

### III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

#### IMPLANTACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES Y DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN UN MUNICIPIO DEL SURESTE DE ESPAÑA (MURCIA)

**Molina Ruiz J<sup>(1)</sup>, Tudela Serrano MI<sup>(1)</sup>, Ortiz Escribano IM<sup>(2)</sup>**

**(1) Departamento de Geografía. Facultad de Letras. Campus de La Merced. Universidad de Murcia. 30001 Murcia (España). [jmolinar@um.es](mailto:jmolinar@um.es) , [mtudela@um.es](mailto:mtudela@um.es),**

**(2) Licenciada en Ciencias Ambientales - [imaria.ortiz@um.es](mailto:imaria.ortiz@um.es)**

El concepto de desarrollo sostenible en el mercado energético quiere asegurar una sostenibilidad del mismo, para lo cual es necesario fomentar las energías renovables como política municipal, tanto en su dimensión económica, como social y medioambiental. En este trabajo se analiza el estado actual de implantación de energías renovables en el municipio de Blanca (Murcia), valorando la incidencia de la legislación sectorial energética, al respecto, y obtener la huella de carbono derivada del consumo de energía eléctrica en comparación con las emisiones de CO<sub>2</sub> de otras fuentes energéticas. Igualmente, se estudiará el consumo de electricidad del municipio en el mismo período bianual distribuido por sectores: residencial, municipal e industrial.

#### ABSTRACT

The concept of sustainable development led to the energy market wants to ensure sustainability of it, for it is necessary to promote renewable energies such as municipal politics, both in its economic, socially and environmentally. This paper reviews the current state of implementation of renewable energies in the town of Blanca (Murcia), assessing the impact of the energetic sector legislation, respect, and get the carbon footprint of electric energy consumption in comparison with the CO<sub>2</sub> emissions from other energy sources. It will also study electricity consumption of the municipality in the same period biannual distributed by sectors: residential, municipal and industrial.

**Palabras clave/Keywords:** Energías renovables, huella de carbono, emisiones CO<sub>2</sub>, sostenibilidad. Renewable energy, carbon footprint, CO<sub>2</sub> emissions, sustainability.

#### I. INTRODUCCIÓN

El modelo de desarrollo económico actual, basado en el uso intensivo de recursos energéticos de origen fósil, provoca impactos medioambientales negativos y desequilibrios socioeconómicos que obligan a definir un nuevo modelo de desarrollo sostenible. Con la excepción del transporte, que prácticamente en su totalidad está vinculado al petróleo, el "mix" energético usado en el resto de sectores presenta distinta composición por regiones, dependiendo de factores de desarrollo económico, políticos, sociales y demográficos.

Los cambios en el uso del suelo y otras actividades liberan gases de efecto invernadero cuyo "forzamiento radiativo" se miden en términos de equivalencia de CO<sub>2</sub>. Si bien cada tonelada de dióxido de carbono tiene el mismo peso, la contabilidad global revela grandes variaciones en las contribuciones al total de las emisiones desde diferentes fuentes. Todas las actividades, todos los países y toda la población quedan registrados en las cuentas mundiales de carbono, en las llamadas "huellas ecológicas o huellas de carbono". Mientras la huella agregada del mundo en desarrollo se vuelve más profunda, la responsabilidad histórica de las emisiones "deuda de carbono" es claramente asunto del mundo desarrollado.

Una relación entre energía y creación de riqueza que sea sostenible debe apoyarse necesariamente en modelos de desarrollo en los que se prime el uso racional de la energía (ahorro energético y eficiencia energética) y el aprovechamiento de las energías renovables (Eudel-Eve, 2003).

En España, el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético) ha coordinado un estudio de investigación<sup>62</sup> denominado "Impactos Ambientales de la Producción de Electricidad" que cuantifica los problemas medioambientales de la producción eléctrica y del correspondiente coste económico ocasionado por kWh generado mediante diferentes tecnologías (IDAE, 2005).

Los resultados del mismo, expresados en ecopuntos de impacto medioambiental por Terajulio de

<sup>62</sup> El estudio de investigación *Evaluación económica de los impactos medioambientales de la producción eléctrica* ha sido coordinado por el IDAE. En este estudio, desarrollado por el Grupo de Economía Ambiental de la Universidad de Alcalá de Henares y PERTEGAZ, S.L (consultora especializada en medio ambiente y energía), han participado 14 Gobiernos regionales, UNESA y la Asociación de Productores de Electricidad con Energía Renovable (APPA). Este trabajo se ha realizado sobre la base de un estudio previo, publicado en el año 2000, bajo el título *Impactos Ambientales de la Producción Eléctrica: Análisis de Ciclo de Vida de ocho tecnologías de generación eléctrica*.

electricidad producido (un Terajulio equivale a 278 Megawatios hora (MWh)), demuestran que el lignito, el petróleo y el carbón son las tres tecnologías más contaminantes superando los mil ecopuntos, en un segundo grupo figuran la nuclear y el gas entre doscientos y mil ecopuntos, mientras que la eólica y la minihidráulica, ambas renovables, forman un tercer grupo con una cantidad muy inferior de impactos, menos de cien ecopuntos. Los resultados son claramente favorables para las tecnologías de generación eléctrica que utilizan fuentes renovables (Fig. 1).

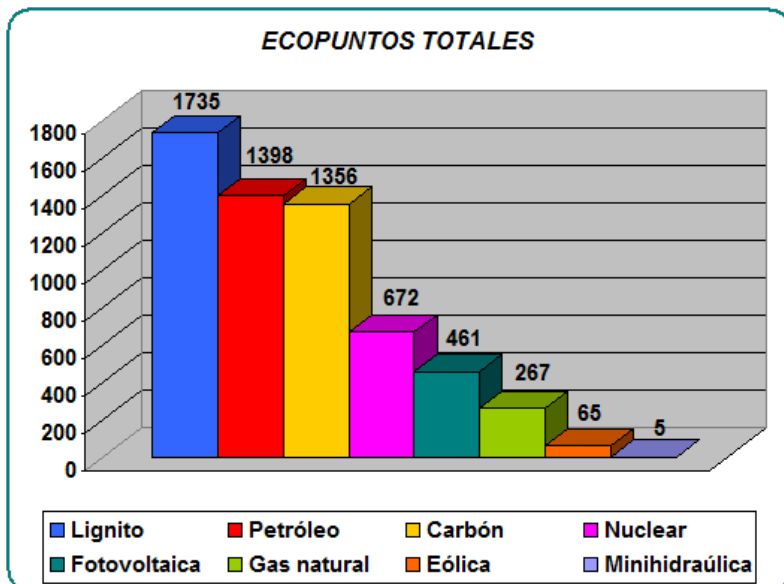


Fig. 1.

Ecopuntos de impacto medioambiental en ocho tecnologías de generación eléctrica.

Fuente: Fundación gas natural, 2001. Elaboración propia

En una Era en que las políticas municipales modernas son cada vez más sensibles a las cuestiones medioambientales y a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, las autoridades locales han de estar bien situadas frente a estas preocupaciones contando con una política energética apropiada que se enmarque dentro de una Estrategia de Desarrollo Sostenible

Los Ayuntamientos, como gestores del desarrollo municipal y grandes consumidores de energía, deben conocer las diferentes posibilidades de actuación que en materia energética se pueden ofrecer. Por ello, el presente trabajo tiene como objetivo analizar el estado de implantación de energías renovables en el municipio de Blanca perteneciente a la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, en el Sureste de España. Se ha elegido este municipio debido a la notable implantación de energías renovables en un corto periodo de tiempo, valorando la incidencia de la legislación sectorial energética; finalmente se ha realizado una aproximación para la obtención de la huella de carbono derivada del consumo de energía eléctrica en comparación con las emisiones de CO<sub>2</sub> en otras fuentes energéticas. Igualmente, se ha estudiado el consumo de electricidad del municipio en el mismo periodo distribuido por sectores: residencial, municipal e industrial.

## II. METODOLOGÍA

Se ha obtenido del registro municipal del Ayuntamiento de Blanca toda la información relativa al emplazamiento y potencia de las instalaciones fotovoltaicas, en funcionamiento y en proyecto, de los años 2007 y 2008.

Con los datos suministrados se lleva a cabo el estudio comparativo de producción de energía fotovoltaica de ambos años, calculando el impacto que ha tenido la implantación de las instalaciones fotovoltaicas en el municipio respecto a la energía total consumida, obteniendo valores de emisión de distintos gases y considerando distintas fuentes de producción de electricidad.

Para el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> derivada del consumo de electricidad que habría sido generado con energía fotovoltaica, se han tomado como referentes los datos suministrados por el Instituto Estadounidense World Watch (Santamarta y Serrano, 2009). Para el estudio de la huella de carbono debida exclusivamente a la electricidad, se han considerado dos posibles situaciones:

- Huella de carbono derivada del consumo de electricidad del municipio, considerando que la producción de esta energía ha sido en una central térmica, a partir de combustibles fósiles (carbón o petróleo). Se han calculado las tec (toneladas equivalentes de carbono) y tep (toneladas equivalentes de petróleo)

### III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

asociadas al consumo municipal, así como las toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas a la atmósfera. Para ello se han utilizado las correspondientes equivalencias, según datos del Plan de Energías Renovables en España.

- Huella de carbono derivada del consumo de electricidad del municipio, a partir de una factura de electricidad de la empresa suministradora (Iberdrola), teniendo en cuenta el "mix" de producción en el Sistema Eléctrico Español en 2007. Esta factura, con fecha 8 de Abril del 2009, pertenece a una vivienda tipo en la que se detallan las emisiones de dióxido de carbono (media nacional) expresada en kg por kWh.

Por último, se calcula la huella de carbono derivada de la electricidad teniendo en cuenta los datos de consumo en los años 2007 y 2008 para el sector residencial del municipio de Blanca, comparando los datos obtenidos con la media nacional.

### III. RESULTADOS

#### 1. CONSUMO ENERGÉTICO Y EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN EL MUNICIPIO DE BLANCA (MURCIA)

Para calcular la huella de carbono debida al consumo de electricidad en el municipio de Blanca se han calculado las toneladas equivalentes de carbón (tec) y toneladas equivalentes de petróleo (tep) en los años 2007 y 2008 (Cuadros I y II), siguiendo el desarrollo metodológico expuesto. A partir de los datos obtenidos se calculan las toneladas de CO<sub>2</sub> producidas al año, para ello utilizamos el factor de emisión para centrales de carbón, que según REE (Red Eléctrica Española) es de 0,95Ton CO<sub>2</sub> por Mwh producido. .

Cuadro I. Toneladas equivalentes de carbón, petróleo y CO<sub>2</sub> derivadas del consumo municipal en 2007.

	Consumo (MWh)	tec	tep	tCO <sub>2</sub> producidas
Residencial	8.203,680	1.007,9	705,86	7.793,5
Industrial	30.385,937	3.733,4	2.614,5	28.886,6
Servicios	10.378,663	1.275,2	893	9.859,7
Total	48.968,280	6.016,6	4.213,3	46.519,8

Fuente: Registro municipal del Ayuntamiento de Blanca (Elaboración propia)

Cuadro II. Toneladas equivalentes de carbón, petróleo y CO<sub>2</sub> derivadas del consumo municipal en 2008.

	Consumo (MWh)	tec	tep	tCO <sub>2</sub> producidas
Residencial	9.559,450	1174,5	822,5	9081,5
Industrial	24.436,805	3002,5	2102,6	23.214,9
Servicios	10.618,168	1304,6	913,6	10.087,3
Total	44.613,349	5481,5	3838,7	42.382,7

Fuente: Registro municipal del Ayuntamiento de Blanca (Elaboración propia)

Se observa que la emisión a la atmósfera de CO<sub>2</sub>, ha aumentado en los sectores residencial y servicios, no así en el industrial: el sector residencial ha pasado de un 17% a un 21% de consumo energético, y el sector servicios de un 21% a un 24%, aumentando sus emisiones en 1.288 y 227,6 toneladas de CO<sub>2</sub>, respectivamente. El sector industrial es el que muestra un consumo de electricidad equivalente a un 62% de la energía total consumida en 2007 y a un 55% de la consumida en 2008<sup>63</sup>. En comparación, es el sector de

<sup>63</sup> El mayor consumo del año 2007 frente al año 2008 del sector industrial es coyuntural, debido al cierre de varias empresas de la zona este

### III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

mayor contribución a la huella de carbono del municipio, quedando por detrás el sector servicios y el sector residencial.

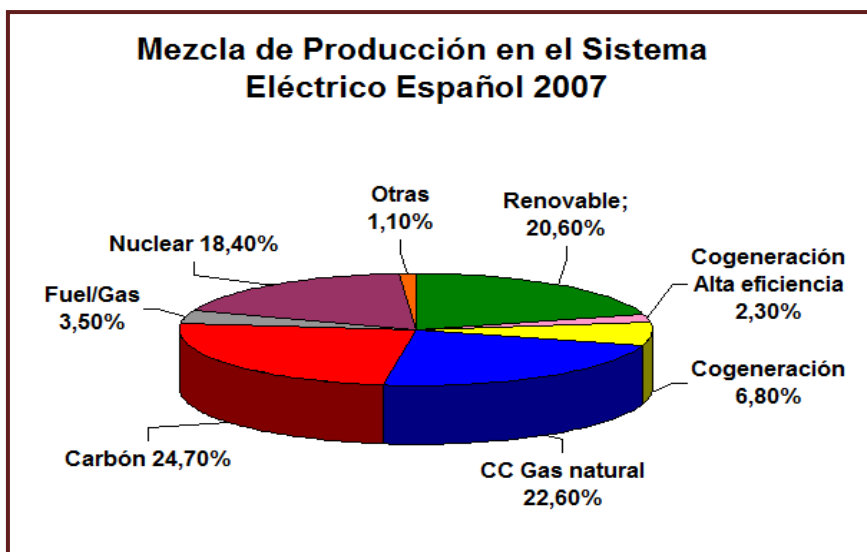
A partir de los datos extraídos de una factura de electricidad de la empresa suministradora (Iberdrola) en el municipio de Blanca, con fecha 8 de Abril del 2009, se obtiene la figura 2 donde se distribuyen en porcentajes las distintas fuentes de energía que integran el sistema de producción en España. De esta misma factura se obtiene un coeficiente que representa la media nacional de emisiones de dióxido de carbono expresado en kg por kWh producido, cuyo valor es de 0,40 y que permite calcular la huella de carbono del municipio a partir del consumo de electricidad para el año 2007 y 2008, teniendo en cuenta el “mix” de producción eléctrica (Cuadro III).

Si la producción de electricidad fuese 100% renovable la cifra de emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas aumentaría considerablemente.

Fig. 2.

Mezcla de producción en el sistema eléctrico español en el año 2007

Fuente: Iberdrola Comercial (Elaboración propia).



Cuadro III. Consumo municipal distribuido por sectores y emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas para los años 2007 y 2008.

	2007		2008	
	Consumo (MWh)	tCO <sub>2</sub> producidas	Consumo (MWh)	tCO <sub>2</sub> producidas
Residencial	8.203.680	7.793,5	9.559.450	9.081,5
Industrial	30.385.937	28.886,6	24.436.805	23.214,9
Servicios	10.378.663	9859,7	10.618.168	10.087,3
Total	48.968.280	46.519,8	44.614.423	42.382,7

Fuente: Registro municipal del Ayuntamiento de Blanca (Elaboración propia).

## 2. LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA Y SU CONTRIBUCIÓN A PALIAR LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub> EN EL MUNICIPIO DE BLANCA (MURCIA)

El consumo energético del municipio de Blanca en el año 2007 fue de 48.968 MWh. Antes de la entrada en

---

último año (en torno a un 7%) por la crisis de los mercados nacionales e internacionales.

### III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

vigor del nuevo Decreto 1578/2008 que baja la retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica, había en proyecto un total de 15 instalaciones acogidas al Decreto 661/2007 por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. Con una superficie total de 648.147,2 m<sup>2</sup>, una potencia nominal de 27,34 MWh y una producción de 46.150 MWh al año, el 94% del total de energía consumida en el municipio hubiera sido renovable.

Para calcular la emisión que supondría la generación de electricidad con este porcentaje de renovables se ha realizado una corrección del factor de emisión del "mix" al aplicar el 94,2% de energías renovables, obteniendo un valor de 0,089 kg de CO<sub>2</sub> emitido por kWh producido. Aplicando este factor, obtenemos un valor de de emisiones de CO<sub>2</sub> de 4.366,6 toneladas. Las emisiones de CO<sub>2</sub> del consumo municipal en el 2007 considerando que la producción de electricidad se obtuviera con combustibles fósiles, sería de 46.519,8 toneladas de CO<sub>2</sub>.

Si tenemos en cuenta que este estudio se basa solo en energía fotovoltaica y considerando que las emisiones de CO<sub>2</sub> de este tipo de energía son de 5,9 toneladas por GWh producido (Santamarta, y Serrano, 2001), el total de emisiones quedaría reducido a 288,9 Toneladas de CO<sub>2</sub> (Cuadro IV).

Cuadro IV. Emisiones de CO<sub>2</sub> del consumo municipal considerando las instalaciones previstas.

Origen de la electricidad	Emisiones de CO <sub>2</sub> (Toneladas)
Combustibles fósiles	46.519,8
"mix" energético (94,2% renovables)	4.366,6
Energía fotovoltaica	288,9

Fuente: Registro municipal del Ayuntamiento de Blanca (Elaboración propia).

Las instalaciones finalmente construidas en Blanca en 2007 representaron un 59,3 % del consumo de energía en el municipio, lo que se tradujo en un total de emisiones a la atmósfera de 6.936,5 toneladas de CO<sub>2</sub>. Estas emisiones se han obtenido mediante una corrección del factor de emisión del "mix" al aplicar el 59,3% de energías renovables. Dicho factor quedaría reducido a 0,14 kg de CO<sub>2</sub> emitido por kWh producido (Cuadro V).

Cuadro V. Emisiones de CO<sub>2</sub> del municipio teniendo en cuenta la participación de las instalaciones fotovoltaicas reales.

Consumo Municipal 2007	Factor emisión con un 59,3% renovables	Emisiones de CO <sub>2</sub>
48.968.280 kWh	0,14 Kg de CO <sub>2</sub> *kWh	6.936,5 toneladas

Fuente: Registro municipal del Ayuntamiento de Blanca (Elaboración propia).

Si se hubieran realizado en 2007 todas las instalaciones fotovoltaicas previstas, el municipio en 2008 sería prácticamente sostenible teniendo en cuenta la huella de carbono derivada de la electricidad, ya que la energía consumida por el municipio de Blanca para este año 44.614.423 kWh (ver Cuadro I) sería totalmente cubierta por energía renovable. Las instalaciones fotovoltaicas finalmente en funcionamiento en 2008 supusieron un 65% de este consumo. El total de toneladas de CO<sub>2</sub> que se emitieron suponiendo en el "mix" de producción un 65% de renovables, fue de 5.799,7 toneladas de CO<sub>2</sub>. Se generaron mediante energías no renovables 15.579.569 kWh (ver Cuadro I).

### 3. LA HUELLA DE CARBONO EN EL SECTOR RESIDENCIAL DEL MUNICIPIO DE BLANCA (MURCIA)

Según datos ofrecidos por la Oficina Española de Cambio Climático en la inauguración del III Seminario Internacional sobre Cambio Climático, el consumo energético anual de cada familia española provoca la emisión de 5 toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. De ellas, dos toneladas corresponden al consumo de

### III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

energía eléctrica (Rubio, 2003).

Para calcular las toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas a la atmósfera por una familia tipo del municipio de Blanca formada por 3 miembros, se han recogido los datos de consumo de electricidad del sector residencial para el año 2007 y 2008. La emisión de CO<sub>2</sub> del consumo de electricidad del sector residencial se ha obtenido utilizando los datos de conversión suministrados por la empresa proveedora de electricidad (Iberdrola) en el municipio. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro VI, y como se observa las familias del municipio de Blanca se encontrarían por debajo de la media española de emisiones de CO<sub>2</sub> debidas al consumo energético, por lo que la huella de carbono derivada de la electricidad en Blanca es menor a la media del país.

Cuadro VI. Huella de carbono para el municipio de Blanca. Años 2007 y 2008.

	2007	2008
Población (habitantes)	6119	6226
Consumo energético residencial (MWh año)	8.203,68	9.559,5
Consumo energético por familia (MWh año)	4	4,6
Emisión CO <sub>2</sub> a la atmósfera: sector residencial (Toneladas año)	3.281,47	3.823,8
Emisión CO <sub>2</sub> a la atmósfera por familia (Toneladas año)	1,6	1,8

Fuente: Registro municipal del Ayuntamiento de Blanca (Elaboración propia).

Si consideramos que la energía producida por las instalaciones fotovoltaicas en el municipio de Blanca, fuese destinada al consumo residencial, la cifra de la huella de carbono debida a la electricidad en el sector residencial disminuiría considerablemente.

Si tenemos en cuenta que para los años 2007 y 2008 el consumo de electricidad en el sector residencial fue respectivamente de 8.203,68 MWh y 9.559,5 MWh, éste se vería totalmente cubierto por las instalaciones fotovoltaicas previstas y reales (Cuadro VII).

Cuadro VII. Huella de carbono del sector residencial considerando las instalaciones fotovoltaicas.

		Emisión CO <sub>2</sub> a la atmósfera por familia (Toneladas año)				
		Instalaciones fotovoltaicas				
	Hab.	Consumo residencial (MWh año)	Consumo por familia (MWh año)	Proyectos previstos	Proyectos reales	"mix" de REE
2007	6119	8203,68	4	0,023	0,023	1,6
2008	6226	9559,45	4,6	0,027	0,027	1,8

Fuente: Registro municipal del Ayuntamiento de Blanca (Elaboración propia).

#### IV. CONCLUSIONES

La entrada en vigor del Real Decreto 1578/2008 sobre retribución de la actividad de producción de energía

### III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTE

eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica, que modifica el R.D. 661/2007 por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial ha supuesto un impacto negativo en el desarrollo de la energía fotovoltaica en el municipio de Blanca, debido principalmente a la reducción de la prima fotovoltaica.

Las instalaciones fotovoltaicas previstas antes del 30 de Septiembre de 2008 hubieran cubierto totalmente el consumo de electricidad del municipio de Blanca para el año 2008 y hubiese sido un municipio sostenible energéticamente. Sin embargo, en la actualidad, las instalaciones fotovoltaicas en funcionamiento cubren un 65% del consumo del municipio de Blanca, por lo que aún no puede considerarse un municipio sostenible energéticamente.

Los resultados obtenidos en el análisis energético muestran que el consumo del sector residencial en el municipio de Blanca para los años 2007 y 2008 presenta una huella de carbono derivada de la electricidad por debajo de la media española.

El ámbito de actuación municipal en materia energética de este trabajo representa una llamada de atención para que el municipio de Blanca retome la senda del desarrollo sostenible en materia energética y así poder obtener la calificación de "Municipio Sostenible".

#### V. BIBLIOGRAFÍA

- EUDEL-EVE (2003): Guía municipal de sostenibilidad energética 2003. Asociación de municipios del Gobierno Vasco. <http://www.eve.es/pdf/guiamunicipalsosteenerg.pdf>.
- IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio), (2005): *Plan de energías renovables en España 2005-2010*. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Gobierno de España, Madrid. <http://www.idae.es/index.php/mod.documentos>.
- RUBIO DE URQUIA, J. (2003): *Tercer seminario internacional sobre cambio climático: "Los ciudadanos españoles y el cambio climático"*. Ministerio de Medio Ambiente. Oficina Española de Cambio Climático. Madrid.
- SANTAMARTA, J. (2001): *Eólica, una energía de futuro. Comparación del impacto ambiental de las diferentes formas de producir electricidad*. <http://www.sappiens.com>.
- SANTAMARTA, J. y SERRANO i JIMÉNEZ, LL. (2009): "Las emisiones de gases de invernadero en España (1990-2008)". *World Watch*, nº 30, pp.: 1-43.