experimentado un fuerte crecimiento en la producción de a partir de energías renovables en general y particularmente de la eólica, y Aragón. Sin embargo en otras regiones en las que en principio no se consideraba óptima la instalación de parques eólicos, gracias a los avances de la tecnología en el sector, cuentan en la actualidad con suficiente potencial para el aprovechamiento eficiente de esta fuente de energía a gran escala. Entre estas regiones podemos incluir a Castilla y León <sup>8</sup>.

En nuestra Comunidad Autónoma existe en la actualidad un único parque eólico en funcionamiento, situado en la Sierra del Madero, en la provincia de Soria que, al igual que Navarra y Aragón se encuentra en la zona de influencia de los vientos que entran por el noroeste de la península. Es en esta provincia dónde se han presentado un mayor número de proyectos en la comunidad, seguida de Burgos y Salamanca. En esta última la cifra de proyectos se eleva a 29.

De entre todos los proyectos presentados en Salamanca los que más polémica han suscitado son los tres que se ubican en la Sierra de las Quilamas, situada al sur de la provincia. La información favorable de la declaración de impacto ambiental ha sido dictada recientemente y en estos momentos solamente resta el requisito de concesión de la licencia de obra por parte de la Consejería de Industria de la Junta de Castilla y León para que comiencen las obras de construcción de los parques. Sus características técnicas se recogen en la siguiente tabla.

<b>TABLA 3 Características técnicas de los proyectos eólicos en la Sierra de las Quilamas (Salamanca)</b>		
Parque	Número de aerogeneradores	Potencia instalada
Sierra mayor	33	21,45 MW
Sierra Chica	38	24.7 MW
La Bolanca	35	22,75 MW

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de los estudios de impacto ambiental

Cada uno de los aerogeneradores tiene las siguientes características

<b>TABLA 4 Características de los aerogeneradores de los proyectos de la Sierra de las Quilamas</b>	
Altura de las torres	45 metros
Diámetro del rotor	42 metros
Peso	52.5 toneladas
Número de palas	3
Velocidad de rotación	22/31 r.p.m
Máxima potencia alcanzada	650kW

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de los estudios de impacto ambiental

Las críticas que se han alegado para la justificación de la oposición al proyecto, principalmente por grupos ecologistas y por asociaciones de residentes en la zona, se refieren a la mayoría de los efectos medioambientales que hemos analizado en el apartado anterior. Desde nuestro punto de vista algunos de estos efectos pueden ser interiorizados si la planificación los tiene en cuenta, como así parece deducirse de la declaración de impacto ambiental de los mismos.

Los efectos de los **accidentes** en las distintas fases de construcción y funcionamiento de los equipos eólicos serían en general parecidos a los que se han señalado en el proyecto ExternE y en su aplicación en nuestro país, y la asunción de los riesgos puede llevarse a cabo como se señaló en estos documentos.

Respecto a las **interferencias electromagnéticas** para la altura de 45 metros de los aerogeneradores que se pretenden instalar tendríamos como longitud de onda límite aproximadamente 180 metros, siendo la frecuencia correspondiente 1.6 MHz, de modo que se verían afectadas las señales de radio y televisión en los municipios próximos al parque. Este daño se evitaría, como se ha señalado anteriormente, conminando a los promotores del proyecto a la instalación de la tecnología necesaria para evitar las interferencias, como amplificadores de señal o repetidores.

En cuanto a los daños en los **ecosistemas**, éstos son inevitables en la fase de instalación de los equipos por la necesidad de realizar caminos de acceso hasta la zona y entre los aerogeneradores, cimentar los terrenos para la colocación de los molinos y construir edificios auxiliares. El grado de afección en este caso puede ser reducido si se garantiza una correcta planificación de las rutas, aprovechando siempre que sea posible las que ya existan en la zona y garantizando un plan de recuperación del entorno en el momento en que cese la actividad.

En el caso del **ruido** la legislación aplicable sería el Decreto 2414/1961, de 30 de noviembre por el que se aprueba el reglamento de actividades molestas, insalubres y peligrosas. La regulación de las actividades que se consideran molestas por los ruidos o vibraciones que se produzcan se delegan en esta ordenación a las Ordenanzas Municipales, teniendo en cuenta las características especiales de la actividad de que se trate. Los niveles de sonido en las zonas residenciales se limitan a 55 dB(A) por el día y 45 dB(A) en la noche. En las condiciones más desfavorables, en velocidades de viento medias, el incremento del nivel de ruido se estima en unos 5 dB(A) junto a los aerogeneradores, desapareciendo a una distancia aproximada de 400 metros, por lo que en principio este efecto no causaría grandes molestias a la población residente, aunque sí podría ocasionar incomodidad en las actividades recreativas de la zona.

De esta manera consideramos que los efectos anteriores pueden ser limitados, y en gran parte corregidos, si se actúa con prudencia en la fase de planificación. Además su carácter reversible implica que, al no manifestarse a largo plazo, las generaciones futuras no se verían afectadas.

Creemos que, sin embargo, los dos efectos que restan deben ser considerados con una mayor cautela. En primer lugar es indudable que la instalación de molinos afecta al paisaje. Aunque existen estudios que apuntan que la afección es muy limitada y que incluso, en algunas ocasiones, resulta estética, consideramos que no es el caso del emplazamiento de los parques considerados. La Sierra de las Quilamas se encuentra en un emplazamiento muy próximo a la Sierra de Francia, conjunto de gran importancia turística y escénica de la provincia de Salamanca. Al lado de las estribaciones montañosas dónde se ubicarán los molinos se encuentra una zona forestal denominada la Honfría, de gran belleza y que cuenta con una diversidad tanto en la fauna como en la flora que hacen de este paraje una zona de gran importancia natural, que se ha intentado promocionar para actividades recreativas por los municipios de la zona dentro de la denominada "Ruta de Las Quilamas".

El otro efecto que consideramos prioritario en este caso, a diferencia de la jerarquía establecida en el proyecto ExternE, se refiere a los efectos sobre la fauna de la zona y, particularmente, las aves. La importancia ornitológica de la zona es evidente si tenemos en cuenta la cantidad de especies cuya existencia se encuentra probada en la zona, destacando la cigüeña negra (*ciconia nigra*), y el buitre negro (*Aegypius monachus*). La cigüeña negra está catalogada como especie en peligro de extinción por el

Real decreto 439/1990 de 30 de marzo, por el que se regula el catálogo nacional de especies amenazadas. La Ley 4/1989 de 27 de marzo de Conservación de los Espacios Naturales y Flora y Fauna silvestre, modificada por la Ley 41/1997 de 5 de noviembre de Espacios Naturales Protegidos y Protección de Animales y Plantas, establece que corresponde a las Comunidades Autónomas la elaboración de los Planes de Recuperación para estas especies en peligro de extinción. El Plan de Recuperación para la Cigüeña en Castilla y León se aprobó en el Decreto 83/1995, dónde se señala la zona dónde se construirá el parque eólico como enclave de esta especie. En cuanto al buitre negro, especie que también se cita en el Anexo del Real Decreto 439/1990 de 30 de marzo, también se observa la presencia en la zona de varias parejas de estas aves. Respecto a los mamíferos, varios estudios han señalado la existencia de lince ibéricos (*Lynx Pardina*) en la zona, especie también peligro de extinción y declarada especie de interés comunitario y especie prioritaria en el real Decreto 1997/1995 de 7 de diciembre, dónde se recogen normas para su conservación. Por este motivo creemos que la atención que se debe otorgar a la protección de estas especies es prioritaria, y el desarrollo eólico de la zona debe considerar las consecuencias de una planificación incorrecta que en este caso, a diferencia de otros efectos, serían irreversibles.

Por los motivos expuestos anteriormente asociaciones ecologistas y culturales de Salamanca han señalado que la declaración de Las Quilamas como Espacio Protegido sería una alternativa muy positiva para el desarrollo de la zona, protegiéndose de esta manera los espacios naturales y las especies amenazadas, y ya han anunciado su intención de recurrir la aprobación del proyecto.

## 5. CONCLUSIONES

El objetivo último del presente trabajo no es otro que tomar conciencia de la importancia de la gestión eficiente del sector energético para, de este modo, minimizar en lo posible las pérdidas que se producen en las diferentes fases, así como del uso racional de la energía. Es, por lo tanto, fundamental, valorar todos los efectos que puedan producirse con el fin último de contribuir al cambio de actitudes en la sociedad mediante la información precisa sobre los problemas que un uso sin restricciones de energía produciría en nuestro medio natural. Aunque las intervenciones del lado de la oferta son útiles y necesarias, la demanda también debe contribuir a la solución del problema, ya que ni siquiera las fuentes de energía renovables están exentas de efectos negativos para nuestro entorno natural. Para ilustrar esta conclusión nos hemos centrado, fundamentalmente, en el análisis de los efectos medioambientales de la generación de electricidad a partir de la energía eólica, tomando como referencia el proyecto ExternE de la Comisión Europea, para posteriormente realizar un análisis similar para uno de los proyectos de instalación de Castilla y León, llegando a la conclusión de que la planificación correcta y responsable de este tipo de instalaciones es fundamental para evitar que se produzcan efectos no deseados.

## BIBLIOGRAFÍA

- AZQUETA OYARZUN, D. Valoración Económica de la Calidad Ambiental. Mc Graw Hill, Madrid, 1994.
- AZQUETA OYARZUN, D. Y PÉREZ Y PÉREZ, L. (Coordinadores) Gestión De Espacios Naturales. Mc Graw Hill. Madrid, 1996.
- AGUILERA KLINK, F. Y ALCÁNTARA, V. De La Economía Ambiental a la Economía Ecológica. Economía Crítica.Barcelona, 1994.
- BAUMOL, W. Y OATES, W. The Theory of Environmental Policy. Cambridge University Press. USA, 1988.
- CIEMAT ExternE National Implementaion: Spain. 1997.
- CLINE, W.R. Global warming: The Economic Stakes. Institute for International Economics. 1992
- COLLIER, U. *Electricity Privatisation and Environmental Policy in the UK: Some Lessons for the Rest of Europe*. EUI Workiing Paper RSC N° 95/2. Italia, 1995
- COLLIER, U. *Implementing a Climatre Change Strategy in the European Union: Obstacles and Opportunities*. EUI Workiing Paper RSC N° 96/1. Italia, 1996.
- COLLIER, U. *Prospects for a Sustainable Energy Policy in the European Union*. EUI Workiing Paper RSC N° 97/29. Italia, 1997.
- ENTE REGIONAL DE LA ENERGÍA DE CASTILLA Y LEÓN (EREN). Las Energías Renovables en Castilla y León. 1997.
- EUROPEAN COMMISSION DGXII. Science, Research and Development JOULE. Externalities of Energy. Volumen 2. Methodology. 1995.
- EUROPEAN COMMISSION DGXII. Science, Research and Development JOULE. Externalities of Energy. Volumen 3. Coal and Lignite. 1995.
- EUROPEAN COMMISSION DGXII. Science, Research and Development JOULE. Externalities of Energy. Volumen 6. Wind and Hydro. 1995.
- KRUPNICK, A. Y BURTRAW, D. *The Social Costs of Electricity: Do the Numbers Add Up?* Resources for the Future. N° 96-30 Washington, 1996.

PÉREZ ARRIAGA, J.I. *Visión Global del Cambio de Regulación*. Comisión Nacional del Sistema Eléctrico. N° 003/98. 1998.

WILLIS, k. G. Y GARROD, G.D. Landscape Values: A Contingent valuation Approach and Case Study of the Yorkshire dales National Park. ESRC Countryside change Initiative Working Paper 21. 1991

## REFERENCIAS

\*Agradecemos a financiación proporcionada por los proyectos de investigación CICYT SEC 97-1455 y JCyL Sa 68/96

<sup>1</sup> Austria es uno de los países de la Unión Europea más comprometido con el uso de las energías renovables como alternativa a las fuentes tradicionales para la generación de energía. En la Alta Austria aportan en estos momentos el 30% de la producción de energía primaria, esperándose llegar al 33% en el año 2000, para ello se ha adoptado todo un conjunto de medidas para favorecer su implantación

<sup>2</sup> En la *Declaración de Canarias* ratificada en enero de 1998 por los estados que forman parte de la Unión Europea se subraya la importancia de las energías renovables y la necesidad de fomentar la producción de energía a partir de las mismas para cumplir con los objetivos medioambientales.

<sup>3</sup> En noviembre de 1998 se celebrará una reunión en Buenos Aires en la línea de la de Kyoto, para revisar algunos de las decisiones ratificadas en el protocolo.

<sup>4</sup> Para medir la velocidad del viento se utiliza la distribución de Weibull

<sup>5</sup> Excepto en los casos en que pueden producirse daños en especies en peligro de extinción o en la fase no operacional en la que en el proceso de los componentes se producen emisiones a la atmósfera de los gases de “efecto invernadero”.

<sup>6</sup> El parque de Delabole es pequeño, con 10 turbinas, y se sitúa en una zona de importancia agraria y turística. El ubicado en Lliidiartywaun y Perhyddlan es un parque mayor, de 103 turbinas, y la zona no es turística y está poco poblada.

<sup>7</sup> La electricidad vendida por actividades del régimen especial ha incrementado un 24.9% en lo que va de año y ya supone un 11.3% de la demanda total en la península.

<sup>8</sup> Recientemente se ha aprobado en Castilla y León la regulación de las centrales eólicas, dada la ampliación que se prevé experimente este sector en la comunidad, en el Decreto 189/1997 de 26 de septiembre del Procedimiento para la autorización de instalaciones de producción de electricidad.