

# ANDALUCÍA RENOVA- BLE

Esta publicación, promovida por la Junta de Andalucía, ilustra la capacidad de nuestra sociedad para adaptarse a una nueva realidad, en la que han de aprovecharse de modo eficiente los recursos existentes integrando procesos productivos en la realidad territorial y en su paisaje y asentando un sistema basado en la renovación natural que no genere emisiones contaminantes que no son aceptables.

El paisaje de Andalucía refleja esta nueva realidad, con espectaculares instalaciones generadoras de energía eólica, de concentración de la radiación solar mediante espejos en cilindros o en torres elevadas o de conversión de biomasa en electricidad o en usos térmicos.

El tratamiento que se ofrece de las diferentes áreas aspira a facilitar la comprensión de lo que rodea a las energías renovables, desde los recursos y el territorio donde se localizan hasta la historia y el conocimiento acumulados en la tradición andaluza, pasando por la experimentación en centros de investigación, la inversión de las empresas o la adaptación general de nuestra sociedad a un mundo que ya no puede comportarse como si dispusiera de cantidades ilimitadas de energía.

El diseño gráfico realizado por Oscar Maríné acentúa el empeño en hacer fácilmente visible esta nueva realidad andaluza, reflejada también en la obra de fotógrafos especialistas en elementos contruidos, como Fernando Alda, o en el paisaje, como Javier Andrada, o en el trabajo del ilustrador, Harvey Simmons. A este mismo afán han respondido la concepción y coordinación de la obra por Juan Requejo y la edición de textos por Andrés Campos.

# ANDALUCÍA RENOVA- BLE



# ÍNDICE

<b>PRESENTACIÓN</b>	05
<b>INTRODUCCIÓN</b>	09
<b>I. LOS PROCESOS RENOVABLES Y SUS RECURSOS</b>	12
Radiaciones solares: energía ilimitada	14
Procesos biofísicos: hijos del rey Sol	25
La tierra y el mar: calor de hogar	35
<b>II. EL PAISAJE DE LAS RENOVABLES EN ANDALUCÍA</b>	44
El conocimiento tradicional mediterráneo	46
La sociedad urbano-industrial. La gran transformación	55
Los límites al crecimiento. Reivindicaciones ciudadanas	64
La innovación tecnológica: para todos y para uno	77
Las iniciativas empresariales	95
Los condicionantes. El techo de las renovables	102
<b>III. ANDALUCÍA EN EL MUNDO DE LOS PROCESOS RENOVABLES</b>	110
Adaptación social y territorial al nuevo escenario	112
Un cambio de modelo para una nueva cultura energética	123
<b>GRÁFICOS Y CRONOLOGÍA DE LA ENERGÍA</b>	136
<b>TRIBUNA DE OPINIÓN</b>	169

*Puerto de la Ragua. Granada.*

# PRESENTACIÓN

El actual modelo energético, basado en generar la energía a cualquier precio para satisfacer una demanda creciente, es insostenible a largo plazo. Una apuesta decidida por las energías renovables nos permitirá solucionar buena parte de los problemas ambientales que padece el planeta. Esa es la opción de Andalucía, una tierra rica en recursos naturales generadores de energía y que ya ha iniciado el camino hacia un sistema energético autosuficiente y con bajo impacto ambiental.

El compromiso de la sociedad andaluza se refleja en los importantes avances experimentados en los últimos años. Las fuentes de energía limpias y autóctonas se han incorporado en gran medida a la actividad productiva y la vida cotidiana. Andalucía cuenta, además, con más de mil empresas tecnológicas, productoras de componentes, instaladoras y de servicios energéticos, que tienen una importante presencia en los mercados internacionales.

Nuestra planificación se sustenta en el Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética 2007-2013, que establece unos objetivos muy ambiciosos de mejora de la eficiencia y de expansión de las energías renovables. Hemos fijado medidas concretas que nos colocan en la senda adecuada para cumplir con los retos fijados por la Unión Europea para el año 2020.

La investigación y la producción de tecnología en este campo ha hecho posible que las energías limpias generen ya el 33,4% de la potencia eléctrica total instalada en la región.

La solar, la eólica y la biomasa son las tres energías con mayor potencial de aprovechamiento en Andalucía. Nuestra comunidad lidera el ranking español de instalaciones solares térmicas con las que se evita la emisión a la atmósfera de más de 100.000 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales. En energía eólica con más de 3.000 megavatios en funcionamiento está en las primeras posiciones a nivel europeo en potencia instalada. En cuanto a tecnología termosolar Andalucía ocupa un lugar de liderazgo, habiendo sido pionera en el desarrollo de esta energía.

Asimismo, Andalucía es la primera comunidad autónoma tanto en potencia eléctrica generada por el aprovechamiento de la biomasa, con 19 plantas que suman más de 200 megavatios, como en capacidad de producción de biodiésel.

Son muchos los logros conseguidos en materia de desarrollo energético, pero hemos de continuar en el camino iniciado. Por eso lo hemos situado como un objetivo central de la Estrategia de Andalucía Sostenible del Gobierno andaluz. Avanzar hacia la sostenibilidad de nuestro modelo territorial, social y productivo requiere del compromiso de toda la sociedad.

**José Antonio Griñán**  
Presidente de la Junta de Andalucía



# INTRODUCCIÓN

El hasta hace poco tiempo sorprendente e innovador mundo de las energías renovables ha comenzado a normalizarse. Una parte mayoritaria de la población española ve hoy a las renovables como un componente básico e imprescindible de su modelo energético. La presencia de los enormes aerogeneradores en el paisaje ya no provoca tanta sorpresa y tantas emociones de distinto signo. Ha sido aceptado como un componente más de nuestra sociedad contemporánea.

Andalucía ha sido protagonista de este proceso. En Tarifa se instalaron los primeros aerogeneradores industriales, en Almería la Plataforma Solar ha sido la matriz donde se han gestado las criaturas que ahora crecen orgullosas de concentrar el sol en espejos para generar electricidad en Sanlúcar la Mayor o en Aldeire. Miles de edificios de la región cuentan con paneles térmicos que permiten utilizar la radiación gratuita del Sol para calentar el agua.

La biomasa ha sido aprovechada desde tiempos inmemorables para generar el calor necesario en la importante industria andaluza oleícola y, en la actualidad, genera electricidad y calor eficiente para los hogares.

Andalucía cuenta con grandes cantidades de recursos renovables, en forma de radiación solar, de viento, de energía hidráulica o de biomasa. El primer capítulo de este libro pone el acento en el valor intrínseco de estos recursos, en su capacidad de asegurar una buena parte de nuestras necesidades energéticas, sin generar emisiones contaminantes, sin recurrir a importaciones, favoreciendo el desarrollo socioeconómico (puestos de trabajo, tejido industrial, generación de conocimiento...) y con costes cada vez más competitivos.

La tradición milenaria de nuestra cultura ha acumulado mucho conocimiento sobre los procesos naturales que proporcionan energía para uso humano. Pero los avances tecnológicos experimentados en los últimos años y su aplicación a la realidad andaluza han permitido dar un salto en el tiempo. Aquellas energías de fuente renovable, que fueron la base de todas las civilizaciones de base agraria, también tienen un papel significativo en el soporte de la actividad de nuestra sociedad urbano-industrial. El imparable proceso de innovación y el acompañamiento de las iniciativas empresariales están actualizando a las exigencias tecnológicas contemporáneas los tradicionales principios de uso de la radiación solar, de la fuerza del agua y del viento, y las diversas aplicaciones de la biomasa. Andalucía ha tenido un papel relevante en este proceso. Ha sido el ámbito social y territorial donde han fructificado investigaciones y procesos innovadores, es el semillero en el que surgen empresas con proyección internacional que difunden sus productos y servicios energéticos mundialmente y con presencia estable en decenas de países.

Pero otro gran cambio, de mayor envergadura todavía que el anterior, se está gestando. Nuestra sociedad ha iniciado la adaptación social, territorial y productiva al nuevo escenario energético. La generación distribuida y los proyectos innovadores y experimentales que se han iniciado en el ámbito urbano son buen exponente de ello. Pero los grandes cambios que Andalucía quiere protagonizar no se limitan a la incorporación de soluciones innovadoras. Nuestra sociedad está ya trabajando para implantar una nueva cultura energética que se corresponda con los principios del nuevo modelo.

Para dar una completa visión de Andalucía Renovable hemos contado con la colaboración de 15 personalidades y expertos en diversas materias relacionadas con las energías de fuente renovable, cuyas valiosas aportaciones representan por sí mismas un reconocimiento expreso y de alto nivel en la proyección internacional del papel que está jugando Andalucía en el dinámico y transformador mundo de los procesos renovables.

En este panel de autores se integran los artículos con visión general de protagonistas de las políticas mundiales y españolas como Federico Mayor Zaragoza o Jesús Caldera. La visión técnica rigurosa de Albert Sasson y de Jesús Fernández en biomasa refuerza el valor de esta fuente energética. Valeriano Ruiz, en su artículo, cuestiona la viabilidad del sistema energético actual, manifiesta su descontento con algunas cuestiones presentes y expone las virtudes de las tecnología termoeléctricas.

Xavier García Casals pone el acento en el potencial de gestión de la demanda mediante inteligencia y la importancia de esta forma de gestión en relación con el desarrollo de las renovables.

Kjell Aleklett, desde su papel internacional en la alerta sobre las consecuencias del cenit del petróleo, y Domingo Jiménez Beltrán, gestor y auscultador del medio ambiente europeo, insisten en que la sustitución de energías convencionales por renovables no es suficiente, no se puede seguir sin cambios sustanciales en la organización social y productiva. Fernando Prats y Carlos Hernández Pezzi, urbanistas con visión global, dan su punto de vista sobre estos cambios de modelo urbano y apuntan nuevas formas de intervenir.

También Albert Cuchí plantea una revisión desde la recuperación de algunos principios valiosos de las sociedades tradicionales.

Felipe Benjumea, representante de la empresa andaluza más emblemática de la expansión de las renovables, ofrece su punto de vista sobre el escenario mundial de este mercado. Miguel Ferrer pone el acento en la resolución de uno de los factores limitantes de las renovables en las zonas rurales.

Por último, José Manuel Moreno, uno de los responsables de Panel Intergubernamental del Cambio Climático, y Antonio Ruiz de Elvira, estudioso de los efectos del desequilibrio energético, recuerdan el papel de las energías de fuentes renovables para reducir los efectos del uso masivo de los combustibles fósiles.

El libro ha sido confeccionado pensando en que estas ideas deben ser capaces de llegar a un amplio colectivo de personas con interés en las energías renovables y en comprender el mundo presente y su evolución. Para ello, se ha cuidado con esmero el diseño, la legibilidad de los textos y las expresiones gráficas de las cuestiones tratadas, contado con el inestimable trabajo de Oscar Mariné y su equipo.

**María José Colinet, Juan Requejo Liberal**



*Vista desde la Ermita de la Virgen de Gracia, Archidona. Málaga.*

# LOS PROCESOS

# RENOVA- BLES Y SUS RECURSOS



# RADIACIONES SOLARES: ENERGÍA ILIMITADA

Los humanos somos ricos y no lo sabemos. Ricos en energía solar. Cada segundo, el Sol produce cinco millones de toneladas de energía pura. La mayoría se disipa en el espacio antes de alcanzar la Tierra o rebota en la atmósfera. Aún así, acaba llegando entre 4.000 y 7.000 veces más energía de la que consumimos en todo el planeta.

**La del Sol es una energía limpia, fiable e inagotable** que nos llueve del cielo, como si fuese maná. Evidentemente, no todas las regiones del mundo se benefician por igual de este luminoso y cálido don. E incluso en los lugares donde el sol cae a plomo y sin el obstáculo de las nubes, cuesta sacarle partido, ya que se trata de una energía diluida, no concentrada, que exige grandes superficies de captación y muchas horas dedicadas a ello. Aún así, sigue siendo un inmenso regalo. Y aprovecharlo bien, una inmensa oportunidad.

Tampoco somos muy conscientes, los despistados humanos, de lo grande que es el Sol. Decir que su masa es 332.830 veces la de la Tierra y su volumen 1.300.000 veces mayor, resulta abrumador, pero muy poco ilustrativo. Más gráfico es imaginarse que la Tierra es un guisante de pequeño calibre, como de medio centímetro, situado en el centro de un campo de fútbol; entonces el Sol sería una pelota de playa, de más de medio metro, ubicada bajo una de las porterías. Una pelota llena básicamente de hidrógeno (92,1%) y helio (7,8%). Y una pelota en la que, debido a las altas temperaturas (6.000 grados centígrados en la superficie y 15 millones en el centro) y a la presión (340.000 veces mayor que la atmosférica terrestre), se producen reacciones de fusión de los átomos de hidrógeno, dando lugar a átomos de helio y liberando en el proceso gran cantidad de energía, de la cual, como hemos visto, sólo llega a la superficie terrestre una parte muy pequeña, aunque enorme si la comparamos con lo que consume el conjunto de la especie humana.

Tanto esfuerzo energético tiene su contrapartida. Y es que, aunque el Sol es gigantesco, el proceso de fusión va rápido, a razón de 700 millones de toneladas de hidrógeno por segundo. De modo que llegará el día en que todo el hidrógeno se convierta en helio, el cual se fusionará a su vez produciendo elementos más pesados, y nuestra vieja y querida estrella, que habrá ido creciendo entre tanto sin parar, se tragará la Tierra. Pero esto se calcula que sucederá dentro de 5.000 millones de años, tiempo que excede con creces el de las más optimistas previsiones de supervivencia del ser humano. Hasta que eso ocurra, el Sol seguirá siendo, no una fuente de energía más, sino la fuente primera y fundamental, la fuerza básica del mundo, el motor de la vida vegetal y animal, de los vientos, de los ríos y de las corrientes marinas. Incluso los combustibles fósiles fueron



en su momento, hace 50 millones de años, plantas que utilizaron la energía del Sol para transformar el dióxido de carbono de la atmósfera y el agua en materia orgánica. Sin la energía del Sol no hubiera habido petróleo, gas, ni carbón. Solamente la energía nuclear y la energía planetaria (geotérmica de alta entalpía y mareas) escapan a los rayos-tentáculos de esta divinidad casi omnipotente.

Nuestro planeta, conviene recordarlo, es un sistema semiabierto. A diferencia de los sistemas cerrados, que no reciben materia ni energía del exterior, la Tierra tiene una cantidad de materia estable (los intercambios de materia con el exterior son insignificantes), que no cambia durante los procesos biofísicos implicados en la vida (es un proceso metabólico que consume recursos primarios y que genera residuos), pero recibe constantemente un aporte energético exterior, las radiaciones solares, que son el alimento de casi todo el proceso dinámico del planeta, excluidos los movimientos geológicos y las inercias astronómicas. “No hay nada nuevo bajo el Sol”, dijo Salomón. Y es verdad que, salvo la energía del propio Sol, no lo hay.

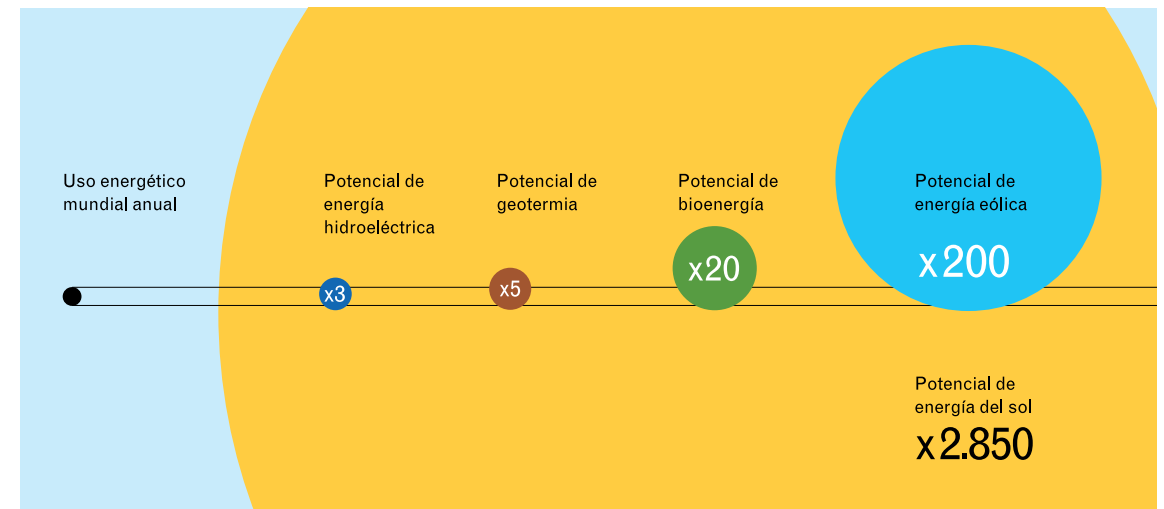
Hablando de Salomón, ¿quién no recuerda la famosa batalla en la que el rey de Israel ordenó a su ejército volver los bruñidos escudos hacia el Sol para cegar a los atacantes egipcios y hacerles caer por un barranco? Lo cierto es que el Antiguo Testamento no registra esta épica escena –¿cómo iba a hacerlo, si fue rodada en 1958 por King Vidor en los páramos de Valdespartera, al sur de Zaragoza?–, pero más verosímil que aquella otra batalla en que Yavé detuvo el Sol sobre Gabaón (*Josué 10, 12-13*), sí que es.

También legendaria (y con mayores visos de verosimilitud) es la defensa que Arquímedes hizo de la ciudad de Siracusa en 212 antes de Cristo, valiéndose asimismo de la ayuda del Sol. Según Luciano de Samosata, el sabio griego usó una serie de espejos para concentrar las radiaciones solares sobre los barcos romanos que sitiaban el puerto, haciéndolos arder. Curioso artificio, el de hacer fuego a distancia, y curiosa circunstancia, la de que el autor del tratado *Sobre los cuerpos flotantes* –donde se expone el famoso principio de Arquímedes– se dedicase a echar embarcaciones a pique.

### En el año 212 antes de Cristo, el griego Arquímedes usó una serie de espejos para concentrar las radiaciones solares sobre los barcos romanos que sitiaban el puerto de Siracusa, haciéndolos arder

Lo que hizo Arquímedes, si es que de veras lo hizo, no difería mucho de algo que venía viéndose desde tiempos remotos en los templos dedicados a Hestia, la diosa griega del hogar –o, más exactamente, del fuego que da calor y vida a los hogares–, a la que luego los romanos adorarían con el nombre de Vesta. El ritual de Hestia-Vesta exigía que, cuando la llama sagrada se apagaba –suceso funesto que acarrearía grandes calamidades y brutales palizas a las sacerdotisas o vestales encargadas de mantener viva tal llama–, para volver a encenderla había que utilizar directamente los rayos solares y, como instrumentos concentradores, una suerte de conos metálicos o simplemente cristales.

### Consumo de energía mundial y potencial de la energía renovable

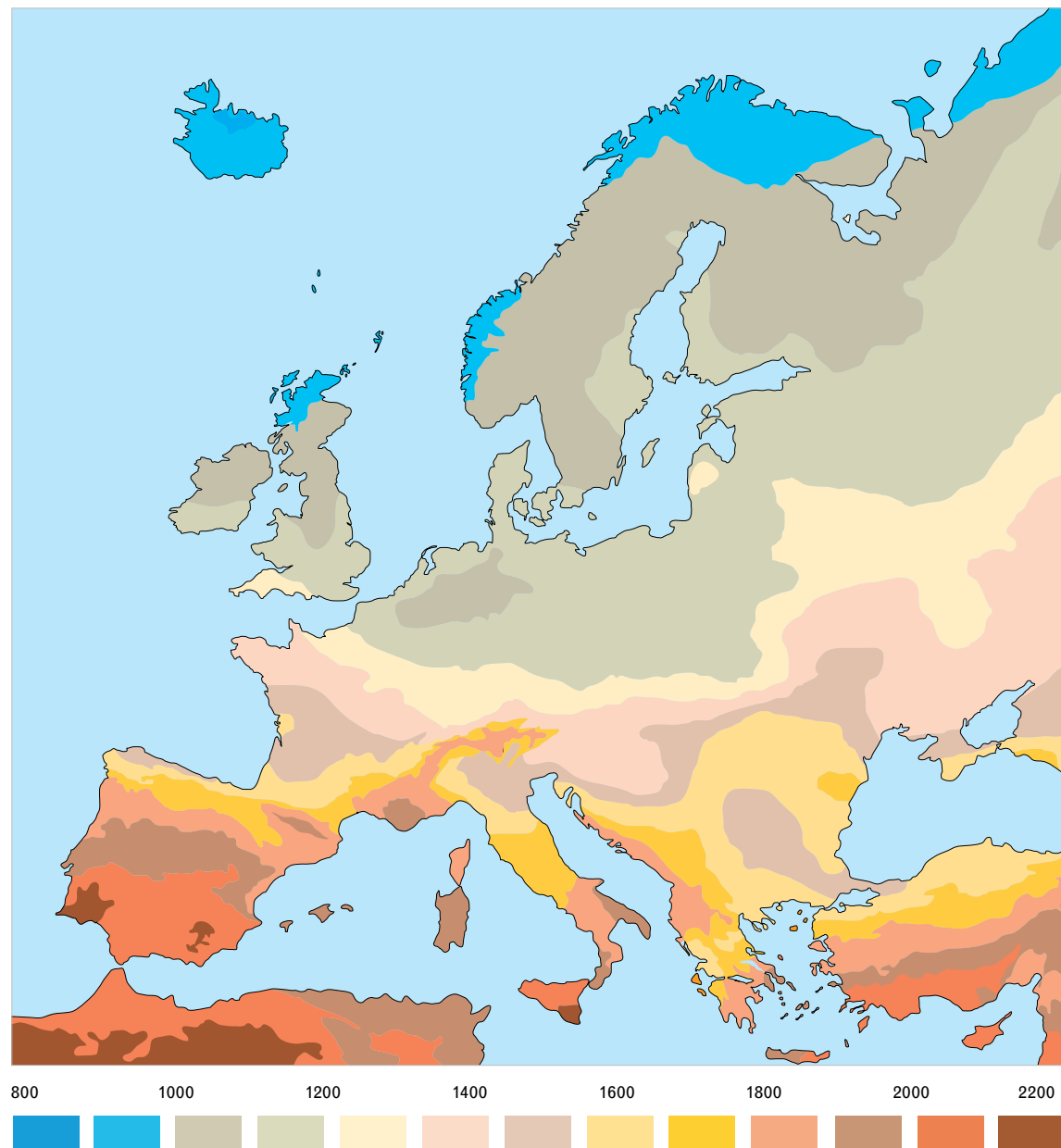


Una técnica, ésta de concentrar los rayos solares, que a lo largo del tiempo se iría perfeccionando con experimentos como los de Salomón de Caus, que en el siglo XVII diseñó y construyó un surtidor de agua accionado por energía solar; Atanasio Kircher, que a mediados de la misma centuria logró de nuevo encender madera a distancia; Ehrenfried Walter von Tschirnhaus, que poco tiempo después consiguió fundir materiales cerámicos utilizando espejos y lentes; Georges Louis Leclerc, el famoso conde de Buffon, que realizó en el siglo XVIII varios hornos solares, uno de ellos compuesto por 360 espejos; Augustin Mouchot, que en la segunda mitad del siglo XIX desarrolló máquinas asaz ingeniosas, incluidas prensas tipográficas, las cuales se movían con el vapor que salía de unos tanques de agua calentados por concentradores solares no planos... Así, hasta llegar a las modernas plantas solares termoeléctricas que emplean distintos tipos de concentradores y receptores, pero que, en esencia, responden a la misma filosofía que los espejos que usó Arquímedes hace 2.200 años para achicharrar a la flota romana que sitiaba el puerto de Siracusa.

Uno de los efectos más evidentes de las radiaciones solares, que el ser humano ha aprovechado desde tiempos inmemoriales sin necesidad de recurrir a técnicas de concentración, es la evaporación del agua expuesta a las mismas. De hecho, a pesar de los experimentos de Arquímedes, Buffon y compañía, el uso principal que se ha hecho tradicionalmente de la energía solar no ha sido otro que el de secar la ropa recién lavada o el secado de alimentos para su mejor conservación.

Mayor importancia histórica ha tenido el aprovechamiento del mismo fenómeno en las salinas. El Sol y la sal. El uno, fuente de toda la vida. La otra, imprescindible para la vida, para la nutrición del hombre y de casi todos los seres vivos, pues a ella corresponde la regulación no sólo del equilibrio hídrico del organismo, sino de los procesos bioquímicos que tienen lugar en el citoplasma celular. Imprescindible también, en el mundo de antes de los frigoríficos y los envases al vacío, para la conservación de los alimentos.





Tan importante era, que la gente aceptaba de buen grado que le pagaran con sal—ése es el origen de la voz salario—y los reyes se reservaban el derecho de explotarla en férreo régimen de monopolio, extrayéndola del mar—donde se encuentra en una proporción de tres cucharadas soperas por cada litro de agua—o de pozos tierra adentro. Salinas litorales y salinas de interior.

El método de la extracción de sal por insolación (salinas de evaporación) aparece mencionado por primera vez en la *Historia romana* de Tito Livio. Según este autor, Anco Marcio (641-616 a. C.), fundador del puerto de Ostia,

implantó salinas de este tipo sobre las marismas de la desembocadura del Tíber, abriendo de esta forma una de las vías más antiguas e importantes de abastecimiento a los habitantes de la ciudad de Roma, la *Vía Salaria*. Por las mismas calendas en que Anco Marcio establecía sus salinas en las marismas del Tíber, debieron de proliferar las explotaciones en la bahía de Cádiz y el golfo de Almería, pues fenicios, cartagineses y romanos empleaban la sal en las factorías de salazón de la zona, cuyos productos se exportaban a Atenas, entre otros muchos puntos del Mediterráneo. El *oleaje* del tiempo acabó llevándose por delante la mayoría de aquellas salinas, con su acuática arquitectura de esteros, lucios, retenidas, vueltas de periquillo y tajerías, pero algunas siguen milagrosamente en activo, como las del cabo de Gata o la bahía de Cádiz, poniendo con sus montañas blancas de sal y sus cuadrículas relucientes, en las que se espejan los flamencos, una nota de noble antigüedad en el paisaje litoral.

**Todavía se descubren por doquier secaderos a la antigua usanza: de uva moscatel en la Axarquía, de café en Cuba y Brasil, de higos en Canarias, de arroz en Indonesia, de bacalao en Noruega...**

El que no se ha perdido, por fortuna, es el viejo paisaje humano de la Axarquía malagueña, con sus pueblos blancos señoreados por antiguos alminares, sus escarpados viñedos y sus paseros, terrazas rectangulares orientadas al mediodía donde los racimos de uva moscatel se secan al sol, mientras que por la noche se protegen con unos toldos de plástico para que el rocío no los humedezca. Cientos de laderas cubiertas de uvas más o menos deshidratadas crean un cuadro muy singular, un rústico *Mondrian* de geométricos dulzores verdes, amarillos, rojos y marrones. Son 54.000 metros cuadrados de lomas tapizadas de pasas.

También los famosos vinos de Jerez, deben al soleo parte de sus cualidades, pues tradicionalmente las uvas destinadas a la elaboración de dulces de las variedades Pedro Ximénez y moscatel se colocan al aire libre, sobre redores de esparto, para que se pasifiquen. Y quien pasee su mirada atenta por el ancho mundo, todavía descubrirá secaderos a la antigua usanza por doquier: de café en Cuba y Brasil, de higos en Canarias, de arroz en Indonesia, de bacalao en Noruega, de congrio en la costa da Morte...

El Sol industrioso de las salinas, los paseros y los secaderos es también el doméstico Sol que ha caldeado desde siempre las moradas de los hombres—a veces, más de lo deseable, como bien sabían los artífices de la arquitectura popular andaluza, de vanos pequeños y frescos patios—, y hoy calienta el agua de nuestras duchas y calefacciones a través de instalaciones solares térmicas, y alimenta nuestras bombillas y ordenadores merced a paneles fotovoltaicos en los que las radiaciones solares, al incidir sobre un material semiconductor (de silicio, en la mayoría de los casos), generan corriente eléctrica. Y tampoco hay que olvidar en España, el Sol playero, atracción irresistible para decenas de millones de turistas que, al regresar bien colorados a sus latitudes norteañas, dicen, empleando una metáfora muy energética, haber recargado las pilas.

Los aprovechamientos de energía solar tienen, globalmente, un balance ambiental positivo, ya que la producción de calor o electricidad a partir de fuentes no fósiles supone, a escala planetaria, la reducción de emisiones de efecto invernadero y, a escala local, la de sustancias generadoras de contaminación. Otro aspecto positivo a tener en cuenta es el reequilibrio mundial de la riqueza, dado que muchos de los países con más recurso de energía solar son los que tienen un menor desarrollo económico y energético. En la misma línea, la energía solar tiene la virtud de permitir el acceso a la electricidad a zonas aisladas y deprimidas, contribuyendo a mejorar la distribución del bienestar. Por último, en otro orden de cosas, permite a las naciones con mayor potencial energético solar (pobres o no) aumentar la seguridad del suministro, evitando la dependencia exterior, sobre todo cuando los países productores de petróleo, gas y carbón atraviesan situaciones de inestabilidad política. Estos tres factores de naturaleza social, económica y política influyen positivamente en la opinión pública sobre la energía solar, lo que hace a su vez más atractivo su aprovechamiento.

Las técnicas que utilizan la concentración de radiaciones son más recientes que las fotovoltaicas, pero están ofreciendo mejores resultados en lo que se refiere al consumo de energía en todo el proceso de fabricación e instalación de los componentes. De hecho, la obtención de electricidad a partir de termosolares o solares de concentración parece asegurar una buena tasa de retorno energético –relación entre la energía consumida en su fabricación e instalación y la que se genera durante su actividad–; es decir, está garantizado que en todo el proceso se consume menos energía de la que se obtiene en el ciclo de vida útil.

### La energía solar suele abundar en los países menos desarrollados y tiene la virtud de permitir el acceso a la electricidad a zonas aisladas y deprimidas, contribuyendo a mejorar la distribución del bienestar

Si a las ventajas citadas le sumamos la superabundancia de un recurso inagotable (se calcula que, en pura teoría, con la tecnología actual, sólo el 2% del área del Sáhara podría cubrir las necesidades de electricidad de todo el mundo), se obtienen previsiones muy optimistas en el uso de la energía solar. Previsiones como las que hacen Greenpeace, SolarPaces y Estela en su informe conjunto *Energía solar térmica de concentración. Perspectiva mundial 2009*, donde estiman que con este tipo de energía se podría llegar a satisfacer un 7% de las necesidades mundiales en 2030 y la cuarta parte en 2050. No obstante, conviene ser cautos, pues la experiencia demuestra cuán errados anduvieron quienes pensaron haber hallado la panacea energética en el pasado (las grandes presas, las centrales nucleares...). Hay que tener en cuenta factores que todavía no se han podido determinar con exactitud, como el efecto que tendría sobre el clima local cubrir enormes extensiones de terreno con materiales reflectantes, o los efectos de la impermeabilización de grandes superficies que podrían acabar poniendo freno a tanto entusiasmo, o las consecuencias de una producción masiva de componentes de tan elevadísima dimensión. En cualquier caso, antes de forrar el planeta de espejos, o mientras tanto, habría que adaptar la forma de vivir y de producir a las condiciones particulares de cada territorio y cada sociedad y dar por finalizado



Paseras en La Axarquía. Málaga.

este largo ciclo de crecimiento vertiginoso de consumo energético basado en la generalización planetaria de los mismos patrones de producción, transporte y consumo, sin adaptarlos a los recursos y condicionantes de cada región.

España es una de las naciones europeas con mayor capacidad para recoger la energía solar, al estar situada entre los 36 y los 44 grados de latitud norte, donde se recibe una intensidad de radiación solar muy superior a la de otras regiones del planeta, y contar con una climatología de baja nubosidad. En Europa únicamente pueden lograr aprovechamientos similares algunos de los países más meridionales, como Portugal, sur de Italia, Turquía, Grecia y el sureste de Francia. No obstante, dentro de España existen evidentes diferencias por su gran diversidad climática, con fuerte contraste entre las comunidades mediterráneas, que alcanzan las 2.750 horas de sol anuales, y las cantábricas, que rondan las 1.700, situándose incluso por debajo de los registros del centro de Europa. Andalucía y Canarias son las que gozan de mayor número de horas de sol, alcanzando las 3.000. Teniendo en cuenta que en la actualidad se aprovecha una ínfima parte de la energía que ofrece el Sol, las posibilidades de desarrollo son espectaculares.

Andalucía, en particular, disfruta de una situación privilegiada, con una radiación media de 4,75 kWh/m<sup>2</sup> al día. La intensidad del flujo, junto con la gran extensión que ocupa, 87.597 kilómetros cuadrados, hace de ella la región española con más alto potencial solar. La depresión del Guadalquivir y el litoral son las áreas que cuentan con una insolación más favorable. La energía solar en Andalucía está cobrando cada día mayor relevancia, en relación a su contribución al abastecimiento energético de la comunidad. Al respecto, cabe destacar principalmente la aportación de las plantas fotovoltaicas conectadas a red, el gran potencial de esa misma tecnología en suelo urbano, los paneles térmicos de calentamiento de agua y, especialmente, la instalación de centrales termoeléctricas comerciales, que cuentan en Andalucía con un recurso solar destacado y una orografía que facilita su implantación.



# PROCESOS BIOFÍSICOS: HIJOS DEL DIOS SOL

Los antiguos egipcios y los incas no andaban descaminados al situar a la cabeza de sus divinidades a Ra, a Inti, al Sol todopoderoso. El astro rey no sólo ilumina y calienta a sus minúsculos adoradores, sino que alimenta la fotosíntesis, el proceso mediante el cual se genera la materia orgánica que inunda y alegra la faz del planeta.

**La madera que arde en el hogar, el forraje** que damos al ganado o las semillas de girasol, productos vegetales con gran potencial energético químico, deben su existencia a las radiaciones solares. Además, al caldear de forma desigual la atmósfera, el Sol provoca los desplazamientos de las masas de aire, vientos que poseen un potencial energético mecánico. Pero hay más: el Sol es el motor que pone en marcha el ciclo del agua: mediante evaporación y evapotranspiración, pasa ésta a la atmósfera en forma de nubes y, al precipitarse, genera escorrentías concentradas en los cauces, corrientes que tienen también un potencial mecánico. El Sol es, pues, el padre de la biomasa, el viento y los ríos. Y también, en última instancia, del petróleo, el gas y el carbón. O dicho con el lenguaje de los intuitivos paganos: sin el dios Sol, no existirían Flora y Fauna, Eolo y las náyades.

El Diccionario de la Real Academia da la siguiente definición de biomasa: "1. f. *Biol.* Materia total de los seres que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen. 2. f. *Biol.* Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía". Evidentemente, es ésta segunda acepción la que todos tenemos en la cabeza al tratar de energías renovables. Pensamos antes que nada, como si nos asaltara un recuerdo atávico, en la carne de un árbol crepitando en la hoguera. La madera como fuente de calor para mejorar la habitabilidad de refugios y edificaciones, y también para cocinar. Usos que se remontan a hace 400.000 años, cuando los rescoldos de un incendio provocado por un rayo o por una erupción volcánica, pacientemente avivados y transportados de acá para allá, permitieron al género *Homo* colonizar tierras más frías y hacer digeribles casi todas las partes de las piezas cazadas. Si bien no fue hasta hace 10.000 años cuando los humanos pudieron controlar a capricho esa operación aparentemente tan elemental, pero en la práctica tan compleja, de hacer fuego frotando dos palitos. Madera que, a lo largo de la historia, ha intervenido en procesos productivos de todo tipo, desde fabricar carbón vegetal hasta nutrir las rudimentarias máquinas de vapor que dieron el primer impulso a la Revolución Industrial. Sus usos principales, sin embargo, apenas han variado: actualmente se consumen al año cerca de 3.500 millones de metros cúbicos de madera en el mundo; de esa cantidad, algo más de la mitad, el 53%, se sigue destinando a calefacción y cocción de alimentos.

Pero la biomasa es también el heno y la paja que se han utilizado desde el Neolítico para alimentar a las bestias de labor, tiro y carga, incluidos los burros que aún circulan por los cuestudos y laberínticos pueblos de la Alpujarra granadina y almeriense. Paja que hoy se utiliza para generar electricidad en centrales de biomasa. Y no sólo de los restos de cereal que desechan los agricultores se puede sacar partido: también se aprovechan los restos de podas o los purines de las granjas con la misma finalidad, o los aceites usados y las grasas animales para elaborar biodiésel, o los residuos urbanos para producir biogás...

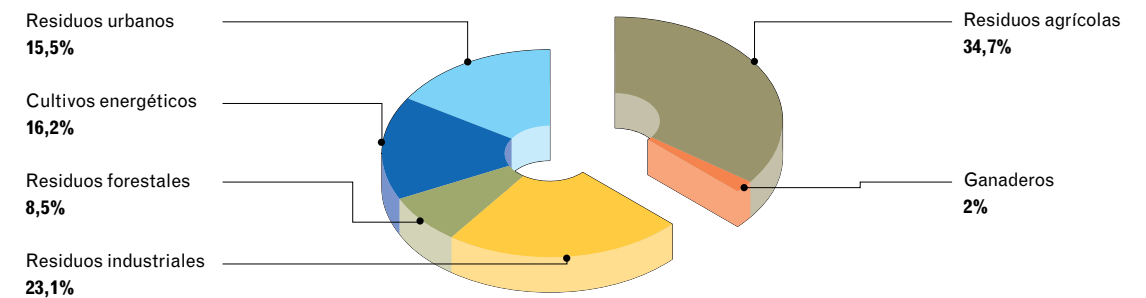
Aprovechamiento de residuos: he aquí un concepto clave que permite diferenciar dos tipos de biomasa, en función de los medios empleados para su obtención. Por un lado, está la biomasa producida *ex profeso*, mediante cultivos energéticos, para la producción de calor o para la fabricación de biocombustibles. Y por otro, la biomasa residual, procedente de diferentes actividades: agricultura y jardinería (podas de olivar y frutales, pajas, restos de algodón...); industria agroalimentaria (restos de la producción de aceite de oliva y de aceite de orujo de oliva, de la industria vinícola y alcoholera, de la producción de frutos secos, arroz...); industria maderera (tanto de primera, como de segunda transformación); residuos biodegradables (lodos de depuradoras de aguas residuales, residuos sólidos urbanos, residuos ganaderos...). Resulta evidente que este segundo tipo de biomasa, la residual, es la que mejor casa con el espíritu de la renovabilidad, al transformar un desecho, a menudo contaminante, en un recurso.

El poder aprovechar los residuos forestales, agrícolas, urbanos e industriales constituye uno de los mayores atractivos de la biomasa, pero no es el único. Otro evidente es la reducción de las emisiones de gases que influyen en el cambio climático, la destrucción de la capa de ozono y la lluvia ácida. Así como la disminución del riesgo de incendios forestales y plagas de insectos. Además, su necesaria vinculación con los territorios generadores de la materia prima implica el traslado de recursos, renta y empleos al mundo rural, permitiendo incluso dar una segunda oportunidad a zonas que la despoblación ha convertido en lugares fantasma. El hecho de que comarcas ricas en biomasa forestal o agrícola se autoabastezcan de energía no es una quimera, sino una posibilidad cada vez más real y, ante el negro panorama que presentan las energías no renovables, una meta deseable.

### Los restos de las podas del olivar, que hasta hace poco el agricultor se veía obligado a quemar en el campo porque no tenían ninguna salida, ahora se procesan para producir energía térmica o eléctrica

En Andalucía, el potencial de biomasa está por encima de las 3.812.350 toneladas equivalentes de petróleo al año, según estimaciones de la Agencia Andaluza de la Energía. Hoy es la fuente de energía renovable que más cantidad de energía puede aportar al sistema. Dicho potencial se reparte de la siguiente manera: residuos agrícolas (34,7%), residuos industriales (23,1%), residuos forestales (8,5%), residuos ganaderos (2%), cultivos energéticos (16,2%) y residuos urbanos (15,5%). El aprovechamiento actual ronda el 30%. El recurso más importante, con creces, es el olivar. Los restos de las podas, que hasta ahora el agricultor se veía

### Distribución del potencial de biomasa en Andalucía



obligado a quemar en el campo porque no tenían ninguna salida, se están comenzando a procesar para producir energía térmica o eléctrica, y análogos usos se hacen del orujo, del orujillo y de los huesos de aceituna obtenidos durante la producción del aceite de oliva, lo cual abre un nuevo horizonte para este cultivo milenario. Cálculos nada exagerados permiten afirmar que, si se aprovechara todo el potencial procedente de los residuos del olivar, la provincia de Jaén se autoabastecería e incluso podría exportar energía sobrante (ver tablas p. 141 y 143).

La metanización de residuos orgánicos –el biogás– es aún una tecnología poco extendida en Andalucía. Los sectores donde se encuentra más implantada son las plantas de aguas residuales urbanas, las de residuos sólidos urbanos y las instalaciones industriales. No obstante, el potencial de aprovechamiento energético de biogás en la región es elevado.

La producción de biocarburantes está condicionada por la disponibilidad de las materias primas para su fabricación y el consumo existente de los mismos. Andalucía posee una superficie agrícola muy considerable, que bien podría proporcionar una parte de la materia prima (aceite de semilla) necesaria para la fabricación del biodiésel en la región. Por otra parte, se están realizando investigaciones para incorporar nuevos cultivos aptos para la obtención de aceite, con más rendimiento que los tradicionales y un aprovechamiento más eficiente de la superficie agrícola. El gran reto, como se afirma en el *Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética*, "es el desarrollo de los biocarburantes de segunda generación, que posibilitará la utilización de materia prima procedente de distintos tipos de biomasa, y es aquí donde Andalucía dispondrá de un potencial muy elevado para el abastecimiento de su industria de biocarburantes".

Otro ilustre hijo del dios Sol es el viento. Eolo, según la mitología griega, era un reyezuelo o un semidiós que vivía lujosamente con sus seis hijos y sus seis hijas en una isla del Mediterráneo y al que Zeus había convertido en administrador de los vientos, aires de todas las procedencias, temperaturas e intensidades a los que aquél tenía encerrados en una cueva. A diferencia de otros reyes y dioses, Eolo no era un tipo distante e impasible, sino un auténtico *pinchavientos* que aceptaba peticiones populares: que Hera quería impedir que Eneas desembarcase en Italia, Eolo le concedía un descuernacabras que dispersaba la flota







Parque eólico en Tahivilla, Tarifa. Cádiz.

troyana; que Ulises quería volver a Ítaca, Eolo le regalaba un odre henchido de vientos para que pudiese llegar cuanto antes al lado de Penélope, un odre que los tripulantes de la nave creyeron lleno de vino y, al abrirlo ansiosos, desataron una tremenda tempestad. Imposible regresar a casa...

Desde el amanecer de la historia, el hombre se las ha ingeniado para tener, como Eolo, los vientos a su merced. Ya en el 3100 antes de Cristo, los egipcios construían embarcaciones de madera aparejadas con pequeñas velas cuadradas de papiro, y más tarde de lino, que les permitían navegar Nilo arriba, hacia el sur, aprovechando que los vientos suelen soplar allí en esa dirección. Mil años después, los polinesios se extendieron por el Pacífico a bordo de rústicos catamaranes con velas fabricadas con hojas de palma. Velas que impulsaron a los barcos mercantes fenicios desde las actuales costas de Siria y Líbano hasta el norte de Europa, pasando por el legendario reino de Tartessos. A los *knarrs* vikingos, hasta Islandia y Groenlandia. Y a las carabelas y galeones españoles, hasta el Nuevo Mundo, con la inestimable ayuda de los alisios... Velas que, lejos de caer en desuso, continúan propulsando hoy a los barcos más famosos, cautivadores y tecnológicamente avanzados del mundo, los de la Copa América, e inspirando nuevos prototipos de barcos para el transporte comercial.

Navegaciones y regresos. Una vela latina se va dibujando en lontananza y, en la playa, los hijos de los marineros vuelan cometas sin sospechar que ese juguete fue concebido en la antigua China para hacer señales militares. Mientras tanto, en la era, en lo más alto del pueblo, donde más corre el aire, las mujeres se afanan en aventar la parva. Esto es: lanzar la mies trillada al viento para que éste separe la paja, más liviana, del grano. Grano que luego habrá que llevar al molino, el cual, si la tierra no amamanta ríos, fuerza es que sea de viento. Gigantes de la Mancha, del Campo de Cartagena, de Ibiza y de Formentera, del Cabo de Gata, de Vejer de la Frontera... Molinos harineros, pero también de drenaje, como los que se usaban en los Países Bajos para mantener la tierra seca junto a los diques de contención. Y de bombeo, como los que aparecen, coronando una torre herrumbrosa y girando con lúgubre chirrido, en mil películas americanas, pues fue en Estados Unidos donde se desarrollaron a mediados del siglo XIX para elevar el agua en las granjas.

Muchos de aquellos venerables ingenios, conservados como valiosos elementos etnográficos, comparten hoy paisaje con los modernos aerogeneradores. Y no sólo paisaje, sino la misma lógica: transformar la energía cinética del viento que incide sobre las palas en energía mecánica de rotación. La diferencia es que, en lugar de mover piedras de moler o bombas de pistones, accionan un generador para producir electricidad. Y que estos gigantes, en vez de 11 metros, como los de la "espantable y jamás imaginada aventura" que protagonizó don Quijote, pueden llegar a medir más de 120 y aparecer emergiendo en el horizonte.

Recurrir a una fuente de energía tradicional, que no genera residuos peligrosos, ni vierte a la atmósfera sustancias contaminantes, es una opción muy satisfactoria. Por otra parte, la gran evolución tecnológica de los aprovechamientos eólicos los sitúa en una posición muy favorable en cuanto a su tasa de retorno, lo que asegura un beneficioso efecto global, contribuyendo a la reducción de emisiones de dióxido de carbono.

La península Ibérica, sin ser especialmente ventosa (en Europa, gozan de mayores recursos los países escandinavos, Holanda, Reino Unido y Alemania), posee algunas zonas de gran potencial eólico. Una de ellas, de las más significativas en el ámbito nacional, es la mitad meridional y oriental de la región andaluza, donde se llegan a alcanzar velocidades medias de viento que superan los 7,5 metros por segundo en Tarifa y los 6,5 en la costa de Cádiz y los Alcornocales, la Sierra de Grazalema y Cabo de Gata. El mayor potencial corresponde al Levante Almeriense, que, con valores medios anuales de entre 6,5 y 7,5 metros por segundo en el Cabo de Gata, dispone de recursos plenamente aprovechables. Un potencial inferior ofrecen los sectores meridionales de las comarcas de la Campiña y los Alcores y del Bajo Guadalquivir, y al norte del valle del Alto Guadiato, donde sólo es viable la utilización de los emplazamientos más expuestos. El resto del territorio andaluz, considerando el régimen de vientos y la estructura del relieve, no ofrece muchas expectativas de aprovechamiento (ver mapa p. 141).

### La península Ibérica, sin ser especialmente ventosa, posee algunas zonas de gran potencial eólico; una de las más significativas es la mitad meridional y oriental de la región andaluza

Respecto a la energía eólica marina, tan prometedora y tan virgen en España, las zonas con mayor potencial en Andalucía se sitúan frente a las costas de Huelva y Cádiz y en el Levante Almeriense. Sin embargo, sólo la cara atlántica del litoral andaluz ofrece buenas perspectivas en un futuro próximo; desde el estrecho de Gibraltar hasta los límites con la costa murciana, la batimetría registra más de cien metros de profundidad a cinco kilómetros de la línea de playa, lo que hace inviable la instalación de parques eólicos *offshore*, pues aún no existen soluciones probadas a escala comercial para cimentar a esas profundidades... Extraña y sugerente imagen, la de un ejército de gigantes haciendo aspavientos en alta mar. No menos llamativa y enigmática que la de los molinos de viento de la isla griega de Mykonos, a donde llevaban a moler el cereal en barcos desde lejanas tierras y, aún así, les salía a cuenta (ver mapa p. 142).

Dos mil años después de que el poeta latino Antipater de Tesalónica describiera, por vez primera, el funcionamiento de un molino harinero de agua, el poeta León Felipe aún pudo escribir: “Siempre habrá nieve altanera que vista el monte de armiño, / y agua humilde que trabaje en la presa del molino”. Hoy, apenas unas horas más tarde en la historia de la humanidad, los molinos de ruedas hidráulicas –invención sumeria que supuso un avance equiparable al aprovechamiento del vapor o la electricidad– son como flor de harina que se hubiera llevado el viento del progreso de la noche a la mañana, dejándonos a cambio ruinas y unos pocos museos. ¿Se equivocaba León Felipe?

## **A medida que iban desapareciendo los molinos hidráulicos, las ferrerías, los martinetes y los batanes, surgían, a menudo en los mismos lugares, pequeñas fábricas de luz y grandes centrales hidroeléctricas**

Idéntica suerte corrieron las ferrerías y los martinetes donde se trabajaban el hierro y el cobre con mazos accionados por ruedas hidráulicas, y los batanes donde, con técnicas similares, se golpeaban las telas para darles mayor densidad y resistencia. Sin embargo, a medida que iban desapareciendo éstos, iban surgiendo en su lugar –muchas veces, aprovechando las mismas ubicaciones e incluso parte de las instalaciones– pequeñas fábricas de luz, y luego las grandes centrales hidroeléctricas, donde la energía cinética y potencial que tiene la masa de agua en un desnivel, o salto, es transformada en energía mecánica mediante turbinas; una potencia mecánica que, en lugar de utilizarse directamente para realizar trabajo (como en los molinos), se usa para producir energía eléctrica, conectando el eje de la turbina a un alternador. O sea, que el agua humilde sigue trabajando en las presas como antaño, y León Felipe no se equivocaba.

Entre los atractivos de este tipo de energía, se cuentan que no hace un uso consuntivo del agua, no genera residuos peligrosos y no vierte sustancias contaminantes a los ríos ni a la atmósfera. Sus efectos, analizados a escala global, son positivos, ya que generan grandes cantidades de energía eléctrica sin emisiones de efecto invernadero. La construcción de grandes presas, sin embargo, choca con la nueva cultura del agua, que defiende la recuperación de los ciclos hidrológicos naturales y la adaptación a los mismos, propiciando el mantenimiento de la vitalidad de los ríos y evitando incrementar las grandes infraestructuras de regulación.

Una política orientada a regular un régimen hídrico particularmente pobre e irregular y una topografía favorable han hecho que en España se haya producido un importante desarrollo del aprovechamiento de la energía hidroeléctrica, llegando a representar ésta, en décadas pasadas, el 95% del total de la energía eléctrica. Incluso Andalucía, una región deficitaria en agua, dispone de un aprovechamiento hidroeléctrico apreciable, obtenido tanto de la construcción de embalses, como de saltos en cursos fluviales que discurren por áreas de fuertes pendientes. No obstante, la energía hidroeléctrica sólo representa un 5% de las energías renovables producidas en la región, menos de la cuarta parte que en el resto de España. Del potencial hidroeléctrico bruto existente en la cuenca del Guadalquivir, tan

sólo un 14% es técnicamente desarrollable y, teniendo en cuenta que existen otras restricciones no técnicas, el margen de crecimiento es limitado. Éste pasa por aprovechar las escasas infraestructuras hidráulicas existentes y en proyecto, y explotar los cauces más altos, en zonas de poco o nulo uso agrícola y con criterios de convivencia con el buen funcionamiento ecológico de los ríos.

Aparte de la nueva cultura del agua, a la que hacíamos antes referencia, hay varios factores que limitan el crecimiento futuro de este aprovechamiento: la saturación de los lugares con mayor potencial, la objeción social a la construcción de nuevas presas y los problemas para resolver la evacuación eléctrica, en muchos casos debido a las condiciones físicas de los emplazamientos y a la lejanía de las líneas de interconexión. Mejores perspectivas ofrecen las *minicentrales* hidráulicas –es decir, aquéllas que no superan los 10 megavatios (MW) de potencia instalada–, gracias a su mayor versatilidad y a su menor impacto ambiental, razones por las que se apoya esta tecnología desde la política energética de la autonomía andaluza. Varias son las posibilidades que se abren al respecto: rehabilitación de viejas minicentrales inactivas, ampliación de las existentes, construcción de nuevas sobre conducciones de agua potable o en instalaciones de aguas residuales, integración de minicentrales en canales de riego, nueva construcción en tramos de río libre o al pie de grandes presas ya existentes, aprovechamiento de los caudales ecológicos de estas últimas... (ver mapa p. 142)

Es importante, desde el punto de vista de los procesos renovables, hacer hincapié en que las principales fuentes de energía renovables –biomasa, viento y corrientes de agua– tienen un carácter cíclico: son como ruedas impulsadas en última instancia por el motor del Sol, que pueden girar eternamente, siempre y cuando el hombre no modifique el *equilibrado* global que viene de fábrica, por así decirlo. Esta referencia al ciclo equilibrado es especialmente significativa en el caso del ciclo de la biomasa, donde la energía solar se almacena en forma de carbono en las plantas, vegetales que, al ser quemados para producir calor o electricidad, liberan la misma cantidad de dióxido de carbono que retiraron previamente de la atmósfera mediante la fotosíntesis, manteniendo así el equilibrio preexistente, sin influencia en procesos desequilibrantes como la emisión de gases que acrecentan el efecto invernadero.

## **Biomasa, viento y corrientes de agua son como ruedas impulsadas por el motor del Sol, que pueden girar eternamente siempre y cuando el hombre no modifique el equilibrado global que viene de fábrica**

No puede decirse lo mismo de los combustibles fósiles, cuyo ciclo de recuperación es de millones de años. La utilización de éstos no solamente provoca su agotamiento definitivo, sino que la inversión del proceso orgánico de configuración libera en poco tiempo una gran cantidad de sustancias contaminantes acumuladas durante millones de años. Si a ello unimos, en el caso de Andalucía, la escasez de recursos fósiles frente a la relativa abundancia de los renovables, convendremos en que el aprovechamiento al máximo de estos últimos constituye, no ya un deber, sino un sano y gozoso empeño.



# LA TIERRA Y EL MAR: CALOR DE HOGAR

**Gea y Poseidón: he aquí unos buenos padres. Es verdad que la mitología les atribuye dos hijos monstruosos, Caribdis y Anteo, que se dedicaban a devorar a los navegantes en el estrecho de Mesina y a asesinar a los transeúntes por los desiertos de Libia, respectivamente. Quizá no les educasen como es debido.**

**Pero la humanidad, que también es hija suya,** no puede quejarse, ni soñar con unos padres más protectores y cuidadosos. El *Homo* más o menos *sapiens* que hoy somos se gestó y pasó buena parte de su infancia en las cálidas entrañas de Gea, las profundas y apacibles cavernas donde la temperatura se mantiene estable, coincidiendo ésta, por lo general, con la media anual de la temperatura exterior de la región. Y respecto a Poseidón, sólo hay que ver cómo las poblaciones han florecido a su arrimo, desde las zonas tórridas a las polares, pues la proximidad del agua del mar, con su inercia térmica, permite gozar de temperaturas moderadas tanto en invierno como en verano, sin sufrir los extremos rigores del interior. “Tres meses de infierno y nueve de invierno”: es un antiguo refrán castellano que resume, con lacerante precisión, lo que sucede en los pueblos y ciudades de la España mesetaria, que no tienen la suerte de contar con tan ilustre y templado vecino.

A diferencia de otras energías, que proceden directa o indirectamente del Sol, la geotérmica se origina en el propio planeta, en cuyo núcleo, a 6.000 kilómetros de la superficie, la temperatura alcanza los 5.000 grados centígrados. Del corazón de Gea, pues, nos llega su calor maternal, que en ocasiones puede causar grandes catástrofes, cómo se puso de manifiesto la madrugada del 24 de agosto del año 79 después de Cristo, cuando una súbita erupción del Vesubio, en el sur de la península Itálica, aniquiló a 2.000 pompeyanos. Volcanes, fumarolas, géiseres y fuentes termales son testimonios de ese calor interior, todos muy evidentes, pero también lo son los movimientos de las placas tectónicas, imperceptibles para los sentidos humanos, salvo cuando causan un terremoto (ver esquema p. 168).

A medida que el calor asciende desde el núcleo y atraviesa las siguientes capas, va perdiendo intensidad, lo que, visto desde la superficie significa que, al profundizar en la Tierra, aumenta gradualmente la temperatura. A esta variación de la temperatura en función de la profundidad se la conoce como gradiente geotérmico. En la corteza terrestre—los primeros 30 ó 40 kilómetros—, el gradiente promedio es de 30 grados centígrados por kilómetro; es decir, que por término medio se produce un aumento de 1 grado por cada 30 metros de descenso. Los valores normales oscilan entre los 10 y los 60 grados por kilómetro, pero se han llegado a medir gradientes de hasta 200 grados por kilómetro.

En los yacimientos geotérmicos, asociados por lo general a zonas volcánicas o a bordes activos de placas, el agua subterránea, en contacto con las rocas calientes, adquiere temperaturas lo suficientemente elevadas como para que, al efectuar una perforación, salga en forma de vapor y se pueda aprovechar para mover una turbina. También cabe la posibilidad de inyectar agua a grandes profundidades, allí donde no hay un acuífero pero sí rocas calientes, para lograr el mismo objetivo. Mas lo bueno de la energía térmica que amorosamente nos proporciona Gea es que, a profundidades mucho menores y en todos los lugares del mundo sin excepción, gracias al mentado gradiente, hay calor disponible. Poco, pero suficiente para hacernos más grata la existencia.

### En la noche de los tiempos hunden sus raíces las casas-cueva, que al aprovechar la inercia térmica del terreno, como las bodegas, gozan de una climatización permanente, confortable y gratuita

En realidad, no hace falta cavar muy hondo, sólo tres o cuatro metros, para hallar una temperatura estable de 15 ó 16 grados, que es más alta que la que suele haber a la intemperie en invierno y más baja que la habitual en verano. Los animales salvajes lo saben instintivamente, y por eso excavan madrigueras que les permiten sobrevivir en climas de pesadilla. Los primeros hombres lo sabían, y en las cavernas, al amor del fuego, capearon las glaciaciones del Pleistoceno. Y los bodegueros siempre lo han sabido, que bajo tierra se dan unas condiciones óptimas para la crianza del vino, con temperaturas casi constantes inferiores a los 18 grados, de ahí que aún hoy se sigan usando a gran escala cuevas de varios cientos de años, incluso milenarias, evitándose así el considerable gasto energético que requeriría la climatización de edificios aéreos.

Otro aprovechamiento geotérmico inmemorial es el de los balnearios vinculados a fuentes termales, de los que los romanos fueron tan amigos y dejaron tantas muestras a lo largo y ancho de su vasto imperio: desde Bath, en el suroeste de Inglaterra, hasta los baños de Fortuna y Archena, en Murcia, y desde las termas de Lugo hasta Pamukkale, en Turquía. Y en la noche de los tiempos hunden también sus raíces las casas-cueva, que al aprovechar la inercia térmica del terreno, como las bodegas, disfrutaban de una climatización natural permanente, confortable y gratuita, lo que explica, en parte, la subsistencia de este tipo de viviendas prehistóricas en pleno siglo XXI, ya sea de manera aislada, en barriadas de alguna entidad o formando auténticos poblados trogloditas, como los de las localidades granadinas de Guadix y Purullena o los de la Capadocia turca.

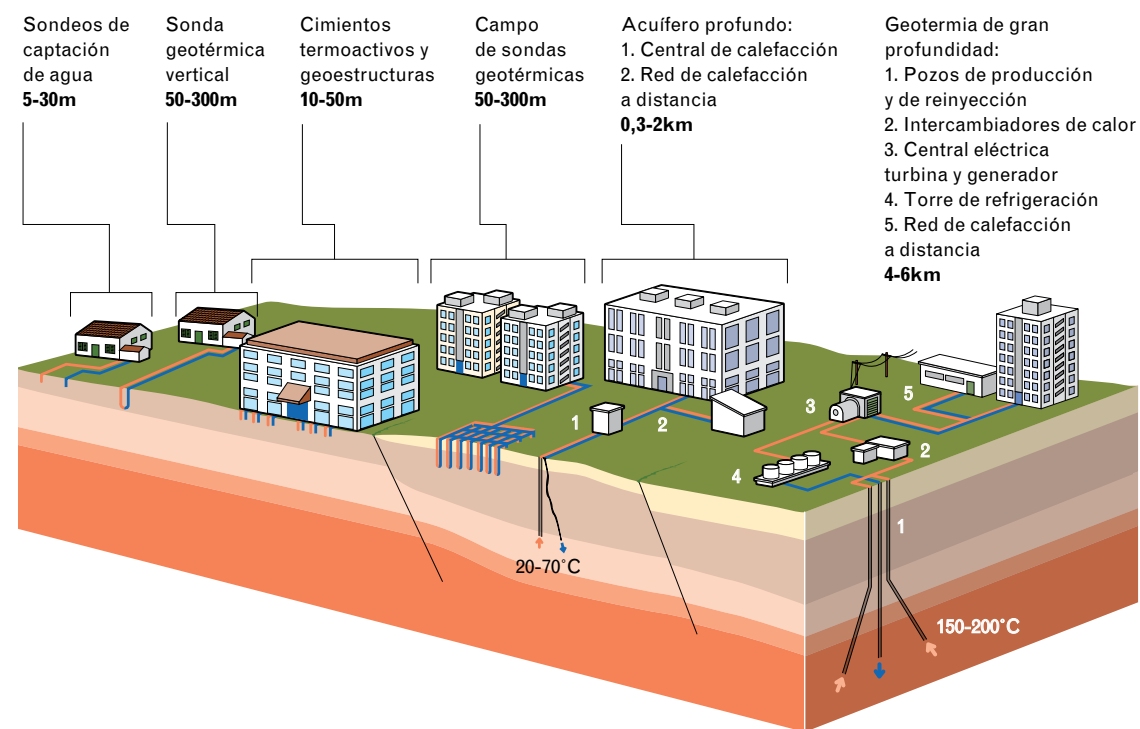
Inspiradas en las casas-cueva, se han desarrollado y comercializado en los últimos años viviendas bioclimáticas unifamiliares parcialmente cubiertas de tierra y vegetación, que visualmente recuerdan las casas de los *hobbits* del *El señor de los anillos*. Existen, no obstante, aplicaciones domésticas de esta fuente de energía con mucha mayor proyección y que ya están demostrando su eficacia, como la climatización mediante aire o agua que se toman del exterior, se hacen descender a un cierto nivel bajo tierra (hasta 200 metros, en algunos casos) y, una vez han alcanzado la temperatura que hay a esas

profundidades, se devuelven a la superficie para calentar o enfriar el edificio en cuestión. Así, por poner un ejemplo, puede obtenerse aire a una temperatura de 18 grados centígrados haciéndolo circular por un serpentín situado a siete metros de profundidad. Eso es tener aire acondicionado en verano y, con un ligero aporte de energía adicional, aire calefactado en invierno.

Estamos ante una energía eficiente, limpia y de bajo coste, arraigada en la tradición popular, que puede proporcionar tanto calor como frío y que se encuentra disponible en cualquier lugar del planeta. Caso muy distinto son los yacimientos geotérmicos con altas temperaturas de vapor y agua, idóneos para producir electricidad (mediante turbinas) o para usos industriales, cuya localización entraña graves dificultades y, una vez descubiertos, presentan serios problemas económicos y técnicos para ser explotados, por la gran profundidad a que se hallan, en ocasiones a más de 5.000 metros de la superficie terrestre. En Andalucía no se tiene conocimiento de la existencia de recursos aprovechables de este último tipo. Los aprovechamientos de baja temperatura, basados en el gradiente geotérmico (que, como hemos visto anteriormente, es un fenómeno universal), son los que tienen un futuro prometedor en la región (ver mapa p. 150).

Si la inercia térmica de las masas continentales puede aprovecharse para climatizar, ¿por qué no la de las masas marinas?. De hecho, el mar es un gigantesco acondicionador de la costa, el responsable de la bonanza climática del litoral. Quien coteje las temperaturas registradas por los observatorios en el Alto

#### Esquema conceptual de aprovechamiento del calor de la Tierra





Guadalquivir y en la Costa del Sol, comprobará que la media de las máximas supera en el interior en el mes más caluroso (julio) los 35 grados, en tanto que en el litoral ronda los 30, mientras que la media de las mínimas en el mes más frío (enero) es algo inferior a 2 y superior a 5, respectivamente. Es decir, una oscilación anual de 33 y 25 grados centígrados. La diferencia es evidente y el causante, también.

A pesar de que tres cuartas partes de la Tierra se hallan cubiertas de agua, solo se le ha sacado auténtico partido energético desde siempre al agua de las corrientes fluviales, que únicamente representa el 0,0001% de la hidrosfera. En cambio, al agua de los mares, que supone el 97,2%, apenas se le ha dado ningún uso: navegación histórica y soporte de grandes transportes en la actualidad; para refrigerar motores navales y a los turistas que toman el sol en las playas; para calentar el gas natural licuado que llega a los puertos en los barcos metaneros a 160 grados bajo cero, devolviéndolo al estado gaseoso antes de distribuirlo a la red. Y poco más. Debe de ser muy frustrante para Poseidón, estarse de brazos cruzados, cuando su potencial es tan grande.

El agua del mar, más cálida que el aire en invierno y más fría en verano, se está empezando a utilizar para proporcionar a los edificios refrigeración y calefacción, de forma similar a los sistemas que aprovechan la inercia térmica terrestre. También se está perfeccionando la tecnología necesaria para aprovechar el gradiente térmico oceánico, esto es, la diferencia de temperatura que existe



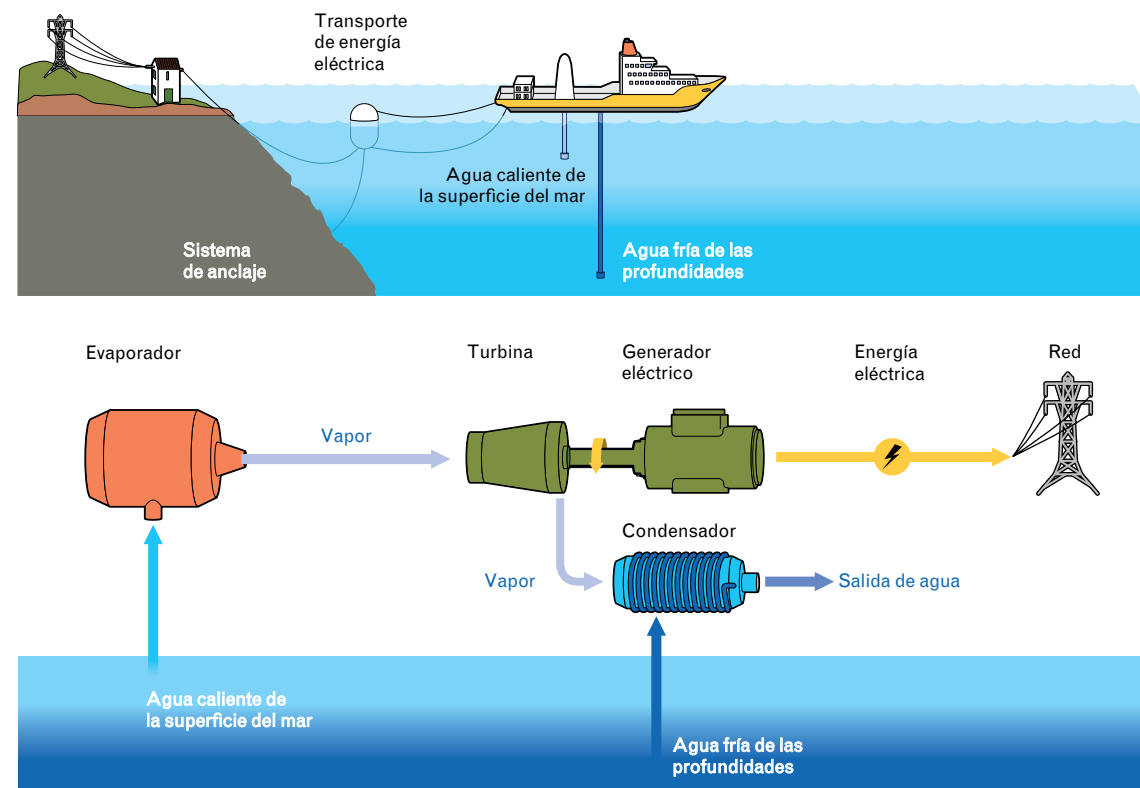
Molino marear en el Río Arillo, San Fernando. Cádiz.

entre las aguas de la superficie del mar y las profundas. Y es que, conforme se deja atrás la superficie del mar, que recibe y acumula la energía solar, alcanzando temperaturas superiores a los 20 grados, éstas van decreciendo hasta llegar a una capa de aguas frías, de entre 4 y 2 grados centígrados, que se encuentra a partir de los 1.000 metros de profundidad. Este salto térmico es suficiente para hacer que ciertos fluidos, cual el amoníaco, se evaporen, muevan una turbina y después vuelvan a condensarse. Lógicamente, cuanto mayor sea el salto térmico, como en los mares tropicales, más rendimiento. Energía oceanotérmica, mareo-termal o térmica marina. De las tres formas se la conoce.

Una de las pocas ocupaciones que tradicionalmente se le ha dado al mar es la de mover con sus flujos y reflujos los molinos de marea o, como se les llamaba antaño, de agua salada. Para este trabajo, Poseidón siempre contó con la impagable ayuda del Sol y la Luna, pues es la fuerza gravitatoria variable que éstos ejercen sobre nuestro planeta la que deforma la circunferencia teórica de los océanos, dando lugar a la pleamar, o marea alta, y a la bajamar, o marea baja, fenómenos que se repiten, aproximadamente, dos veces al día. Cuando el Sol, la Luna y la Tierra están en cuadratura (ángulo recto), lo que sucede en los cuartos crecientes y en los cuartos menguantes, se forman las mareas muertas, las de menor amplitud. En cambio, cuando están alineados, en las lunas nuevas y en las lunas llenas, se originan las mareas vivas, que en algunas costas –por ejemplo, en la bahía de Fundy, en Canadá– llegan a superar los 15 metros.

El molino marear más antiguo que se ha identificado hasta la fecha es el del monasterio de Saint Mochaoi de Nendrum, en la isla norirlandesa de Mahee, que data del año 787. Se sabe de otro molino que aprovechaba las mareas en Basora, en el Golfo Pérsico, en el siglo X. Y de varios que se instalaron a lo largo de siglo XI en el sur de Inglaterra. Por aquellos mismos años, concretamente en 1047, aparece mencionado en documentos históricos el molino de Cerroja, en el municipio cántabro de Escalante, si bien no fue hasta los inicios de la Edad Moderna, en

#### Esquema conceptual de una central maremotérmica



los siglos XV y XVI, cuando comenzaron a proliferar estos ingenios en las costas atlánticas peninsulares. La mayor concentración de molinos mareales se produjo en la bahía de Cádiz y en el litoral de Huelva, donde se han inventariado las ruinas de medio centenar de ellos, aunque se sabe que hubo bastantes más. Propiedad generalmente de familias nobles y órdenes religiosas, que los arrendaban a particulares, estos gigantes de hasta 12 muelas sobrevivieron a la Revolución Industrial y se plantaron en el siglo XIX, e incluso en el XX, moliendo cereales y también sal gorda, pues muchos de ellos estaban ligados a las salinas, ámbito idóneo, por la abundancia de canales y esteros, para su instalación. El último molino mareal andaluz dejó de trabajar en los años 40 del pasado siglo en las marismas del onubense río Piedras.

**Al agua de los mares, que supone el 97,2% de la hidrosfera, apenas se le saca partido energético. Debe de ser muy frustrante para Poseidón, estarse de brazos cruzados, cuando su potencial es tan grande**

Si en lugar de piedras de moler, el agua embalsada durante la marea alta mueve turbinas, lo que tenemos son centrales mareomotrices. Su tecnología es muy similar a la de las hidroeléctricas convencionales, las de los ríos. Sin embargo, tienen unos requisitos de partida tan especiales –necesitan fuertes mareas, de más de 5 metros, y una ría o estuario con gran capacidad de embalse, donde pueda construirse fácilmente una presa–, que resulta limitadísimo el número de posibles emplazamientos para las mismas, pudiéndose contar con los dedos de una mano las que hay en funcionamiento en todo el mundo.

Las mareas son, junto con otros muchos factores –la insolación, los vientos, la salinidad, la topografía submarina...–, las responsables de las corrientes, que en algunos lugares presentan intensidades considerables, como los diez nudos (18 kilómetros por hora) que se alcanzan durante las grandes mareas en el canal de la Mancha, o los cinco en el estrecho de Mesina, allí donde Caribdis, la hija de Gea y Poseidón, hacía de las suyas. Corrientes que se parecen mucho a las eólicas y que se pueden utilizar para producir electricidad de forma similar, mediante generadores de hélice sumergidos.

Otra energía que atesoran los océanos es la de ósmosis, que tiene su fundamento en las diferencias de presión y de densidad existentes entre masas de agua con diversa concentración salina, y cuyo aprovechamiento aún se encuentra en fase experimental. Y otra, con mayor recorrido histórico y mejores perspectivas a corto plazo, es la energía de las olas o undimotriz, que en las últimas cuatro décadas ha agitado la imaginación de los ingenieros, desencadenando una tormenta de cientos de curiosos mecanismos (flotadores, depósitos, balsas, boyas, plataformas, péndulos, rodillos, mangueras...) concebidos para transformar el movimiento de las ondas marinas en electricidad.

Las olas, como casi todas las cosas que se mueven en nuestro planeta, son hijas del Sol. De hecho, la del oleaje es energía solar concentrada. La radiación solar genera las corrientes atmosféricas, los vientos que, al rozar la superficie

del mar, provocan las olas y les ceden parte de su energía. De modo que también puede considerarse como energía eólica almacenada. El 0,3% de la energía solar que llega a la Tierra se transforma en energía de olas, las cuales tienen la capacidad de trasladarse a grandes distancias con un mínimo de pérdida de energía. El ondulante océano es un excelente acumulador.

Andalucía es, después de Galicia, la región peninsular con mayor longitud de costa (945 kilómetros) y la única con litoral mediterráneo y atlántico; además tiene la particularidad de asomarse al estrecho de Gibraltar, con características únicas en el mundo. La Agencia Andaluza de la Energía ha realizado un estudio en el que se evalúan las posibilidades de aprovechamiento que ofrecen los mares y océanos para obtener energía eléctrica de forma limpia en la región. Las energías marinas que tienen un mayor potencial en Andalucía son la de las corrientes, con un potencial bruto de 7.000 MW, y la undimotriz, con un potencial bruto de 2.000 MW. Las zonas que presentan un mayor potencial explotable son la energía de las corrientes marinas en el estrecho de Gibraltar y la energía undimotriz de forma sinérgica con la eólica marina en la costa Atlántica y costa de Almería, con un potencial de hasta 10 kW/m de frente de ola (ver mapa p. 144).

En octubre de 2008 se inauguró la primera fase de la planta undimotriz de Santoña, en Cantabria, pionera de este tipo de aprovechamiento energético en España, que, una vez completa, tendrá una potencia de 1,40 MW y una producción anual de unos 3.000 MWh, equivalente al consumo de 2.500 hogares.

**Fuente de transformación y uso de las energías renovables**



**EL PAISAJE  
DE LAS**

**RENOVA-  
BLES  
EN ANDALUCÍA**

**CAPITULO II**



# EL CONOCIMIENTO TRADICIONAL MEDITERRÁNEO

La historia de la humanidad es la historia del aprovechamiento de la energía. ¿Qué son las batallas, los himnos y las proclamas, sino esporádicos susurros, comparados con el continuo fragor de los hornos, las ruedas hidráulicas, las aspas de los molinos de viento, las máquinas de vapor, las turbinas y los motores de explosión?

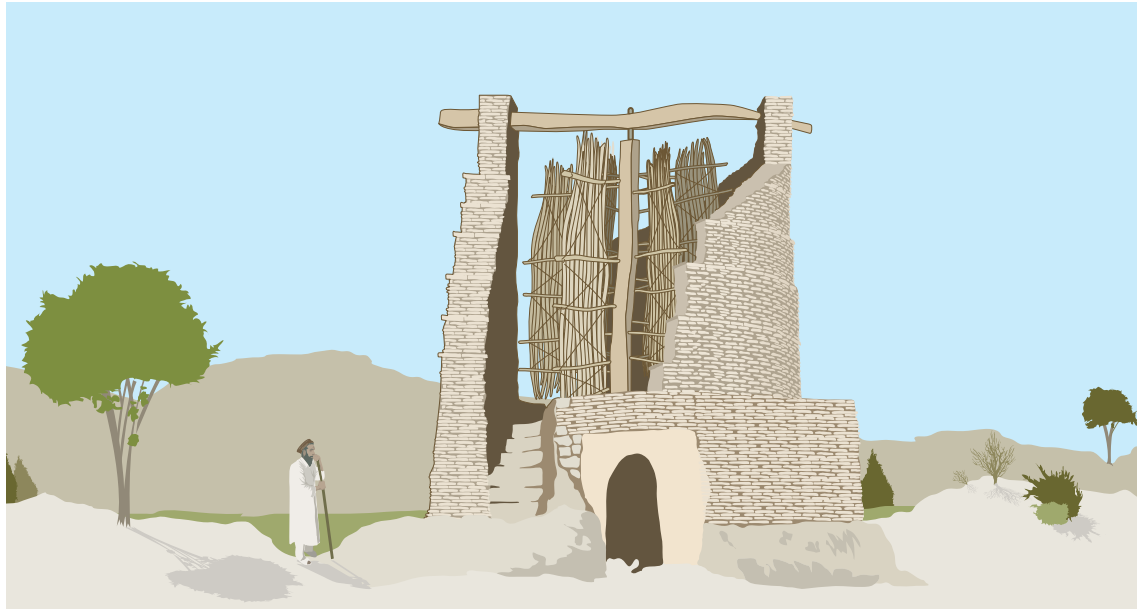
**Buena parte de esa historia, la primera y más importante,** se ha escrito a orillas del Mediterráneo. El hombre prehistórico es un sufrido cazador y recolector de frutos silvestres que no dispone de más fuerza que la de sus propios músculos ni de otra fuente adicional de energía que la leña, que debe al Sol su existencia como el resto de las fuentes energéticas. Pero las pobres perspectivas laborales y energéticas del hombre primitivo mejoran radicalmente hace 11.000 años, cuando en el denominado Creciente Fértil –una media luna que se extiende desde Egipto hasta el Golfo Pérsico siguiendo las fecundas riberas del Nilo, del Mediterráneo oriental, del Tigris y del Éufrates–, se descubre la forma de controlar el almacenamiento de la energía del Sol transferida a vegetales comestibles (o sea, la agricultura); 3.000 años después, se domestica el ganado vacuno, y en 4500 antes de Cristo, ya hay bueyes arando en Mesopotamia. Un buey desarrolla hasta diez veces más potencia muscular que un hombre. Es una máquina de transformar la biomasa en trabajo.

Se ha calculado que, cuando el ser humano no disponía de otras fuentes de energía que las que podía recolectar o cazar, su consumo energético promedio era de 5.000 kilocalorías al día, de las cuales alrededor de 2.000 correspondían al uso del fuego. Mientras que, en las primeras sociedades agrícolas, llegó a ser de alrededor de 12.000; esto es, dos veces y media mayor que durante la fase cazadora y recolectora. Más espectacular, si cabe, fue el crecimiento que, a partir de este momento, con el desarrollo de la agricultura y la mejora de las técnicas metalúrgicas, experimentó la población. Estas innovaciones explican el que entre el año 6000 antes de Cristo y el siglo V de nuestra era, los habitantes del planeta se multiplicaran por 13, pasando de 15 millones a 200 (ver esquema p. 166).

Las principales fuentes de energía en la antigüedad, las que alimentaron ese prodigioso crecimiento demográfico, fueron la madera y los esclavos. A pesar de que la navegación a vela se practicaba en Egipto desde el tercer milenio antes de Cristo y de que varios siglos antes de nuestra era ya giraban las norias en el centro de la actual Turquía, la fuerza del viento y la del agua tuvieron un uso muy limitado hasta que comenzaron a escasear tanto la madera, como los esclavos. Los molinos hidráulicos, que aparecieron hacia mediados del siglo III antes de Cristo en el Mediterráneo oriental, no conocieron un desarrollo significativo

*Vista desde mirador del Tajo, Ronda. Málaga.*





Molino de viento de eje vertical para moler grano. Afganistán, año 945.

hasta la Edad Media. Aún más tarde irrumpe en la historia el molino de viento. En el siglo VII empieza a utilizarse para regar y para moler el grano en Persia, desde donde se extiende por todo Oriente Próximo e incluso hasta China. Pero aquel primer molino de viento es un artefacto tosco en extremo, unas simples aspas unidas a un eje vertical, que no va a conocer mejoras sustanciales hasta finales del siglo XII, cuando los caballeros cruzados lo traen a Europa, donde se desarrolla el eje horizontal y el molino de torre.

De la importancia de la madera en el mundo antiguo, no hay ejemplo más ilustrativo que el de la Atenas del siglo V antes de Cristo, la deslumbrante ciudad-estado gobernada por Pericles, a cuyos barcos, según se decía, “ningún poder en la Tierra, ni el rey de Persia, ni ninguna persona bajo el Sol, podía impedirles navegar por donde quisieran”. Aquella flota sin rival devoraba ingentes cantidades de madera. Pero también la construcción civil asociada al crecimiento de la población, las cocinas y chimeneas de las casas, los hornos de la potente industria vidriera y alfarera, y los de las minas de plata de Laurión... Todo ello suponía un consumo muy superior a la capacidad de producción de los bosques que rodeaban la ciudad, los cuales fueron esquilados, viéndose entonces Atenas en la necesidad de importar madera de lugares muy lejanos. El consiguiente incremento de los precios de la madera ocasionó una importante crisis energética, que recuerda mucho a la que estamos viviendo en la actualidad, por cómo se originó y por las soluciones que se dieron.

Aparte de conquistar y colonizar Anfípolis para asegurarse un suministro permanente de pinos y abetos procedentes de los bosques tracios, los atenienses tuvieron la ocurrencia (ésta, pacífica y buena) de construir las primeras viviendas bioclimáticas. Sócrates, habitante de aquella Atenas esplendorosa en la que sobraba el sol pero no la madera, señalaba que la casa ideal debería

ser fresca en verano y cálida en invierno, y cómo conseguirlo: “En las casas orientadas al sur, el sol penetra por el pórtico en invierno, mientras que en verano el arco solar descrito se eleva sobre nuestras cabezas y por encima del tejado, de manera que hay sombra”. La casa perfecta ha de tener un patio central abierto al mediodía, al que den las habitaciones. También hay que cerrarla a las orientaciones norteñas para evitar los vientos fríos y no perder de vista que los aleros son un elemento importante para protegerla de la radiación solar en verano. Es una vivienda más cara de construir que las convencionales, pero que permite aprovechar el calor del Sol como calefacción, ahorrando madera o carbón vegetal. Ocupación de tierras extranjeras productoras de abundantes recursos energéticos, y aprovechamiento de la energía solar para ahorrar calefacción en las casas. ¿Realmente han pasado 2.500 años?

En la Atenas de Pericles, por cada ciudadano libre había cinco esclavos. Desgraciadamente, a pesar de la progresiva erradicación de la esclavitud, esta proporción entre privilegiados y desfavorecidos se ha mantenido más o menos constante en el mundo hasta nuestros días. El griego Herodoto, que contempló la pirámide egipcia de Keops hacia el 450 antes de Cristo, 21 siglos después de su construcción, dejó escrito que en ella habían trabajado 100.000 esclavos durante 20 años, aunque no siempre los mismos, porque (atención al eufemismo) se *renovaban* cada tres meses. Mayor cantidad de energía requería el Imperio Romano, el cual consumía unos 500.000 esclavos al año. Durante la guerra de las Galias (58-51 a. C.), alrededor de un millón de prisioneros salieron a subasta en los mercados esclavistas. En uno de ellos, el que se celebraba en la isla de Delos, dice Estrabón que podían llegar a venderse hasta 10.000 esclavos en un solo día. La economía dependía por entero de estos infelices: eran imprescindibles en los latifundios, minas e industrias. Pero a partir del siglo II después de Cristo, el ejército imperial ya no pudo mantener las guerras que hasta entonces habían asegurado el suministro de esta fuente de energía barata y renovable (¡y tanto!: cuando una esclava tenía un hijo, éste pasaba también a ser propiedad del amo). Las fronteras estaban demasiado lejos y eran demasiado extensas, incluso para un ejército de más de medio millón de efectivos. La población comenzó a menguar, la industria decayó, el campo se empobreció y el esclavo se convirtió en un lujo, caro e innecesario. La llama de Roma se apagaba y, con ella, la esclavitud, que había sido su principal combustible.

**Al esquilmar los bosques que rodeaban la ciudad, Atenas se vio obligada a importar madera de lugares muy lejanos. La consiguiente subida de los precios ocasionó una importante crisis energética**

La energía muscular del hombre y los animales, así como la del Sol, transferida a la madera, y la del viento para mover las embarcaciones, se emplearon ampliamente en la antigüedad, pero no fueron las únicas. También comenzó a utilizarse la energía hidráulica con fines productivos. De ello hay una buena muestra cerca de Arlés, en el sur de Francia, donde se conservan los restos arqueológicos del complejo harinero de Barbegal, que fue construido por los romanos en el siglo II después de Cristo. Recibía el agua a través de un acueducto y constaba de 16

ruedas hidráulicas, cada una de las cuales generaba, como promedio, una potencia de 2 kW-pico, con lo cual se calcula que la instalación debió de producir unas cuatro toneladas y media de harina al día.

Pese a que un solo molino hidráulico podía hacer el trabajo de 40 hombres, hubo que esperar, para que su uso se extendiese por doquier, a que la mano de obra esclava escaseara y se encareciese sobremanera. Y también a que se desarrollara una legislación sobre el uso del agua que ofreciese garantías a quienes se lanzaran a realizar las grandes inversiones que exigía la construcción de esos ingenios, inviables en las condiciones de inestabilidad social e inseguridad jurídica que reinaban tras la caída del Imperio Romano. Así se explica que el *Fuero Juzgo*, el cuerpo de leyes con el que los visigodos intentaron poner un poco de orden en la *Hispania* post-romana, prestara especial atención a los asuntos del agua, castigando duramente los robos en los molinos.

A partir del siglo X se producen varias innovaciones que hacen que pueda hablarse, sin exageración, de una primera revolución industrial. La herradura de clavos y la collera permiten que los caballos desarrollen tres o cuatro veces más potencia de tiro que antes, sin destrozarse los cascos ni estrangularse. Así pasan de proporcionar 200 a los famosos 735 vatios. Famosos porque, siglos más tarde, se definirá la unidad de medida de potencia llamada caballo de vapor como el equivalente a 735 vatios. En el terreno militar, la combinación de herraduras y armaduras hace prácticamente invencible a la caballería y revoluciona el arte (o, más bien, la locura) de la guerra, de forma similar a como lo hará en el siglo XX el matrimonio del blindaje y el motor de gasolina.

La Edad Media es la edad dorada de la rueda hidráulica. Los ríos se llenan de grandes ruedas de madera que llegan a desarrollar una potencia de 35 kW-pico y que intervienen hasta en 40 tipos distintos de procesos industriales: molinos de cereales y de minerales, aserraderos, mazos y martinets, fraguas, batanes, fábricas de moneda y de papel... Una magnífica muestra de ello es el molino de la Albolafia, que puede admirarse en la margen derecha del Guadalquivir, a su paso por la capital cordobesa, aguas abajo del Puente Romano. Este antiquísimo molino harinero, quizá de origen romano, luce una tremenda rueda, de casi 15 metros de diámetro, que mandó construir en el siglo IX Abderramán II para elevar el agua del Guadalquivir y conducirla hasta el *asr al-Umara* (palacio de los Emires, en la actualidad palacio Episcopal). Tres siglos después, la reconstruyó un arquitecto llamado Abú l-Áfiya, de donde le viene el nombre de Albolafia, por orden de Yusuf ibn Tasufin, emir almorávide. En 1492, la reina Isabel la Católica, que estaba alojada en el vecino Alcázar, hizo desmontarla porque su incesante chirrido no la dejaba pegar ojo. Se restauró en 1994.

Ya se ha comentado, en el capítulo anterior, el auge que tuvieron los molinos de marea en Europa durante los siglos XV y XVI y la valiosa presencia de estos ingenios en las costas de Cádiz y Huelva hasta el siglo XIX para la molienda de grano y sal. A la Edad Media, época mucho más industrial de lo que suele pensarse, corresponde también la valorización del carbón mineral como fuente de energía. El consumo masivo de madera, directamente como leña o transformada



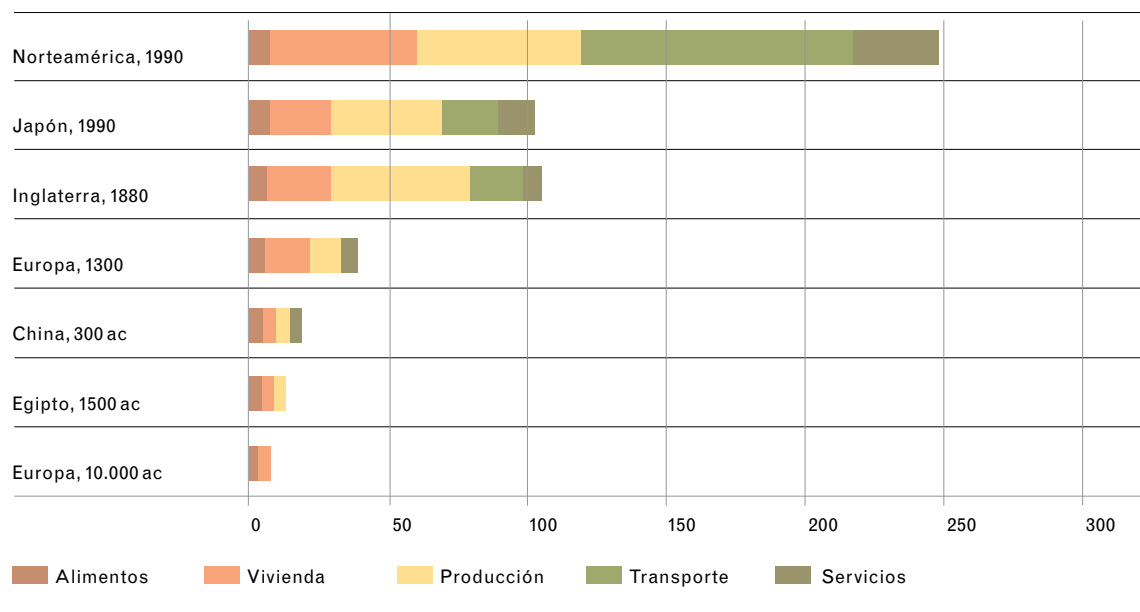
Izquierda Molino de la Albolafia en el Guadalquivir. Córdoba. Derecha Molino del Algarrobo, Alcalá de Guadaíra. Sevilla.

en carbón vegetal, en un número cada vez mayor de hogares, fundiciones y fábricas –de ladrillos, de vidrio, de jabón...–, llevó a la deforestación de extensas regiones europeas. En el norte de Francia, en el siglo XIII, la madera era tan cara que, para enterrar a sus muertos, los pobres no podían más que alquilar los ataúdes. Por las mismas calendas, Enrique II de Inglaterra autorizó la extracción de carbón mineral porque los habitantes de Newcastle se morían de frío. Y en el siglo XV, el papa Pío II comentaba que, durante su visita a Escocia, le había sorprendido ver en las puertas de las iglesias colas de pedigüños que “recibían como limosna pedazos de una piedra negra con la que se retiraban satisfechos. Esta especie de piedra la quemaban en lugar de la madera, de la que su país está desprovisto”.

Hasta entonces apenas se había utilizado en Europa el carbón extraído de las entrañas de la tierra, porque era considerado sucio e insalubre. En 1272, el rey Eduardo I de Inglaterra había prohibido su uso en Londres con el fin de despejar los cielos de humo, el *smog* que ha enturbiado la atmósfera de la capital inglesa hasta prácticamente nuestros días. Y es fama que un hombre que lo vendía llegó a ser torturado y enviado a la horca. Pero para fundir las enormes campanas de las catedrales góticas y los terribles cañones de la Europa medieval, donde cada vez había menos madera, no quedó otra opción que recurrir a él, una tendencia que se agudizó en los inicios de la Edad Moderna y que culminó en la Revolución Industrial, cuando la hulla se convirtió en el combustible por excelencia en los países más desarrollados. Y lo siguió siendo hasta bien entrado el siglo XX, en que otra fuente de energía no renovable (el petróleo) se impuso, por ser más barata, más accesible, más abundante, con aprovechamientos diversos y valiosos y, sobre todo, por su gran contenido energético.

Se ha estimado que hacia el año 1400 –en el crepúsculo, pues, de la Edad Media–, el consumo energético per cápita era de 26.000 kilocalorías al día, algo más del doble que el que había en las primeras sociedades agrícolas. De ese consumo, el 23% correspondía a la alimentación; el 46% a las labores domésticas, el comercio y otros servicios; el 27% a la agricultura y la industria, y el 4% al transporte.

### Consumo energético per cápita GJ/año



El siglo XVI es el siglo de los molinos de viento en España, cuya proliferación suele atribuirse a los numerosos episodios de sequía, hasta 15, que sufrió la Península a lo largo de esa centuria. Las referencias documentales de la época señalan a Andalucía como la región más rica en molinos, a la par con La Mancha. Los molinos que había en Sevilla, Lebrija, Marchena, Málaga, Gibraltar, Vejer de la Frontera, Cádiz y Puerto de Santa María aparecían reiteradamente en los mapas, vistas y escritos de aquel siglo. No sólo llamaron la atención de pintores como Wyngaerde o de cartógrafos como Waghenaer. También atrajeron al ingeniero e inventor Giovanni Torriani, que dibujó y describió las tripas de aquellos gigantes en *Los veintidós libros de los ingenios y máquinas*. Este genio, nacido al alborar del siglo en la ciudad italiana de Cremona, se afincó en 1529 en España, donde, con el más castizo nombre de Juanelo Turriano, trabajó a las órdenes de Carlos I y Felipe II como Relojero de Corte y Matemático Mayor, respectivamente. Compuso un preciso reloj astrario o planetario cuyo mecanismo podía admirarse a través de sus paredes de cristal, participó en la elaboración del calendario gregoriano y creó un autómata de madera conocido como el Hombre de Palo. Pero por lo que siempre será recordado es por el Ingenio de Toledo o Artificio de Juanelo, una máquina que subía el agua del Tajo a lo más alto de aquella ciudad utilizando la propia energía hidráulica del río. El Artificio gozó de un éxito notable, porque se mantuvo en funcionamiento 70 años, desde 1569 hasta 1639, elevando una cantidad considerable de agua al día, hasta 17.000 litros. Pero Juanelo Turriano murió en 1585 pobre de solemnidad, pues nadie le quiso pagar, y fue enterrado sin ceremonias en un convento toledano.

En 1600, al poco de morir Juanelo, la Tierra alcanza los 500 millones de habitantes. A partir de ese momento se produce una explosión demográfica y la población empieza a duplicarse cada 200 años, hasta llegar a los actuales 6.800 millones. También se produce un crecimiento exponencial del consumo de energía per

cápita, un consumo que se acelera todavía más a partir del comienzo de la Revolución Industrial, a mediados del siglo XVIII, y que, a diferencia de lo que ocurría en épocas anteriores, se sostiene gracias a la explotación de recursos fósiles, sin posible reposición: carbón mineral, en una primera fase, y petróleo, ya en el siglo XX. De las 26.000 kilocalorías al día que vimos que consumía un hombre a finales de la Edad Media, se pasa a las 70.000 kilocalorías al día a finales del siglo XIX. Y eso no es nada: a lo largo del siglo XX, el consumo de energía por cabeza se multiplica por tres. El crecimiento del consumo, en realidad, no es un problema. O no es el problema. Volvamos de nuevo la vista atrás. En la sociedad andalusí, la más desarrollada de la Europa medieval, con una economía de carácter marcadamente urbano, el consumo energético crece mucho con respecto al de la España romana (y no digamos ya con respecto al de la visigoda) por la vivienda, la producción de bienes y el transporte. Se estima en unas 33.000 kilocalorías por persona y día. La mayor parte de la energía consumida procede de la biomasa y una pequeña parte de fluidos. Es decir, fuentes renovables. Y, lo que es más importante: la construcción de edificios está totalmente adaptada al clima y a las condiciones locales mediterráneas. Son edificaciones bioclimáticas, más o menos modestas, más o menos eficaces en sus propósitos de adaptación. Éste va a ser, precisamente, uno de los grandes componentes del consumo en la sociedad urbano-industrial, cuando se construya prescindiendo de los factores locales de clima y territorio, utilizando para ello la gran disponibilidad de energía procedente del petróleo.

En el momento presente, en Andalucía el consumo de energía primaria por habitante y día es de 166.612,5 kilocalorías. Lo que más crece es el consumo asociado a la producción de bienes y al transporte, los grandes consumidores, junto con la climatización de edificios. Ha crecido mucho el consumo, en efecto, pero lo que de verdad preocupa es la ruptura que se ha producido entre un modelo tradicional, basado en la capacidad energética del territorio y en la adaptación a sus condicionantes climáticos, productivos y otros fenómenos naturales (las inundaciones, por ejemplo), y un modelo urbano-industrial que ignora las limitaciones climáticas, las productivas y cualesquiera otras. Hemos pasado de un modelo de sociedad que interpreta y se adapta a las limitaciones espaciales y también temporales de Andalucía, acompasando sus propios procesos a los de los fenómenos naturales que son la base de sus fuentes energéticas y de aprovisionamiento de agua y alimentos, a uno mecanizado que consume muchísima más energía de origen fósil, importada del exterior, y que acelera sus procesos, desacompasándolos de los ritmos de los fenómenos climáticos y territoriales propios de la región.

Reconocer y actualizar el valor del conocimiento tradicional no consiste sólo en percibir y saber aprovechar la fuerza que hay latente en un curso de agua, en las mareas o en el viento. Es entender el conjunto del medio que nos rodea para adaptarnos energéticamente al mismo. Es actualizar tecnológicamente los principios de las viviendas bioclimáticas andaluzas, reinterpretar las condiciones productivas que utilizan factores locales abundantes y renovables (como la radiación solar o el viento), comprender las relaciones entre residencia y trabajo para reducir la necesidad de transporte, u optimizar la utilización de bienes y materiales locales para disminuir la demanda de transporte de mercancías.



# LA SOCIEDAD URBANO-INDUSTRIAL. LA GRAN TRANSFORMACIÓN

Las fuentes de energía de origen fósil (carbón, gas y petróleo) han tenido un papel crucial en el surgimiento en Inglaterra, a mediados del siglo XVIII, de la revolución industrial y, posteriormente, en el desarrollo y expansión de la sociedad urbano-industrial. El incremento exponencial de su consumo ha dado lugar a graves desequilibrios.

**“Creo que puedo formular sin reparos dos postulados.** El primero, que los alimentos son necesarios para la existencia del hombre. El segundo, que la pasión entre los sexos es necesaria y se mantendrá siempre casi en su estado actual [...]. Considerando aceptados mis postulados, afirmo que la capacidad de crecimiento de la población es infinitamente mayor que la capacidad de la Tierra de producir alimentos para el hombre. La población, si no encuentra obstáculos, aumenta en progresión geométrica. Los alimentos tan sólo aumentan en progresión aritmética. Basta con poseer las más elementales nociones de números para apreciar la inmensa diferencia a favor de la primera de estas dos fuerzas” (Thomas Robert Malthus: *Primer ensayo sobre población*, 1798).

Desde que se escribió lo anterior, la población mundial ha aumentado siete veces y es bastante evidente que los apocalípticos augurios de Malthus no se han cumplido. Ha crecido mucho el número de personas, es cierto, pero también su esperanza y su calidad de vida. La inanición, común en el siglo XIX, dejó de serlo para Europa en el XX. ¿Cómo ha sido ello posible?

La explicación comúnmente aceptada es que la técnica, combinada con la economía de mercado u otros sistemas de incentivos sociales, ha multiplicado la capacidad de la Tierra para albergar seres humanos. Ello ha permitido que, sin caer en la trampa señalada por Malthus, la población andaluza haya pasado de 1,5 millones en 1900 a más de 8 en la actualidad, la española de 18 a 46 millones y la mundial de 1.650 a casi 7.000 millones. Una población que se ha ido concentrando fundamentalmente en las ciudades, coincidiendo (y no por casualidad) con la acumulación de la actividad industrial en las mismas. Es la gran transformación urbano-industrial que ha cambiado la faz (y la mentalidad) del planeta en los últimos 200 años, sin duda la mayor revolución de la historia.

Pero la técnica también consume. El crecimiento de la producción agrícola, imprescindible para alimentar a tantos millones de personas, se ha conseguido principalmente gastando más combustible fósil en el cultivo, abono, fumigado, secado y demás tareas. Para generar una caloría de alimento se han de consumir alrededor de 10 calorías de petróleo. El combustible gastado se distribuye a

partes casi iguales entre el cultivo, el transporte y procesado, y la preparación. El resultado es que en un país como Estados Unidos, aproximadamente el 19% de la energía consumida se gasta en el sistema alimentario.

El moderno milagro agrícola comercial que nos alimenta a todos depende por entero del flujo, el procesamiento y la distribución del petróleo. Vértigo produce ver la cantidad de elementos que intervienen en el proceso y cómo el petróleo está detrás de todos y cada uno de ellos. Está detrás de los tractores, las cosechadoras y otros vehículos y equipos agrícolas que plantan, pulverizan los herbicidas y pesticidas, y transportan los productos y las semillas. Los procesadores de alimentos dependen de la producción y entrega de aditivos, incluyendo vitaminas y minerales, emulsionantes, conservantes, colorantes..., muchos de ellos basados en el petróleo. La producción y distribución de cajas, latas, etiquetas, bandejas, celofán para microondas y comidas de preparación rápida, frascos de vidrio, tapas de plástico y de metal con sustancias selladoras..., se basan esencialmente en el petróleo. El transporte de los productos alimenticios terminados a los centros de distribución se hace en camiones refrigerados, que obviamente consumen derivados del petróleo. El reparto diario de alimentos a los restaurantes,



Biomasa: detalle de pellets, Villamena, Granada.

colegios comercios, hospitales..., depende también del petróleo. Y los consumidores van en coche a los supermercados para aprovisionarse, a menudo varias veces por semana: más y más petróleo. Literalmente, comemos petróleo.

El vértigo se agudiza cuando se considera el largo viaje que hacen muchos alimentos para llegar a su destino. Para importar por vía aérea espárragos chilenos, necesitamos invertir 97 veces más energía (combustible de aviación) que la que obtenemos al comerlos. Es decir: se gastan casi cien calorías en transportar una caloría de espárragos. Si lo que cruza el océano –entre Estados Unidos e Inglaterra, digamos– son lechugas, todavía es peor: 126 calorías para trasladar una. El cálculo no incluye la energía consumida en el cultivo, el embalaje, la refrigeración, la distribución en destino y la compra en coche. De hacerlo, el resultado sería aún más escandaloso, y más real.

Un estudio realizado en 1996 por el Instituto Sueco de Alimentación y Biotecnología constató que un simple bote de ketchup daba 52 pasos, y no cortos, antes de llegar a las manos de un sueco: una especie de juego de la oca del despilfarro energético que iba desde el cultivo de los tomates en Italia hasta la distribución en los comercios del país nórdico. Las bolsas asépticas usadas para transportar la pasta de tomate eran producidas en Holanda y se llevaban a Italia para llenarlas, meterlas en barriles de acero y enviarlas a Suecia. Las botellas rojas, de cinco capas, se fabricaban en el Reino Unido o en Suecia con materiales procedentes de Japón, Italia, Bélgica, Estados Unidos y Dinamarca. También en Dinamarca se hacían las tapas, de polietileno de baja densidad. Además se utilizaba película plástica de embalaje de este mismo material y cartón corrugado para distribuir el producto final. Las etiquetas, el adhesivo y la tinta no se contemplaron en el análisis, ya suficientemente elocuente y demoledor.

Como lo demuestran los espárragos transoceánicos y el ketchup sueco, la gran transformación que ha experimentado el planeta en las últimas dos centurias ha hecho que las fronteras de la comarca, el ámbito natural del ser humano, se hayan borrado por completo. Con la tecnología que disponemos y acumulamos, y sobre todo, con la cantidad de energía de origen fósil que movilizamos, somos

**Valores medios del consumo eléctrico en una vivienda tipo** EE.UU. 2006/2008

Servicios Energéticos	Uso final / dispositivo	Consumo (miles de millones kWh)	Porcentaje (%)
Calentamiento	Calefacción	115,5	10,1
	Calentamiento de agua	104,1	9,1
	Secadora	65,9	5,8
	Caldera	38,2	3,3
	Estufa eléctrica	32	2,8
	Lavavajillas	29	2,5
	Horno	21	1,8
	Microondas	19,3	1,7
	Cafeteras	6,0	0,5
	Tostadoras	1,8	0,2
Otros	16,8	1,5	
Subtotal		411,4	36,1
Enfriamiento	Aire acondicionado	182,8	16
	Frigorífico	156,1	13,7
	Congelador	39,3	3,5
	Otros	3,2	0,3
Subtotal		381,4	33,5
Otros	Luz (interior/externo)	100,5	8,8
	Televisión	33,1	2,9
	Música y DVD	11,3	1,0
	Ordenadores	18,5	1,6
	Otros	63,3	5,6
Subtotal		264,9	23,2
Indefinido		83,1	7,3
<b>Total</b>		<b>1.139,90</b>	<b>100</b>



capaces de traer todo desde cualquier lugar y de hacer todo en cualquier parte. Creamos Las Vegas en mitad del desierto o, para poner un ejemplo más cotidiano, nos planteamos sin reparos la posibilidad de vivir en una urbanización situada a docenas de kilómetros de nuestro lugar habitual de trabajo. Tenemos (o hemos tenido hasta ahora) energía suficiente para alimentar a dos o tres vehículos por familia, artefactos que utilizamos de manera irreflexiva e incesante para realizar actividades que históricamente hemos venido desarrollando en el ámbito de nuestro dominio espacial como mamíferos, como proveernos de alimentos, ir al trabajo, reunirnos con los amigos o llevar a los niños al colegio.

### **El desarrollo ha ido acoplado al consumo de energía. Poco a poco se reduce la intensidad energética. Aún así, los países más desarrollados presentan los mayores consumos de energía per cápita**

Para todo ello utilizamos unos vehículos que pesan muchísimo, que tienen potencias excesivas y que consumen una cantidad de energía desmesurada. El rendimiento de un coche convencional es de entre un 15% y un 20%, pero como la mayor parte de la energía útil final se invierte en desplazar la tonelada larga que pesa el propio vehículo, el rendimiento real del proceso de traslado de una persona en un automóvil es de entre un 1% y 1,5%, un resultado paupérrimo, que puede extrapolarse a casi todos los artefactos que nos rodean: frigorífico, calentador, vitrocerámica, horno, lavavajillas, secadora, calefacción, aire acondicionado... Cada habitante de Europa y de Estados Unidos dispone, por término medio, de 30 a 60 *esclavos energéticos*, máquinas sumamente ineficientes que en teoría hacen la vida más llevadera (aunque, en la práctica, suelen complicarla no pocas veces) a costa de un consumo disparatado de energía. Para ser feliz, un hombre del Neolítico solamente necesitaba 500 vatios de capacidad instalada. El hombre contemporáneo no lo es con menos de 12.000.

Otro rasgo característico de la nueva sociedad urbano-industrial es que sólo sabe crecer. No podemos parar. Estamos condenados a crecer constantemente y a consumir, para ello, cada vez más energía. Los combustibles fósiles, esenciales durante los dos últimos siglos para el desarrollo de las economías nacionales de Europa y Estados Unidos, hoy lo son para el crecimiento de las economías china e india. En la mayoría de los países en vías de desarrollo hay una relación lineal entre el desarrollo de la economía y el consumo energético; cuando escasea la energía, las economías se contraen. (ver gráficos p. 146 y 159)

Prosperidad y consumo de energía van unidos, casi son sinónimos. Por mucho que Suecia y Noruega suelen ocupar los puestos de cabeza en los *rankings* de los países más ecológicos del mundo, como el Environmental Performance Index que elaboran las universidades de Cambridge y Yale, lo cierto es que sus respectivos consumos de energía per cápita casi duplican el de España, cuadruplican el de Tailandia y decuplican el de Zambia. Y quien coteje la lista de las naciones que más energía consumen en términos absolutos con la de los países que forman parte del poderoso Grupo de los 20, más conocido como G-20, descubrirá que son prácticamente idénticas.

Lo que más energía consume en el mundo, con diferencia, es el transporte. En Andalucía, el transporte acaparaba en 2009 el 37,2% de la energía final. De este consumo, un 80% corresponde al transporte por carretera, siendo el coche el medio más utilizado y, por ende, el que más incidencia tiene. Al transporte le siguen, en orden decreciente, la industria, con un 31,8% del consumo, el sector residencial (14,6%), los servicios (8,8%) y el primario (7,7%).

Por fuentes, el petróleo aportaba en ese mismo año el 48,8% de la energía consumida en la región; el gas natural, el 29,7%; el carbón, el 11,5%; y las renovables, el 10%. Los combustibles fósiles siguen teniendo, pues, un protagonismo casi absoluto en la creación de riqueza y bienestar en Andalucía, al igual que ocurre en España y en el resto del planeta. Hay quien se hace la ilusión de estar viviendo en la era de la información o en la era posindustrial, y hay mucha gente que está trabajando con gran inteligencia, constancia e ilusión para que podamos llegar a vivir en la era de la renovabilidad, pero, de momento, seguimos viviendo en la era del petróleo: una época de crecimiento constante a base de energía barata y abundante que, desgraciadamente, se acerca a su final (ver gráfico p. 159).

Andalucía, como buena parte de España, permaneció durante largo tiempo ajena a la gran transformación urbano-industrial que experimentó Occidente. En 1908, cuando se inició la producción en masa del Ford T (momento clave del proceso, pues este coche popular, del que se fabricaron 15 millones de unidades, revolucionó los hábitos de transporte, desatando la furia automovilística que aún vivimos y que es la mayor devoradora de energía), Andalucía era una región pobre, ignorante –la tasa de analfabetismo rondaba el 75%– y esclava de unos pocos latifundistas, una tierra de campesinos sin tierra sobre la que se proyectaban las sombras decimonónicas del cacique y del bandolero. Y así continuó durante décadas, anclada en un modelo tradicional dominado por el mundo rural, experimentando algún intento de industrialización que fracasó y aplicando gran cantidad de mano de obra a sus explotaciones agrícolas y mineras.



Refinería de CEPSA en San Roque. Cádiz.



En los años 60 del pasado siglo, se inicia finalmente el doloroso tránsito de la región hacia la sociedad urbana moderna. El modelo rural tradicional entra en crisis, el campo expulsa a grandes masas de población y la mano de obra es sustituida por máquinas alimentadas por energía fósil que hacen las labores agrícolas en las campiñas. En las sierras, los cultivos sencillamente entran en crisis y languidecen. En diversos puntos de la geografía andaluza se implantan nuevos procesos industriales que consumen gran cantidad de energía—ría de Huelva, bahía de Algeciras, bahía de Cádiz, área de Sevilla...— y las ciudades inician un crecimiento acelerado. El litoral, que había permanecido intacto, excepto en las ciudades históricas, se urbaniza o se ocupa desordenadamente a marchas forzadas con el nuevo fenómeno del veraneo y el turismo.

El crecimiento de las necesidades energéticas se hace exponencial e imparable. Se implantan centrales térmicas e hidroeléctricas para generar electricidad y se instalan sendas refinerías de petróleo en la ría de Huelva y en la bahía de Algeciras. Gran cantidad de energía primaria fósil es importada a fin de transformarla en electricidad y en combustible para transporte, calefacción y procesos industriales. La dependencia energética del exterior crece de forma irrefrenable desde aquellos años hasta nuestros días. Casi el 90% de la energía primaria que se consume actualmente en la región procede de importaciones.

El proceso andaluz de transformación—muy acelerado en comparación con lo ocurrido en otros países europeos y con una rapidísima concentración de la actividad y de la población en los medios urbanos— presenta, entre sus



Vista nocturna de Granada. Mirador, barrio de Sacromonte, Albaicín. Granada.

#### Recursos y residuos diarios en una ciudad europea de 1 millón de habitantes

- |                                    |                                       |
|------------------------------------|---------------------------------------|
| ▶ Utiliza 11.500 t de combustibles | ▶ Genera 25.000 t de CO <sub>2</sub>  |
| ▶ Consumo de 320.000 t de agua     | ▶ Produce 1.600 t de residuos         |
| ▶ Gasta 2.000 t de alimentos       | ▶ Emite 300.000 t de aguas residuales |

singularidades más acentuadas, la proliferación de segundas residencias. Más de 1.600.000 viviendas—el 36% de las casas que hay en la región— son secundarias y están localizadas, en su mayor parte, en el litoral. El patrón del consumo energético de estas viviendas tiene una fuerte incidencia en el incremento de la capacidad instalada y en la aparición de puntas de demanda en verano, ya que se utilizan unos pocos días al año, pero en esos días se usan al límite de su capacidad (ver gráfico p. 147).

Además, hay que tener en cuenta que en los lugares donde se concentran las viviendas secundarias se dispara simultáneamente la demanda energética de los servicios públicos y privados. Si se considera todo el consumo energético asociado a este fenómeno (consumo doméstico, servicios públicos y privados, y movimientos de coches), se puede estimar una demanda final de unas 700 ktep al año, cifra que representa prácticamente la mitad de la producción primaria energética andaluza (renovables, carbón y yacimientos de gas).

Relacionado con lo anterior, está el incremento de la inmigración climática. Según el Instituto de Estadística de Andalucía, en 2009 había en la región 242.578 inmigrantes procedentes de la antigua Europa de los 15 (Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Francia, Grecia, Irlanda, Italia, Luxemburgo, Países Bajos, Portugal, Suecia y Reino Unido), frente a los 98.036 que había diez años atrás. Se estima que sólo cuatro de cada diez inmigrantes climáticos están empadronados en los municipios en que residen, con lo cual puede fijarse un contingente real algo superior a las 600.000 personas. Es evidente que esto ha tenido un efecto directo sobre la construcción y sobre la industria auxiliar—sector con un elevado consumo energético por unidad de producción— y que ha supuesto un aumento del consumo doméstico de energía, del consumo de servicios públicos y privados y del consumo en automoción. Se calcula que, debido al mayor nivel de renta de los inmigrantes climáticos y a sus hábitos más consuntivos, la demanda energética asociada a su vivienda (hogar, servicios y automoción) es 2,5 veces mayor que la de la media andaluza.

También relacionado con los residentes climáticos y con la urbanización desafiada del litoral andaluz, se encuentra el problema de la gestión de los exiguos recursos hídricos. La escasez de agua en la región, que en numerosos ámbitos ha alcanzado ya el límite estricto de su aprovechamiento, obliga a emplear métodos extraordinariamente costosos desde el punto de vista energético para obtenerla, como la desalación de agua de mar, que ronda los 4 kWh/m<sup>3</sup>. La demanda de agua desalada para campos de golf y para grandes operaciones de promoción inmobiliaria en zonas áridas debe ser revisada en función del equilibrio del sistema energético.

# LOS LÍMITES AL CRECIMIENTO. REIVINDICACIONES CIUDADANAS

Nuestro planeta es un magnífico invernadero, el mayor y más perfecto invernadero que existe, al calor del cual se crían alrededor de 30 millones de especies, desde las secuoyas gigantes hasta las diminutas nanobacterias, pasando por los claveles y los tomates que el ser humano cría, a su vez, en invernaderos más pequeños.

**A diferencia de los invernaderos creados por el hombre**, que suelen estar cubiertos con plástico translúcido o con cristal, el invernadero terrestre está cubierto con vapor de agua, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano, dióxido de nitrógeno y otros gases que mantienen el equilibrio entre la radiación solar que entra y la energía infrarroja que sale, garantizando una temperatura media constante en la superficie del planeta de unos 15 grados centígrados.

La cubierta gaseosa es un sistema que ha funcionado a la perfección durante millones de años, hasta que en el último cuarto del siglo XX comenzaron a dispararse las alarmas que indicaban que la temperatura subía como la espuma, coincidiendo con el aumento vertiginoso del consumo de combustibles fósiles y de la emisión de gases (fundamentalmente, CO<sub>2</sub> y metano) a la atmósfera.

En 1988, la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente creaban el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático con el fin de evaluar la información científica, técnica y socioeconómica que fuese pertinente para comprender dicho cambio, sus probables repercusiones y las posibilidades de adaptarse a él y atenuarlo. Un grupo de expertos que, para acabar de despejar cualquier duda, advertía en su tercer informe de evaluación (2001) que más de la mitad de los efectos del cambio climático se deben a la actividad humana y no a la variabilidad natural del clima. En dicho informe se indicaba que, como promedio, la temperatura global había aumentado 0,6 grados centígrados en el siglo XX y que durante los próximos cien años el incremento medio podría oscilar entre 1,4 y 5,8 grados, lo cual provocaría una considerable subida del nivel del mar por efecto de la expansión térmica de los océanos, así como la alteración de los patrones meteorológicos y el incremento del número e intensidad de fenómenos extremos.

En febrero de 2007, se hace público el cuarto informe. En principio, tan sólo añade unas variaciones en las estimaciones del incremento de temperatura del planeta, que se situaría este siglo entre 1,8 y 4 grados, con una subida de 0,2 grados por década en los próximos 20 años y luego de 0,1 grados por decenio. Pero además afirma que el ser humano es el causante, con un 90% de

*Viviendas unifamiliares en Albolote. Granada.*



probabilidad, del incremento de la temperatura de la atmósfera terrestre por la emisión de gases de efecto invernadero en la quema de combustibles fósiles. Un calentamiento que se considera inequívoco a la luz de la ciencia e irreversible a corto plazo: continuará afectando al planeta durante siglos debido a las escalas de tiempo asociadas con los procesos climáticos y los retroefectos, incluso si la concentración de gases de efecto invernadero se estabilizase.

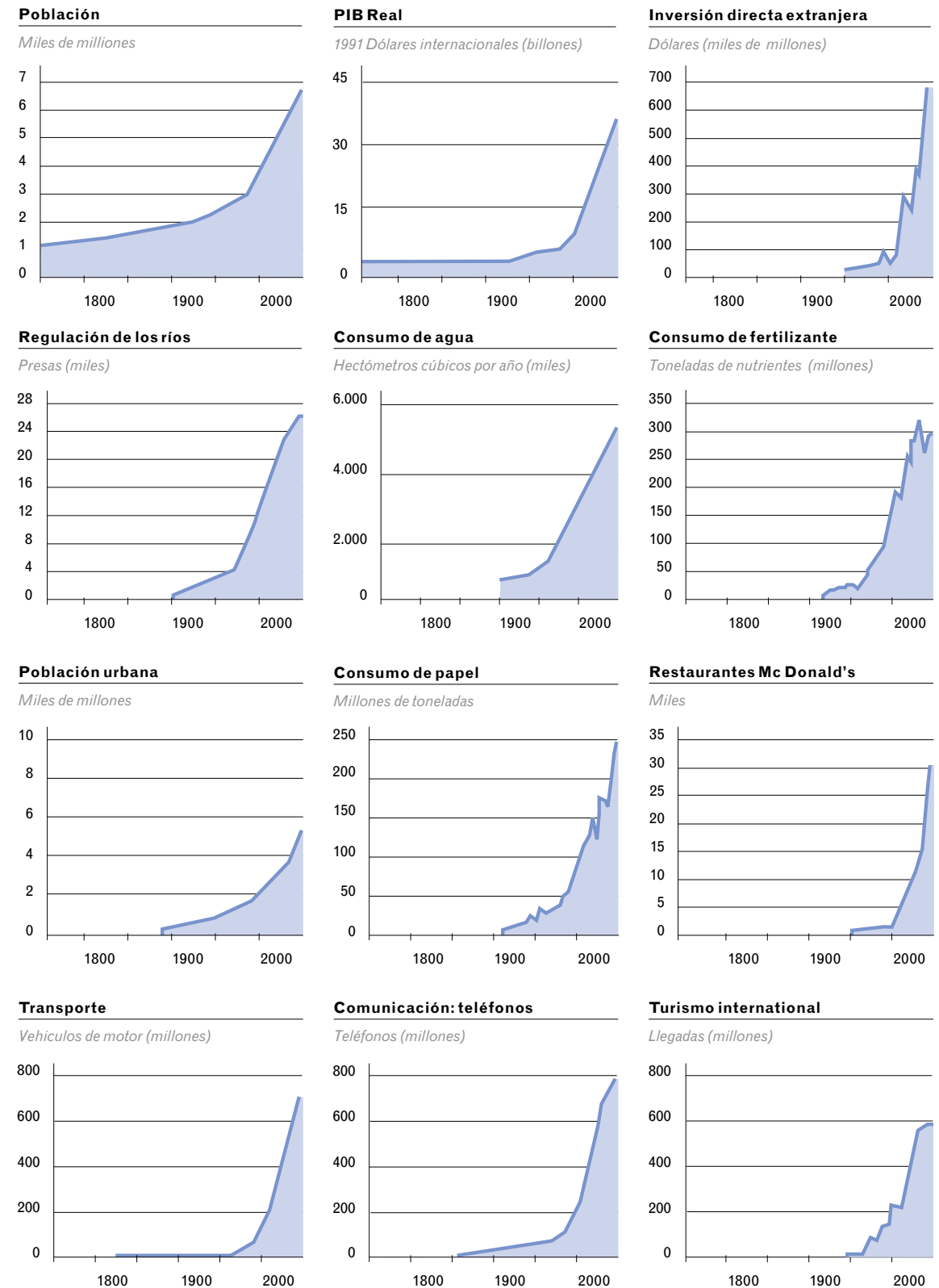
Claro es que no todas las actividades humanas son igualmente responsables del desbarajuste climático. Todas las *listas negras* que se elaboran al respecto las encabezan las centrales térmicas de carbón y fuel, y es que un 67% de la electricidad mundial se produce quemando combustibles fósiles en ellas. En España, estas centrales arrojan cien millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año, el 30% del total de las emisiones de este gas. Las peores, por tipos de combustible, son las de carbón, que emiten un kilo de CO<sub>2</sub> por cada kWh, seguidas por las de fuel (0,71 kg), las de gas (0,44 kg) y las de ciclo combinado (0,35 kg).

Además hay otras fuentes de emisión fácilmente identificables, como las fábricas de cemento, las refinерías y las siderúrgicas, que son, junto con las centrales térmicas, las responsables de más de la tercera parte de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub>. Pero no hay que olvidar la contaminación difusa y dispersa del transporte y las calefacciones. Tenemos mucho más controlados los otros focos, porque son pocos y localizados, pero el daño contaminante y desequilibrante del transporte y la climatización con combustible fósil es mayor. También es mayor el esfuerzo que hay que hacer para aminorar su impacto. La reducción de las emisiones y del derroche energético en los grandes focos de consumo es una cuestión económica y política, pero para mitigar los efectos nocivos del transporte y la climatización es preciso un cambio de mentalidad, de conductas y de hábitos profundamente arraigados, lo cual sólo es posible a través de la concienciación ciudadana.

## En España se hallan muy extendidas las creencias erróneas sobre el cambio climático, como el pensar que es consecuencia del agujero en la capa de ozono o que la lluvia ácida es otra posible causa

La educación ambiental es básica en este proceso de concienciación ciudadana. Difícilmente puede erradicarse el mal si persiste el desconocimiento sobre las causas que lo provocan. Por ejemplo, según el estudio *La sociedad ante el cambio climático: conocimientos, valoraciones y comportamientos en la sociedad española*. (Fundación Mapfre, 2009), el 77% de los españoles cree que el sector industrial consume la mayor parte de la energía, por delante del transporte, que sólo es señalado por el 12,3% de los encuestados. Cuando, en realidad, este último sector, el transporte, tiene un consumo algo superior al industrial. El mismo estudio revela lo extendidas que se encuentran en la sociedad las creencias científicamente erróneas sobre el cambio climático, como el considerar que es consecuencia del agujero en la capa de ozono (opinión que comparte el 67,1% de los encuestados) o que la lluvia ácida es otra posible causa del mismo (53,6%). Tan sólo uno de cada cinco españoles sabe que los gases de efecto invernadero afectan al clima de la Tierra porque impiden que el calor escape de la atmósfera.

## Evolución de la actividad humana desde la revolución industrial





Tampoco, aunque se llame global, el calentamiento es responsabilidad de todo el mundo por igual –Estados Unidos y China generan ellos solos cerca del 40% de las emisiones de CO<sub>2</sub> mundiales–, ni las consecuencias que predicen los informes de los expertos (expansión del área de enfermedades infecciosas tropicales, inundaciones de terrenos costeros y ciudades, tormentas más intensas, extinción de incontables especies de plantas y animales, aumento de sequías...) van a afectar a todos de la misma manera.

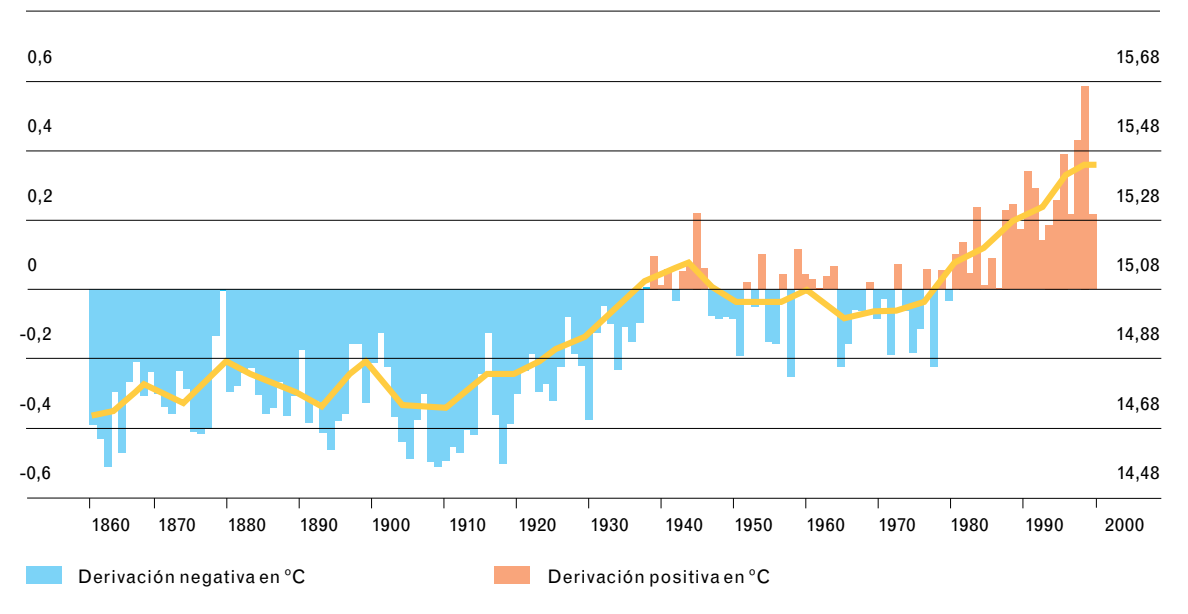
A este respecto, resultan muy reveladores los estudios del Eurobarómetro sobre cultura ambiental, que constatan que la opinión pública española se encuentra entre las más sensibilizadas dentro de la Unión Europea, con un 70% de encuestados que manifiesta su interés y preocupación, en contraste con el 50% de media en el conjunto de la Unión. También revelan que son los ciudadanos de los países del sur de Europa los más preocupados por el cambio climático y sus consecuencias, situándose prácticamente todos por encima de la media europea (Chipre, el 70%; Grecia, el 68%; Portugal, el 65%, Rumanía, el 64%; Italia, el 58%...), una tendencia que indica claramente una mayor sensibilidad asociada a la vulnerabilidad de los ecosistemas mediterráneos a las consecuencias anunciadas: desertificación, sequías, incendios forestales...

Por su posición latitudinal, sus particularidades climáticas y orográficas y su esquema de desarrollo socioeconómico, Andalucía es especialmente vulnerable a los cambios que se están produciendo y a los que se avecinan. Entre los efectos que la alteración del clima puede tener en la región, el informe del Panel Intergubernamental del Cambio Climático señala los siguientes: variación del rango de temperaturas, con incrementos de las medias y de la frecuencia de las extremas; multiplicación de los episodios de sequías, con restricciones cada vez



Carretera SE 520 en Alcalá de Guadaíra. Sevilla.

#### Tendencia de la temperatura global media de la superficie\*



más frecuentes de agua para uso urbano, agrícola y ganadero; pérdida de hidraulicidad y alteración de los ecosistemas fluviales por carencia continuada de caudal ecológico; expansión de las zonas áridas; caída del rendimiento agrícola; perjuicios al sector turístico por falta de confort climático; modificación del litoral; daños a la fauna marina, con disminución de capturas en la pesca; mayor riesgo de incendio de las masas boscosas; merma del patrimonio genético regional por disminución de la biodiversidad y alteración de la composición de los ecosistemas; quebranto de la salud humana y de la calidad de vida, con proliferación de patologías respiratorias (alergias, asma...), sumadas a los problemas causados por el deterioro de la calidad del aire en las zonas urbanas y limítrofes; e incremento del gasto para la reparación de daños por catástrofes.

El cambio climático no es el único problema que surge como consecuencia de nuestro modelo de consumo. Aunque se descubriera la fórmula mágica para hacer que la Tierra volviera rápidamente a las temperaturas de hace 50 años, esto no aliviaría los desvelos energéticos de la humanidad.

Hay otra circunstancia que limita, de forma no menos drástica y apremiante que el calentamiento global, el crecimiento exponencial de la demanda y del consumo de energía que se ha venido registrando en las últimas décadas: la incapacidad de la oferta mundial de fuentes convencionales para satisfacer las exigencias del mercado, lo cual provoca importantes desequilibrios en el suministro, con graves consecuencias para el bienestar social y la competitividad empresarial en las economías fuertemente dependientes de tales fuentes.

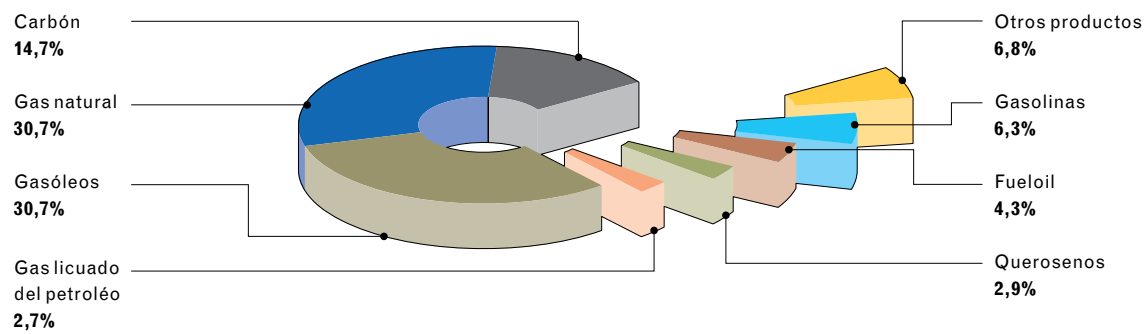
El ritmo del consumo mundial de petróleo y gas es muy superior al de la incorporación de reservas probadas. La Agencia Internacional de la Energía ha anunciado que los principales campos de producción de petróleo han sobrepasado

ya su máxima capacidad de suministro y ha alertado de la necesidad de buscar fuentes alternativas de suministro para hacer frente a la demanda de crudo. Según sus cálculos, el declive en la producción de petróleo en los campos existentes se ha acelerado hasta el 6,7% anual, frente al 3,7% estimado en 2007, y la producción en la mayor parte de los países ajenos a la Organización de Países Exportadores de Petróleo ha tocado techo, por lo que debe darse por concluida la época del petróleo barato. Es el famoso, temido y largamente anunciado *peak oil*, o cénit del petróleo, un escenario que implica economía de escasez y toda clase de dificultades para la ciudadanía. Entre otros cambios estructurales necesarios, estas dificultades sólo podrán ser mitigadas con una fuerte participación de las energías renovables en el sistema energético. La Agencia Internacional de la Energía ha advertido también que existe el “riesgo real” de que se produzca una crisis “catastrófica” en el suministro de petróleo después de 2010, cuando la demanda repunte a causa de la gradual recuperación económica mundial, pudiendo llegar a estrangular la misma. Los 147 dólares que alcanzó el precio del barril de petróleo en junio de 2008 fueron solamente un pequeño anticipo de lo que está por venir (ver tabla p. 148).

**Mucho antes de que la humanidad barruntara la posibilidad de alterar el clima del planeta con sus actividades o agotar algún recurso, ya había quienes sentían nostalgia de una vida más natural**

El calentamiento global y el agotamiento de las reservas son dos límites objetivos, dos barreras físicas que ponen coto al crecimiento desaforado de un sistema basado en los combustibles fósiles. Pero existe además un límite subjetivo: la conciencia ciudadana que se manifiesta en las naciones más desarrolladas. Podría pensarse que ésta es una secuela de aquéllos, mas lo cierto es que goza de una entidad propia y previa. Mucho antes de que la humanidad barruntara la posibilidad de llegar a alterar el clima del planeta con sus actividades o de agotar algún recurso, ya había quienes sentían nostalgia de una vida más natural y compartían la crítica rousseauiana de la civilización. Los estragos de la industrialización a troche y moche y las devastaciones de las guerras

**Emisiones de CO<sub>2</sub> por fuentes en Andalucía, 2008**



*Plataforma Solúcar de Abengoa. Instalaciones termoeléctricas de torre central. Sanlúcar la Mayor. Sevilla*



mundiales serían las sofocantes incubadoras donde acabaría de gestarse en las sociedades más avanzadas una conciencia de contención, de que es preciso ir más despacio, evaluar las consecuencias complejas de nuestros elevados crecimientos, no despilfarrar de la forma que se hace, reutilizar... En definitiva, un discurso de integración y renovabilidad.

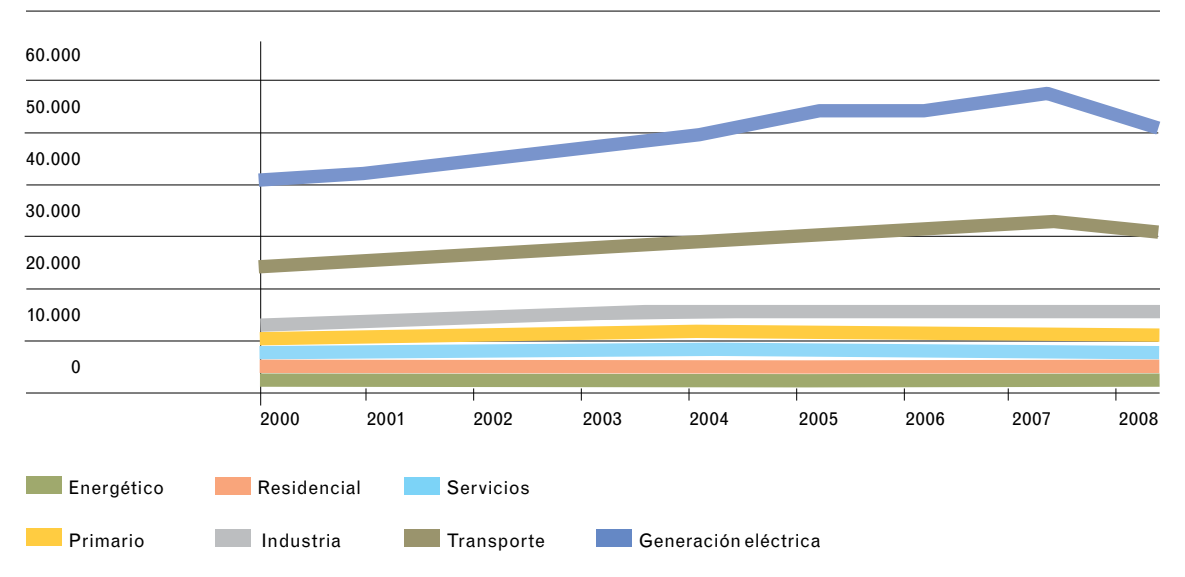
En 1968, cinco años antes de la crisis del petróleo, el pionero informático estadounidense Jay Wright Forrester, considerado el padre de la dinámica de sistemas, se reunía en Roma con otras 34 personalidades –científicos, economistas, políticos...– para hablar del impacto del hombre sobre el planeta. Al poco nacía el Club de Roma con el propósito de analizar los grandes procesos y fenómenos que atañen a la humanidad para su desarrollo equilibrado y su supervivencia, así como la divulgación y la concienciación sobre los grandes temas y retos a los que ha de enfrentarse para lograr los anteriores objetivos. La primera y más dramática conclusión de los estudios auspiciados por el Club de Roma fue que “en un planeta limitado no es posible un continuo crecimiento económico”. La limitación de los recursos naturales y de la capacidad de la Tierra para absorber la contaminación y regenerarse haría derrumbarse antes o después todo el sistema. El Club de Roma fue la primera expresión concreta, lúcida e influyente de una conciencia ciudadana –no tan nueva, después de todo–, que en las décadas siguientes se manifestaría de formas muy diversas: en el surgimiento y expansión de los grupos ecologistas, en la presión ciudadana a favor de determinadas políticas, en las movilizaciones populares en contra de los efectos locales de actividades industriales contaminantes, en la aparición de movimientos con principios de renovabilidad y equilibrio, en la presencia cada vez mayor de todos estos asuntos en los medios de comunicación...

Todos estos factores –cambio climático, agotamiento de reservas y conciencia ciudadana– obligan a replantearse el actual modelo de suministro y consumo de energía, a todas luces insostenible, empezando por establecer objetivos de



Acceso viario congestionado en el área de Sevilla.

### Evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> por sectores en Andalucía Miles de toneladas de CO<sub>2</sub>



ahorro y reducción de emisiones. Así, en octubre de 2006, la Comisión Europea adoptó el Plan de Acción sobre Eficiencia Energética, con el propósito de que la Unión reduzca el uso de energía primaria global en un 20% para 2020. Y en enero de 2007, en la comunicación *Una política energética para Europa*, propuso reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 20%, como mínimo, con respecto a 1990, ampliar el porcentaje de energías renovables en la estructura de energía primaria al 20% y situar el consumo de renovables en el transporte en un 10%, todo ello con la vista puesta en el año 2020.

También para ese mismo año, España se ha comprometido, en el marco del Protocolo de Kioto, a no incrementar más de un 15% sus emisiones de gases de efecto invernadero, tomando como referencia las de 1990. Este objetivo, que hasta hace poco parecía ilusorio, pues el aumento anual de las emisiones llegaba a triplicar tal porcentaje –en 2005 se habían incrementado un 52,2% respecto al año base–, parece ahora más real gracias a la fuerte reducción de las emisiones del sector eléctrico por el auge de la generación eólica y del ciclo combinado, al descenso de la intensidad energética (relación entre el consumo de energía y el producto interior bruto) y también a la lógica disminución de la actividad industrial y del transporte en tiempos de crisis.

Por su parte, la Junta de Andalucía adoptó en 2002 la Estrategia Autonómica ante el Cambio Climático. Y en el Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética, aprobado en noviembre de 2007, se fijaron unos ambiciosos objetivos para el año 2013: alcanzar un ahorro equivalente al 8% de la energía primaria respecto a 2006, reducir la intensidad energética primaria un 1%, disminuir las emisiones de dióxido de carbono por unidad de generación eléctrica un 20%, contar con un aporte de las fuentes de energía renovable a la estructura de energía primaria del 18,3% y situar el consumo de biocarburantes respecto al consumo total de gasolinas y de gasóleos en el transporte en el 8,5%, entre otros (ver esquema p. 147).



# LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA: PARA TODOS Y PARA UNO

**En los manuales al uso sobre energías renovables suelen clasificarse las tecnologías en función de las fuentes (solares, eólicas, hidráulicas...), sin tener demasiado en cuenta si el destino de la electricidad producida por una célula fotovoltaica o del calor que genera una caldera de biomasa es un hogar o un millar de ellos, la autosuficiencia o el mercado.**

**Pero éste es un matiz importante** dentro de la nueva cultura energética, donde la tecnología debe combinar su capacidad para atender las necesidades de un sistema centralizado de producción a gran escala con la resolución de las exigencias de buen funcionamiento de tecnologías que gestionen, de forma austera y diversificada, los recursos territoriales, empezando por los que cada individuo o colectividad tiene más a mano. La tecnología de uso y generación doméstica o local importa tanto, si no más, que las grandes redes que garantizan abastecimiento, calidad y prestaciones. Desde este punto de vista, hay que considerar dos grupos de tecnologías conectadas entre sí: las de autosuficiencia y las orientadas a la comercialización de energía. Dentro de éste último, se pueden distinguir, a su vez, dos subgrupos: las tecnologías que producen combustibles para calefacción/uso térmico y para transporte y las que generan electricidad para ser distribuida a la red.

Las tecnologías de autosuficiencia, aquéllas que permiten autoabastecerse de energía, tienen en el uso térmico de la biomasa, para cocinar y calentarse, su fundamento más antiguo y notorio. El calor producido por la combustión de la madera, los residuos agrícolas y el estiércol fue la principal fuente de energía en el pasado y todavía sigue siéndolo en la actualidad para la mitad de la humanidad, la menos desarrollada, llegando a satisfacer el 60% de las necesidades energéticas en el continente africano y el 30% en el asiático.

Las calderas de biomasa son una tecnología idónea para las industrias, al usar como combustible los residuos generados en los procesos productivos. Andalucía cuenta con una tradición muy significativa de generación de energía térmica con biomasa, asociada sobre todo a la industria oleícola. El consumo de biomasa para usos térmicos en 2008 fue de 613 ktep (kilotoneladas equivalentes de petróleo), un 8,8% más que en 2007.

Pero las calderas de biomasa también están ganando poco a poco terreno a las convencionales como sistema de calefacción en viviendas, comunidades de vecinos, hoteles, colegios, polideportivos..., así como en redes de climatización (calor y frío) compartidas en urbanizaciones, polígonos industriales y distritos.



Pueden ser de instalación más costosa, pero también más respetuosas con el medio ambiente (CO<sub>2</sub> neutro) y, a la larga, rentables, pues queman leña, astillas y pellets (pastillas de madera molida y prensada), que cuestan bastante menos que los combustibles fósiles: alrededor de un 30% y un 15% menos que el gasoil y el gas natural, respectivamente, diferencia que crecerá a medida que éstos se vayan agotando. También pueden utilizar cáscaras de frutos secos –almendras, piñones... – y huesos de aceituna, una opción ésta última sumamente interesante en Andalucía, donde cada año se generan 22.500 toneladas procedentes del deshuesado en las industrias de aderezo y 370.000 del proceso de obtención de aceite de oliva. El hueso es un combustible de unas características excelentes: elevada densidad, humedad en torno al 15%, granulometría muy uniforme, poder calorífico de 4.500 kilocalorías por kilogramo –similar al de los pellets– y precio considerablemente menor que el de otros combustibles de parecidas prestaciones. La tecnología ha experimentado un gran avance, existiendo en la actualidad equipos de biomasa con muy alto rendimiento y bajos niveles de emisiones.

Una instalación emblemática en Andalucía por su tecnología y por ser pionera en el sector es la del Parque Científico y Tecnológico Geolit, en el municipio jienense de Mengíbar, que dispone de un sistema de climatización centralizada que suministra calor y frío con biomasa procedente de los restos del olivar. La distribución de calor se efectúa a través de una red de tuberías con una longitud total de cuatro kilómetros. Para la generación de calor se utilizan dos calderas de biomasa con una potencia de 6.000 kW, mientras que para la producción de frío se emplean dos máquinas de absorción de 4.000 y 2.000 kW. Además, el parque cuenta con una instalación de energía solar fotovoltaica que aprovecha las cubiertas del aparcamiento central para emplazar sus 1.760 paneles de captación. La potencia total instalada es de 284,4 kW-pico.

Otra realización destacable es la piscina municipal cubierta de Puente Genil, en la provincia de Córdoba, un edificio que integra arquitectura bioclimática y energías renovables: biomasa y solar. La instalación de biomasa consta de tres calderas de 100 kW cada una, de alto rendimiento y bajas emisiones, que se alimentan con hueso de aceituna. Y la solar, de una superficie de 120 metros



Sistema de climatización centralizada de biomasa. Parque Científico- Tecnológico Geolit en Mengíbar. Jaén.



Climatización con biomasa. Piscina cubierta en Puente Genil. Córdoba.

cuadrados de paneles térmicos. Ésta última proporciona el 74% del agua caliente sanitaria y el 12% de la energía necesaria para calentar los vasos. Del resto, incluida la calefacción, se ocupan las calderas. El diseño general de los edificios es energéticamente pasivo (utilización de luz natural, de la ventilación natural y resto de condicionantes “medioambientales”) y flexible (adaptándose a los cambios climáticos diarios y estacionales, y a los posibles cambios de uso).

Entre las iniciativas privadas, cabe destacar dos hoteles, La Bobadilla en Loja (Granada) y el hotel Sierra de Cazorla de La Iruela (Jaén), donde hay instaladas dos calderas de biomasa de 400 kW, que utilizan hueso de aceituna para aportar agua caliente sanitaria y calefacción al hotel y a un spa anexo.

Mucho más desarrolladas que la biomasa, y ya plenamente integradas en el paisaje de la autosuficiencia, se hallan las tecnologías solares: la térmica y la fotovoltaica. Los paneles solares térmicos se están haciendo dueños de los tejados y las terrazas de nuestro país, en parte porque su instalación en las nuevas construcciones es obligatoria por ley desde marzo de 2006, pero también porque son dispositivos realmente eficaces y sencillos: la luz del sol calienta en su interior un fluido (agua, aire u otros) que es utilizado directamente, o bien que cede su calor a través de un intercambiador al agua de un depósito. Así se obtiene agua caliente para usos sanitarios, para apoyar a la calefacción –pudiendo incluso llegar a ser innecesaria la utilización de una caldera, en ciertos sistemas– o para climatizar piscinas. Al margen de sus empleos domésticos, esta tecnología ha demostrado ser muy apropiada para industrias con gran consumo de agua caliente, campings, hoteles, hospitales, lavaderos de vehículos... La mayor limitación que siempre ha tenido, que no en todos los momentos y lugares hay suficiente radiación solar, la han solventado los paneles termodinámicos, que en vez de los fluidos habituales utilizan un refrigerante, cuya temperatura oscila entre -5 y -15 grados centígrados. El funcionamiento de este sistema se basa en el ciclo de Carnot, esto es, en aprovechar las diferencias de temperatura entre dos fuentes. El refrigerante, inicialmente en estado líquido, circula por los paneles, donde el calor de las radiaciones solares, de la lluvia, del viento o, simplemente, del ambiente, hace que se gasifique. En este estado pasa a un



Izquierda y derecha Paneles solares sobre cubierta en Algarrobo. Málaga.

bloque termodinámico, donde un compresor eleva su temperatura a unos 110 o 120 grados centígrados mediante presión, calor que es transmitido al circuito del agua (para uso sanitario o calefacción) a través de un intercambiador. Se trata, pues, de una tecnología mixta entre la solar térmica y la bomba de calor, que funciona tanto los días despejados como los nublados, incluso durante la noche, si la temperatura es lo suficientemente elevada.

Andalucía es la primera comunidad autónoma de España en instalaciones solares térmicas, con una superficie de captación de más de medio millón de metros cuadrados, suficiente para abastecer de agua caliente a más de 200.000 hogares. La región está experimentando también un rápido crecimiento en instalaciones fotovoltaicas aisladas de la red, superior a los 500 kW-pico al año, disponiendo en la actualidad de una potencia de más de 7 MW. Esta otra tecnología, la fotovoltaica, convierte directamente la energía solar en electricidad aprovechando la capacidad que tienen ciertos materiales semiconductores de absorber fotones y liberar electrones, por lo cual resulta particularmente útil allí donde no hay acceso a la red: casas de campo, bombas de agua para riego o para abrevaderos, instalaciones de telecomunicaciones, señalización e iluminación de carreteras... Sus inconvenientes son el elevado coste del silicio monocristalino que constituye la materia prima de la mayoría de las células solares y el bajo rendimiento de éstas: entre un 13 y un 25%. Ello ha impulsado el desarrollo de las células de segunda generación, células de película delgada (*thin film*) en las que se usa tan sólo un 1% de material semiconductor en comparación con las clásicas obleas de silicio, obteniendo rendimientos bajos, pero con muchas posibilidades de integración arquitectónica. Estas nuevas células están compuestas de materiales como el silicio amorfo, el diselenio de cobre e indio o el telurio de cadmio, y algunas de ellas son útiles para aplicaciones arquitectónicas, como módulos semitransparentes para ventanas. Tras éstas llegarán las células de tercera generación, que se espera ofrezcan un rendimiento un 50% superior, con costes más bajos. De hecho, los paneles convencionales ya están registrando un descenso muy acusado de los precios.

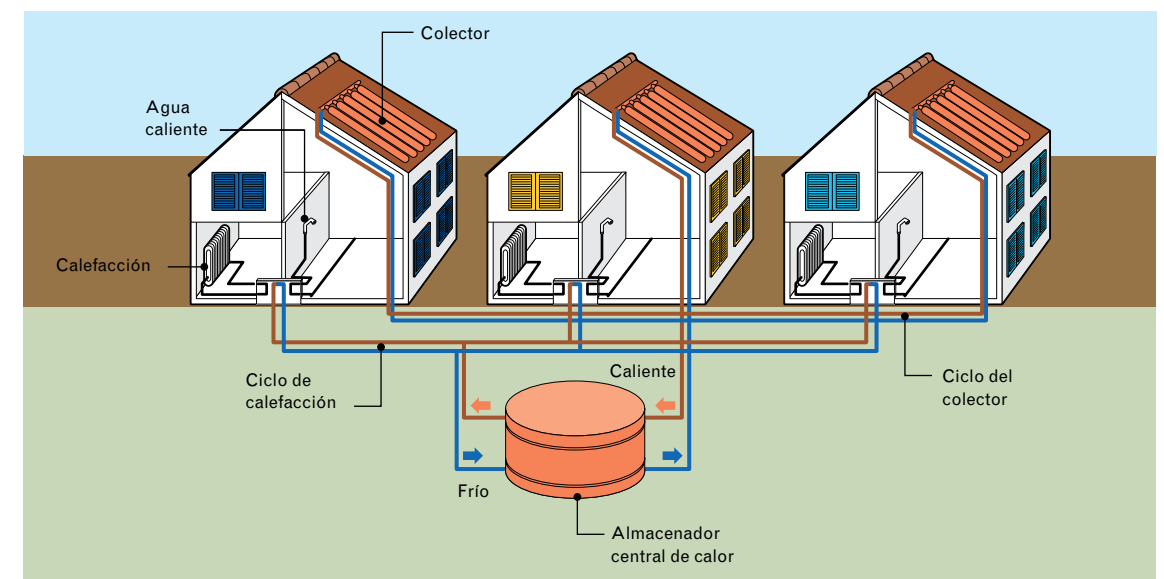
Otra tecnología que responde al principio del autoabastecimiento es la cogeneración; es decir, sistemas que proporcionan simultáneamente energía eléctrica y térmica. La cogeneración resulta apropiada para viviendas aisladas, pero más

aún para distritos o grandes edificios en los que el calor puede emplearse para obtener agua caliente sanitaria; una opción excelente, pues, para centros comerciales, ciudades universitarias, plantas industriales, hospitales, aeropuertos... Además es una tecnología muy eficiente, ya que aprovecha el calor residual que se desprende durante el proceso de generación de electricidad. El rendimiento de una de estas instalaciones ronda el 85%, mientras que en la producción tradicional de electricidad oscila entre el 55% del ciclo combinado y el 35% de las centrales térmicas menos eficientes.

La tecnología eólica se adapta bien asimismo a las necesidades domésticas. Los pequeños aerogeneradores, con potencias de 400 W a 3,2 kW, que aprovechan vientos de baja intensidad, son una buena alternativa para generar electricidad en puntos sin acceso a la red; solos o combinados con instalaciones fotovoltaicas, puesto que las condiciones meteorológicas que requieren ambas tecnologías son complementarias. Al igual que también ofrece buenos resultados, probados comercialmente, la climatización con bombas de calor geotérmicas, que aprovechan las inercias térmicas terrestres o de las masas de agua, con ahorros de hasta un 75% respecto a los sistemas convencionales. A pesar de que en España es aún una tecnología poco conocida y utilizada, en el resto de la Comunidad Europea se instalan anualmente más de 100.000 unidades.

Tampoco hay que olvidar que a la autosuficiencia contribuyen, en no menor medida que el sabio empleo de los recursos disponibles, el diseño urbanístico adaptado al territorio y la edificación bioclimática. Las tecnologías renovables deben asociarse, pues, con la búsqueda de la máxima eficiencia energética en las construcciones, empezando por las soluciones tradicionales, en las que Andalucía es pródiga: patios interiores, fachadas blancas reflectantes, pocas ventanas abiertas al sur... Y asociarse también con la revalorización de la ciudad

#### Esquema de instalación solar colectiva para calentamiento de agua en viviendas





compacta frente a la difusa, depredadora del territorio, multiplicadora del consumo energético doméstico y esclava del vehículo privado. Una ciudad en la que los aprovechamientos energéticos de microdistribución palien las seculares deficiencias de las redes centralizadas de producción y transporte (pérdidas, sobrecargas, contaminación...), en la que se universalice el uso del transporte público y se favorezcan al máximo los desplazamientos en medios de locomoción no motorizados. Un lugar dominado por las nuevas tecnologías, sí, pero también por los paseantes, las bicicletas y el orgullo de lo bien hecho, que es uno de los más viejos combustibles que se conocen.

Hay un segundo grupo, decíamos, de tecnologías renovables: el de las que producen materiales energéticos para la combustión. Aquí la biomasa vuelve a ser protagonista. Los restos de madera procedentes de aserraderos, de la poda del olivar y del mantenimiento y limpieza de los montes se valorizan mediante procesos de densificación, fabricando pellets o briquetas. Los pellets son pequeños cilindros de unos 3 centímetros de longitud y 0,5 de diámetro, mientras que las briquetas tienen 25 centímetros de longitud y 10 de anchura, siendo combustibles muy adecuados para el sector doméstico y residencial. Los pellets tienen la ventaja de poder ofrecer un combustible normalizado, de características constantes, de fácil almacenamiento y manejo, que puede incluso transportarse de forma neumática. Se comercializan tanto en sacos de 15 kilos como en *big-bags* o a granel. Andalucía es la primera región de España en producción de pellets, con seis plantas de fabricación, ubicadas dos de ellas en la provincia de Córdoba, tres en la de Jaén, y una en la de Granada que producen 44.000 tep. Además, se encuentran actualmente en fase de promoción otras cuatro plantas de fabricación de pellets en las provincias de Almería, Granada, Jaén y Sevilla, respectivamente, con una capacidad de producción de 4.880 tep (ver tablas p. 152 y 153).

Mayor expectación que los pellets despiertan, como es lógico, los biocarburantes, combustibles líquidos de origen biológico que, por sus características fisicoquímicas, resultan adecuados para sustituir a la gasolina o al gasóleo en la automoción, bien sea de manera total, en mezcla con éstos o como aditivo. Actualmente se pueden hallar dos grandes tipos de biocarburantes: el bioetanol –procedente, fundamentalmente, de cultivos alcoholígenos como la remolacha, la caña de azúcar, la patata, el sorgo, la cebada y el trigo–, que sustituye a la gasolina, y el biodiésel –obtenido a partir de cultivos oleaginosos como el girasol, la colza, la soja y la palma–, que se puede usar en lugar del gasóleo.

España es el país de la Comunidad Europea donde más rápidamente ha crecido el consumo de biocombustibles en el transporte, debido en gran parte a que gozan de fiscalidad cero y a que es obligatorio que los carburantes convencionales incorporen un cierto porcentaje de ellos: para 2009 se estableció un 3,4%; para 2010, un 5,8%. Sólo Alemania y Francia superan el consumo total español de biodiésel y bioetanol. En Andalucía, el consumo de biocombustibles se duplica de un año para otro, lo que parece garantizar el cumplimiento del objetivo fijado para 2013 –un 8,5%– en el Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética. El mismo documento señala que “los esfuerzos en innovación se deberán centrar

en las tecnologías de segunda generación, propiciando así un uso más extenso e indiscriminado de biomasa para la fabricación de biocarburantes, un coste de producción inferior y un balance energético-ambiental más positivo que el actual”. Y es que, a día de hoy, la relación energética y económica entre unidad consumida y unidad producida resulta poco atractiva en algunos procesos. Los biocombustibles de segunda generación no se limitarán a aprovechar solamente las partes de las plantas más ricas en aceites o azúcares –las semillas, sobre todo–, sino también los tallos y las hojas. Y al usar otras materias primas distintas a las actuales, como pueden ser los residuos forestales, la basura doméstica o las algas, no entrarán en conflicto con la alimentación humana.

El tercer grupo de tecnologías renovables, según la clasificación que proponíamos al principio, es el de aquellas instalaciones que producen electricidad para su comercialización en la red. Entre todas ellas, destaca la eólica por su meteóri-

## Los biocombustibles de segunda generación aprovechan todas las partes de las plantas, no sólo las semillas, así como otras materias primas: residuos forestales, basura doméstica, algas...

co desarrollo. De las rudimentarias máquinas de menos de 300 kW de potencia y un 10% de rendimiento de hace un par de décadas, se ha pasado a los modernos aerogeneradores de 3.000 kW con rendimientos del 45%. Los emplazamientos de parques eólicos con más de 2.500 horas de producción energética al año ya son rentables, en el marco de los actuales precios de la energía . (ver mapa p. 151)

Aún así, la eólica es una tecnología que aún está lejos de alcanzar su techo, pues tiene numerosos aspectos en los que madurar –empezando por su gestionabilidad para adaptarse mejor al sistema eléctrico– y en los que innovar: sistemas de transmisión directa, operación a velocidad variable, control de paso individualizado para cada pala, bajas velocidades de arranque... Otro campo de gran desarrollo tecnológico va a ser el de los parques eólicos *offshore*, a fin de aprovechar la mayor intensidad y constancia de los vientos que soplan en alta mar.

España, donde la energía eólica crece a ritmos sin parangón en el resto de Europa, fabrica el 20% de los aerogeneradores que se venden en el mundo y es la tercera nación en potencia instalada, después de Estados Unidos y Alemania. Más del 13% de la energía eléctrica del país se extrae del viento, aunque hay días en que esta fuente llega a cubrir por sí sola el 25% de la producción total de electricidad, con picos a determinadas horas superiores al 40%. Andalucía es la cuarta comunidad en capacidad instalada de generación eólica, por detrás de las dos Castillas y de Galicia, pero su tasa de crecimiento es superior a la del resto –en 2007, 2008 y 2009 fue la que más MW de nueva potencia eólica conectó a la red– por lo que también puede considerarse líder en este campo(ver p. 156).

Donde el liderazgo andaluz no admite matices es en la producción de energía eléctrica a partir de biomasa, con 17 plantas que suman 189,4 MW, el 42% del total español, lo que supone electricidad anual para más de 246.300 viviendas.



Izquierda y derecha *Producción de energía eléctrica. Bioenergía Santa María S.A. Lucena. Córdoba.*

Estas plantas usan como combustible orujo, orujillo, madera y restos de invernadero. Disponer de materia prima de manera constante y homogénea es la mayor dificultad que entraña el proceso. Por eso, la mayor parte de las plantas se asocian a residuos generados en industrias, como las oleícolas y las papeleras, o al abastecimiento a partir de cultivos. Por lo demás, la tecnología es similar a la que se utiliza para la producción de calor (una caldera), con la adición de una turbina de vapor para generar energía eléctrica. También puede obtenerse ésta a partir de la biomasa aprovechando el calor generado en otro proceso industrial (cogeneración) o incorporándola a la producción convencional (co-combustión) de electricidad, sustituyendo el combustible fósil (carbón) por uno renovable, y con otras tecnologías de menor implantación: la pirólisis (combustión incompleta sin oxígeno, a unos 500 grados centígrados, a través de la que se logra carbón vegetal y se libera un gas pobre) y la gasificación (inyección de oxígeno y vapor a alta temperatura, entre 800 y 1.200 grados, para generar un gas de poder calorífico medio) ver mapa p. 151.

Aunque más reducida, la producción de electricidad y el aprovechamiento térmico a partir de biogás también va cobrando importancia. España es el cuarto país de Europa en este apartado, por detrás de Alemania, Reino Unido e Italia. En Andalucía hay 14 plantas de biogás, que aportan 18,7 MW. El biogás, que básicamente es metano y dióxido de carbono, se extrae de combustibles líquidos procedentes de depósitos de residuos sólidos urbanos, aguas y lodos de estaciones depuradoras y puede ser destinado a su combustión directa en calderas para obtener energía térmica, en motores de cogeneración para producir electricidad y calor o a redes de transporte de gas natural. Se consigue a través de un proceso de digestión anaerobia de la materia orgánica realizado por bacterias mediante la fermentación. Los sistemas de co-digestión, que permiten aumentar la producción de biogás mezclando residuos ganaderos y agroindustriales (de las industrias aceitera, láctea y hortofrutícola, de mataderos y procesadoras de pescado, de cultivos energéticos...), son el porvenir de esta tecnología.

Las instalaciones fotovoltaicas que tienen como objetivo suministrar la electricidad generada a la red, emplazadas en las cubiertas de edificios o en el suelo (huertos solares), han registrado un crecimiento explosivo en todo el mundo y, señaladamente, en España, donde han gozado de una política de retribución

muy favorable, la cual ha tenido que ser modificada una vez superados los objetivos de impulso al despegue de la tecnología y al aglomerado empresarial ligado a esta tecnología. España es líder mundial en potencia fotovoltaica per cápita y en cobertura de la demanda de electricidad con esta tecnología, que proporciona un 1,5% del total. La potencia conectada a la red pasó de 165 MW en enero de 2007, a 767 MW en el mismo mes de 2008 y a 3.207 MW a principios de 2009. Andalucía, la segunda comunidad en el *ranking* fotovoltaico después de Castilla-La Mancha, cuenta con más de 664 MW, suficientes para abastecer a unas 796.000 personas. Ninguna otra región, sin embargo, la supera en velocidad de crecimiento, pues ha multiplicado por más de 40 la potencia que tenía en 2006 (15,4 MW). En cualquier caso, no hay que perder de vista que la fotovoltaica es una tecnología que se encuentra todavía en un nivel de maduración insuficiente, tanto por lo que respecta a su capacidad de aprovechamiento como a su tasa de retorno energético (ver mapa p. 151 y 155).

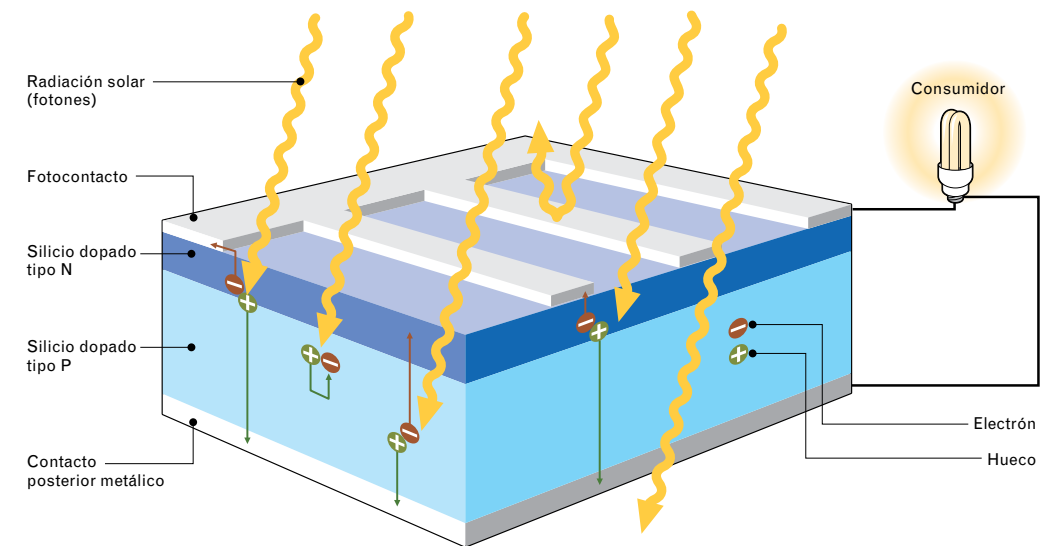
Andalucía puede presumir también de ser la primera región de Europa en la que se han implementado proyectos comerciales de centrales termoeléctricas de concentración solar y la única donde ya existen en funcionamiento centrales con tecnología de concentración de torre con heliostatos planos: concretamente, las plantas PS 10 y PS 20, en la localidad sevillana de Sanlúcar la Mayor, que suman una potencia de 31 MW. A esta cifra hay que añadirle los 100 MW de las centrales de colectores cilindro-parabólicos y con almacenamiento mediante sales fundidas Andasol I y Andasol II, situadas en Aldeire (Granada).

Las centrales termoeléctricas usan espejos de diversas formas y tamaños para concentrar los rayos solares en un receptor puntual o lineal, donde un fluido se calienta a suficiente temperatura como para producir electricidad mediante turbinas de vapor o mediante motores Stirling. Existen tres tecnologías principales. La más extendida es la de las centrales de colectores cilindro-parabólicos, en las que el campo solar lo constituyen filas paralelas de colectores compuestos por un espejo de dicha forma (como un canal), dotado de un sistema de seguimiento solar, que refleja la radiación, concentrándola en un tubo receptor



Colector solar cilíndrico en Granada.

## Estructura y proceso de una célula solar



que se encuentra en la línea focal de la parábola. Es una concentración en dos dimensiones, que produce un calentamiento del fluido de hasta 400 grados centígrados. Le siguen en implantación los sistemas de receptor central o de torre, que consisten en un campo de heliostatos (grupos de espejos) que rastrean la posición del Sol en todo momento (elevación y acimut) y orientan el rayo reflejado hacia un foco situado en la parte superior de una torre. Realizan una concentración en tres dimensiones, con temperaturas de más de 500 grados. Y, en tercer lugar, están las centrales de discos parabólicos, con un receptor (o varios) que concentra los rayos en el foco del paraboloide y un sistema de generación eléctrica. La concentración es también de tres dimensiones y la temperatura del fluido supera los 700 grados.

Independientemente de la tecnología que utilicen, las centrales termoeléctricas han de contar con módulos complementarios de producción de energía a partir de otras fuentes, como gas natural o biomasa, para mantener su actividad en momentos de falta de radiación, y con sistemas de almacenamiento –en tanques de agua/vapor o de sales fundidas– para poder hacer frente a las subidas y caídas de la demanda de electricidad.

Además de las centrales termosolares arriba mencionadas, en Andalucía hay otros 12 proyectos en construcción: siete en la provincia de Sevilla (Sanlúcar la Mayor, Lebrija y Fuentes de Andalucía), dos en la de Córdoba (Palma del Río), dos en la de Cádiz (San José del Valle) y una en la de Granada (Aldeire), que sumarán una potencia total de 566,8 MW. Y detrás de todas estas centrales (en marcha y en ciernes), una instalación científica donde, desde principios de los 80, se desarrollan las investigaciones más avanzadas del mundo en materia de tecnología termosolar. Nos referimos a la Plataforma Solar de Almería, una planta experimental propiedad del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales



Izquierda y derecha Abengoa PS10. Primera torre solar termoeléctrica instalada en el mundo. Sanlúcar la Mayor. Sevilla.

y Tecnológicas (Ciemat), situada en el desierto de Tabernas, cuyos ensayos pioneros pusieron de manifiesto hace ya varias décadas lo que parecía increíble y hoy nadie cuestiona: que las termoeléctricas eran viables y que las empresas españolas tenían la capacidad tecnológica suficiente para desarrollarlas.

Tecnologías casi de ciencia-ficción, como las solares, conviven en el paisaje de las renovables con otras ya clásicas, como la minihidráulica. Las pequeñas hidroeléctricas escondidas en las gargantas de las sierras no son tan mediáticas como una planta de concentración solar, con una torre de 160 metros iluminada por 1.255 helióstatos, cual la PS 20, o como un parque eólico asomado al estrecho de Gibraltar, pero estas pequeñas centrales hidráulicas son un complemento saludable del sistema eléctrico nacional que permite, por ejemplo, garantizar el suministro cuando se producen los picos de demanda. España es el tercer país de Europa en aprovechamientos hidráulicos de menos de 10 MW y Andalucía una de las regiones donde mayor desarrollo tienen, después de Castilla y León, Cataluña y Galicia (ver mapa p. 151).

Tecnologías que conviven y que, en ocasiones, se hibridan para suplir sus carencias, aprovechar sinergias y adaptarse mejor al territorio y a las demandas energéticas. Un buen ejemplo de ello son las plantas híbridas de ciclo combinado-solar de concentración. Su funcionamiento es similar al de una central de ciclo combinado convencional. El combustible –preferiblemente, gas natural– se quema como siempre en la cámara de combustión de la turbina de gas. La novedad es que a los gases de escape que se dirigen al recuperador de calor, se les añade el calor proveniente del campo solar, obteniendo un aumento en la capacidad de generación de vapor y, en consecuencia, un incremento de producción de electricidad en la turbina de vapor. Producción que alcanza su máximo en las horas de mayor radiación solar, lo cual es de gran interés en países como el nuestro, donde los picos de demanda más altos se registran en los tórridos y soleados mediodías de verano, por el uso generalizado del aire acondicionado.

Para Andalucía se ha propuesto como opción idónea una central híbrida con el Sol como fuente principal de energía primaria (solar de concentración), la biomasa como fuente complementaria almacenable y el gas natural como ajuste



adicional para cubrir los posibles fallos de suministro y mejorar el rendimiento del conjunto. Pero Andalucía es muy diversa y forzosamente han de serlo también las soluciones. Por suerte, la flexibilidad de las instalaciones de energías renovables permite casi cualquier asociación entre ellas: eólica con fotovoltaica, biogás con hidroeléctrica, sistemas solares térmicos con máquina de absorción, combinaciones con aprovechamientos geotérmicos como focos fríos en máquinas de absorción e, incluso, como sugieren los más visionarios, la eólica marina compartiendo infraestructuras con la energía mareomotriz. Las redes inteligentes van a permitir optimizar recursos y oportunidades de los recursos renovables, pero también van a mejorar las soluciones de hibridación donde los recursos convencionales no renovables aportan estabilidad y calidad al sistema energético. El futuro deseable a medio plazo estará compuesto por una combinación de recursos renovables y no renovables que incorpore los beneficios de ambos tipos de recursos.

Todas estas tecnologías, más las de cogeneración que producen electricidad para la red, reciben un trato preferencial en España. Es el régimen especial que ampara a todas las renovables excepto a las hidroeléctricas de más de 10 MW, que aún siéndolo, no se consideran tales a estos efectos. La política de fomento de estas instalaciones ha obtenido espectaculares resultados, tanto por el desarrollo tecnológico que han alcanzado las mismas, como por sus niveles y ritmos de implantación, impensables sin el estímulo de primas y retribuciones tarifarias ventajosas.

En virtud de este tratamiento singular, refrendado a lo largo de los años en más de 30 leyes distintas, las empresas eléctricas distribuidoras están obligadas a adquirir toda la electricidad que se produzca en instalaciones acogidas al régimen especial y la Comisión Nacional de Energía está encargada, desde 2009, de gestionar esta retribución. Esta política se justifica por la conveniencia de



Presa del Carpio. Córdoba.



Parque eólico en Tahivilla, Tarifa. Cádiz.

apoyar los primeros momentos de desarrollo tecnológico (cuando la curva de aprendizaje tiene una mayor pendiente) de las empresas productoras de componentes, de las que explotan instalaciones y de las que se ocupan del mantenimiento, optimización y conservación de las mismas. Según se consolida la tecnología (y la curva de aprendizaje se hace más llana y andadera), las primas van decreciendo, lo cual, a su vez, es un estímulo para lograr un rendimiento superior y una mayor eficacia en los procesos.

España, en general, y Andalucía, en particular, han obtenido llamativos resultados en su empeño en promover el aprovechamiento de sus recursos renovables: eólico, solar y biomasa. No obstante, es preciso ajustar algunas medidas para que los resultados se correspondan mejor con los costes y los esfuerzos generales que comportan (ver gráfico p. 167).

**La flexibilidad de las instalaciones de energías renovables permite casi cualquier asociación entre ellas: eólica con fotovoltaica, biogás con hidroeléctrica, solar térmica con máquina de absorción...**

El sistema eléctrico ha experimentado una convulsión en su estructura. La aportación de las energías renovables ha transformado la composición de sus proveedores, lo cual ha supuesto unas nuevas exigencias en el desarrollo de la red eléctrica y en sus sistemas de gestión. Tras este primer impulso es preciso estabilizar el sistema eléctrico en un escenario de continuo incremento de la aportación de renovables para cumplir con el objetivo del 20% en el año 2020. Además, las fuentes energéticas de origen fósil irán reduciendo su competitividad a medida que se encarezcan los derechos de emisión y las dificultades derivadas de la disminución de los recursos no renovables.





# LAS INICIATIVAS EMPRESARIALES

**Para lograr que se desencadene la transformación del sistema energético, pasando de un modelo abierto insostenible a otro mucho más equilibrado y duradero, son imprescindibles las iniciativas empresariales en el ámbito de la renovabilidad y la incorporación a las mismas de personas emprendedoras, científicos, técnicos y gestores. En Andalucía hay oportunidades y hay iniciativas.**

**Andalucía dispone, como hemos visto, de abundantes** recursos renovables, destacando su potencial solar –el mayor de España–, eólico –sobre todo, en la mitad sur y oriental– y de biomasa –por la gran cantidad de residuos agrícolas que se generan en la región–. También hemos constatado que se ha producido un aumento exponencial de la demanda y del consumo de energía, vinculado a varios fenómenos particulares, como la proliferación de viviendas vacacionales y la inmigración climática, lo cual nos ha llevado a una situación de excesiva dependencia energética del exterior. Si a ello unimos la necesidad imperiosa (o la gran oportunidad, según se mire) que hoy se nos plantea de buscar soluciones energéticas no desequilibrantes, convendremos en que lo que hace falta son numerosas iniciativas capaces de conjugar financiación, innovación, tecnología, técnicos y trabajadores diversos, con la habilidad organizativa para crear empresas viables y estables que hagan realidad el potencial andaluz.

Al abordar la cuestión de las iniciativas empresariales, es preciso hacer la misma distinción que planteamos al tratar de las instalaciones de energías renovables; es decir, diferenciar entre aquéllas que se orientan a la comercialización de energía y aquellas otras cuyo objetivo es la autosuficiencia. La primera fase de la implantación de renovables ha sido protagonizada por las grandes instalaciones generadoras de energía eléctrica con destino a la red general de distribución, mientras que en una segunda fase van a cobrar mayor relevancia las instalaciones de autosuficiencia basadas en renovables, que serán capaces de reducir de forma significativa las demandas sobre la red, tanto sobre el sistema y la red de energía eléctrica, como sobre el sistema de aprovisionamiento de energía para transporte (ferrocarril, autobuses, camiones, coches...).

En el ámbito de la producción para la red, la Agencia Andaluza de la Energía estima que, de cumplirse los objetivos del Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética, se van a crear entre 2007 y 2013 un total de 112.000 empleos: 62.000 para los procesos de implantación, incluyendo la producción de las máquinas, y 50.000 estables. Los empleos más importantes son los de operación y mantenimiento, ya que se trata de puestos fijos, que se mantienen a lo largo de la vida útil de la planta de generación, alrededor de 25 años; los otros, los de construcción, tienen una menor repercusión por su escasa duración.

Las tecnologías que más puestos de trabajo van a generar, según dichas estimaciones, son las solares: la de concentración o termoeléctrica, con un 26,6% del total; la fotovoltaica, con un 24,2%, y la solar térmica (paneles de agua caliente), con un 10,5%. También van a tener una incidencia importante la eólica (12,2%), la biomasa para uso térmico (8,8%) y los biocarburantes (7,5%). En el empleo indirecto destaca, con diferencia, la solar de concentración, que sólo en operación y mantenimiento va a ocupar a más de 10.000 personas.

También son significativas y alentadoras las previsiones de la Agencia Andaluza de la Energía sobre los resultados de estas iniciativas empresariales a lo largo del mismo periodo. Si se contabiliza como ingreso el coste de las importaciones de combustible evitadas (unos 4.146 millones de euros), el conjunto de los ingresos del sector (10.113 millones de euros) será 1,5 veces superior que lo que reciba en primas: 6.573 millones de euros. Por tecnologías, la energía hidráulica es la que, según estas previsiones, presenta un balance más positivo entre ingresos y primas, de casi diez a uno. Bastante favorables son también las cuentas de la energía eólica (tres a uno) y del biogás (dos a uno).

En mayo de 2003 se constituyó la Asociación de Promotores y Productores de Energía Eólica de Andalucía, APREAN, que con el tiempo se ha transformado en la Asociación de Promotores y Productores de Energías Renovables de Andalucía, con el mismo acrónimo y 38 socios, que representa a la mayor parte de las empresas que producen energía renovable con destino a la red en nuestra región. La mayor parte son promotoras o gestoras de parques eólicos que han debido afrontar una gran inversión en activo fijo financiada, normalmente, con una fuerte participación de los préstamos bancarios, de modo que es un sector con un elevado nivel de apalancamiento financiero.

## Abengoa, que se fundó en Sevilla en 1941 con poco más de mil euros de capital, hoy es un líder mundial en energía solar y biocarburantes, con proyectos en Estados Unidos, Argelia y Marruecos

APREAN tiene un convenio de colaboración con la nacional APPA, Asociación de Productores de Energías Renovables, que agrupa a cerca de 500 empresas que operan en el sector. La sección hidráulica es la que reúne a un mayor número de ellas (184), seguida por la fotovoltaica (68) y por la eólica (46). El protagonismo andaluz en APPA es indiscutible en la sección solar termoeléctrica, o solar de concentración, en la que hay 10 miembros con presencia en nuestra región sobre un total de 16.

Un rasgo distintivo de este sector, quizá el que más, es su fuerte componente de innovación. El mejor ejemplo de ello son las plantas termoeléctricas PS 10 y PS 20, las primeras del mundo con tecnología de concentración de torre, construidas tras largos años de investigación y desarrollo por Abengoa, una empresa que se fundó en Sevilla en 1941 con un capital de poco más de mil euros y hoy es uno de los líderes mundiales en energía solar y biocarburantes, con importantes proyectos en Estados Unidos, Argelia y Marruecos, y unos beneficios de 750 millones de euros. La también sevillana Green Power (eólica de gran

## Empleo que generan las renovables en Andalucía

Descripción de tecnología Planta tipo	Nº trabajadores construcción	Tiempo de construcción	Nº de trabajadores construcción/año	Nº trabajadores/año operación/mantenimiento
Eólica 20 MW	57	1	57	3
Minihidráulica 5 MW	23	1,5	15,3	2
Solar- Termoeléctrica 17 MW Torre 50 MW CCP	456 724	2 2	228 362	30 44
SolarFotovoltaica 1 MW	22	1	22	2
Biomasa Eléctrica 10 MW	62	1,5	4	1,7
Biogás Eléctrica 2 MW	9	1	9	3
Energía Solar térmica 100 m <sup>2</sup>	0,85	1	0,85	0,1
Biocarburantes (Biodiésel) 180.000 tep/año	870	1	870	40

potencia, solar fotovoltaica y pilas de combustible), la granadina Neuron (desarrollo de bioprocesos aplicables en el sector de los biocombustibles) o la malagueña Isofotón (energía solar fotovoltaica y térmica), buque insignia de Parque Tecnológico de Andalucía, son otros casos paradigmáticos de empresas andaluzas sumamente innovadoras, auténticos laboratorios de I+D+i, que han sabido extender su negocio a varios continentes.

Éstas y otras muchas empresas de la región participan activamente en la Corporación Tecnológica de Andalucía. Creada en 2005, esta fundación privada, promovida por la Junta de Andalucía para potenciar la colaboración entre el entorno científico y el productivo, agrupa a los investigadores de las universidades y centros de investigación, a las empresas con vocación innovadora, a entidades financieras y a la administración pública, y aspira a ser el principal promotor de proyectos de I+D+i en Andalucía y un referente de innovación y transferencia tecnológica a nivel nacional. En estos cinco años ha financiado casi 300 proyectos, 72 de ellos relacionados con la energía y el medio ambiente. Una larga lista de proyectos en la que aparecen una y otra vez las energías renovables: estudios de viabilidad para la construcción e instalación de parques eólicos *offshore*, cultivos de microalgas para la fabricación de hidrocarburos, optimización de la producción integrada de hidrógeno y electricidad en parques eólicos, células fotovoltaicas de alta concentración...

A diferencia de lo que ocurre en la producción para la red, en el ámbito de la adaptación al nuevo sistema energético, que incluye tanto las medidas de eficiencia energética como la generación para autoconsumo, la estructura empresarial está mucho más atomizada y es menos conocida. Las demandas productivas son más variadas, más artesanales, y las unidades productivas han de ser más flexibles y de menor dimensión.

En los últimos años, han surgido las denominadas empresas de servicios energéticos, que cuentan con el amparo y apoyo de las políticas europeas y nacionales. Su actividad consiste en diseñar, financiar y llevar a cabo medidas de ahorro energético y optimización energética, en general, en hogares, empresas e instituciones públicas. Entre estas medidas, se hallan la sustitución de las calderas de gasóleo y gas por otras de biomasa, la incorporación de energía solar a edificios y urbanizaciones, la incorporación de sistemas de encendido/apagado de luces por control de presencia en despachos o habitaciones, el cambio de las bombillas incandescentes por otras de bajo consumo y un mejor aislamiento de los edificios. Afrontan cierto riesgo económico al prestar sus servicios, pues el pago de éstos se basa, total o parcialmente, en la obtención de mejoras en eficiencia energética y en el cumplimiento de los demás requisitos convenidos. Por el momento, la mayoría de estas empresas están ligadas al montaje y mantenimiento de los paneles térmicos de los edificios y a la solar fotovoltaica.

Además están las empresas que producen los dispositivos e instalaciones para la climatización con fuentes renovables, para generar energía para el autoconsumo y para la mejora de la eficiencia energética y la optimización. También las

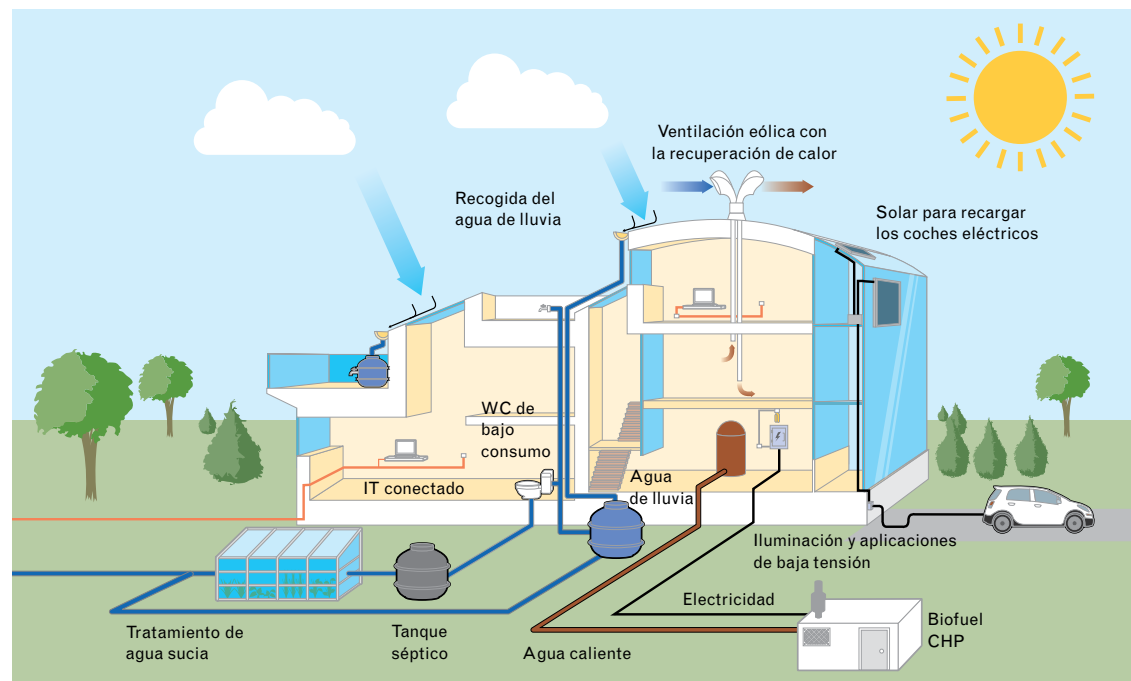


Izquierda y derecha Paneles fotovoltaicos en cubierta del aparcamiento. Parque Científico - Tecnológico Geolit en Mengíbar. Jaén.

ingenierías que proporcionan soluciones energéticas particulares para edificios y urbanizaciones, para instalaciones productivas y para el transporte. En conjunto, constituyen un *cluster* empresarial complejo y en pleno proceso de desarrollo. Es un sector en fase de maduración, que en otras sociedades con más capacidad productiva y tecnológica, como la alemana, cuenta con un mayor nivel de evolución. En Andalucía puede despegar y generar todo un cuerpo de conocimientos de adaptación del medio mediterráneo al escenario energético actual, que no sólo sea beneficioso para la región y la sociedad andaluzas, sino que pueda propiciar un sector exportador que difunda conocimientos, tecnología y productos a otras zonas del planeta con condiciones climáticas similares. Las iniciativas innovadoras al respecto que se producen en la región también son destacadas, como lo demuestran los numerosos proyectos financiados por la Corporación Tecnológica de Andalucía: ascensores ecológicos y económicos, acristalamientos de alta eficiencia, sistemas de almacenamiento cinético de energía en aplicaciones ferroviarias, equipos de climatización eléctricos para vehículos híbridos, soluciones estructurales con materiales especiales para la climatización diferida de edificios, programas de simulación energética de sistemas de climatización no convencionales... Proyectos que han sido concebidos y desarrollados por empresas andaluzas: Magtel, Irradia, Gea 21, Detea, Inerco, Ciatesa, Mac Puar, Adevice Solutions, Istmo 94... Aunque todas ellas son sociedades asentadas y de buen tamaño, no hay que perder de vista que es aquí, en el campo de la eficiencia energética y autosuficiencia, donde se registran más situaciones de emprendedores jóvenes y *spin-off* (transferencias de tecnologías del ámbito científico al empresarial) mediante una iniciativa de nueva empresa.

Excelente oportunidad para las iniciativas empresariales se presenta con la electrificación del transporte. No tanto del transporte público (ferrocarril, metro, tranvía, autobuses...), que está ya electrificado en parte y sólo puede beneficiar a unas pocas empresas grandes, como del parque automovilístico privado, que apenas lo está y cuya transformación exigirá muchos otros cambios en el sistema, abriendo un abanico mayor de posibilidades. El Plan de Activación del Ahorro y la Eficiencia Energética 2008-2011, aprobado por el Consejo de Ministros el 1 de agosto de 2008, incluye entre sus medidas el desarrollo de un proyecto piloto de introducción de vehículos eléctricos con el objetivo de demostrar la viabilidad técnica, energética y económica de esta alternativa de movilidad. Gestionado

#### Esquema conceptual de vivienda autosuficiente





y coordinado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, el proyecto MOVELE, que así se llama, pretende crear a corto plazo un parque de 2.000 vehículos eléctricos, facilitando para ello ayudas directas a los compradores, e instalar 546 puntos de recarga: 280 en Madrid, 191 en Barcelona y 75 en Sevilla. Con el mismo fin de fomentar el coche eléctrico, el Ayuntamiento de Sevilla ha adquirido coches eléctricos experimentales para su flota y va a iniciar la fase piloto de un nuevo sistema de alquiler público de coches eléctricos similar al de las bicis.

### **Los coches eléctricos van a generar nuevos espacios de mercado (puntos de recarga, reciclaje de baterías...), en los que podrán posicionarse las empresas con suficientes recursos y conocimientos**

Los coches eléctricos van a ser, en opinión de muchos, unos grandes aliados de las renovables, ya que la imprevisibilidad de la generación de éstas se podrá equilibrar con la mayor capacidad de acumulación que proporcionen las baterías de aquéllos. Conectados por la noche a la red, podrían almacenar los excesos de electricidad que producen los parques eólicos, cuando apenas hay consumo.

Y unos grandes aliados también de los emprendedores, al generar una serie de nuevos espacios de mercado (puntos de recarga, o *electrolineras*, talleres de reparación, recambio y reciclaje de baterías...), donde las empresas que dispongan de los suficientes recursos, inversión y conocimiento podrán posicionarse, además de participar en la creación de nuevos dispositivos y tecnologías que mejoren y abaraten estos vehículos eléctricos.

Hay demanda. Hay oportunidades. Y hay valiosas iniciativas empresariales. No sólo de multinacionales del sector, como Abengoa o Isofotón, sino de todo un complejo tejido de pequeñas y medianas empresas ligadas al *cluster* de la energía renovable y la autosuficiencia. Empresas andaluzas con vocación innovadora, que colaboran estrechamente con universidades, centros de investigación y organismos públicos en proyectos de I+D+i. Una de estas iniciativas es el proyecto SmartCity, liderado por Endesa, en el que participan varias empresas andaluzas y que desarrolla en Málaga un concepto que incorpora tanto la integración urbana de fuentes de energía renovable conectadas a la red, como la dotación de una flota de vehículos eléctricos, telegestionados en consumo y generación, y la instalación de puntos de recarga para estos vehículos.

Estamos viviendo una fase inicial, una etapa de configuración de un nuevo sistema productivo, en la que, precisamente por su carácter incipiente, tiene especial importancia la actuación pública mediante la concesión de incentivos económicos, de apoyos tecnológicos a la innovación y de respaldos organizativos. Esta primera etapa se caracteriza por el mayor peso relativo de las incertidumbres, la sucesión de cambios rápidos y la variabilidad en algunas de las dimensiones del fenómeno. Durante este periodo de lanzamiento del nuevo sector económico, deberá ir desarrollándose la tecnología y fraguando el cluster productivo. Sobre la consolidación y maduración de este sector productivo, va a descansar en gran medida la viabilidad de una Andalucía renovable.

# LOS CONDICIONANTES. EL TECHO DE LAS RENOVABLES

Los combustibles fósiles se agotan, la Tierra se recalienta y los hombres contemplamos con incertidumbre de náufragos la tabla de salvación de las energías renovables, preguntándonos cuánto dará de sí. ¿Y si en vez de una pequeña balsa, como la que ahora tenemos, construyésemos un transatlántico capaz para toda la humanidad?

**O dicho sin metáforas:** ¿qué impide la implantación masiva y generalizada de las renovables? La energía eólica ha demostrado que, con investigación, se puede conseguir una gran progresión tecnológica que ha permitido crear aerogeneradores que cuadruplican el rendimiento de los primeros equipos, llegando a valores superiores al 45%. Un porcentaje muy alto, si se tiene en cuenta que la fracción máxima de la energía del viento que puede aprovechar una turbina es del 59%, según demostró el físico alemán Albert Betz en 1919. Del primer aerogenerador moderno que funcionó en España, un prototipo de 100 kW instalado en Tarifa en 1981, se ha pasado a modelos como el G10x de Gamesa, con una potencia de 4,5 MW. Y lo que es más importante: se ha pasado de la duda a la convicción de que la eólica es una fuente de energía altamente competitiva.

Hay algo, sin embargo, que no se puede cambiar y es la naturaleza dispersa de lo renovable: está en muchas partes, pero en reducidas cantidades. El meollo del asunto es que las fuentes concentradas de energía para automoción (petróleo) o para generación de energía eléctrica (nuclear, carbón, gas y fuel) no tienen una gran presencia en el territorio y resultan extremadamente eficaces para conseguir distintos objetivos, pero son, como sabemos, letales. En cambio, las renovables están acopladas a la lógica biofísica y territorial, lo cual implica que es imposible no verlas y que se ha de abarcar una enorme extensión de terreno para obtener las ingentes cantidades de energía que requiere la sociedad urbano-industrial contemporánea. Un ejemplo muy gráfico es el de la central nuclear cacereña de Almaraz, que ocupa una superficie de poco más de un kilómetro cuadrado y produce al año 16.089 GWh. La misma central dispone de un huerto solar con una extensión similar, que rinde 43 GWh. Quizá no sea la instalación fotovoltaica más moderna, compacta y eficiente del mundo, pero ello no desmiente el hecho de que para aprovechar la radiación solar se necesita cientos de veces más espacio que para obtener la misma cantidad de energía quemando combustibles fósiles o fisionando núcleos de uranio.

En el último siglo y medio se han multiplicado las redes energéticas para alimentar a un sistema que se ha expandido, se ha hecho más complejo y se ha acelerado. En este proceso aparecen dos componentes críticos: el combustible fósil del



que se nutre la automoción, por un lado, y la energía eléctrica (complementada por el gas), por otro. La red de distribución de combustible para vehículos se ha desarrollado plenamente y con eficacia—refinerías, oleoductos, petroleros, vagones y camiones cisterna, gasolineras...—, aprovechando la ductilidad del fluido combustible derivado del petróleo y la circunstancia favorable de que la propia red es un almacenaje escalonado; es decir, en todos los puntos, desde el pozo de extracción de petróleo hasta la estación de servicio, hay siempre energía almacenada con la que se puede responder a las oscilaciones de la demanda.

La red eléctrica, por su parte, trabaja con una forma de energía versátil, que sirve para una cantidad interminable de aplicaciones, pero que, a diferencia del combustible para vehículos, se resiste a ser almacenada. Para que el servicio de suministro funcione correctamente y atienda a una demanda tan elevada e intensa como la del mundo actual, se necesitan unos centros de generación de gran capacidad y que respondan muy rápidamente a las fluctuaciones de aquella. Son las centrales hidroeléctricas—las de más de 10 MW, se entiende—, y las térmicas (carbón, gas y fuel). Pero, como ya hemos visto, el problema gravísimo y evidente de estas instalaciones que explotan fuentes de energía no renovables (excepto las hidráulicas) es que tienen impactos y efectos que están poniendo en serio peligro la supervivencia del planeta.

La lógica energética del sistema, tal como está planteado, obliga a disponer de las refinerías y de la red logística de combustibles fósiles y de grandes centrales. Conseguir los actuales niveles de calidad en el servicio eléctrico no es tarea sencilla. Ha sido un camino largo y tecnológicamente exitoso. Sería injusto infravalorar, por haberla heredado sin esfuerzo de nuestros padres e incorporado de forma casi inconsciente a nuestra vida diaria, la fortuna que es disponer de un suministro eléctrico continuo y seguro o la facilidad y las garantías con que repostamos el depósito de nuestros automóviles.

### La generación con renovables carece del control que ofrecen las fuentes convencionales: un aerogenerador está a pleno rendimiento entre 2.000 y 3.000 horas al año; una nuclear funciona sin cesar

Una buena muestra del alto grado de eficacia del sistema la ofrece el sofisticado Centro de Control Eléctrico (aunque habría que decir centros, porque son dos) que Red Eléctrica de España tiene en Madrid, desde donde se controlan las oscilaciones de las demandas de consumo y las entradas en producción de todas las centrales de generación del país conectadas a la red. En él se realizan previsiones bastante precisas de la energía que van a demandar los usuarios en cada momento de cada día, se programa la producción de las diferentes centrales y se corrigen los eventuales desequilibrios en tiempo real, enviando las órdenes oportunas a aquellas. También se programan los intercambios de apoyo con otros países y se coordinan múltiples actividades relacionadas con el mantenimiento de las instalaciones y la seguridad. El aspecto más llamativo e innovador del sistema es la capacidad de respaldo simétrico que existe entre los dos centros de control, cuyos subsistemas y comunicaciones son completamente



Tendido eléctrico en Puente de Génave. Jaén.

redundantes, gracias a la funcionalidad llamada *multisite*, en cuya implantación Red Eléctrica de España es pionera a nivel mundial. Con este propósito, ambos centros de control se encuentran conectados entre sí y con las instalaciones de la red a través de un potente sistema de comunicaciones que incluye, entre otros medios, 13.000 kilómetros de cable de fibra óptica.

Una eficacia, la de la red eléctrica, que depende en gran medida de que no se encuentren muy lejanos los puntos de generación y los de consumo. Entre un 7% y un 15% de la electricidad que se produce se pierde durante el transporte en forma de calor, por la resistencia de las líneas de alta tensión. A mayor distancia, mayor pérdida de electricidad. Éste es un factor muy importante cuando se gestiona una red nacional y más aún cuando, como veremos más adelante, se desarrollan proyectos energéticos transnacionales.

Al introducir las renovables en el proceso, se registran dos grandes alteraciones. La primera es que los ciudadanos ven los componentes del sistema de generación de energía. Detrás de los biocombustibles para calefacción o para automoción, hay cultivos y residuos orgánicos con una gran repercusión superficial. Y las instalaciones para producir electricidad a partir de energías renovables tienen un despliegue espacial muchísimo más visible que un oleoducto, que un camión cisterna o que una central térmica o nuclear.

La segunda alteración es que la generación con energías renovables carece del control estricto y sistémico que proporcionan las fuentes no renovables. En la generación convencional, con combustibles fósiles y grandes presas, el sistema es capaz de dar respuesta inmediata a las variaciones de la demanda. En un sistema en el que cobraran absoluto protagonismo energías como la eólica y la solar, la electricidad sólo se produciría cuando las condiciones climáticas lo permitiesen, impidiendo asegurar la continuidad del suministro. De las 8.760 horas que tiene el año, un aerogenerador sólo está a pleno rendimiento entre 2.000 y 3.000, mientras que una central térmica funciona sin cesar. Eso significa que, para igualar la potencia de generación de las centrales decir: no se pueden sustituir 1.000 MW de térmica por 1.000 MW de renovable, sino

por 1.600 MW o 1.800 MW. Aún así, aunque se instalara el doble o el triple de potencia, las energías renovables seguirían siendo impredecibles en alguna medida, no programables. Recurrir exclusivamente a la eólica—la renovable más eficiente y extendida— para producir electricidad es un sueño posible sobre el papel, pero en la práctica, en un país como España, sería una pesadilla para los gestores de la red y no digamos ya para los consumidores, pues los días de mayor demanda, los que más calor y más frío hace en la Península, suelen coincidir con una gran estabilidad atmosférica, por lo que el viento no sopla.

La expansión de las renovables se enfrenta a dos tipos de condicionantes. En primer lugar, están las limitaciones de carácter ambiental, derivadas de su despliegue en el territorio. Existen, por supuesto, impactos ecológicos de otra índole, aparte de los territoriales, como los ocasionados por la producción industrial de componentes, que son muy importantes—sobre todo, en el caso de la fotovoltaica—, pero no limitantes. Y, en segundo lugar, están las limitaciones de la red, que tienen que ver con la capacidad para gestionar un porcentaje cada vez mayor de recursos dispersos e imprevisibles.

Dentro del primer tipo de condicionantes, los relacionados con el despliegue en el territorio, se identifican otros dos: los ambientales locales y los paisajísticos. Los primeros no suelen ser muy significativos, excepto en parques eólicos situados en zonas sensibles, en las que hay mucho viento y, al tiempo, una gran densidad de aves. Las tasas de mortalidad oscilan entre 0,06 y 0,32 víctimas por aerogenerador y año para las aves veleras—principalmente, buitre leonado y cernícalo vulgar—. Las aves no veleras son las más afectadas, con tasas de mortalidad entre 0,10 y 0,59 víctimas por aerogenerador y año. En Andalucía se realiza un estudio previo de un año con numerosas horas de observación para determinar frecuencias de avistamientos por especies y comportamiento de las mismas por altura de vuelo. Los proyectos no se aprueban si existe peligro para la avifauna. También la región es pionera en estudios científicos para establecer con precisión la relación entre instalaciones eólicas y mortandad de aves.

### En Andalucía se realiza un estudio de un año con numerosas horas de observación para determinar frecuencias de paso de aves y su comportamiento, antes de autorizar un parque eólico

Con todo, es preciso tener en cuenta que la generalización de instalaciones de energías renovables para alcanzar cifras de capacidad de producción de electricidad superiores a las de la generación convencional, implica la afectación de un gran territorio terrestre y marino. En el caso particular de las fotovoltaicas y las termoeléctricas que se están implantando en Andalucía, se va a plantear un problema nuevo cuando la potencia instalada alcance los 1.000 MW y queden afectadas entre 3.000 y 5.000 hectáreas, con lo que ello supone de artificialización del suelo y sus consecuencias ecológicas: fragmentación del territorio, pérdida irreversible de terrenos fértiles, incremento de la temperatura local, intercepción de flujos de agua... No hay que perder de vista que estamos hablando de una superficie similar a la que ocupa la ciudad de Huelva.

Aparte de éstos, hay otros impactos ambientales a escala local que deben ser tomados en consideración. En el caso de la eólica, están los movimientos de tierra que se llevan a cabo durante la fase de construcción, con la consiguiente alteración de los cauces y la eliminación de la cubierta vegetal; y está el ruido que emiten los aerogeneradores, aspecto que ha mejorado sensiblemente en los últimos años, gracias a las innovaciones tecnológicas y a las medidas de ordenación urbanística.

### Todo el mundo dice estar a favor de las energías limpias, pero luego a muchos les molesta descubrir los aerogeneradores en las crestas de las sierras, o un huerto solar entre viñedos o campos de cereal

La solar de concentración o termoeléctrica, por su parte, tiene como principal efecto negativo, a escala local, el consumo de agua (salvo en las centrales de discos parabólicos); un agua que es utilizada fundamentalmente para refrigerar el vapor después de que haya sido impulsado por la turbina, con objeto de condensarlo y volverlo a introducir en el sistema, de lo que finalmente, tras la evaporación, resulta un efluente hipersalino no apto para el riego. Los valores habituales en plantas termoeléctricas (y en otras equiparables de ciclo termodinámico, como las que utilizan biomasa o biogás para generar electricidad) son de 4 a 6 metros cúbicos por megavatio-hora producido, pudiéndose reducir hasta 2,5 con tecnologías muy eficientes de reutilización del agua. Esto supone una exigencia de, como mínimo, 500.000 metros cúbicos al año para una planta de 50 MW. Una cantidad de agua muy similar a la que consume una central térmica de combustible fósil.

Respecto a las hidroeléctricas, por último, hay que señalar como principales afecciones, durante la fase de construcción, la inundación de márgenes y la pérdida de ecosistemas terrestres, y durante la explotación, el aumento de la erosión aguas abajo de la central y de la sedimentación aguas arriba. La alteración de la ictiofauna por el efecto barrera de la presa es otro impacto destacable. Evidentemente, las minicentrales hidroeléctricas, las de menos de 10 MW, son más benignas que las grandes presas.

El otro factor que limita la expansión de las renovables, en relación con su despliegue en el territorio, es el que mayor protagonismo social y mediático tiene: los efectos paisajísticos. A los residentes en las ciudades, que demandan una gran cantidad de energía eléctrica, no les agrada ver los artefactos que la producen. Todo el mundo declara estar a favor de las energías limpias, pero luego a muchos les molesta descubrir los aerogeneradores perfilándose como indios en las crestas de las sierras, o un huerto solar en mitad de un paisaje tradicional de viñedos o campos de cereal. Se entiende que un cambio tan rápido produzca rechazo, máxime cuando afecta a lugares queridos, que forman parte de lo que somos. Decía Ortega: “Yo soy yo y mi circunstancia, y si no la salvo a ella no me salvo yo”. Y Cioran: “Daría todos los paisajes por el de la infancia”. Pero también se entiende que, al vincularlos con el bienestar y la supervivencia del planeta, la población vaya poniendo cada vez menos reparos a la proliferación de parques eólicos, plantas solares o cualquier otro tipo de

central renovable. Con muchos menos condicionantes cuentan las instalaciones domésticas destinadas a la autosuficiencia, tanto por sus escasas dimensiones –y, por ende, sus menores efectos ambientales– como por la diferente interpretación que hace la sociedad de ellas, gozando incluso de una aceptación incondicional por parte de los mismos colectivos que se muestran muy críticos con la implantación de las renovables a mayor escala.

Junto a los factores limitantes de carácter ambiental, están los que impone la propia red. Una red que forzosamente ha de cambiar de modelo para incorporar las renovables cuyo objetivo es la autosuficiencia. La aparición de las microrredes –pequeños sistemas inteligentes de distribución eléctrica y térmica auto-gestionados localmente, que pueden funcionar tanto conectados a la red pública como aislados de la misma– va a suponer una revolución energética. Barrios de reciente construcción, centros comerciales, edificios de oficinas, polígonos, explotaciones agrícolas, hospitales, industrias con requisitos especiales de suministro, incluso países subdesarrollados sin electrificación o con una red muy débil..., todos ellos pueden convertirse en pequeños territorios con un significativo grado de autoabastecimiento implantando microrredes basadas en tecnologías renovables: calderas de biomasa, paneles solares térmicos y fotovoltaicos, pequeños aerogeneradores, bombas geotérmicas, sistemas de cogeneración y trigeneración... Las redes inteligentes proporcionan una mayor calidad del suministro, un mayor ahorro y una mayor independencia de la red de distribución. Sin embargo, aunque existen diversos proyectos en todo el mundo, la falta de una normativa específica impide su generalización.

## Hay que acompañar el crecimiento de las renovables con la generación convencional, dando prioridad a las tecnologías más limpias y eficientes y asegurando, al tiempo, la estabilidad del sistema

Otro de los retos que se plantean de cara al futuro es el de reforzar la capacidad de almacenamiento en la red protagonizada por las renovables. Para ajustarse a los vaivenes de la demanda, independientemente de que luzca el sol o sople el viento suficiente para generar electricidad, hay que avanzar en sistemas de almacenamiento como los tanques de sales fundidas, el bombeo hidroeléctrico, la inyección de aire comprimido en cavidades subterráneas o la generación de hidrógeno para después ser usado en pilas de combustible.

Mientras tanto, será preciso acompañar el crecimiento de las renovables con la generación eléctrica convencional, dando prioridad a las tecnologías más limpias y eficientes. Así está sucediendo en España, donde en los últimos años, a la par del crecimiento acelerado de la eólica, se ha producido otro del ciclo combinado (centrales térmicas con dos turbinas, una accionada por la combustión del gas natural y otra por el vapor obtenido gracias al calor residual de la primera, con rendimientos de más del 50% y unas emisiones relativamente bajas, tres veces inferiores a las de una de carbón). En 2002 no había una sola central de ciclo combinado en España. Hoy es el principal sistema de generación y proporciona, junto con el viento, cerca del 40% de la electricidad que consumimos.



Museo y sede institucional Madinat Al-Zahara. Córdoba.

Ya sabemos que una red con alta participación de renovables es complicada de gestionar porque no garantiza el suministro y porque las centrales con fuente renovable tienen un funcionamiento irregular y no gestionable. Por ello, es preciso introducir un sistema de gestión que aproveche al máximo la energía producida por las renovables –ayudando así a rentabilizar el esfuerzo de inversión y mejorando el nivel de autosuficiencia del país– y que además controle todas las tendencias al desequilibrio y a la irregularidad que las caracterizan. Red Eléctrica de España cuenta con un centro de control específico para energías renovables, integrado en el Centro de Control Eléctrico sito en Madrid que es el primero del mundo dedicado a maximizar la inyección de energías renovables en la red eléctrica. Gracias a él, se garantiza que, en cada instante, el máximo de energías renovables que se producen en España esté siendo consumido.

En Andalucía, como en otras regiones, el ritmo de implantación de las renovables ha estado dependiendo en los últimos años de los criterios de aceptación ambiental y de la disponibilidad de un punto de enganche a la red que fuera aceptable por el operador, Red Eléctrica o Endesa-Sevillana, para que no se desequilibre el sistema. Uno de los retos críticos en los próximos años será conseguir un desarrollo significativo de la red de transporte (400 kV y 220 kV) para atender las nuevas demandas y, sobre todo, para adaptarla a un modelo en el que va a pesar cada vez más la generación distribuida, con sus características intrínsecas de dispersión e irregularidad.

La renovación de la red va a desempeñar también un papel crucial en el más ambicioso proyecto sobre energías renovables que hay planteado ahora mismo en el mundo: un proyecto europeo, fundamentalmente alemán, para implantar una gran capacidad de generación eléctrica en el desierto del Sáhara con tecnología termoeléctrica, capaz de satisfacer una cuarta parte de la demanda europea y dos tercios de la del norte de África y Próximo Oriente. Uno de sus puntos débiles es, precisamente, la viabilidad y coste energético de las redes. Deberían estar ya desarrolladas las superredes que reducen enormemente las pérdidas. Y es que transportar electricidad desde el Sáhara a Berlín, a través de las líneas actuales, supondría perder más de la mitad de ella por el camino.



# ANDALUCIA EN EL MUNDO DE

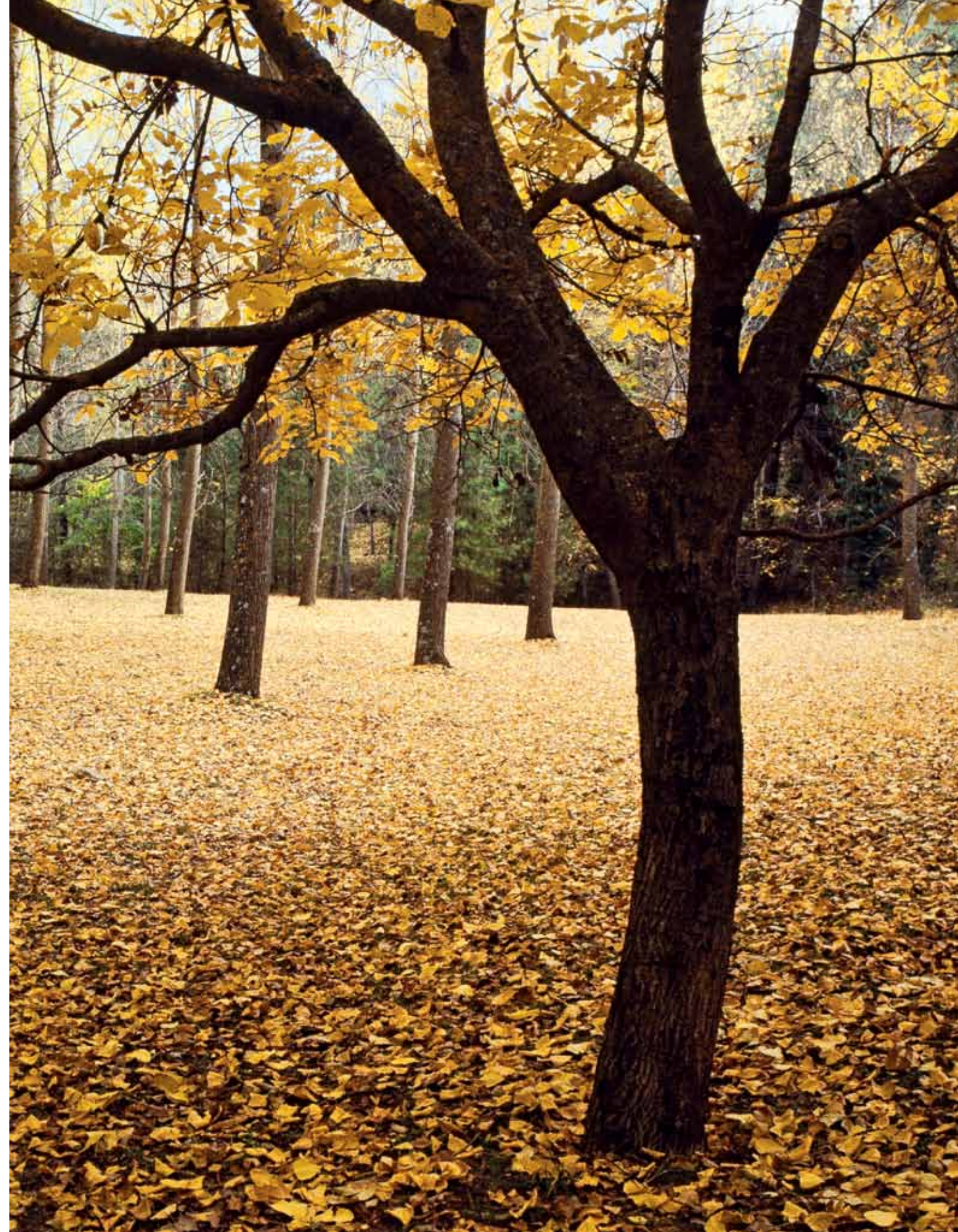
# LOS PROCESOS RENOVA- BLES

# ADAPTACION SOCIAL Y TERRITORIAL AL NUEVO ESCENARIO

**El paisaje de las renovables en Andalucía ofrece unas buenas perspectivas para la corrección de los principales desequilibrios del sistema energético. No obstante, la sustitución parcial de las fuentes energéticas convencionales del sistema eléctrico no es suficiente para hacer frente a los graves retos que se plantean.**

**El conjunto del sistema necesita una terapia** económica y territorial que afronte una reconversión del espacio urbanizado actual y una reorientación tecnológica de sus fábricas, de su espacio agrario, así como de un amplio abanico de instalaciones dedicadas a toda clase de servicios. La sociedad andaluza está tomando conciencia de que las ciudades han crecido de forma excesiva y con características propias de una sociedad dotada de una abundancia energética que no es real. En muy diversos ámbitos empresariales, profesionales, ciudadanos y políticos se propugna que es urgente y prioritario abordar la adaptación de la ciudad construida, así como los sistemas de producción de bienes y servicios y nuestros propios hábitos, al nuevo escenario. Es tan importante la reconversión energética de lo existente, como mejorar el diseño energético y el funcionamiento renovable de las nuevas construcciones. La ciudad ha crecido al mismo ritmo que la dependencia energética. La región se ha urbanizado, millones de viviendas y sus equipamientos asociados se han expandido por el litoral y por las aglomeraciones urbanas del interior. El esfuerzo energético implicado en este gran impulso histórico trae, además, aparejada una hipoteca que amenaza las cuentas energéticas del funcionamiento corriente durante las próximas décadas. Dos terceras partes del consumo energético total están asociadas a la función residencial, a los servicios urbanos y al conjunto del sistema de transporte.

En los últimos 50 años, el territorio andaluz ha experimentado una gran transformación. La población se ha incrementado de 5,6 millones de habitantes a 8,2 y el parque de viviendas, que era de 1,4 millones en 1960, se ha triplicado. El crecimiento demográfico anual medio de los últimos años ha sido de 0,91%, pero con unas cifras recientes notablemente superiores (1,2%). Este repunte del crecimiento está relacionado con la inmigración laboral, que se detiene a partir de la crisis que se inicia en 2008, y con la inmigración climática, es decir, con la población que se traslada a vivir a Andalucía durante la mayor parte del año sin que esta decisión esté vinculada al puesto de trabajo (normalmente, se trata de jubilados del centro y norte de Europa, que acuden atraídos por el clima benigno de la región). En el caso de Andalucía, a las consecuencias derivadas de la dimensión y comportamiento de la población residente, convencional o climática, es preciso incorporar otro gran contingente de demanda energética:



la población que reside de forma temporal en viviendas vacacionales. Como vimos en otro lugar, más de un millón y medio de viviendas—el 36% de las casas que hay en la región—son secundarias y se hallan situadas, la mayoría de ellas, en la costa. El patrón de consumo energético del uso de estas viviendas tiene una fuerte incidencia en el incremento de la capacidad instalada y en la aparición de puntas de demanda en verano, ya que se utilizan unos pocos días al año, pero en esos días se usan al límite de su capacidad. Estas son cifras importantes que, unidas a las 450.000 plazas en alojamiento turístico reglado y al incremento de aparatos de climatización, explican los fuertes incrementos estivales del consumo energético.

En paralelo, la estructura productiva ha experimentado en Andalucía una significativa expansión. A lo largo de las últimas décadas, ha crecido la capacidad instalada industrial y la capacidad productiva agraria, pero el mayor crecimiento económico se ha registrado, indiscutiblemente, en servicios. Desde hace ya algunos años, la mayor parte de la población ocupada de nuestra región trabaja en la prestación de servicios públicos y privados.

### **Buena parte de la vivienda que se ha construido desde principios de los 90 es del tipo unifamiliar en parcela, que consume mucha más superficie y energía que la situada en alojamientos colectivos**

Andalucía registró un crecimiento económico del 3% anual medio en los 20 años transcurridos entre 1986 y 2007. En dicho período, la renta familiar disponible creció a un ritmo del 7,6% de media anual. Lo cual quiere decir que el incremento de bienes y servicios accesibles fue bastante superior al crecimiento económico. La bonanza económica ha ido paralela a fenómenos sociales de reducción del tamaño medio del hogar, de resolución del déficit de vivienda, de aspiración a una segunda residencia, de facilidades financieras para la adquisición y de expectativas especulativas de las familias en relación con la adquisición de viviendas donde no residen. Unos fenómenos han retroalimentado a los otros y el resultado ha sido un incremento muy desproporcionado del parque de viviendas construido a lo largo de los últimos 15 años.

Una buena parte de los dos millones de viviendas que se han construido en Andalucía desde principios de la década de 1990 responde al modelo anglosajón. Se trata de viviendas unifamiliares en parcela, las cuales representan para muchas familias una forma de vida mejor, que han conocido por referencias y les resulta atractiva. El problema es que este modelo tiene consecuencias muy negativas sobre el consumo energético del sistema. La primera consecuencia es que da lugar a una baja densidad poblacional para medios urbanos. El modelo de vivienda unifamiliar consume mucha superficie, lo cual provoca que los habitantes residan lejos de cualquier necesidad básica cotidiana y, desde luego, lejos de su trabajo y de su lugar de estudio. Los transportes públicos no funcionan bien dentro de esta tipología urbanística porque no hay suficiente demanda para justificar el servicio. En consecuencia, esta modalidad sólo es viable si se generalizan la disponibilidad y el uso de los vehículos privados (generalmente, más de uno por unidad familiar) lo que, a su vez, sólo es posible si se dispone de

una gran cantidad de energía a precios realtivamente asequibles. La segunda consecuencia negativa es que la vivienda de este tipo consume más energía, por lo general, que la que se encuentra situada en alojamientos colectivos.

Al extraordinario incremento del consumo energético provocado por la movilidad de personas que utilizan vehículos particulares, se añade el gravísimo problema estructural español del tráfico de mercancías. En el corto período de tres décadas de explosión del desarrollo urbano-industrial, nuestro país ha desmontado el sistema de transporte ferroviario de mercancías que se gestó en el siglo XIX. El 92% de las mercancías que se transportan en España, medidas en toneladas-kilómetro, se transportan por carretera, frente a un ridículo 4% que usa el ferrocarril. En Europa, por el contrario, la participación de la carretera sólo llega al 72%, en tanto que ferrocarril y cabotaje absorben casi la cuarta parte del tráfico. Para los usuarios del sistema y para los transportistas es preferible la opción del transporte en camión por carretera por su mayor flexibilidad y por el ahorro de tiempo que supone, pero el consumo unitario de energía por tonelada-kilómetro es tres veces superior que cuando se utiliza el ferrocarril.

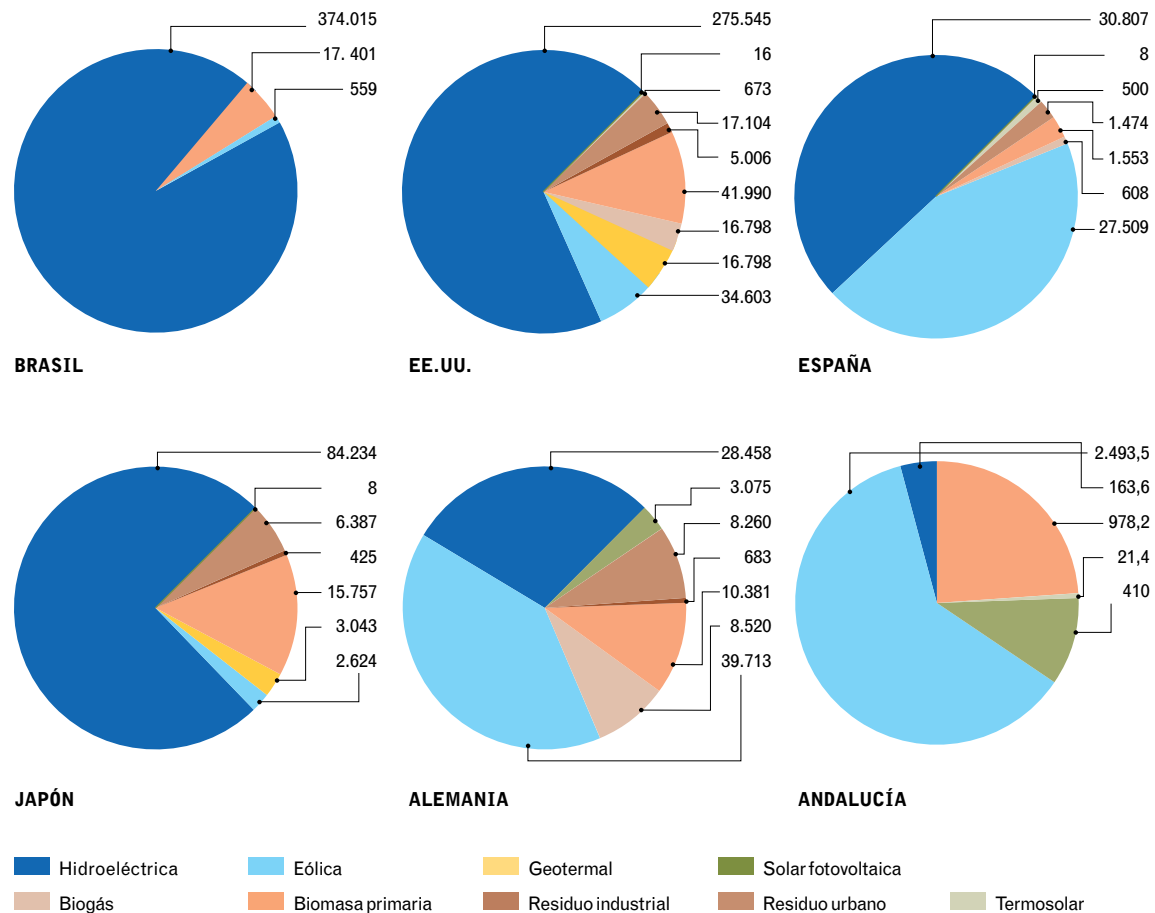
El transporte representa el 12% del valor de la producción en servicios y el 6% de la producción regional andaluza; sin embargo, es uno de los principales componentes del consumo energético regional, aportando más de la tercera parte de la energía final demandada. Toda la mejora socioeconómica experimentada en Andalucía y en España, como en el resto del mundo, se ha basado en un sistema organizado en torno a la disponibilidad de energía fósil. Lo que hoy observamos es consecuencia de una abundancia energética que se consume tanto en forma de electricidad, como en forma de combustible, para mover vehículos de transporte y hacer funcionar toda clase de máquinas y aparatos.

El modelo de sociedad productiva occidental desarrollado se ha implantado en España con retraso, pero de forma acelerada gracias a una mayor incorporación de energía en el sistema. Aunque nuestro país reproduce pautas básicas de las sociedades más avanzadas, nuestra situación es peor en dependencia energética. En comparación con Europa, nuestro país, registra una mayor utilización del petróleo como recurso hasta alcanzar el 50% sobre el total de las fuentes, superior al 40% que representa la media europea. En transporte, la participación del petróleo se dispara por encima del 90%, en ambos casos.

### **El 92% de las mercancías que se transportan en España utiliza la carretera, frente al 72% en el resto de Europa. El transporte en camión consume tres veces más energía que en ferrocarril**

La relación entre los niveles generales de consumo y la energía se vehicula a través del incremento de la población, de su nivel de adquisición de bienes y servicios y de sus hábitos de movilidad cada vez más consuntivos. El nivel de bienestar que los andaluces han adquirido en las últimas décadas es altamente dependiente del consumo energético, reproduciendo pautas ya consolidadas en otros países occidentales. Sabemos, además, que la competitividad de nuestros productos

**Producción de energía eléctrica a partir de energías renovables. Andalucía y otros países, 2008 (GWh)**



depende, entre otras cosas, de la capacidad de reducir los tiempos de proceso y de conseguir cadenas logísticas sumamente eficaces para poder poner las mercancías en los puntos de destino *justo a tiempo*. Estos procesos urbanos y productivos no solamente sobrepasan los límites físicos del territorio a base de consumos crecientes de energía, sino que en su propia lógica de procesos está la imparable aceleración y el crecimiento.

Entre 1990 y 1998, la cantidad de energía que se requería en España para producir 1.000 euros (intensidad energética) era superior a la media de los 15 países que constituían la Comunidad Europea, aunque inferior a la media de los 27 países actuales de la Unión Europea. Entre 1999 y 2004, la intensidad energética española superó la media europea y la de la mayor parte de los países que integran la Unión. Desde ese último año, se está registrando un cambio de tendencia esperanzador, aunque todavía estamos por encima de la media europea. La explicación más clara de esta evolución es que en Europa se han conseguido significativos logros en consumo energético, mientras que en España los resultados no han comenzado a registrarse hasta el año 2005.

Los sectores que peor se comportan desde el año 2000 en relación con la intensidad energética son el residencial y el de servicios. El transporte prácticamente sigue la misma evolución del conjunto del sistema; es decir, que los consumos de energía para producir una unidad de servicio de transporte suben o bajan al mismo tiempo y con la misma amplitud que los valores medios del conjunto de la economía. Esto no hace más que reflejar el gran peso relativo del consumo energético del transporte en el conjunto. En definitiva, la evolución de este indicador de intensidad energética que relaciona producción y energía está reflejando una convergencia española con las tendencias registradas en los últimos años en cuanto a la mejora de la eficiencia energética a nivel de la media europea, así como de países de nuestro entorno geográfico. Si se suman los efectos depresivos de la crisis sobre la actividad y el consumo, con una mejora en la eficiencia energética estructural, se explica la inédita y valiosa reducción del consumo energético en los dos últimos años, un fenómeno que no se registraba desde hacía décadas. Esta tregua puede, y debe, ser aprovechada para profundizar en una revisión en profundidad del sistema energético e iniciar un cambio estructural en el modelo territorial y productivo.

A lo largo de este texto se ha puesto de relieve el espectacular cambio que Andalucía ha experimentado en los últimos 50 años. El consumo energético de esta gran transformación ha sido enorme, pero más importante aún que la gran cantidad de recursos empleados es que se ha configurado un modelo territorial y productivo en la región basado en el consumo de elevados niveles de energía en un modelo de ciclo abierto, no renovable. La consecución de los niveles de bienestar deseados se logra con un formidable esfuerzo energético, delatando un sistema poco eficiente en su estructura y en su funcionamiento, que debe importar la mayor parte de sus recursos primarios y que genera grandes cantidades de residuos. Se han conseguido grandes logros, pero en el camino, se ha perdido la conexión con el territorio, no se aprovechan suficientemente sus recursos, y las formas de vivir y producir no se adaptan a las particularidades locales, sino que se reproducen, con gran esfuerzo energético, modelos surgidos en otros lugares. Ante una modernidad que prometía un futuro sin límites energéticos y materiales, la realidad nos enfrenta con una situación muy vulnerable derivada del desacoplamiento urbano del territorio y de la imparable aceleración de procesos para poder competir en el mercado global.



Transporte público y bicicleta en el centro de Sevilla.



En estos años se ha construido un sistema energético totalmente abierto, que importa más del 80% de la energía que necesita para su funcionamiento, lo cual genera un desequilibrio estructural creciente. No obstante, hay que señalar que ya se ha emprendido el camino de la recuperación de un enfoque de sociedad más equilibrado. En el momento presente, la sociedad andaluza ha iniciado la introducción de procesos que se retroalimentan, lo cual permitirá corregir los aspectos más negativos de esta configuración y reducir al mismo tiempo la vulnerabilidad del sistema y los costes derivados del peso de las importaciones. En este mismo sentido, es importante el apoyo que recibe, en Andalucía, el modelo territorial de ciudad compacta, que reduce consumos energéticos, que acumula información y desarrolla el capital social. La ciudad compacta, construida en base a edificios de alojamientos colectivos y estructurada por calles y plazas, que organizan las relaciones mediante desplazamientos peatonales, dispone de condiciones para que los transportes colectivos den buenos resultados en prestaciones y calidad del servicio. Es por ello que el transporte público constituye la prioridad en las políticas competentes de la Junta de Andalucía.

La ciudad compacta, como modelo urbano de referencia, contesta y compensa las persistentes tendencias económicas y sociales a favor de la urbanización de baja densidad. Este modelo goza ya del apoyo de diversos colectivos sociales, científicos y profesionales, así como de las políticas autonómicas. La ciudad compacta, asociada a la implantación y mejora del funcionamiento de los transportes colectivos, define los componentes básicos del modelo que puede corregir los aspectos más desequilibrantes de la situación actual.

La recuperación del factor territorial en el diseño urbano y su adaptación a las características locales se expresan en el desarrollo de nuevos conceptos de ciudad que tratan de obtener de su medio toda la energía que sea posible: radiación solar, fluido eólico, inercia térmica, reutilización de residuos orgánicos, etcétera. Las soluciones a estas especificaciones son soluciones locales, andaluzas y mediterráneas. Este nuevo principio de la búsqueda de la autosuficiencia se complementa con los grandes beneficios que proporciona la conexión a las redes energéticas. Los aprovechamientos energéticos locales sólo pueden ser de origen renovable, puesto que los combustibles fósiles no están disponibles en el territorio. La autosuficiencia está intrínsecamente asociada a los procesos renovables de la energía. Si, además, este esfuerzo de reacoplamiento al territorio se combina con la sustitución de fuentes fósiles por renovables en los sistemas energéticos en red, sistema eléctrico, gas y combustibles para automoción, se podrán obtener resultados relevantes en la reconversión del sistema energético andaluz y su adaptación al nuevo escenario.

Uno de los grandes aciertos de la sociedad urbano-industrial ha consistido en elevar el tamaño de las producciones y habilitar redes apoyadas en grandes infraestructuras que permiten abastecer a millones de personas. Los *inputs* básicos de la vida y de las personas: energía, alimentos, vestidos y vivienda, junto con bienes y servicios que no son tan básicos, se producen de forma centralizada contando con la existencia de ciudades y de las redes territoriales y su logística, que abastecen un esquema de consumo de lógica muy individualizada.

Como se ha venido explicando, este esquema requiere un gran consumo energético. En el nuevo escenario, hay que contar con que una parte del binomio producción-consumo será local y adaptada a las características locales, en tanto que otra parte estará ligada al mundo globalizado. Y para que se materialice esta gran metamorfosis es preciso que se produzcan unos importantes cambios de hábitos en la forma de vivir de la población y en su forma de consumir. Además, es preciso que se implanten y se generalicen nuevas formas de gestión colectiva de necesidades, de sistemas urbanos y de las redes. Esta nueva forma de vivir y producir necesita nuevas formas de organización social. En primer lugar, se necesita un reforzamiento cualitativo de la gestión colectiva. El ejemplo más claro es la forma en que se ha resuelto el gravísimo problema del transporte de personas en las grandes ciudades. No ha sido posible resolver este asunto con una generalización de la solución individual (vehículo privado). La única solución ha sido recurrir a los transportes públicos colectivos.

De la misma forma, habrá que plantear la gestión colectiva de la climatización en espacios productivos, los ciclos de reutilización, la prestación colectiva de servicios domésticos hoy individualizados (por ejemplo, las lavadoras). Y todo ello, en un contexto de recursos renovables y retroalimentación. Dicho de otra manera: no es posible introducir de forma significativa los procesos renovables en el funcionamiento de la ciudad contemporánea sin nuevas formas de gestión colectiva. El tercer factor que se está poniendo en juego es la tecnología. Sabemos que no es fácil reconvertir todo el aparato residencial y productivo. El gran reto es conseguir la adaptación de la tipología territorial a formas propias, modelos climáticamente propios de la región andaluza y compactos. La ordenación del territorio y el planeamiento urbanístico están tratando, además, de encontrar fórmulas viables para poder aprovechar el gran capital de conocimiento social adquirido y acumulado durante siglos.

La actuación estratégica de diseño territorial y de ciudad está siendo acompañada por iniciativas de todo tipo en relación con la mejora en el diseño de nuevos edificios y en la adaptación rehabilitadora de los existentes. Se empiezan a obtener resultados operativos procedentes del estudio del comportamiento energético de edificios residenciales en nuestra región, tanto en la modalidad de vivienda libre, como en vivienda protegida; se están implantando y probando nuevos dispositivos de aislamiento, de generación de energía y de gestión energética. La *inteligencia* se está aplicando a la ciudad de manera integral y adaptada, a las redes, a los conceptos y a los diseños, a los aparatos y a los criterios de gestión.

Donde, probablemente, sea preciso hacer un mayor esfuerzo para colaborar en este gran empeño social es en la definición e implantación de modelos productivos que aprovechen los recursos endógenos. Pero de lo que no cabe duda es que se ha producido un cambio de tendencia. Un ejército de empresas y agentes sociales dedicados a la investigación, a la producción de materiales y componentes, a la difusión y comercialización de tecnología, instaladores, proyectistas, constructores, activistas sociales, consultores y prestadores de servicios energéticos..., se ha puesto en marcha para afrontar la adaptación territorial y social de nuestra sociedad al nuevo escenario energético.



# UN CAMBIO DE MODELO PARA UNA NUEVA CULTURA ENERGÉTICA

**El cambio de escenario energético mundial está ya en gestación. La disponibilidad de energía fósil en grandes cantidades va a verse reducida en los próximos años, tanto por el agotamiento de los recursos y el fenómeno del cénit del petróleo como por la presión que ejerce sobre los mercados la demanda de los países emergentes.**

La dependencia energética de países como España ya no es un problema meramente económico. Es un problema de vulnerabilidad de orden superior. Los recursos de procedencia fósil son el único recurso energético primario transportable a nivel mundial en grandes cantidades, aparte del nuclear. La biomasa consume mucha energía por unidad en su transporte y el hidrógeno es todavía una incógnita. La electricidad se puede transportar, pero con unas limitaciones estrictas de distancia debido a las pérdidas en la red. Nos enfrentamos, pues, a un escenario en el que será preciso ajustar muy bien los consumos energéticos y elevar significativamente el nivel de autoabastecimiento. En este nuevo escenario, condicionado asimismo por el cambio climático, el sistema energético, además de seguir garantizando el suministro energético suficiente para las demandas a un precio asequible con la calidad adecuada, ha de garantizar también la seguridad ambiental.

Durante décadas, la sociedad occidental ha vivido como si la oferta de energía fuera un pozo sin fondo y sin efectos secundarios, incorporando valores profundos de disponibilidad energética basados en las elevadas prestaciones y avances del sistema que ha propiciado la combinación de grandes centros de producción de energía (centrales y refinerías) y redes de distribución. Las políticas de los países europeos han estado centradas en diversificar las fuentes de energía, en modular las demandas (ahorro y eficiencia) y en optimizar el funcionamiento de las redes.

En el momento presente es necesario, además, replantear la cuestión energética desde su raíz, estudiando la viabilidad de ciertas demandas y propiciando un elevado nivel de autoabastecimiento en los centros de consumo y en la escala regional.

La adaptación de Andalucía, como la de cualquier otra región, a esta nueva situación requiere el que se desencadenen profundas transformaciones en el sistema energético, en el modelo organizativo –tanto del territorio, como de la producción– y en la conducta social de los ciudadanos, de la administración pública y de las empresas. La diferencia de Andalucía con otras regiones de Europa o del mundo, es que Andalucía tiene muchos puntos a su favor para lograrlo con éxito.

En definitiva, estos grandes cambios deberán conducir a un nuevo marco energético para alcanzar el desarrollo equilibrado, entendido como la capacidad de asegurar el bienestar de los ciudadanos a largo plazo, manteniendo un equilibrio razonable entre seguridad y abastecimiento energético, desarrollo económico, satisfacción de las necesidades sociales, servicios de energía competitivos y protección del medio ambiente a nivel local y global.

### **Cambio de modelo energético**

En primer lugar, es preciso que el sistema energético evolucione hacia otro modelo basado en una mayor diversificación energética, con un elevado aprovechamiento de los recursos autóctonos y renovables; en una mejor gestión de la demanda, poniendo en valor medidas de ahorro y eficiencia; y en unos altos niveles de autosuficiencia de los centros de consumo. Ello exigirá una profunda transformación del sistema energético actual, cuyo alcance, dada su trascendencia, debe situarse en el largo plazo.

El sistema energético no debe, ni puede, aceptar pasivamente cualquier demanda, como ha venido sucediendo en el pasado. Hay demandas de energía que no es posible satisfacer. Para habilitar las infraestructuras y los servicios energéticos demandados, es preciso valorar previamente si dicha demanda puede satisfacerse a largo plazo bajo criterios de suficiencia, sostenibilidad y solidaridad. El caso de los edificios de cristal en lugares soleados es de los ejemplos más evidentes. Este tipo de diseño exige, en lugares cálidos, una enorme disponibilidad de energía para climatizar el edificio en verano y hacerlo habitable. Si la energía es obtenida por sus propios medios, no hay problema, pero si las necesidades creadas por esta solución formal provocan un fuerte incremento en el consumo de la energía distribuida por la red, entonces es preciso cuestionar esta solución constructiva.

## **Para habilitar infraestructuras y servicios energéticos, será necesario valorar previamente si tal demanda puede satisfacerse a largo plazo bajo criterios de suficiencia, sostenibilidad y solidaridad**

Es decir: hay que introducir la gestión de la demanda como un ejercicio previo a la satisfacción de ésta. Para ello, es fundamental la participación de todos los actores implicados, administración pública, agentes económicos y sociales, investigadores, educadores, medios de comunicación y ciudadanos en general, creando una conciencia colectiva ante la cuestión estratégica de la energía. Junto con la incorporación generalizada de los procesos renovables, las medidas de ahorro y eficiencia deben impregnar el conjunto del sistema. Las energías renovables son pieza indispensable de este modelo, por ser inagotables, hallarse de una forma u otra en todo el territorio y convivir en armonía con el medio ambiente. Éstas permiten el abandono progresivo de los combustibles fósiles, reduciendo el impacto ambiental y la vulnerabilidad del sistema.

Frente a la amenaza de un cambio climático cuyas consecuencias podrían resultar ya irreversibles y a la acentuación de los problemas de suministro energético, que dibuja un escenario cada vez más cercano de escasez de combustibles fósiles para

## **Tendencias de referencia positiva por sectores de actuación de la política energética**

<b>Transporte</b>	Prevalencia del transporte colectivo ligero Nuevos materiales Vehículos de alta eficiencia Potenciación del ferrocarril para las mercancías Tecnologías de emisiones de carbono cero en el transporte terrestre: hidrógeno (pilas de combustible) y biocarburantes
<b>Edificios</b>	Edificios de alta eficiencia energética (máxima calificación) Autosuficiencia energética mediante aprovechamiento de recursos renovables Uso mayoritario de TIC Empleo de pilas de combustible Gestión energética individualizada Sistemas de almacenamiento
<b>Movilidad</b>	Disminución del número de desplazamientos diarios (trabajo, educación, etc.) Nueva estructura de las ciudades basada en un diseño a menor escala según perfiles de actividad diaria (trabajo, estudio, ocio, consumo, etc.)
<b>Producción</b>	Tecnologías más eficientes y mayor capacidad de gestión individualizada Uso mayoritario de TIC Formación en cuanto al uso energético para la adecuada toma de decisiones Internalización de los costes energéticos Aprovechamiento máximo de recursos renovables
<b>Agricultura</b>	Uso de maquinaria y de sistemas de regadío eficientes Uso de energías renovables distribuidas de pequeña potencia Uso de biocarburantes Reducción en el uso de fertilizantes y fitosanitarios Expansión de nuevos sistemas agrarios energéticamente más eficientes
<b>Generación eléctrica</b>	Protagonismo de las fuentes de energías renovables Hidrógeno y nuevos fluidos energéticos Sistemas distribuidos de generación Almacenamiento distribuido e interconectado
<b>Redes energéticas</b>	Nuevas redes de interconexión entre centros distribuidos Redes de energía térmica/frío-calor Redes de hidrógeno

cubrir la creciente demanda de energía, a precios muy elevados, el aprovechamiento del importante recurso renovable que posee Andalucía supone dotar a ésta de una energía autóctona y segura que minimice en un futuro no muy lejano el impacto de las inestabilidades del mercado energético internacional.

De esta forma, las redes energéticas deberán concentrarse en atender a las necesidades energéticas que no sea posible resolver de ninguna otra manera en los centros de consumo y que resulten imprescindibles para la actividad productiva y el bienestar de los ciudadanos.

### **Transversalidad energética: la organización territorial y productiva**

La incorporación de la cuestión energética ha de expandirse por el conjunto de la realidad económica y social. No sólo las inversiones que se realicen en el sector energético han de planificarse bajo la óptica de la sostenibilidad, sino que es fundamental la incorporación de criterios de buen uso de la energía al proceso ordenador





del territorio desde su inicio, en la propia configuración de la estructura territorial y en los modelos de ordenación espacial de usos y actividades, en los planteamientos urbanísticos y de movilidad, la industria, el turismo o el sector de la edificación.

En la ciudad, en el medio rural y en la capacidad productiva, en todos los ámbitos de la realidad social y económica deben estar muy presentes tanto la optimización energética y el máximo aprovechamiento de las posibilidades de autoabastecimiento, como la aplicación de medidas para obtener la máxima eficiencia energética. Hay determinadas instalaciones productivas que deberán necesariamente ser adaptadas para minimizar sus consumos energéticos.

## **Edificios y urbanizaciones han de integrarse mejor en el entorno para reducir las necesidades energéticas y dotarse de medios propios para generar con fuentes renovables la mayor cantidad de energía**

En Andalucía (como cualquier otro territorio con historia y cultura) se identifican fórmulas tradicionales de organizar las funciones básicas de residencia, producción, consumo y actividades de ocio o culturales, que interpretan la capacidad del territorio y sus condicionantes para proporcionar bienestar y equilibrar los flujos.

En el espacio urbanizado es necesario afrontar una gran operación de escala regional que materialice estas oportunidades y proporcione el soporte de la modernización social y productiva en un contexto de sostenibilidad y calidad de vida. En un escenario como el que actualmente se presenta, de saturación y de crisis energética, hay que reinterpretar el conocimiento acumulado a lo largo de la historia y recuperar viejas soluciones de orientación solar, organización adaptada al medio de edificaciones, elección de materiales, etcétera.

Para abordar un reto de esta dimensión, hay que desarrollar nuevas herramientas y una gran capacidad de innovación. Ante el cambio global, se han de identificar y explotar al máximo las particularidades de cada territorio, para adaptarse a ellas con la mejor tecnología disponible. Junto a la adaptación, es preciso reconocer el carácter transversal de la cuestión energética.

Respecto a los sectores productivos (agrario, industria y servicios), la política energética debe estar orientada a dotar a los establecimientos empresariales de soluciones que encajen en el nuevo marco energético, propiciando la incorporación de instalaciones que incrementen en la medida de lo posible el autoabastecimiento (renovables y cogeneración), el ahorro y la eficiencia.

En cuanto al sector residencial, que será, con toda probabilidad, el factor que más incidencia vaya a tener en la reconversión de los sistemas energéticos de los países desarrollados, tanto en su conformación y organización, como en su propia viabilidad, el escenario al que nos aproximamos puede poner en cuestión el principio básico de la política energética durante el siglo pasado: la satisfacción de las demandas sin importar su volumen, ni el lugar donde se producen, ni su repercusión en el transporte. Por ello, es especialmente relevante asegurar

que sólo se demandan a la red aquellas necesidades energéticas que no se pueden cubrir *in situ*. Así, han de ser favorecidas las condiciones para que los edificios y las urbanizaciones resuelvan con criterios de diseño la mejor integración en el entorno para reducir las necesidades energéticas y que se doten de medios propios para generar con fuentes renovables la mayor cantidad posible de energía. La ciudad inteligente es, sobre todo, una ciudad que se integra en sus flujos energéticos y crea las condiciones para que la tecnología aproveche al máximo los procesos que renuevan sus recursos y las reutilizaciones con fines energéticos.

Las administraciones públicas, en su calidad de demandantes, tienen también el reto ineludible de liderar y protagonizar estas nuevas pautas. La iluminación viaria, las instalaciones de eliminación de residuos y los numerosos edificios públicos pueden incorporar sistemas de generación de energía renovable para abastecerse en parte con medios propios, mejorar la eficiencia de sus instalaciones e incorporar criterios estrictos de gestión que representen, en conjunto, una referencia para el conjunto de la sociedad.

Por lo que respecta al transporte, el modelo es profundizar en las tendencias actuales. Esto es: el transporte público de calidad, procurando, en todo caso, favorecer los modos más eficientes mediante el desarrollo de redes intra e interurbanas y apoyar la sustitución de los vehículos de combustión por los vehículos eléctricos. En relación con la organización territorial, es preciso procurar una mayor proximidad entre las zonas residenciales y las zonas de trabajo e incrementar cuanto sea posible el abastecimiento de materiales, materias primas y productos procedente de las zonas próximas.

La política energética debe incorporarse activamente al proceso ordenador del territorio desde su inicio. La dimensión energética ha de introducirse en las decisiones básicas de crecimiento urbano y ordenación de usos para garantizar un desarrollo equilibrado y sostenible. En la situación presente, no es admisible que el suministro energético sea una aportación posterior al proceso de planificación urbana o de ordenación del territorio, con el único fin de satisfacer las necesidades derivadas de las decisiones urbanísticas o territoriales adoptadas.

## **No es admisible que el suministro energético sea una aportación posterior al proceso de planificación urbana o de ordenación territorial, con el único objeto de satisfacer las necesidades creadas**

La incidencia en el medio natural de las nuevas formas de producción de energía útil a partir de fuentes renovables, la dimensión ambiental de las emisiones de las centrales térmicas o las consecuencias energéticas y ambientales del crecimiento urbanístico y productivo o el incremento sostenido de la movilidad, son cuestiones que deberán ser contempladas en el proceso de elaboración y aprobación de la nueva planificación y en sus instrumentos de desarrollo. En este mismo sentido, los instrumentos de planificación deberán valorar el marco de demanda de los desarrollos urbanos e industriales, las consecuencias energéticas de la movilidad relacionada con la organización

territorial, las nuevas formas de ocio y deporte, las prioridades territoriales en un escenario de recursos energéticos escasos y el potencial de desarrollo económico en determinados territorios en relación con el nuevo esquema energético. En los análisis de alternativas preferibles socialmente, se incorporarán los balances energéticos, tanto para valorar la viabilidad de introducir nuevos consumos en el sistema, como para tomar decisiones sobre la aplicación preferible de los valiosos recursos escasos.

**Algo tiene que cambiar en la sociedad: una nueva cultura energética**

El paradigma de la satisfacción de las demandas de la población y de las empresas debe ser sustituido por otro en el que rijan los principios de autosuficiencia y adaptación a las condiciones específicas. Autosuficiencia que implica el que sólo se trasladen a la red aquellas demandas de energía que no es posible resolver con soluciones autosuficientes y renovables. No se pretende el aislamiento de las unidades de consumo, sino una modificación sustancial respecto a la dependencia absoluta de la red que caracteriza la situación actual. Y adaptación de las formas de producir y de vivir a las condiciones climáticas, territoriales y culturales.

**En el camino hacia la nueva cultura energética, serán claves los mensajes que reciba el ciudadano y la definición de enfoques y soluciones plenamente adaptados a las condiciones de la región**

Este cambio hacia un modelo energético más sostenible desde el punto de vista social, económico y ambiental no puede hacerse sin la implicación decidida de todos los agentes económicos y sociales, en todos los ámbitos. Y esto sólo será posible si se crea una conciencia colectiva que reconozca la energía como un bien valioso y escaso, y asuma la necesidad de adaptarse a otras pautas de consumo y de colaborar en la creación de condiciones de equilibrio en el sistema energético.

El cambio debe hacerse construyendo una “nueva cultura de la energía”, que emana de la obligación ineludible de afrontar el complejo reto del cambio climático, en primera instancia, pero con una proyección mayor de respuesta a los desequilibrios del cambio global y de adaptación a una nueva realidad con criterios de autosuficiencia y retroalimentación de procesos.

En el nuevo modelo energético, la cultura del ahorro queda integrada en la población, influyendo en sus hábitos de consumo, modos de desplazamiento o demanda de servicios energéticos. La conciencia colectiva por el problema de la energía y sus consecuencias medioambientales moverá a los ciudadanos y a las empresas a usarla de forma racional, propiciando el máximo nivel de autosuficiencia, empleando sistemas más eficientes y procurando el máximo ahorro.

No obstante, hay que tener presente que los logros en ahorro y eficiencia tienen un límite marcado por las dotaciones de equipos, por los hábitos de uso y por las propias restricciones de la prestación individualizada de servicios. Las mejoras en ahorro y eficiencia vendrán acompañadas de nuevas formas de gestión colectiva de servicios comunes centralizados a nivel de edificio



*Parque eólico de Huéneja. Granada.*

colectivo y de barrio y de las redes locales. En este sentido, las experiencias de sistemas de climatización colectiva en barrios, pequeñas ciudades o polígonos industriales están señalando un camino que abre muchas oportunidades a la optimización energética.

En ese camino hacia la nueva cultura energética, serán claves los mensajes que reciba el ciudadano y la definición de enfoques y soluciones plenamente adaptados a las condiciones climáticas, económicas, ambientales y sociales de Andalucía. La respuesta final será tanto la modificación de hábitos como el desarrollo de una nueva capacidad de gestión colectiva de las necesidades energéticas y de otros aprovisionamientos de interés general. La Administración debe ser un ejemplo en el buen uso de la energía, asumiendo un compromiso propio de autosuficiencia y ahorro energético que sirva de referencia a la población en general. La Junta de Andalucía, de hecho, ya ha introducido en su legislación la obligación del uso de energías renovables en sus edificios y de mejoras de ahorro y eficiencia energética. Es necesario cambiar el modelo actual de las contrataciones públicas, introduciendo criterios de eficiencia energética en cualquier suministro o servicio energético que demande la Administración.

El ejemplo de la Administración debe servir de estímulo para generalizar el buen uso de la energía en los ámbitos empresariales, en las importantes políticas locales de gestión urbana, en la reducción de las demandas básicas de movilidad, en el cambio modal en los desplazamientos o en la política industrial. A la planificación urbanística le toca promover la dotación de instalaciones de generación en las redes de servicios públicos, así como en los diferentes centros de consumo (parques empresariales, edificios, etcétera), además de promover medidas que optimicen el consumo energético de los edificios y urbanizaciones, tanto de los ya existentes como de nueva planta.

En este nuevo modelo energético, el ciudadano tendrá un papel activo, ya que no sólo se limitará a demandar y consumir energía, sino que habrá de hacerlo con conciencia, bajo criterios de ahorro y eficiencia energética. Los hábitos de gestión individualizada de los consumos serán complementados por la gestión colectiva de parte del sistema energético. Será, por tanto, necesaria una labor de formación e información por parte de la Administración para conseguir la



Carril bici en Sevilla.

progresiva implantación en la sociedad andaluza de nuevos valores de la energía como bien básico y escaso. Cambio de valores que lleva aparejada la aceptación del principio de adaptación. Es decir, en Andalucía se debe vivir de forma singular y adaptada a las condiciones ambientales y territoriales de la región.

#### **Llamada a la inteligencia: innovación en tecnología y procesos**

Las nuevas tecnologías energéticas y las de adaptación de instalaciones y procesos son, en general, de carácter emergente. Tienen gran recorrido de penetración en los mercados, lo que las hace más atractivas, si cabe, para realizar un esfuerzo en desarrollo e innovación. En otros campos (como el aeronáutico o los computadores) se alcanzó la madurez tecnológica y el pleno desarrollo de los mercados en la segunda mitad del siglo XX, propiciando que en dichos sectores existan regiones del mundo ya posicionadas tecnológicamente. En el campo de las energías renovables, las nuevas técnicas de ahorro, los sistemas innovadores de gestión de la energía, etcétera, se prevé que el desarrollo completo de los mercados tenga lugar en las primeras décadas del siglo XXI.

Por tanto, la innovación en materia energética es no sólo una necesidad impuesta, sino una excelente oportunidad para que Andalucía se sitúe entre las regiones más avanzadas del mundo, al ser deficitaria en recursos energéticos fósiles pero muy rica en renovables y competente para organizar sus capacidades adaptándolas a sus especificidades territoriales y culturales. Hay potencial eólico aprovechable, alta disponibilidad de biomasa de carácter residual, gran capacidad para producir cultivos energéticos... Y, sobre todo, Andalucía destaca, respecto de la mayoría de las regiones de la Unión Europea (y del mundo desarrollado en general), en abundancia del recurso solar. Existen numerosos grupos de investigación de excelente nivel en universidades y centros (fundamentalmente, de carácter público), y en el sector privado se cuenta también con empresas tecnológicamente avanzadas en el sector de la tecnología energética.

#### **Un reto atractivo: el liderazgo mediterráneo**

La industria de las energías renovables y el conglomerado de empresas relacionadas con los servicios energéticos son sectores que tienen un alto valor añadido y un gran interés estratégico, tanto desde el punto de vista de la seguridad energética, como del desarrollo económico y social.

Entre las características principales del tejido industrial asociado a las energías renovables, destacan: su dinamismo, por tratarse de productos en continuo avance y transformación; su innovación, ya que es necesario adoptar soluciones que permitan el avance, tanto en los productos como en las estructuras de las propias empresas; su alto desarrollo tecnológico, puesto que los productos requieren la incorporación de tecnologías telemáticas, nuevos materiales, microelectrónica o diseño; su capacidad de expansión, pues, aunque los mercados locales son el germen de la industria, el futuro que se vislumbra estará en los países en vías de desarrollo que demandan tecnologías más eficientes que las actuales; su demanda de empleo, caracterizado por la estabilidad, ya que se trata de un sector con una proyección muy importante; su alta cualificación tecnológica, debida al continuo avance de las diferentes tecnologías, y su reconocimiento social, por la doble misión que cumple como suministrador de energía y protector del medio ambiente.

El desarrollo a gran escala de las distintas tecnologías de aprovechamiento de los recursos renovables va a suponer en un futuro a largo plazo el despliegue de una elevada capacidad de almacenamiento y transporte, tanto en el tiempo (almacenamiento de energía producida para su posterior utilización), como en la extensión del territorio necesario para dicho almacenamiento, así como la puesta en práctica efectiva del concepto de consumo próximo a la generación a través de redes locales que potencien la generación distribuida, tanto eléctrica como térmica.

### **Aunque los mercados locales son el germen de la industria de las energías renovables, su futuro está en los países en vías de desarrollo, que demandan tecnologías más eficientes que las actuales**

Esta innovación profunda puede y debe ser la desencadenante de una configuración y expansión del conglomerado (*cluster*) de empresas regionales de bienes y servicios, tanto para atender a las necesidades de las empresas y familias andaluzas como para exportar el modelo, el conocimiento y los productos a otras zonas con condiciones asimilables.

Andalucía puede aprovechar la inmejorable oportunidad que se le ofrece para liderar en los próximos años un proceso en el espacio mediterráneo que induzca actividades productivas exportadoras. El aprendizaje y la experiencia que ya acumula este gran aglomerado productivo pueden ser trasladados con provecho a diversos ámbitos de la reconversión y adaptación energética, de forma que se generen sinergias entre todo el entramado científico-técnico, productores de componentes y equipos y prestadores de servicios.

El desarrollo de capacidades propias en el campo de las energías renovables ha de reportar a Andalucía beneficios económicos, sociales y medioambientales. Constituye una excelente oportunidad, como se presentan pocas a lo largo de la historia, para situarse en una posición de clara ventaja en un mercado cada vez más competitivo, estimulando el crecimiento económico, la exportación de bienes y servicios y la creación de puestos de trabajo, numerosos y duraderos.



Junto a todos estos retos ineludibles, se presenta para Andalucía una oportunidad histórica de estar en primera línea del nuevo modelo energético a nivel mundial. Andalucía dispone de las tecnologías energéticas y goza de especial sensibilidad y cercanía humana, geográfica y climática en relación con los países menos desarrollados. Es el mejor puente tecnológico y cultural entre Europa y África, así como entre Europa y América Latina.

Los nuevos modelos energéticos que se desarrollen en Andalucía serán fácilmente trasladables a esas otras regiones del mundo. Los éxitos que se obtienen en tecnología, en producción de bienes y servicios relacionados con los procesos renovables, en organización de la producción y en adaptación territorial, en organización social para la gestión colectiva, etcétera, están sirviendo de referencia a otras regiones y crean buenas oportunidades de exportación de bienes y servicios al tejido productivo regional.

### **Andalucía goza de especial sensibilidad y cercanía humana y geográfica con los países menos desarrollados. Es el mejor puente tecnológico entre Europa y África, y entre Europa y América Latina**

El Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética valora este potencial y contempla la conformación de un modelo energético mediterráneo que dé respuestas a las necesidades de abastecimiento de energía de las empresas y de los ciudadanos sin generar desequilibrios ambientales, económicos y sociales.

Para lograr dicho objetivo, el mejor enfoque consiste en adaptar al máximo el surgimiento de demandas energéticas, la autosuficiencia de las unidades de consumo, la generación de energía eléctrica, el transporte y la aplicación de energías a las condiciones específicas de cada lugar en relación con el clima, con el medio natural, con el territorio, con la cultura y con las formas históricas de relación de la sociedad con su entorno.

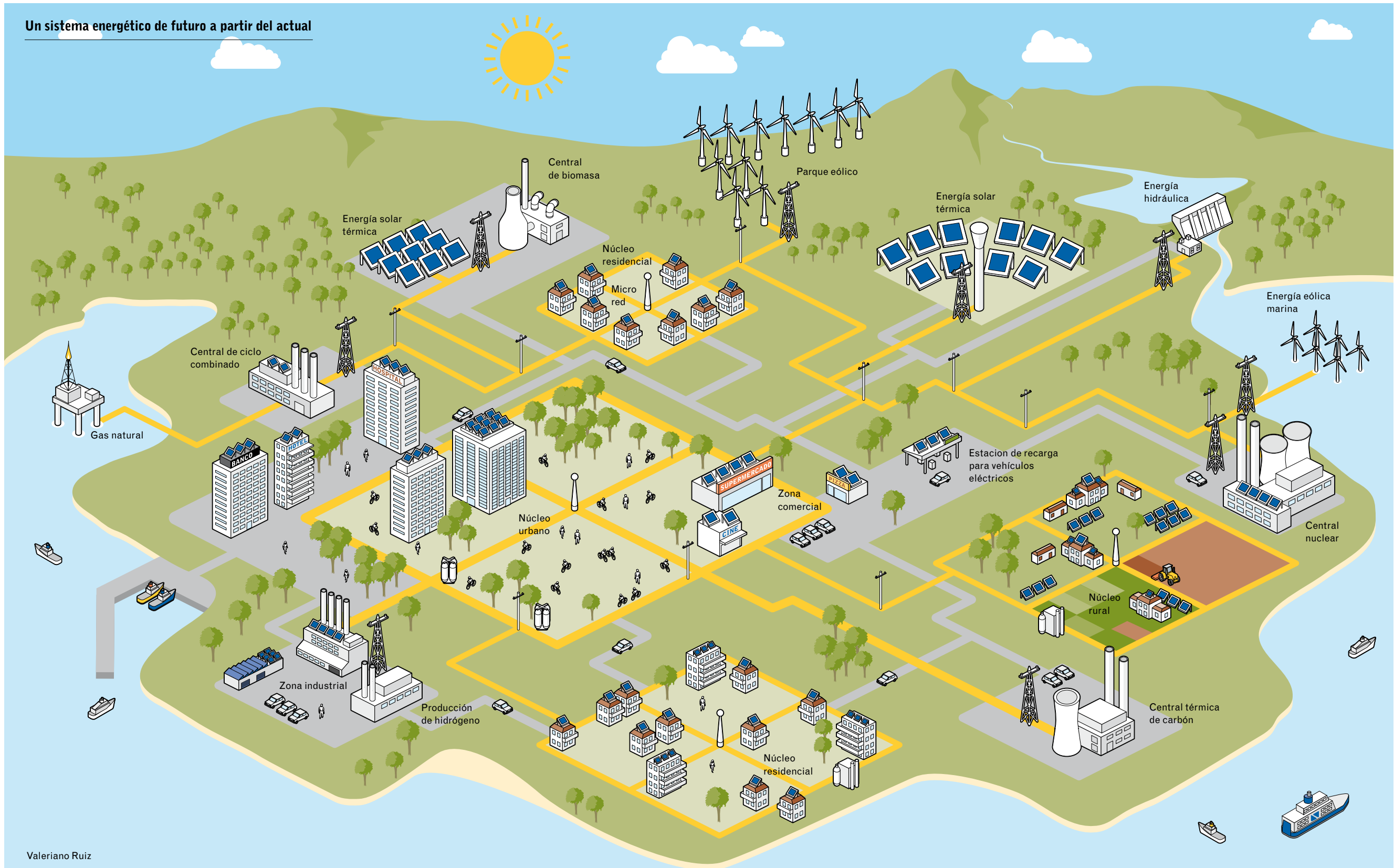
La definición de este nuevo modelo requiere una profunda innovación en la política energética, pero también, simultáneamente, en la política territorial, en la política ambiental, en la tecnológica, en la económica, en los hábitos sociales y en otros muchos ámbitos del conocimiento y de la actuación pública. Además, se requiere un cambio en la cultura energética y un desarrollo de nuevas capacidades de gestión colectiva de redes e instalaciones en polígonos industriales, en urbanizaciones y en edificios.

Los beneficios que pueden obtenerse justifican sobradamente todos los esfuerzos que la sociedad haga con esta finalidad. No sólo por las numerosas y evidentes mejoras que se producirían en el funcionamiento del propio sistema energético, sino por la oportunidad de afrontar los años inciertos que se avecinan con una estructura productiva mucho más competitiva, capaz de liderar internacionalmente un modelo productivo y de exportar tecnología, bienes y servicios, redundando todo ello en una mejora del bienestar de los andaluces y en la redefinición de nuevos equilibrios en el planeta.



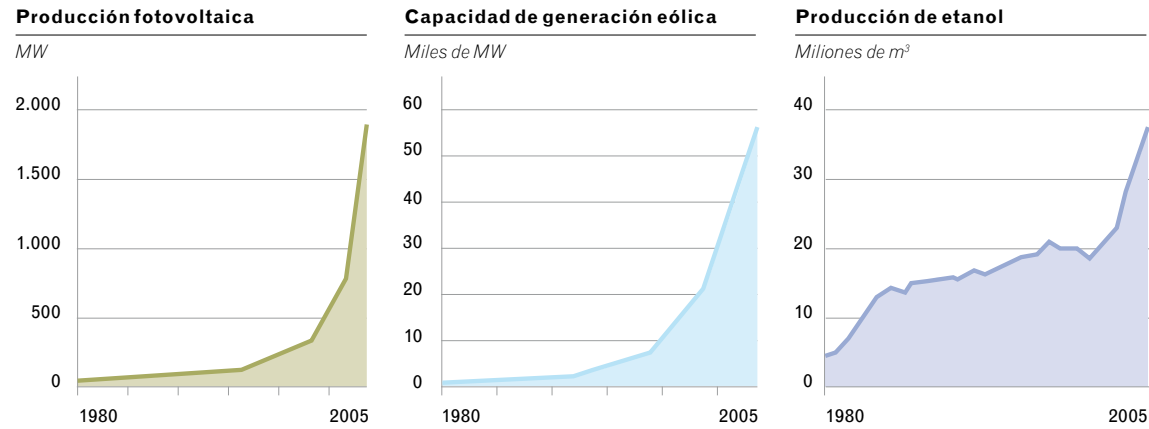
# GRÁFICOS Y CRONOLOGÍA DE LA ENERGÍA

Un sistema energético de futuro a partir del actual



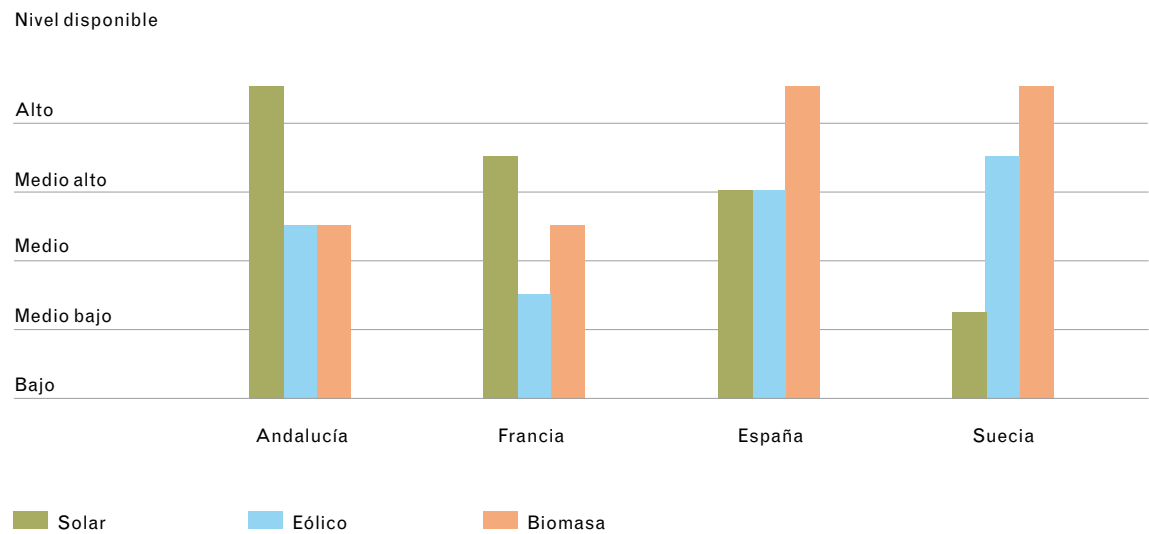
Valeriano Ruiz

## Evolución mundial de algunas fuentes renovables



Investigación y Ciencia n. 362 (2006, p. 53);  
FV News, BTM Consult, AWEA F.O. Lichty BP Statistical Review of Worlds Energy 2006

## Andalucía y otras tipologías distintas de disponibilidad de recursos renovables



Elaboración propia

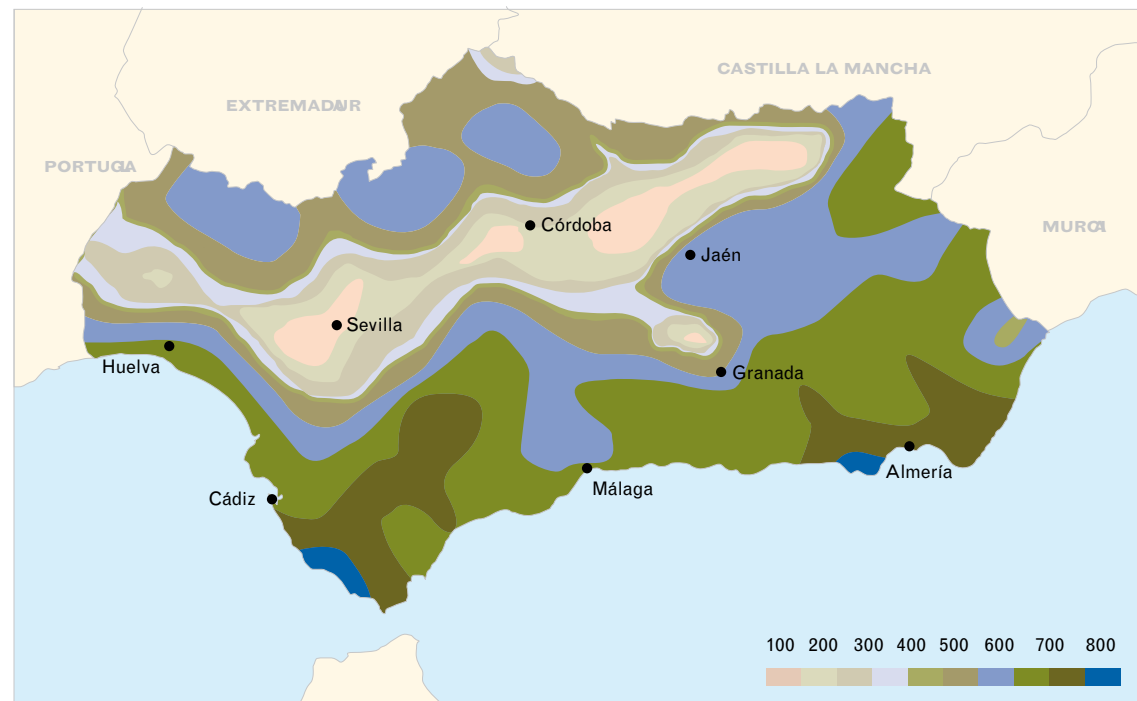
## Recursos y aprovechamientos energéticos de la biomasa en Andalucía

Procedencia	Tipo	Materia útil	Aprovechamiento
Cultivos energéticos	Oleaginosos (girasol, colza, soja palma, etc.)	Semilla y biomasa lignocelulósica	Aceite que es transformado en biodiésel para la sustitución del gasóleo de automoción
	Alcoholígenos (remolacha, caña de azúcar, patata, sorgo azucarero, cebada, trigo, etc.)	Semilla y biomasa lignocelulósica	Obtención de etanol para la sustitución de gasolinas o producción glicerinas o aditivos antidetonantes exentos de plomo como el ETBE
	Lignocelulósicos (eucaliptos, acacias, chopos, pinos, sauces, quercíneas)	Semilla y biomasa lignocelulósica	Eléctrico (agroelectricidad)
Frutos secos	Cáscara		Térmico (combustible sólido)
Residuos agrarios	Olivar	Orujo-orujillo	Térmico o eléctrico
		Hueso aceituna (triturado)	Térmico (combustible sólido)
		Poda	Térmico (combustible sólido) Generación de biocarburantes de segunda generación
	Residuos ganaderos	Purines y otros	Electricidad y gas
	Otros cultivos	Restos de girasol, algodón, arroz, residuos de invernadero, etc.	Térmico (combustible sólido) Generación de biocarburantes de segunda generación Eléctrico
Residuos industriales	Restos de corcho de azucareras, de desmantelamiento de algodón, cáscara de arroz, industriales de aceite, etc.		Térmico (combustible sólido) Generación de biocarburantes de segunda generación Eléctrico
Otros residuos	Madera	Residuos de mantenimiento de montes, restos de podas y talas de cultivos arbóreos, residuos industriales de la madera	Obtención de leña, serrín, virutas, astillas, pellets, etc. para combustión térmica
	Residuos Sólidos urbanos		Electricidad y gas
	Lodos		Electricidad y gas

Elaboración propia

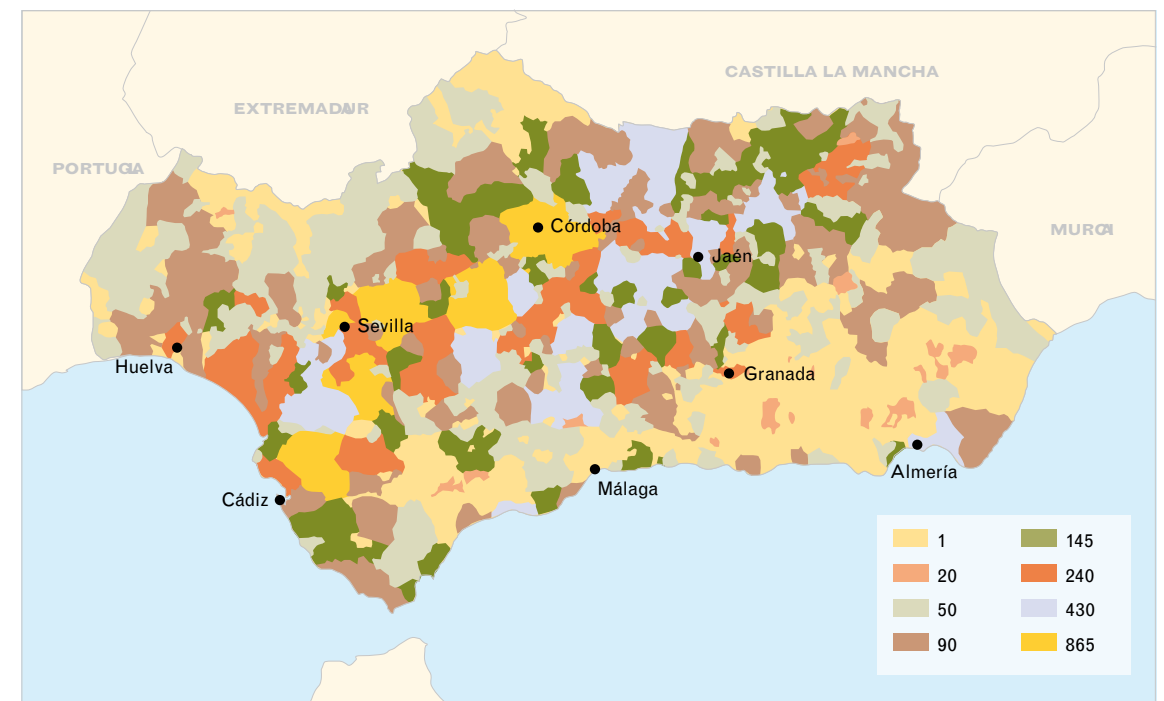


**Recursos eólicos terrestres en Andalucía** Potencia media anual del 2003 en W/m<sup>2</sup> a una altura de 40m



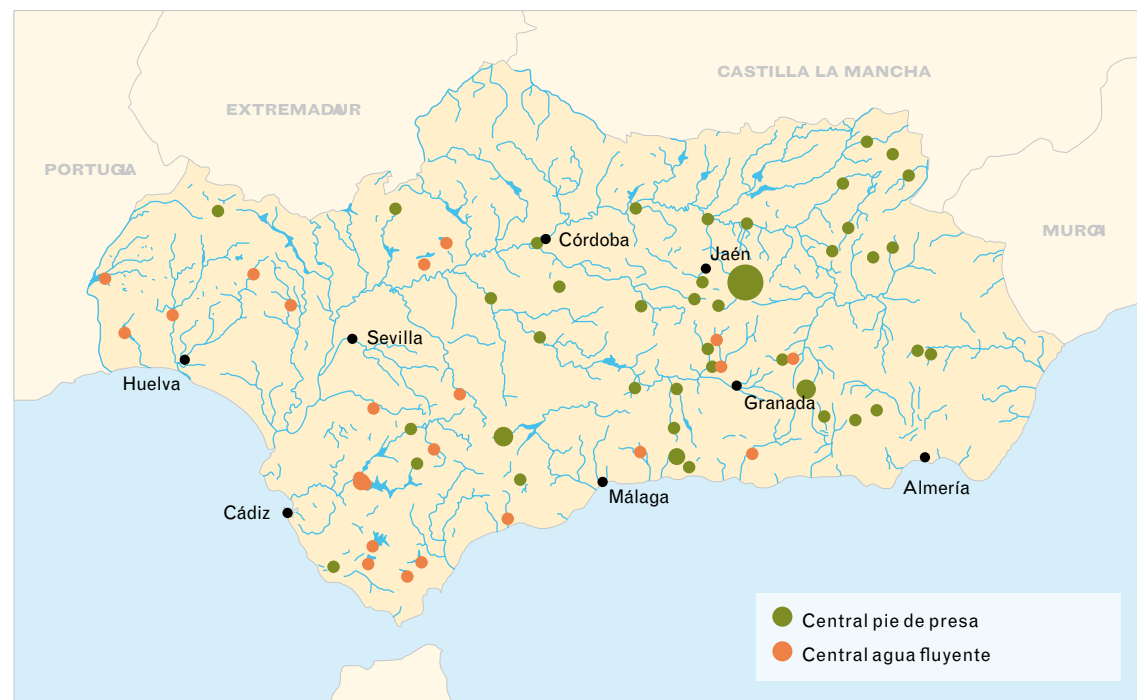
Agencia Andaluza de la Energía (2010)

**Distribución espacial del potencial aprovechable de biomasa en Andalucía** en MTermias



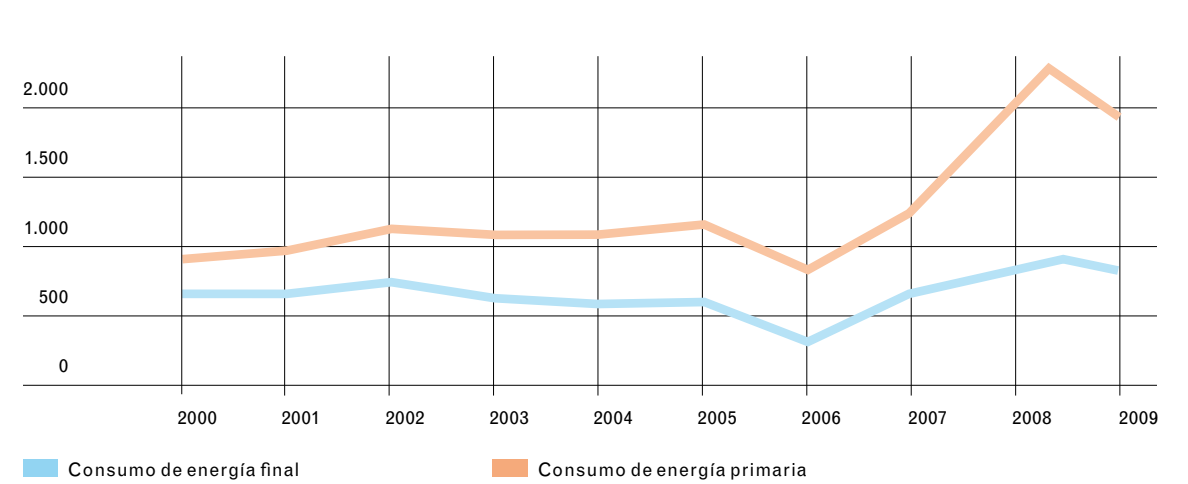
Agencia Andaluza de la Energía (2008, p. 20)

**Recursos de minicentrales hidráulicas en Andalucía**



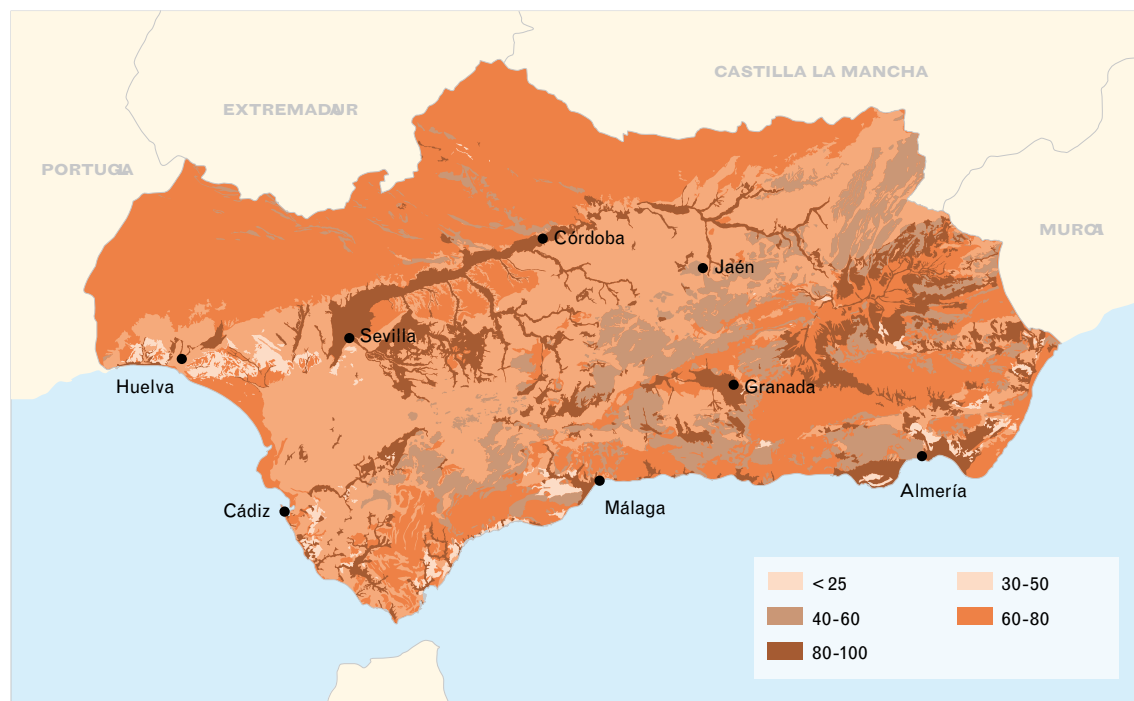
Agencia Andaluza de la Energía (2010)

**Evolución del consumo de energías renovables en Andalucía** Kilotoneladas de petróleo equivalente (ktep)



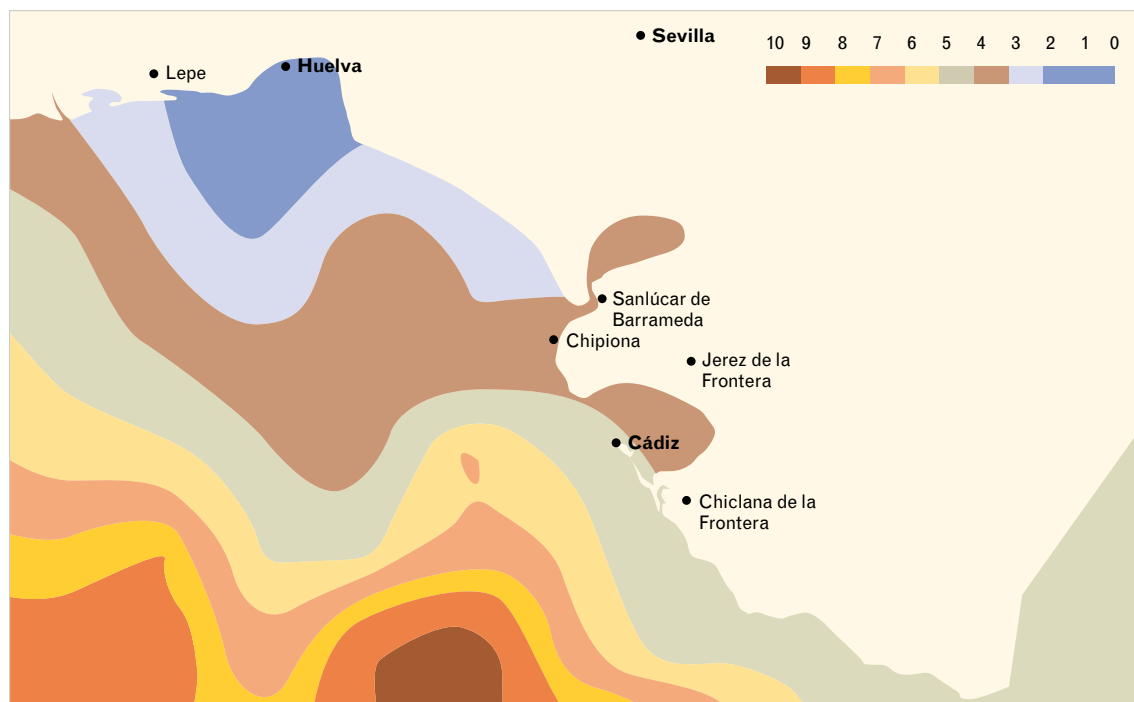
Consejería de Economía, Innovación y Ciencia, Agencia Andaluza de la Energía, 2010

**Capacidad de cesión de calor en Andalucía** en W/m



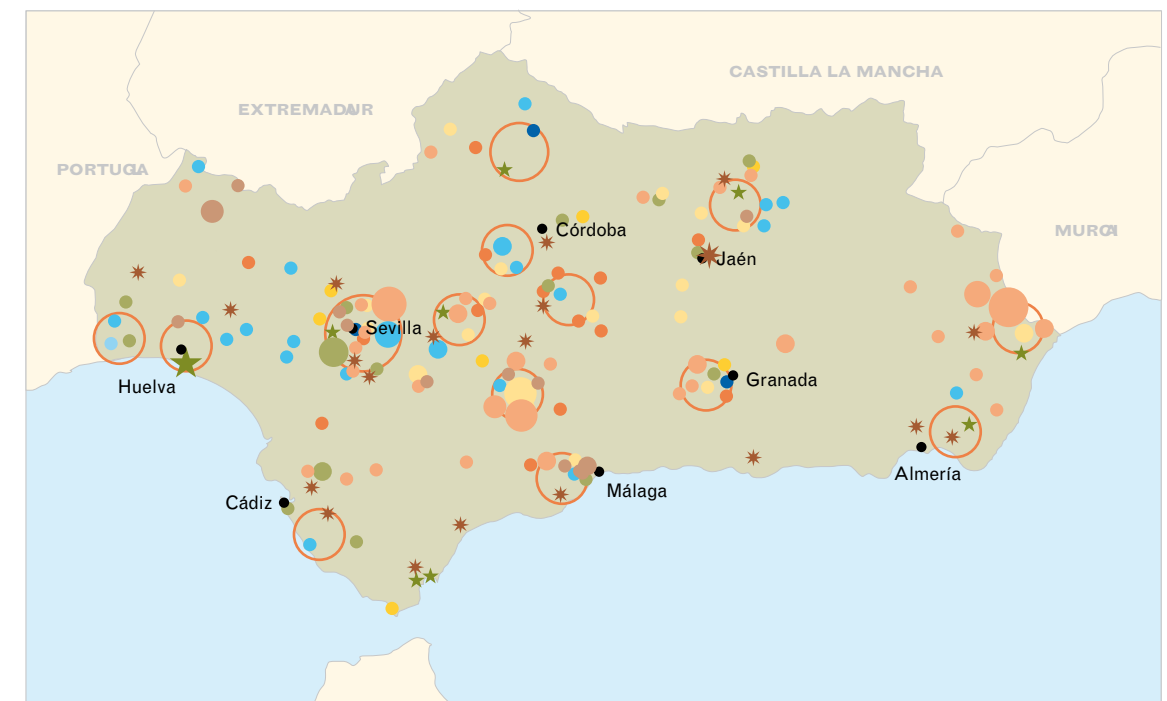
Agencia Andaluza de la Energía (2009)

**Potencial maremotérmico en costas de Andalucía** en kW/m



Agencia Andaluza de la Energía (2010)

**Potencial biogás en Andalucía**



**Plantas**

- ★ Biodiésel
- \* Reciclado y compostaje

**Gestión de residuos**

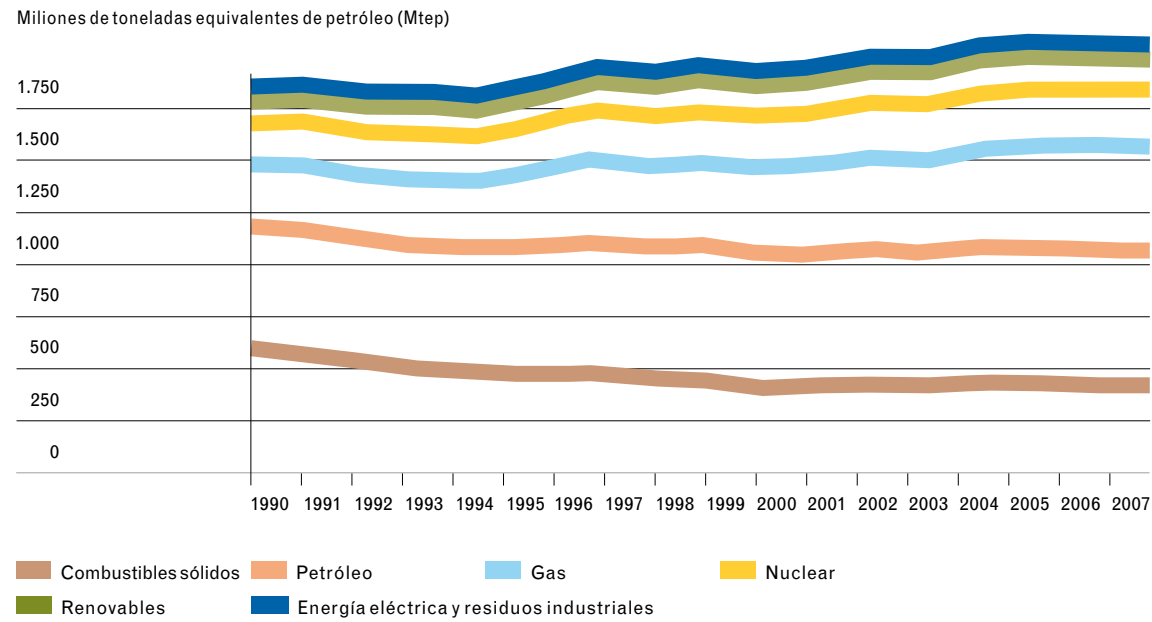
- Vertederos
- Zona de concentración de recursos reutilizables

**Industria agroalimentaria y ganadera**

- Mataderos
- Fáb. de piensos
- Cerdos en ciclo cerrado
- Industrias lácteas
- Indus. agroalim.
- Cría gallinas/aves
- Cría cerdos (+ 2000)
- Cría cerdos (instalaciones mixtas)

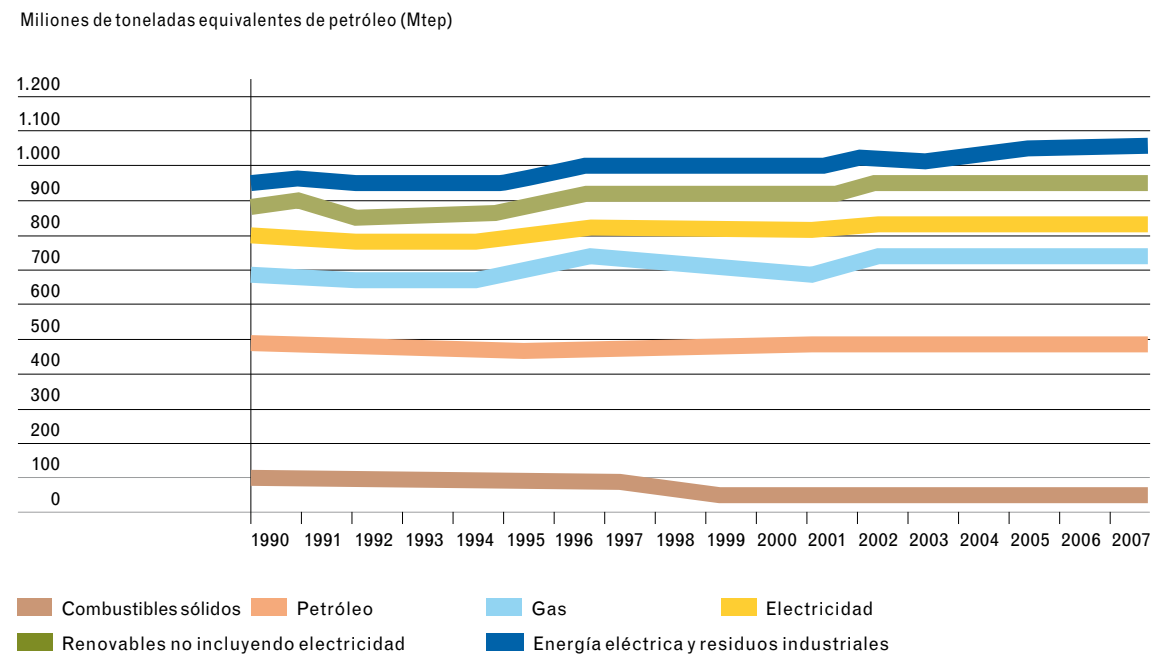
Agencia Andaluza de la Energía (2010)

### Consumo nacional bruto de energía por tipo de combustible en la Unión Europea



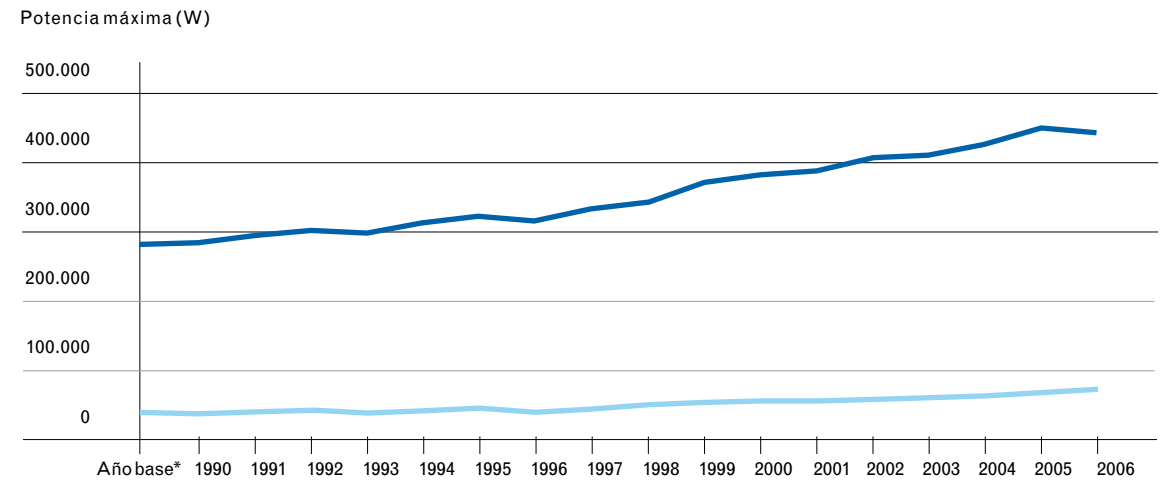
Eurostat (diciembre 2008)

### Consumo final de la energía por tipo de combustible en la Unión Europea



Eurostat (diciembre 2008)

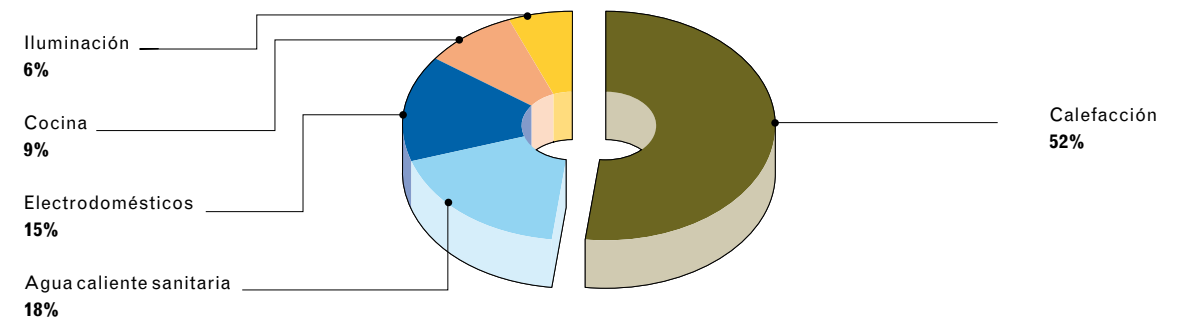
### Evolución de las emisiones GEI en España y Andalucía



\* tomado para el cálculo de la cantidad asignada para el compromiso del Protocolo de Kioto

Ministerio Medio Ambiente (2007)

### Distribución de gasto energético doméstico. Vivienda tipo medio



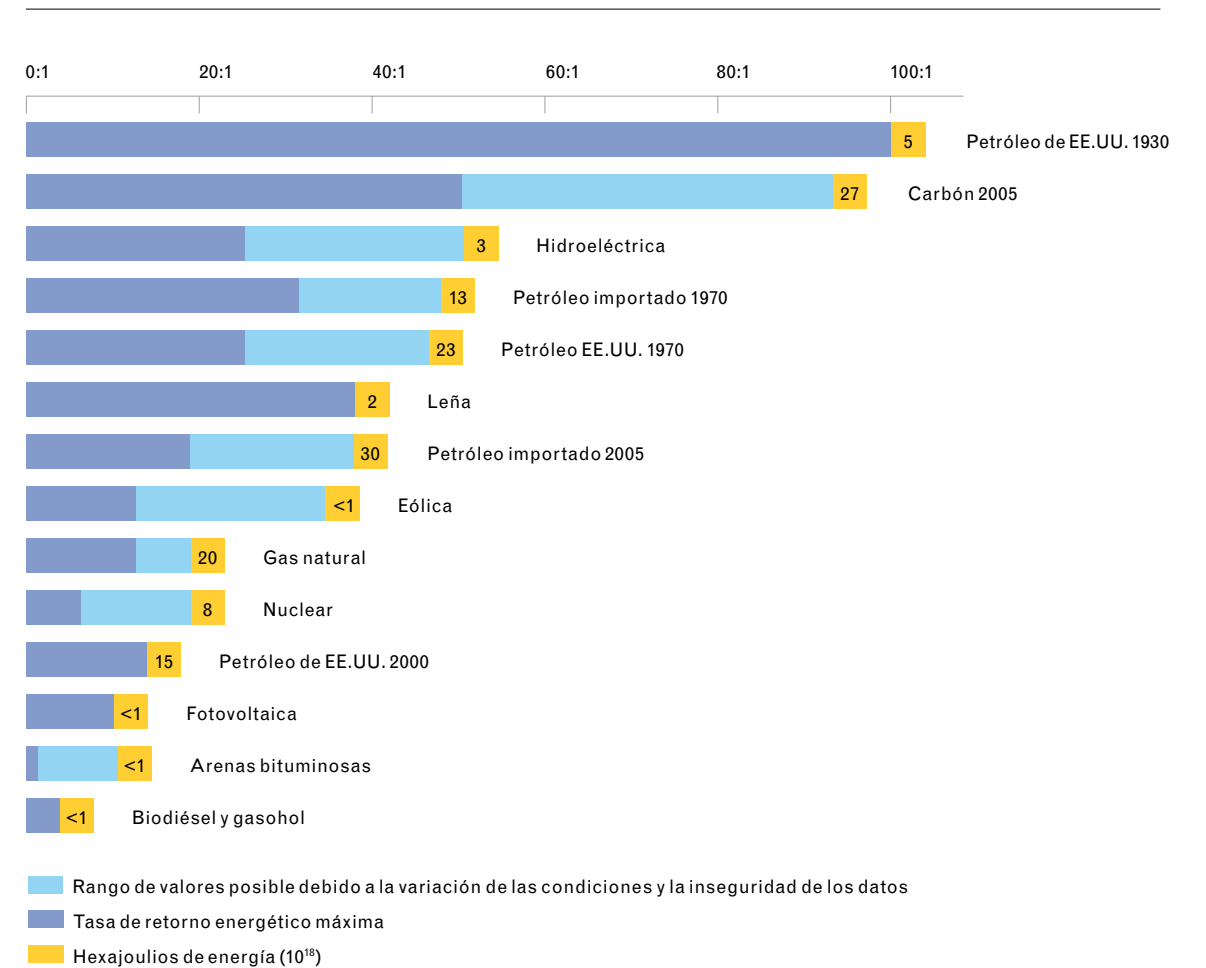
Ruiz, J., *Calor Natura* (2007)

## Predicción del cenit y agotamiento de combustibles y metales

Materia prima	Peak (cenit)	Agotamiento	Principal área de uso
Petróleo	2006-2026	2055-2100	Generación de energía Industria química y farmacéutica Construcción
Gas natural	2010-2025	2075	Generación de energía
Carbón	2100	2160-2210	Generación de energía
Antimonio	--	2020-2035	Aleación de metal
Cobre	--	2040-2070	Transporte de energía Tuberías Electrónica
Galio	Puede haber pasado	--	Electrónica (teléfonos móviles, células solares)
Indio	--	2015-2020	Electrónica (pantallas de cristal líquido, células solares)
Plomo	Pasado	2030	Industria del automóvil Industria química
Platino	--	2020	Electrónica (impresoras, etc.) Industria (enchufes, catalizador, producción de cristal) Medicina (marcapasos)
Plata	--	2020-2030	Electrónica Farmacéuticas
Tantalio	--	2025-2035	Electrónica (teléfonos móviles, automóviles)
Uranio	--	2035-2045	Generación de energía
Cinc	--	2030	Anticorrosivos Almacenamiento de energía (baterías)

Wuppertal institut (2009, p.8)

## Tasa de retorno energético



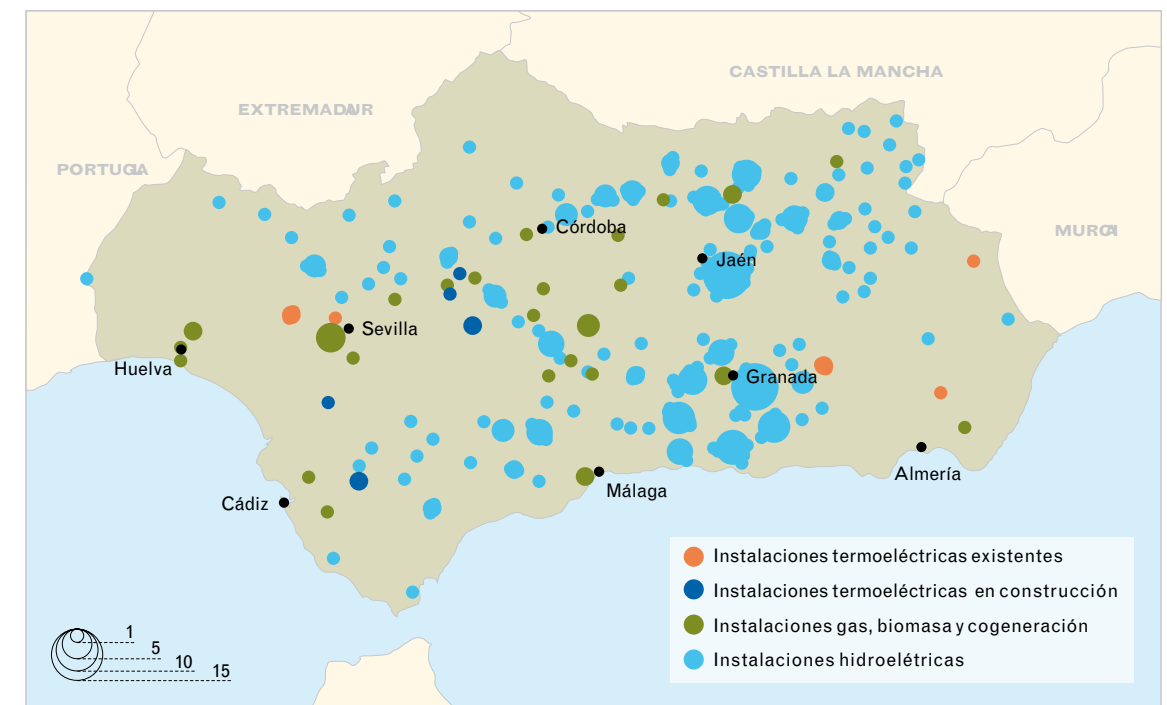
Investigación y Ciencia n. 397 (octubre 2009, p. 76)

### Centrales de energía solar térmica de concentración en España, 2009



Agencia Andaluza de la Energía (2011)

### Instalaciones termoeléctricas, biomasa, cogeneración e hidroeléctricas en Andalucía



Agencia Andaluza de la Energía (2010)

### Mapa de desarrollo geotérmico en España



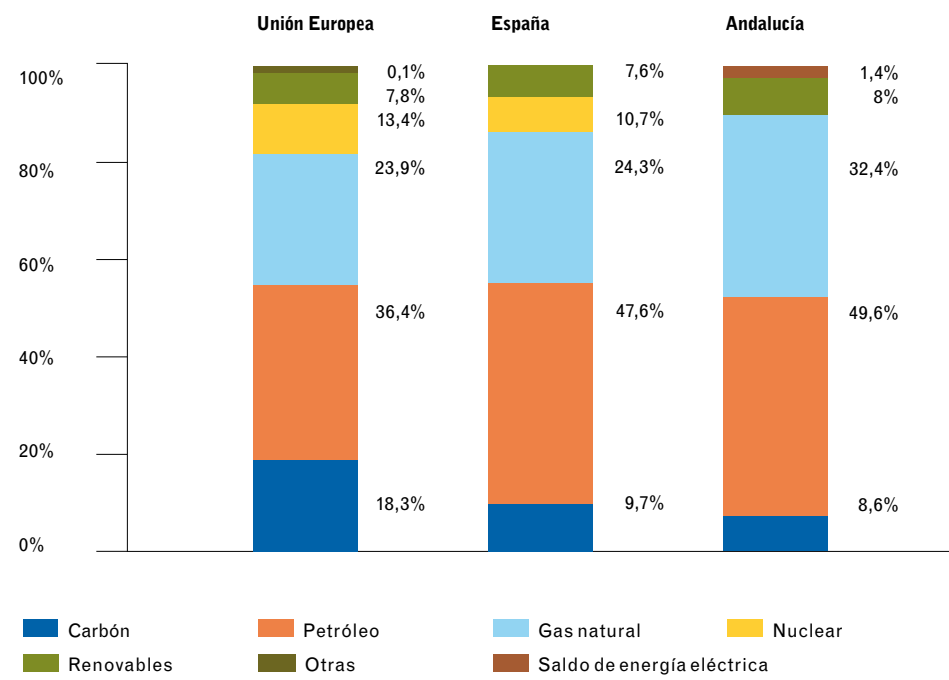
Instituto Geotérmico y Minero de España

### Zonas de concentración de instalaciones eólicas y fotovoltaicas en Andalucía



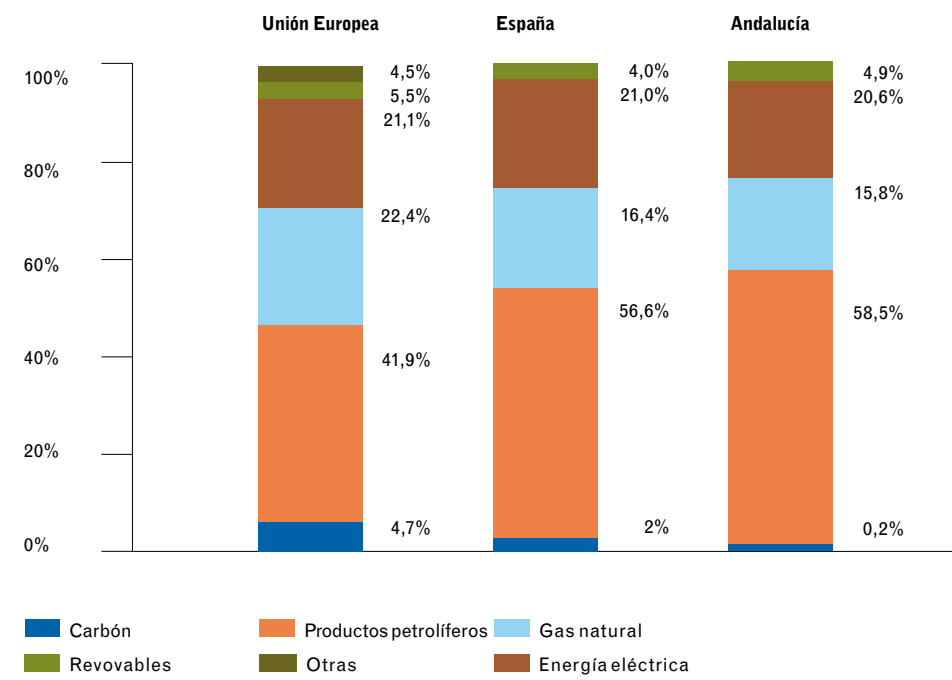
Agencia Andaluza de la Energía (2010)

## Estructura del consumo de energía primaria por fuentes



Agencia Andaluza de la Energía (junio 2010, p.12)

## Estructura del consumo de energía final por fuentes



Agencia Andaluza de la Energía (junio 2010, p.13)

## Evolución de la capacidad instalada de energías renovables en Andalucía

Energías renovables por tecnología		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Hidráulica régimen especial <sup>2</sup>	MW	108,34	108,34	108,34	116,62	136,62	136,62	139,42
Eólica régimen ordinario <sup>2,3</sup>	MW	465,61	465,61	465,61	465,61	465,61	465,61	465,61
Eólica <sup>2</sup>	MW	234	344	444	605	1.284	1.889	2.808
Solar fotovoltaica aislada <sup>1</sup>	kWp	4.554,3	5.083,3	5.346,2	5.770,2	6.226,7	6.754,2	7.258,26
Solar fotovoltaica conectada <sup>2</sup>	kWp	3.593,4	6.752,5	8.103,0	15.425,0	57.902,8	656.530	658.650,6
Solar térmica	m <sup>2</sup>	223.696	254.830	287.997	347.182	415.350	500.350	566.566
Solar termoeléctrica <sup>2</sup>	MW	0,0	0,01	0,01	11,03	11,03	61,03	131,11
Biomasa uso térmico	ktep	578,1	551,4	563,7	367,5	564,1	613,5	471,47
Biomasa y biogás generación eléctrica <sup>2</sup>	MW	115,57	127,31	129,00	164,71	171,88	178,43	209,23
Biocarburantes Capacidad producción	ktep	0	0	0	36,00	126,00	213,6	798,6

Agencia Andaluza de la Energía (marzo 2010 p. 34)

## Aporte de las energías renovables al consumo de energía primaria de Andalucía con fines energéticos

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<b>ktep</b>	994,3	993,2	1.023,8	828,3	1.080,3	1.610,0	1.824,0 <sup>4</sup>
<b>Crecimiento anual (en %)</b>	-0,10	3,10	-19,10	30,40	49,00	13,29 <sup>4</sup>	
<b>Total Energía Primaria (en %)</b>	6,0	5,8	5,6	4,5	5,5	8,7	10,6 <sup>4</sup>

1. Incluye mixtas y microeólica.

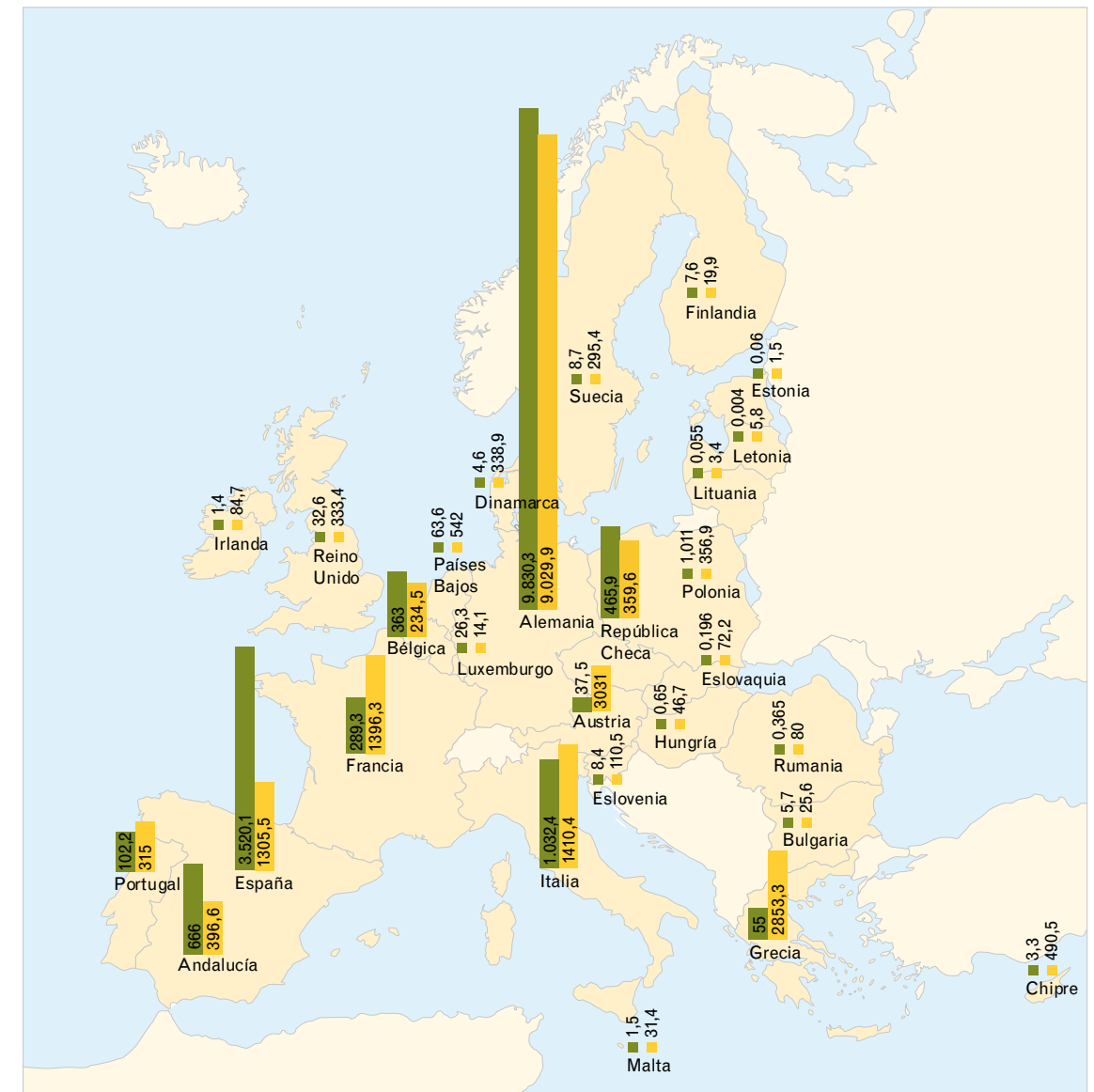
2. Datos históricos actualizados por revisión del inventario de instalaciones eléctricas renovables.

3. No se incluyen las centrales hidráulicas de bombeo, pero sí el funcionamiento en isla (0,2 MW).

4. Datos provisionales

Agencia Andaluza de la Energía (junio 2010, p.3)

## Capacidad de energía solar fotovoltaica y colectores solares térmicos por países de la Unión Europea, 2009



■ Capacidad fotovoltaica acumulada e instalada en los países de UE y Andalucía a finales del 2009 (en MW)

■ Capacidad solar térmica acumulada e instalada en los países de UE y Andalucía a finales del 2009 (en MW)

EurObserv'ER (Photovoltaic Barometer, Abril 2010)

EurObserv'ER (Solar Termal Barometer, Marzo 2010)

Datos para Andalucía: Agencia Andaluza de la Energía (Marzo 2010)

### Capacidad de energía eólica instalada por países de la Unión Europea, 2009

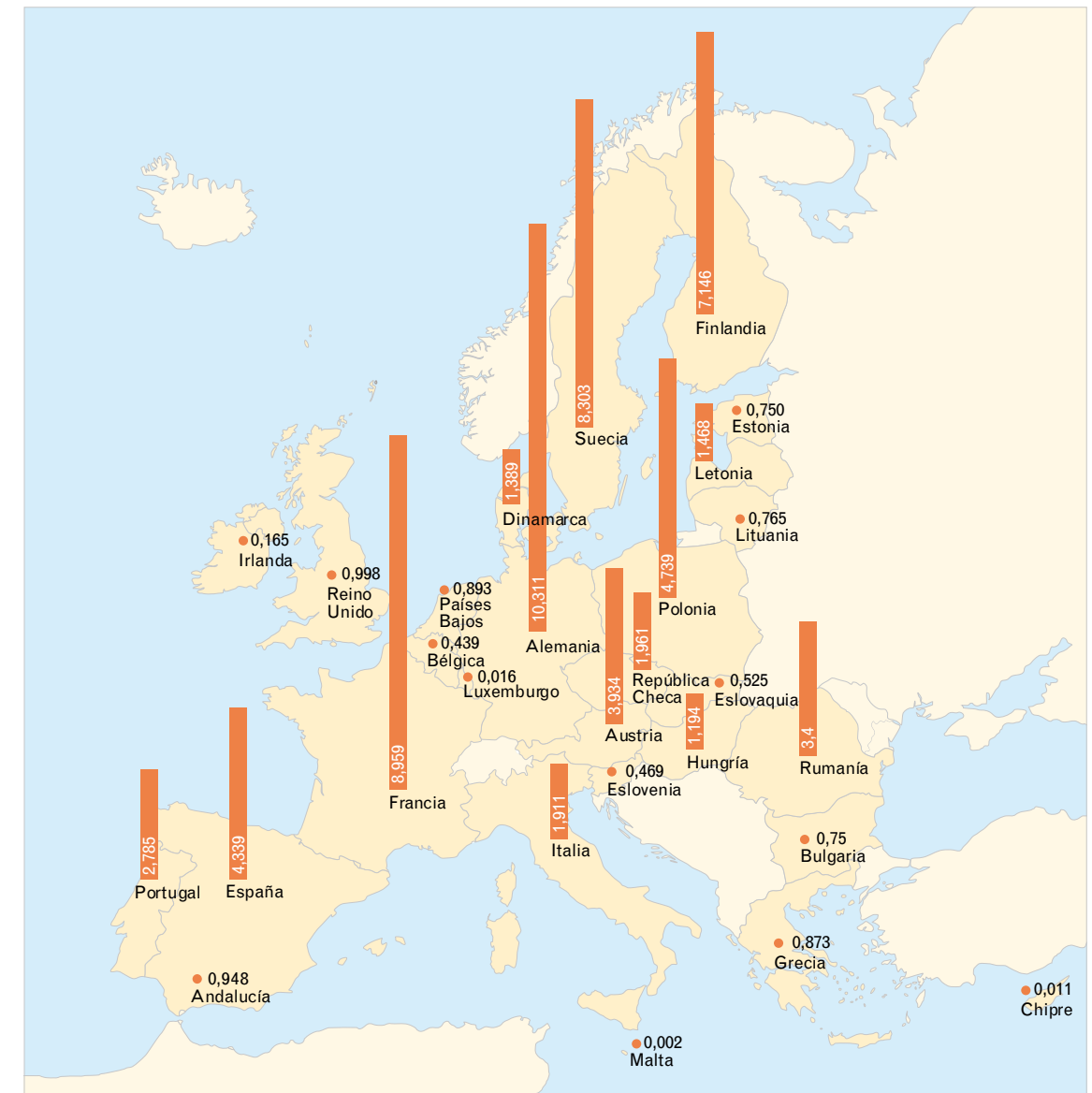


Capacidad acumulada en los países de la UE y Andalucía a finales de 2009 (en MW)

\* Países que no tienen capacidad instalada

EurObserv'ER (Barometer Éolien, marzo 2010),  
Dato para Andalucía: Agencia Andaluza de la Energía (Marzo 2010)

### Producción de energía a partir de biomasa sólida por países de la Unión Europea, 2009



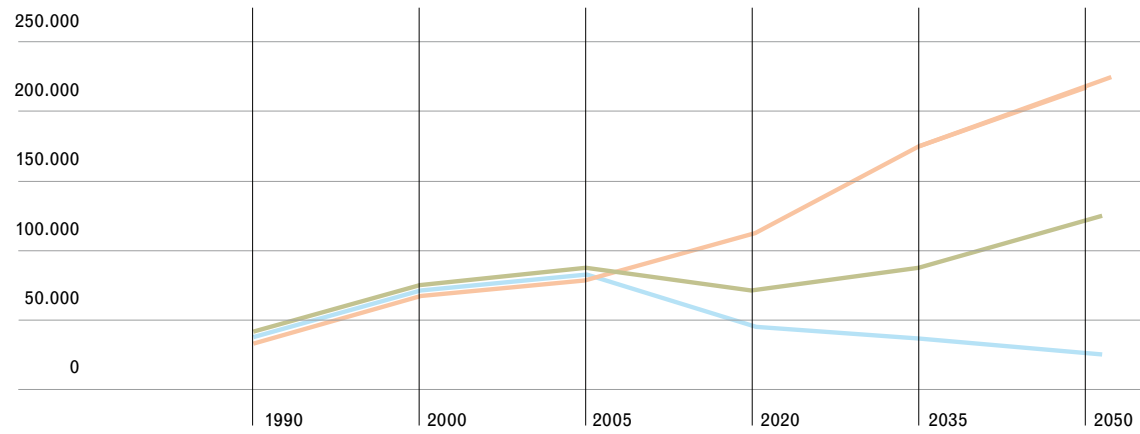
Capacidad acumulada en Mtep

EurObserv'ER (Solid Biomasa Barometer, diciembre 2009),  
Dato para Andalucía, Red Eléctrica Española

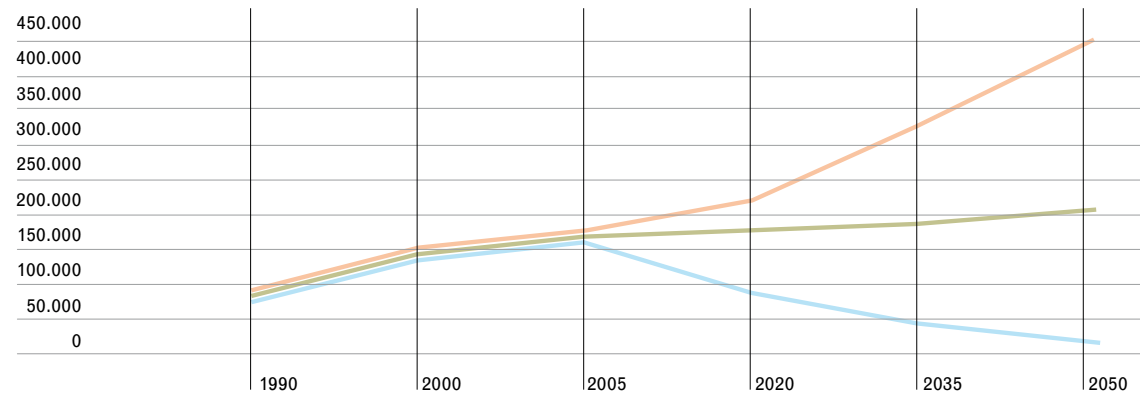


## Escenarios de consumo energético y de emisión de gases de efecto invernadero en las ciudades españolas

Kilotoneladas de petróleo equivalente (ktep)



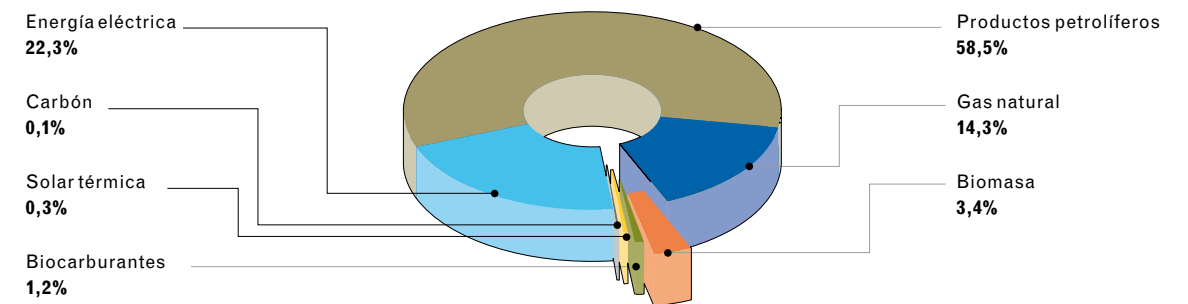
Kilotoneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (ktCO<sub>2</sub>eq)



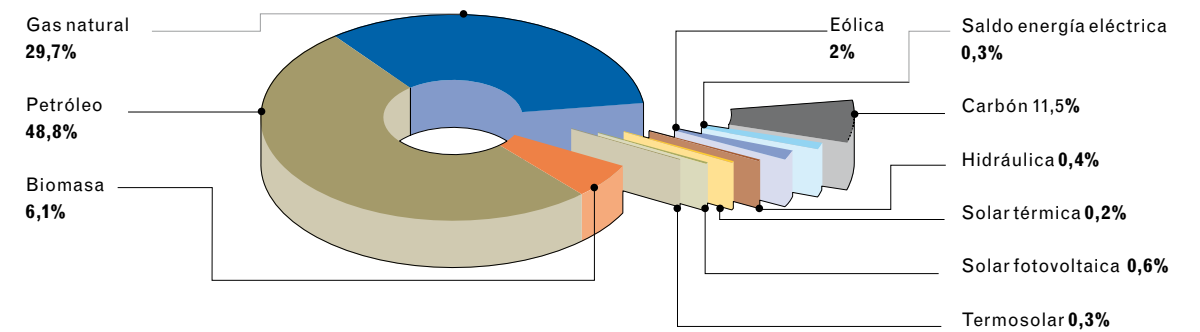
Escenario tendencial Escenario esperable Escenario deseable

Ozcariz, J.; Prats F.; Cambio Global España 2020/2050 (2009)

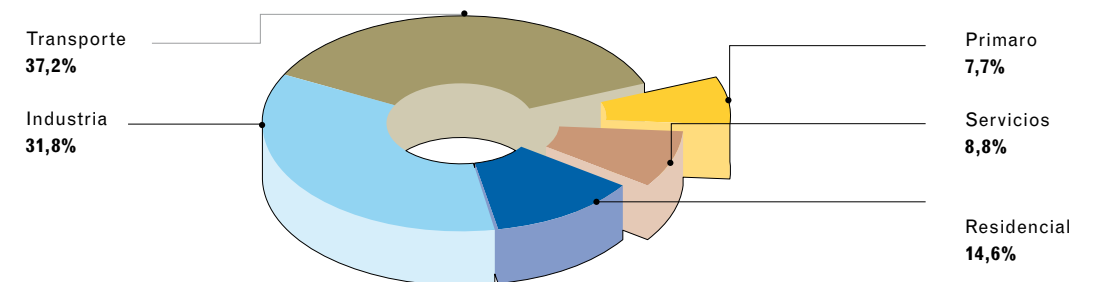
## Consumo de energía final en Andalucía por fuentes, 2009



## Consumo de energía primaria en Andalucía por fuentes, 2009



## Consumo de energía final en Andalucía por sectores de actividad, 2009



Agencia Andaluza de la Energía (2009)

# CRONOLOGÍA DE LA ENERGÍA

## PALEOLÍTICO

**500.000 a.C.** El hombre de Pekín utiliza el fuego.

## NEOLÍTICO

**9000 a.C.** Empieza la agricultura en Oriente Medio.

**6000 a.C.** Domesticación del ganado vacuno en Asia y, quizás, en el norte de África.

## EDAD DE LOS METALES

**5500 a.C.** Fundición del cobre en Oriente Medio.

**4500 a.C.** Invención del arado arrastrado por bueyes en Mesopotamia.

**4200 a.C.** Empieza la producción de bronce en el actual Irán.

## ANTIGÜEDAD

**4000 a.C.** Domesticación del caballo en la actual Ucrania.

**3500 a.C.** Los egipcios inventan la vela.

**3200 a.C.** Primeros vehículos con ruedas conocidos en Sumeria (Irak).

**3000 a.C.** Primera noticia de la utilización de petróleo en Mesopotamia.

**2600 a.C.** Primer vidrio conocido (utilizado en joyería) en Mesopotamia.

Primer ladrillo cocido al fuego en el valle del Indo.

**ca. 2100 a.C.** Los polinesios construyen catamaranes con velas de hoja de palma.

**2000 a.C.** Los chinos queman petróleo para calentarse.

**1500 a.C.** Los hititas (Asia Menor) funden y trabajan el hierro.

**1000 a.C.** Uso del carbón en China. El hierro se expande por el Mediterráneo.

**750 a.C.** El trabajo del hierro se expande por toda Europa.

**600 a.C.** Tales de Mileto produce electricidad estática frotando una pieza de ámbar (*electra* en griego) y describe las propiedades magnéticas del hierro.

**550 a.C.** Producción en serie de hierro mediante moldes en China.

**500 a.C.** Uso del arado con reja de hierro en Europa.

**500 a.C.** El uso pasivo de la energía solar está ampliamente extendido en los hogares griegos.

**425 a.C.** Demócrito afirma que la materia está formada por *átomos*.

**400 a.C.** Se perfora un pozo de petróleo (para quemar en lámparas) en una isla del mar Jónico.

Se inventa la collera para caballos en China.

**285 a.C.** Construcción del faro de Alejandría (la luz de un fuego se proyecta 50 km mediante un espejo).

**200 a.C.** Minería del carbón en China.

**100 a.C.** Utilización de la noria en el centro de la actual Turquía.

**65 a.C.** Utilización de molinos de viento en Grecia.

**60 a.C.** Hero, un científico de Alejandría, describe la primera máquina de vapor.

**50** Los romanos hacen amplio uso de la energía solar y mejoran los vidrios de las ventanas.

**100** Plinio, un senador romano, escribe sobre el uso del petróleo en lámparas del templo de Júpiter en Sicilia.

**300** Perforación de pozos de gas natural en China.

## EDAD MEDIA

**600** Utilización de molinos de agua en Francia y Suiza.

**900** Los vascos cazan ballenas para utilizar su aceite (es posible que los primeros habitantes de Noruega lo hubieran hecho miles de años antes).

**1000** Se perforan pozos de petróleo en Burma.

**1013** Los chinos transportan el gas de los pozos a través de tubos de bambú (primer gasoducto conocido). El gas se utiliza para fabricar porcelana.

**1044** Wu Ching Tsao Tsao describe en China la primera receta conocida para la fabricación del salitre, el principal ingrediente de la pólvora.

**1100** Se perforan pozos de petróleo en Europa y el Mediterráneo.

**1180** Explotación del carbón de manera sistemática en Inglaterra.

**1226** El carbón es transportado del NE de Inglaterra a Londres y utilizado como fuente de calor.

**1295** Marco Polo describe el uso del petróleo y el carbón en China.

**1322** Una ciudad francesa transporta agua caliente de fuentes termales para calentar las casas.

**1340** Utilización en Holanda de bombas impulsadas por el viento para desecar marismas.

**1415** Se instala en Londres la primera red de alumbrado de calles.

## SXVI

**1472-1519** Leonardo Da Vinci diseña planos de máquinas, entre ellas la precursora de la turbina de agua.

**1474** En Nuremberg se usa aire comprimido para traspasar vino de un tonel a otro.

**1556** G. Bauer publica *De Re Metallica*, un tratado de minería y metalurgia.

## SXVII

**1600** W. Gilbert publica *De Magnete*, un tratado sobre el magnetismo.

**1600** Salomón de Caus diseña y construye un surtidor de agua accionado por energía solar.

**1640** Se perfora un pozo de petróleo en Italia. El queroseno obtenido se utiliza para el alumbrado.

**1650** O. von Guericke inventa una bomba de vacío.

**1650** Atanasio Kircher, vuelve a encender madera a distancia.

**1662** R. Boyle formula sus leyes sobre el comportamiento de los gases.

**1665-1666** I. Newton desarrolla el concepto de fuerza, las leyes del movimiento, la Ley Universal de la Gravitación y muchas leyes de la óptica.

**1678** C. Huygens sugiere la teoría ondulatoria de la luz.

**1680** Ehrenfried Walther von Tschirnhaus funde materiales cerámicos utilizando espejos y lentes.

**1691** R. Boyle descubre que quemando carbón se produce un gas inflamable.

**1694** Obtención de petróleo en Inglaterra a partir de pizarras bituminosas.

**1698** T. Savery patenta en Inglaterra su primera máquina de vapor para bombear agua de las minas.

## SXVIII

- 1700** Los invernaderos con ventanas de cristal se popularizan en Europa.
- 1723** El zar Pedro El Grande garantiza los derechos de explotación a los particulares que perforan pozos de petróleo en la región de Bakú.
- 1738** D. Bernouilli publica su tratado sobre hidrodinámica.
- 1747-1752** Los experimentos de B. Franklin con la electricidad conducen a la invención del pararrayos.
- 1748** Nace la minería del carbón en los Estados Unidos (Virginia).
- 1750** Georges Louis Leclerc crea hornos solares, uno de ellos compuesto por 360 espejos.
- 1760** Se introduce en Inglaterra un nuevo horno de fundición del hierro alimentado por carbón en vez de madera.
- 1767** H. Cavendish descubre que el hidrógeno es un componente del agua.
- Las calles de Filadelfia se iluminan con lámparas alimentadas con aceite de ballena.
- 1769** J. Watt patenta su primera máquina de vapor lo suficientemente eficiente para otros usos diferentes del bombeo de agua. En Francia, N. Cugnot construye un vehículo a vapor de tres ruedas.
- 1783** Joseph y Jacques Montgolfier realizan la primera ascensión tripulada en un globo de aire caliente, mientras que J. Charles hace lo mismo con un globo de hidrógeno. También en Francia, C. de Jouffroy d'Abbans construye un barco de rueda a vapor.
- 1788** J. Fintch navega 35 km (de Filadelfia a Burlington) en un barco a vapor.
- 1789** A. Lavoisier describe la teoría de la combustión en su *Tratado elemental de química*.
- 1792** W. Murdock obtiene gas del carbón y lo utiliza para iluminar su casa.
- 1797** B. Thompson ilustra la equivalencia mecánica del calor.
- 1799** A. Volta inventa la pila voltaica (la primera batería eléctrica).

## SXIX

- 1800** Varias ciudades francesas utilizan energía geotérmica para calentarse.
- 1803** En Escocia se utiliza por vez primera gas proveniente del carbón para iluminar una fábrica. Las ciudades de Parma y Génova en Italia se iluminan con queroseno procedente de un pozo de petróleo en Módena.
- 1804** R. Trevitchck hace funcionar una locomotora a vapor sobre raíles.
- 1807** Un barco a vapor recorre 200 km, de Nueva York a Albany, en 32 horas.
- 1809** Se instalan farolas de gas en Pall Mall, Londres.
- 1814** En Inglaterra, G. Stephenson hace funcionar la primera locomotora que arrastra un convoy de vagones.
- 1816** R. Stirling inventa el motor de combustión externo.
- 1819** C. Oersted describe que una corriente eléctrica circulando a través de un alambre origina un campo magnético.
- 1820** A. Ampere funda la ciencia del electromagnetismo.
- 1821** Sobre la base del trabajo de Oersted, M. Faraday descubre los principios del motor eléctrico.
- 1822** J. Fourier publica su teoría de la conducción del calor.
- 1823** S. Brown construye el primer motor de combustión interna.
- 1824** S. Carnot publica los principios de la termodinámica.
- 1825** El primer ferrocarril comercial empieza a operar en Inglaterra.
- 1827** G. Ohm publica su Ley de la Corriente y el Voltaje Eléctrico.
- 1830** Los vehículos a vapor son corrientes en Londres.
- 1831** M. Faraday inventa la dínamo. J. Henry perfecciona el motor eléctrico.

- 1832** R. Davidson construye un coche eléctrico que circula a 6 km/h.
- 1836** S. Morse inventa el telégrafo en los EE.UU.
- 1838** El barco británico Sirius se convierte en el primero impulsado únicamente por vapor que cruza el Atlántico.
- 1839** W. R. Grove descubre la célula de combustible. E. Becquerel descubre el efecto fotovoltaico.
- 1843** J. Joule demuestra el principio de conservación de la energía o Primera Ley de la Termodinámica.
- 1844** El 24 de mayo se envía el primer mensaje telegráfico de Washington a Baltimore.
- 1850** R. Clausius formula la Segunda Ley de la Termodinámica. El primer cable telegráfico submarino entre Inglaterra y Francia entra en funcionamiento.
- 1855** A. Gesner patenta en los EE.UU. un proceso para extraer queroseno de las pizarras bituminosas y el carbón. Crea una compañía que manufactura queroseno para el alumbrado a un precio siete veces inferior al del aceite de ballena.
- 1859** E. Drake perfora el primer pozo comercialmente productivo de petróleo en Titusville (Pensilvania). El queroseno derivado del petróleo pronto reemplaza al aceite de ballena como principal combustible para las lámparas.
- 1860** H. Bessemer introduce un método para producir acero en grandes cantidades y a bajo coste. El Proceso Bessemer resultará clave para la expansión del ferrocarril, la construcción de edificios y puentes de acero y la fabricación de automóviles.
- 1861** A. Mouchot patenta la primera máquina solar a vapor. En los EE.UU. se completa la primera línea telegráfica transcontinental.
- 1862** J. Rockefeller construye la primera refinería de petróleo en Cleveland.
- 1863** Se inaugura en Londres la primer línea de metro del mundo.
- 1865** S. van Syckel construye y opera el primer oleoducto en Titusville.
- 1869** D. Mendeleev introduce la tabla periódica de los elementos. Se termina el ferrocarril transcontinental en los EE.UU.
- 1870** Z. Gramme perfecciona la dínamo y construye el primer generador eléctrico.
- 1872** Primer gasoducto en los EE.UU. entre los campos de Newton Wells y Titusville (7 km).
- 1873** J. Maxwell publica su obra sobre electricidad y magnetismo. J. S. Newberry presenta su teoría sobre el origen orgánico del petróleo.
- 1874** Se construye en Inglaterra una planta eléctrica alimentada por la combustión de basura.
- 1875** S. Marcus inventa un motor de combustión interna en Austria. Se ilumina un edificio en Francia con luz eléctrica. Alexander Graham Bell inventa el teléfono.
- 1876** N. Otto construye un motor de combustión interna de cuatro tiempos. C. von Linde patenta el frigorífico por compresión de amoníaco.
- 1877** L. Boltzmann publica las fórmulas que ligan energía cinética y temperatura.
- 1878** J. Swan patenta en Inglaterra la primera bombilla eléctrica de filamento incandescente. C. Brush inventa la lámpara de arco eléctrico. Se construye la primera presa hidroeléctrica en las cataratas del Niágara.
- 1879** T. Edison patenta en los EE.UU. su bombilla de filamento incandescente.
- 1881** Se comercializa en Europa el primer coche eléctrico.
- 1883** C. Fritt describe la primera célula solar de selenio.
- 1884** C. Parsons patenta una turbina a vapor en Inglaterra. P. Nipkow propone el primer sistema de televisión.
- 1885** G. Daimler y K. Benz, trabajando por separado, inventan motores de gasolina similares a los actuales. Benz usa su motor en un carruaje de tres ruedas, mientras que Daimler construye una motocicleta.

**1886** G. Westinghouse y W. Stanley perfeccionan el transformador.  
C. Hall inventa un proceso para obtener aluminio de la bauxita mediante electrolisis.

**1888** Primera máquina eólica para generar electricidad en los EE.UU.

**1889** H. R. Hertz desarrolla la teoría electromagnética de la luz.  
Comercialización en los EE.UU. del primer calentador de agua por gas.

**1890** Comercialización en los EE.UU. de los calentadores solares de agua.  
La electricidad empieza a reemplazar al gas natural en el alumbrado.

**1891** N. Tesla inventa la bobina, todavía utilizada hoy en día en radios, televisiones y otros equipos eléctricos. Se completa en Alemania la primera línea eléctrica de gran distancia.

**1892** R. Diesel patenta el motor diésel. En París se fabrican los primeros coches de gasolina para el mercado europeo. Y los hermanos C. y F. Duryea fabrican el primer automóvil de gasolina de los EE.UU. P. LaCour diseña una máquina que genera electricidad a partir del viento de forma eficiente.

**1893** J. Elster y H. Geitel inventan la célula fotoeléctrica.

**1894** W. Ostwald formula los principios de la célula de combustible.  
Union Oil introduce con éxito el fuel en las locomotoras de las compañías Southern Pacific y Santa Fe. E. Michelin introduce en Francia los neumáticos de aire.

**1895** G. Marconi transmite las primeras señales de radio.  
W. K. Roentgen descubre los rayos X.

**1896** Descubrimiento de la radioactividad por A. H. Becquerel.  
Se instala en California la primera plataforma de perforación en aguas marinas.

**1897** J. J. Thompson descubre el electrón.

**1898** M. Curie y su esposo aíslan el radio.  
Se construye una planta eléctrica en Nueva York que quema basura.

**1899** E. Rutherford inicia una serie de descubrimientos fundamentales sobre la radioactividad.

## SXX

**1900** F. von Zeppelin hace volar su primer dirigible.

**1901** Marconi transmite un mensaje en morse a través del Atlántico.

**1902** Las compañías de ferrocarril Southern Pacific y Santa Fe sustituyen el carbón por fuel.

**1903** Los hermanos Wright realizan su primer vuelo a motor en Carolina del Norte.

**1904** La energía geotérmica es utilizada por primera vez a escala industrial en Italia.

**1905** A. Einstein publica la teoría de la relatividad.  
H. Nernst desarrolla la Tercera Ley de la Termodinámica.

**1908** Henry Ford comercializa el modelo T.

**1909** La US Navy anuncia un programa para sustituir el combustible de sus barcos, que pasarán del carbón al fuel. L. Bleriot vuela sobre el Canal de la Mancha.

**1910** Se patenta la primera lavadora en los EE.UU.

**1911** H. Kamerlingh-Onnes descubre la superconductividad.  
En los EE.UU. se patenta el primer aparato de aire acondicionado.

**1912** C. Schlumberger utiliza la electricidad y la propagación de las ondas sísmicas para medir las propiedades de las rocas en el subsuelo.

**1913** W. Burton, de la Standard Oil de Indiana, patenta un proceso térmico de cracking que incrementa notablemente la gasolina obtenida del crudo.

**1914** R. H. Goddard patenta el primer cohete de combustible líquido.

**1915** A. Einstein publica su teoría general de la relatividad relacionando masa, energía, magnetismo, electricidad y luz.

**1918** Texaco desarrolla el proceso Holmes-Manley para sintetizar gasolina a partir de petróleos pesados. Unos cien aerogeneradores producen electricidad en Dinamarca.

**1920** Se inaugura la primera emisora de radio en Pittsburg (Pensilvania).

**1926** J. Baird demuestra la viabilidad técnica de la televisión en Londres.

**1927** C. Lindbergh cruza el Atlántico en un vuelo en solitario sin escalas.

**1928** V. Zworykin patenta la televisión en color en los EE.UU.  
Más de 3 millones de familias de este país tienen dos coches.

**1929** E. Houdry inventa el proceso catalítico para el cracking del crudo.  
El proceso transforma crudos pesados en ligeros.

**1930** Islandia empieza a trabajar en un proyecto de calefacción a gran escala mediante el uso de la energía geotérmica. El uso de los generadores eólicos de hélice se generaliza en las áreas rurales de los EE.UU.

**1932** F. Bacon desarrolla con éxito una célula de combustible.

**1935** La electrificación rural llega a las áreas más remotas de los EE.UU. reemplazando progresivamente a las turbinas eólicas.

**1938** O. Hahn y F. Straussman dividen el átomo de uranio bombardeándolo con neutrones (fisión nuclear).

**1939** Alemania prueba con éxito el primer aeroplano de propulsión a chorro.  
J. V. Atanasoff y C. Berry diseñan el primer ordenador digital electrónico.

**1942** En la Universidad de Chicago, un equipo bajo la dirección del físico E. Fermi consigue la primera reacción nuclear de fisión controlada.

**1943** M. Newman y T. Flowers, dos descodificadores de claves de guerra ingleses, diseñan y construyen Colossus, el primer ordenador electrónico programable.

**1945** Detonación de la primera bomba atómica en Nuevo México.  
Bombas atómicas sobre Hiroshima y Nagasaki en Japón.

**1946** En la Universidad de Pensilvania, J. Mauchly y J. P. Eckert construyen el ordenador electrónico ENIAC.

**1947** Descubrimiento de petróleo en las aguas del golfo de México.

**1952** Detonación de la primera bomba norteamericana de hidrógeno (fusión nuclear).

**1954** Se inaugura la primera central nuclear en Rusia.  
La US Navy bota el Nautilus, el primer submarino atómico.  
D. M. Chapman, C. S. Fuller y G. L. Pearson desarrollan las células solares para generación de electricidad. Uso de las células de combustible en el programa espacial de la NASA.

**1957** Rusia pone en órbita el primer Sputnik.

**1960** Se inaugura en los EE.UU. la primera central nuclear con fines comerciales.  
Aumento de la preocupación sobre el impacto ambiental derivado del uso de la energía.

**1961** Yuri Gagarin se convierte en el primer hombre en el espacio.  
Se inicia la extracción de petróleo de las arenas asfálticas de Canadá.

**1962** La NASA pone en órbita el primer satélite de comunicaciones.

**1964** Entra en servicio el primer *tren bala* en Japón.

**1966** Accidente en una central nuclear en Detroit.  
Construcción en Francia de una planta eléctrica mareomotriz.  
Alunizaje de la sonda rusa Luna IX.

**1967** Se comercializa el primer microondas para uso doméstico.

**1968** Descubrimiento del mayor campo de petróleo de los EE.UU. en Alaska.

**1969** Los astronautas N. Armstrong y E. Aldrin pisan la Luna.

**1970** Primer gran descubrimiento de petróleo en el Mar del Norte.  
El Boeing 747 (Jumbo) inicia sus vuelos comerciales.  
El calentamiento de agua a partir de paneles solares se generaliza en Israel.  
La preocupación mundial sobre el daño al medio ambiente se concreta en la celebración del primer Día de la Tierra.

**1971** P. Mc Cabe y M. McCornick empiezan a desarrollar el primer sistema de obtención de energía a partir del oleaje.

**1972** Inyección de CO<sub>2</sub> en un yacimiento de petróleo para mejorar la recuperación.

**1973** La crisis ocasionada por el embargo de petróleo decretado por los productores árabes abre una nueva era para la generación de electricidad mediante las renovables y para la sustitución de los derivados del petróleo por biocombustibles en el sector del transporte.

Se pone a punto la sísmica en tres dimensiones para la exploración de hidrocarburos.

**1974** J. Lindamayer desarrolla la célula fotovoltaica de silicio para producir energía solar.

**1975** Se construye la primera plataforma marina flotante para iniciar la explotación de los yacimientos del Mar del Norte.

La venta de ordenadores personales se generaliza.

**1979** Accidente nuclear en Three Mile Island.

**1980** Europa y Asia realizan considerables inversiones en la generación eólica de electricidad.

La energía nuclear produce más electricidad que los derivados del petróleo en los EE.UU.

**1984** Una red de telefonía móvil empieza a operar en Chicago.

**1986** Accidente en la central nuclear de Chernobyl.

Se descubre el primero de una nueva clase de superconductores.

**1989** T. Berners-Lee desarrolla la World Wide Web.

**1991** Se produce energía mediante un proceso de fusión nuclear controlada en el Joint European Torus con sede en Gran Bretaña.

**1997** Se redacta el Protocolo de Kioto del Convenio Marco sobre Cambio Climático de la ONU.

## S XXI

**2000** BMW anuncia en la Exposición Mundial de Hannover su intención de producir en serie coches impulsados por células de hidrógeno.

**2005** Entrada en vigor del Protocolo de Kioto al ser ratificado por 129 países que suman más del 55 % de la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

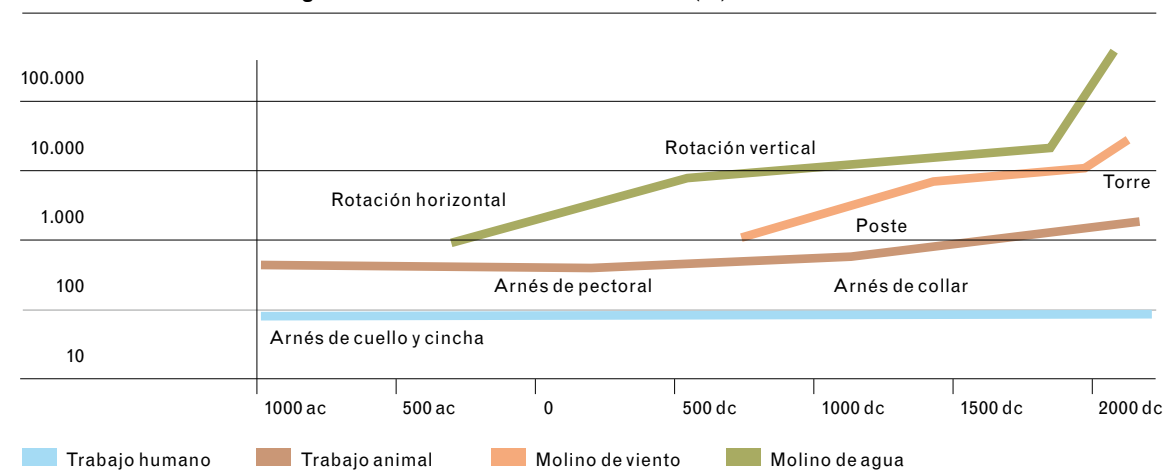
**2005** La UE, EE.UU., China, Corea, Japón y Rusia acuerdan iniciar la construcción de un reactor experimental de fusión con fines comerciales (ITER) en la localidad francesa de Cadarache.

**2007** Aprobación de objetivos obligatorios del Consejo Europeo del 20% de energía procedente de fuente renovable en la energía final para el año 2020 y del 10% de biocarburantes para el conjunto de los combustibles de transporte.

**2009** Aprobación de la Directiva Comunitaria 2009/28/CE relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y se establecen los planes de acción nacionales en esta materia.

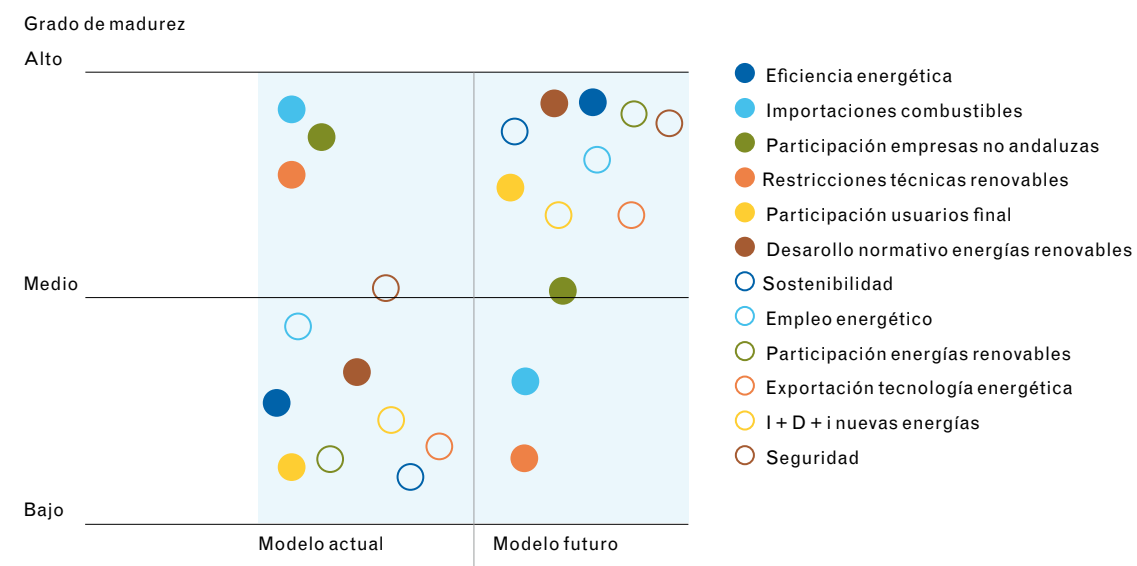
Marzo, Mariano (Barcelona Metrópolis Mediterránea n. 67); elaboración propia

## Grandes innovaciones energéticas en la historia Potencia máxima (W)



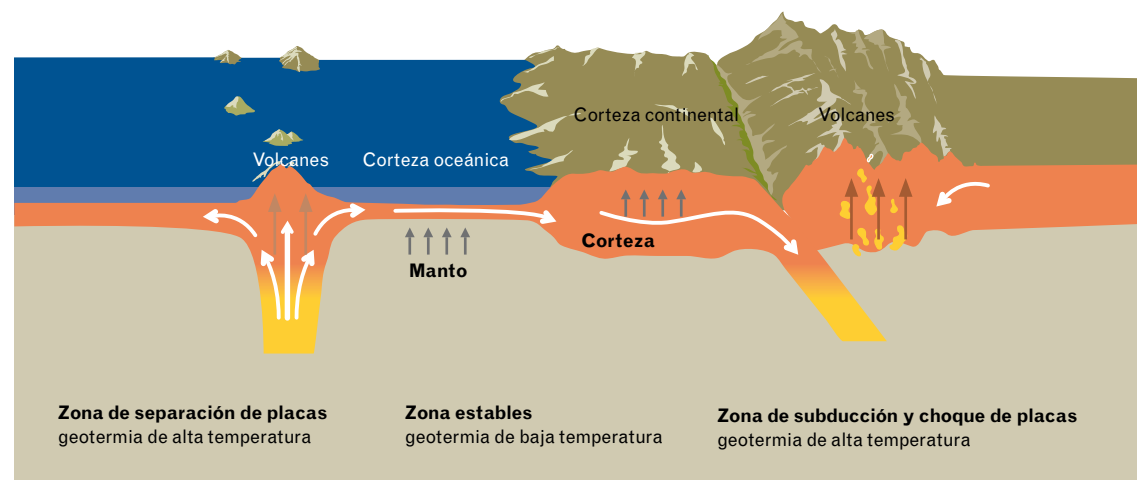
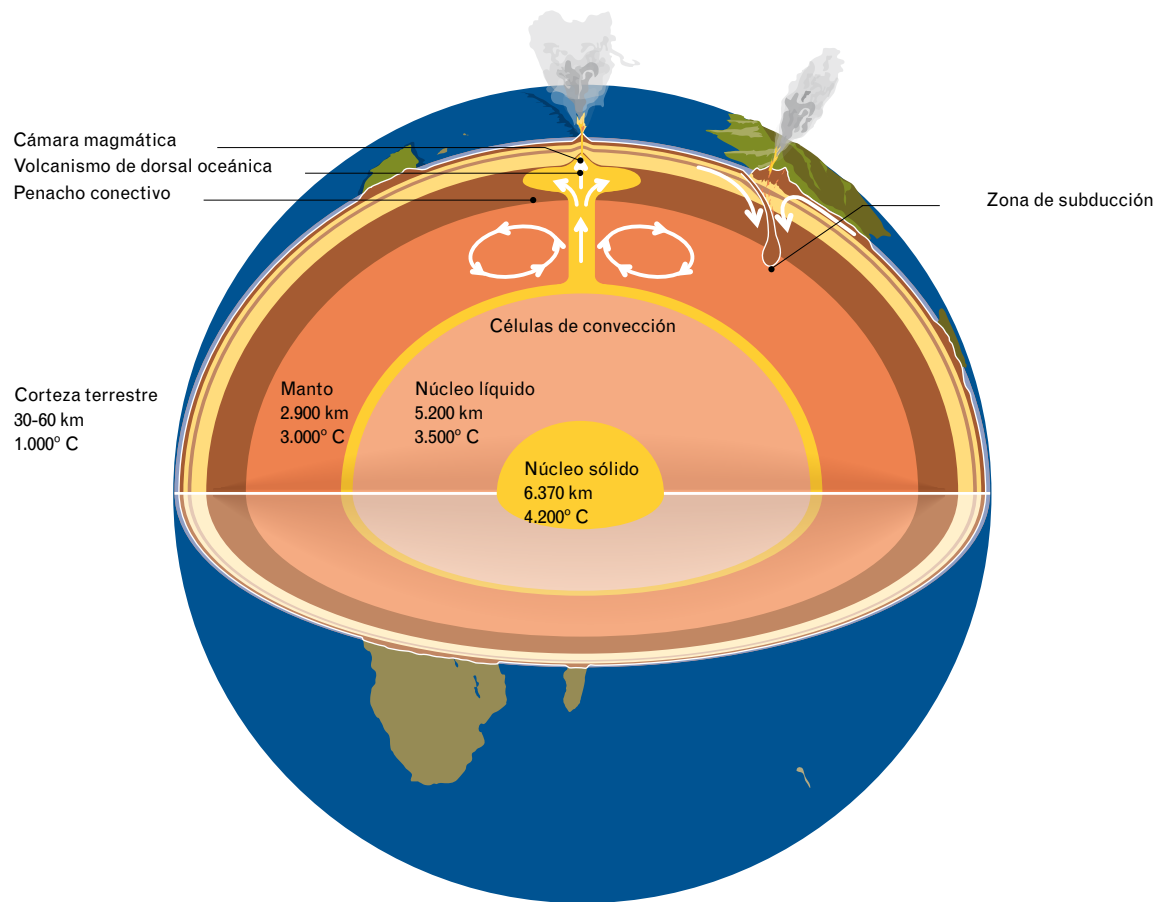
Smil, Vaclav (1994)

## Diagrama comparativo modelo actual/modelo futuro en Andalucía



Agencia Andaluza de la Energía (PASENER, 2007 p. 92)

## Estructura Interna de la Tierra



Flujo de calor elevado. 10-15  $\mu\text{cal}/\text{cm}^2 \text{ seg.}$   
 Flujo de calor bajo. 1  $\mu\text{cal}/\text{cm}^2 \text{ seg.}$

Geothermie-Perspectives de l'ADEME et du BRGM

# TRIBUNA DE OPINIÓN

**Kjell Aleklett / 170**

Sistemas de energías renovables en la eliminación gradual de los combustibles fósiles

**Felipe Benjumea Llorente / 175**

Las energías renovables como necesidad y oportunidad para el desarrollo

**Jesús Caldera / 179**

Andalucía en el mundo global de la energía renovable  
Renovabilidad y paisaje

**Albert Cuchí / 182**

Desarrollo de la bioenergía a través de las agroindustrias energéticas

**Jesús Fernández / 186**

¿Renovarse y morir?

**Miguel Ferrer / 192**

Inteligencia y responsabilidad: La maduración del sistema energético

**Xavier García Casals / 195**

La esperanza en la era del urbanismo energético

**Carlos Hernández Pezzi / 199**

Las energías de fuentes renovables como clave para la innovación hacia la sostenibilidad

**Domingo Jiménez Beltrán / 203**

La sociedad urbano-industrial. Fuentes de energía

**Federico Mayor Zaragoza / 209**

Evitar una interferencia peligrosa sobre el clima requiere detener las emisiones de gases de efecto invernadero

**José Manuel Moreno Rodríguez / 212**

Cambio Global, Energía y Ciudades en España

**Fernando Prats Palazuelo / 216**

Los límites al crecimiento (cambio climático) y las reivindicaciones ciudadanas

**Antonio Ruiz de Elvira / 221**

Evolución y crítica del sistema energético actual

**Valeriano Ruiz Hernández / 225**

Biocombustibles: Relevancia más allá de la polémica

**Albert Sasson / 233**

Cambio Global, Energía y Ciudades en España

## SISTEMAS DE ENERGÍAS RENOVABLES EN LA ELIMINACIÓN GRADUAL DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES

**Kjell Aleklett** *Presidente de ASPO Internacional (Asociación para el Estudio del cenit del Petróleo y del Gas); Profesor de Física en la Universidad de Uppsala, Suecia*

**Es una cuestión de potencia.** En el mar Báltico existe una isla llamada Öland. Esta isla tiene aproximadamente 130 kilómetros de largo y, en su parte más ancha, sólo 20 kilómetros. Su punto más alto es de 57 metros sobre el nivel del mar y no tiene torrentes de agua. A lo largo de la historia, la agricultura ha sido la principal actividad de esta isla y, aparte de la bioenergía, la energía eólica ha sido su única fuente de energía. Se han utilizado molinos de viento para moler la harina, y un inventario realizado en el año 1817 determinó que había al menos 1.713 molinos de viento en la isla. Entonces, como ahora, sólo se puede utilizar la energía eólica cuando sopla el viento. De este modo, la tarea de moler el grano solamente era posible durante los días en que éste soplabla. Entonces vivíamos en una sociedad que no demandaba el acceso a la energía cada segundo del día. Entonces dependíamos de la energía sin un componente de tiempo. Hoy nos controla la *potencia*, que es la energía por unidad de tiempo.

La energía eólica contemporánea puede convertirse en un gran contribuyente a nuestras necesidades energéticas. En el debate público sobre la energía, normalmente se discute la energía total producida a partir de energía eólica, pero cuando planificamos nuestro suministro de energía hoy, debemos tener en cuenta que la sociedad necesita *potencia*. Como no podemos almacenar la electricidad, la fluctuación de las necesidades durante el día ha de ser satisfecha por una producción que pueda seguir la demanda en cada momento. De las formas de energías renovables, sólo se pueden regular la energía hidroeléctrica y la bioenergía según las necesidades de nuestra sociedad. Por ello, cuando la energía eólica y la energía hidroeléctrica se combinan entre sí, se puede crear un sistema en el que las energías renovables se adapten a la sociedad moderna de hoy. Los sistemas energéticos globales de hoy utilizan la energía de fuentes fósiles para un 80% de su suministro. En los debates en curso sobre el clima, el objetivo es que tenemos que reducir nuestro uso de energías fósiles en un 50% para el año 2050 y posteriormente prescindir de ellas por completo. Sustituir las fuentes fósiles de energía con energías renovables es el mayor desafío mundial.

**Una falsa panacea.** Algunas personas niegan esta evidencia y dicen que continuaremos haciendo en el futuro lo que siempre hemos hecho; son los que no creen en que el hombre pueda alterar el clima. Otras personas dicen que podemos seguir utilizando combustibles fósiles si capturamos el dióxido de carbono y lo almacenamos para que no se libere a la atmósfera. Pocas personas cuestionan si las reservas existentes de combustibles fósiles son suficientes para el futuro, pero estudios detallados muestran que ahora debemos considerar que estas reservas no son infinitas.

Cuando hace 150 años se encontró petróleo en Pensilvania (Estados Unidos), se solucionó un gran problema medioambiental. El mundo necesitaba un aceite adecuado para las lámparas de combustible, y la mejor fuente de éste eran los cachalotes. La demanda fue tan grande que la supervivencia de los cachalotes se vio amenazada. En una caricatura

de la revista *Vanity Fair* en el año 1861, las ballenas celebran el descubrimiento del petróleo con la organización de un gran baile<sup>1</sup>. El keroseno es sólo uno de los componentes químicos del petróleo crudo (equivalente al aceite de grasa de ballena); pronto se descubrieron usos para los demás subproductos, tales como gasolina, diésel y aceite combustible para buques. Hoy en día nuestra sociedad no puede funcionar sin la necesidad de usar el petróleo, y el keroseno se utiliza como combustible para aviones. Sin embargo, el petróleo que solucionó un problema medioambiental cuando fue descubierto por primera vez, se ha convertido hoy en día en un problema medioambiental. En todo el mundo se está tratando de encontrar soluciones a este problema.

**El cenit del petróleo.** El petróleo se formó principalmente por algas que proliferaron en grandes cantidades, en aguas poco profundas, hace millones de años. Las algas se depositaron en capas de sedimentos y, millones de años más tarde, se hundieron a gran profundidad. Los restos de las algas se han transformado en petróleo y gas natural. Ya hace cien años la gente estaba preocupada porque el petróleo se acababa, pero resultó que el petróleo existía en varios lugares en todo el mundo, especialmente en el Oriente Medio. Ahora, 150 años después del descubrimiento del petróleo, tenemos conocimiento acerca de dónde se dan en la Tierra las condiciones geológicas para encontrarlo. También sabemos que las mayores cantidades de petróleo fueron descubiertas en la década de 1960 y ahora estamos utilizando más petróleo cada año del que descubrimos. Por lo tanto, tenemos que estar vaciando nuestras reservas probadas. Nuestro grupo de investigación, de Sistemas Energéticos Globales, de la Universidad de Uppsala en Suecia, ha estudiado en detalle las condiciones previas para la producción de petróleo, las tendencias actuales para encontrar petróleo nuevo, cómo se consume el petróleo y qué reservas existen en la actualidad. También hemos estudiado la producción de las reservas de petróleo no convencional y hemos resumido esta información en un artículo científico que demuestra que ya hemos alcanzado el *cenit de la era del petróleo*<sup>2</sup>.

El gas natural es un componente importante del sistema energético europeo de hoy en día. En una tesis doctoral (basada en seis artículos científicos) titulada *La producción de macrocampos de gas en Noruega y Rusia e implicaciones subsiguientes para la seguridad energética europea*, Bengt Söderbergh muestra que las esperanzas de Europa de aumentar sus importaciones de gas natural son limitadas<sup>3</sup>. El gas natural es muy importante para la expansión de la energía eólica, ya que el gas natural puede ser usado en turbinas de gas para regular la producción variable de la potencia por turbinas de viento.

Dinamarca, España y Alemania han hecho grandes inversiones en energía eólica. En Dinamarca, la regulación de producción de energía eólica es asistida con energía hidroeléctrica de Suecia y Noruega, mientras que España y Alemania están ampliando su producción utilizando gas natural. Esto significa que la energía eólica entra en el sistema actual de energía como una carga de base variable, con una estructura de tiempo más larga que horas.

De los combustibles fósiles, el gas natural es el que libera menos emisiones de dióxido de carbono (por unidad de energía equivalente utilizada). Su papel en la regulación de la potencia en el sistema energético también hace que sea difícil de reemplazar con las formas de regulación de potencia de energías renovables. Como ocurre con el petróleo, la Unión Europea debe importar gas natural para satisfacer la mayoría de sus necesidades, y esta necesidad de

importación está creciendo. Nuestros estudios muestran que, en el futuro, será difícil aumentar las importaciones de gas natural. Para España, las importaciones provienen principalmente de Argelia. Nuestro análisis muestra que las exportaciones de Argelia alcanzarán, en un futuro próximo, un máximo y posteriormente declinarán<sup>4</sup>.

**Alternativas.** La potencia de la carga de base en el sistema energético global es proporcionada principalmente por el carbón y en algunos países también por la energía nuclear. Esto significa que la energía eólica puede sustituir a las emisiones de dióxido de carbono a partir del carbón. Sin embargo, en la práctica, el carbón y la energía nuclear son inadecuados para la regulación de la energía eólica. Se puede integrar mejor la energía eólica en el sistema energético mediante el uso de parte de la potencia fluctuante del viento para bombear agua a niveles más altos y luego utilizar esta agua para generar energía cuando el viento no sopla. El inconveniente de esto es, naturalmente, que el coste de la inversión requerida por cada kilovatio-hora aumentará. Sin embargo, si hay suficiente energía hidroeléctrica en el sistema, la energía eólica puede ser regulada, pero muy pocos países tienen esta capacidad.

En la Universidad de Uppsala está en marcha la investigación sobre la energía mareomotriz y se ha desarrollado un sistema totalmente nuevo<sup>5</sup>. Las olas son generadas por el viento y la energía del oleaje se mantiene incluso cuando el viento ha dejado de soplar. Esto significa que la energía mareomotriz también debe ser considerada como una carga de base variable. El potencial para la energía mareomotriz en las costas de Europa es grande. Recientemente han decidido construir el primer parque de energía mareomotriz en la costa oeste de Suecia.

Si se pega un mapa de África en una página A4, y se pone un dedo pulgar sobre el Sáhara y luego se dibuja un anillo alrededor del dedo pulgar, se obtiene un área delimitada que cada año recibe la energía solar equivalente al consumo mundial de energía anual. Muchas personas critican la energía solar, señalando que el sol no brilla por la noche pero que también de noche se requiere un mínimo de electricidad. La realidad es diferente. No hay un país desarrollado que requiera más electricidad por la noche que durante el día. Esto significa que la energía solar, en combinación con la energía eólica y la energía mareomotriz, puede crear un perfil de producción semejante a nuestras necesidades energéticas. Se puede usar localmente la energía solar para calentar el agua. Sin embargo, en el futuro, el uso de la energía solar concentrada para generar electricidad con turbinas de vapor, será un componente muy importante de un sistema energético, ya que puede ser utilizado parcialmente para regular los niveles de energía. Otra ventaja de la energía solar concentrada es que ya tenemos conocimiento de la tecnología requerida.

Aquellos que creen que existen reservas más o menos ilimitadas de combustibles fósiles, y que no creen que por su consumo se esté afectando el clima por la quema de estos combustibles, consideran que las energías renovables son demasiado caras. Los que sentaron las bases para las negociaciones en Copenhague en diciembre del año 2009 tenían una opinión diferente. Pensaban que el uso de combustibles fósiles debía ser limitado y que el precio de las fuentes de energías renovables era de menor importancia. Nosotros, en Sistemas Energéticos Globales de la Universidad de Uppsala, tenemos una tercera visión alternativa: en concreto, que las reservas de combustibles fósiles son limitadas y la producción no puede crecer a la tasa requerida para que podamos lograr un aumento de la temperatura de 6 °C<sup>6</sup>. El factor

decisivo que apoya nuestro entendimiento es que la tasa mundial de producción de carbón alcanzará un máximo aproximadamente en el año 2040 y posteriormente declinará.

Cuando planificamos nuestro futuro sobre las energías renovables, tenemos que entender la importancia de la energía para nuestro bienestar. Necesitamos la energía para la producción de alimentos, nuestro clima está afectado por el uso de energía, el mundo nunca ha tenido un crecimiento económico sin un mayor empleo de energías fósiles, y muchos conflictos en el mundo entero se deben a la lucha por el control de las reservas energéticas. Hemos resumido estos factores en lo que llamamos la *ecuación del bienestar humano*\*. Todos estos componentes de la ecuación tienen a la energía, la E, como un parámetro común. Antes de la reunión en Copenhague en diciembre discutimos este tema en un artículo de prensa<sup>7</sup>.

\*La ecuación correspondería a Bienestar Humano:

$$\text{BEH(E)} = \text{Alimentos(E)} + \text{Clima(E)} + \text{Economía(E)} + \text{Paz(E)}$$

De todos estos componentes de nuestro bienestar, la producción de alimentos es el más importante. En el futuro, la producción de alimentos utilizando las energías renovables debe recibir prioridad.

**Conclusión.** Hemos demostrado que el mundo se enfrenta al cenit del petróleo<sup>2</sup>, que la tasa de producción de gas natural también se enfrenta a un límite, el cenit del gas<sup>3</sup>, y que hay un límite de la producción de carbón, el cenit del carbón<sup>6</sup>. Por lo tanto, el escenario futuro que generalmente se describe como *seguir sin cambiar* (o, en inglés, *business as usual*) no es posible. Independientemente de si se piensa que los sistemas de energías renovables son demasiado caros o que se requiere la energía renovable para el bien del medio ambiente, en realidad, sólo hay una vía hacia el futuro y se debe caracterizar por el uso de las fuentes de energías renovables. Es absolutamente esencial para nuestro bienestar que logremos la transición de una sociedad que utiliza combustibles fósiles –que en la actualidad son más baratos que algunas de las opciones renovables– a una sociedad apoyada por las fuentes de energías renovables. Hará falta para ello medidas de estímulo económico e incentivos. Sin embargo, también es esencial que nosotros, las personas que elegimos a nuestros representantes en elecciones democráticas, entendamos que las soluciones del futuro no pueden construirse en un ciclo electoral. El reto que tenemos ante nosotros es tan grande que la transición debe ser colocada fuera de cualquier programa político-partidista.

Como ciudadanos, debemos aprender más acerca de los sistemas globales y locales de energía. También debemos tratar de imaginar qué tipo de problemas podrían causar las soluciones de hoy en el futuro. Constatar cómo los biocombustibles afectan a la selva tropical es un ejemplo que ya es tema de discusión. Las ballenas celebraron el gran baile, organizado en honor del descubrimiento del petróleo, aunque el petróleo hoy se ha vuelto también problemático. Espero que en el futuro podamos celebrar el uso de las energías renovables, utilizadas sin repercusiones en el medio ambiente.



## Referencias

1. *Vanity Fair*, 1861
2. Kjell Aleklett, Mikael Höök, Kristofer Jakobsson, Michael Lardell, Simon Snowden, Bengt Söderbergh, *The Peak of the Oil Age*, Energy Policy, Volume 38, p. 1398-1414, 2010
3. Bengt Söderbergh, *Production from Giant Gas Fields in Norway and Russia and Subsequent Implications for European Energy Security*, PhD thesis, Uppsala University, Sweden, 2010
4. Colin J. Campbell, S. Heapes, *An Atlas of Oil and Gas Depletion*, 2008
5. Seabased AB.
6. Mikael Höök, Anders Sivertsson, Kjell Aleklett, *Validity of the Fossil Fuel Production Outlooks in the IPCC Emission Scenarios*, In print Natural Resources Research
7. Kjell Aleklett, Svenska Dagbladet, *The Struggle Against Climate Change May Cause Starvation*, p. 11-15, 2009

## LAS ENERGÍAS RENOVABLES COMO NECESIDAD Y OPORTUNIDAD PARA EL DESARROLLO

**Felipe Benjumea Llorentez** *Presidente de Abengoa; Presidente del Consejo Asesor de Ciencia y Tecnología del Ministerio de Educación y Ciencia, y del Club de la Energía*

**Dónde estamos.** Con el informe del año 2007 del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) promovido por la ONU, y numerosos estudios científicos llevados a cabo en los últimos años, han quedado claramente demostrados, tanto el hecho de que se está produciendo un calentamiento progresivo de nuestro planeta, como que ese calentamiento es debido al incremento de la concentración en la atmósfera de gases de efecto invernadero (GEI) como consecuencia de la actividad del hombre. Se ha comprobado experimentalmente cómo se ha ido produciendo un incremento progresivo de la concentración de GEI en la atmósfera a lo largo de los años transcurridos desde la Revolución Industrial, que es el momento en el que comienza a consumirse de manera generalizada energía de origen fósil (carbón, petróleo y gas), fundamentalmente en el transporte, la producción de energía eléctrica y en procesos industriales de todo tipo.

El consumo de energía fósil, y por tanto la emisión de GEI, ha ido creciendo progresivamente en los últimos 150 años, salvo en breves períodos como el actual, en que se produce una recesión económica. En el caso en que continuara el nivel de emisiones del momento actual o, aún más, que se produjera el previsible incremento asociado al desarrollo futuro, la temperatura de la Tierra aumentaría en varios grados durante el presente siglo. Este incremento acarrearía importantes efectos sobre las condiciones de vida en el planeta y, por tanto, en las del ser humano. Desaparecería un número significativo de especies animales y vegetales, se produciría el deshielo progresivo de los polos, aumentaría sensiblemente el nivel del mar, aumentaría la frecuencia e intensidad de catástrofes naturales, habría importantes migraciones, y la economía sufriría en su conjunto importantes consecuencias negativas.

Resulta, pues, evidente la necesidad de tomar medidas para reducir las emisiones de GEI y, de este modo, mantener su concentración en la atmósfera en unos niveles que, aún produciendo las ya inevitables alteraciones del clima en la Tierra, mantengan éstas en unos niveles compatibles con las actuales condiciones de vida.

**Un problema global implica un cambio global.** Una de las características del problema es que, al ser un problema planetario, requiere soluciones globales. No es suficiente con que un país reduzca sus emisiones, es necesario controlar y reducir las emisiones que se producen en el conjunto de todos países del mundo. Es imprescindible que se tomen decisiones a nivel global que permitan que el desarrollo económico en los próximos años esté acompañado de una reducción global de las emisiones de gases de efecto invernadero. En definitiva, que permitan un desarrollo sostenible.

En este terreno, el papel de los gobiernos de todo el mundo es doble. Por una parte, se requiere de ellos la capacidad de alcanzar acuerdos internacionales que permitan reducir las emisiones de GEI de una manera progresiva, equilibrada y justa, en una situación en que las emisiones

son de muy distinto nivel en los diferentes países. Es preciso que los países que han alcanzado un mayor nivel de bienestar y generan más emisiones sean los que afronten mayores niveles de reducción; y se exige a los más retrasados que recorran de forma diferente el camino que otros recorrieron para su desarrollo de la manera más cómoda y rentable.

Por otra parte, los distintos gobiernos han de promover, cada uno en su ámbito de responsabilidad, un marco legal que conduzca a la correspondiente reducción de emisiones. Esto obliga a evaluar las emisiones de GEI producidas por las actividades de empresas y ciudadanos y a internalizar en los costes de los diferentes productos y servicios los efectos negativos de estas emisiones. Los actuales sistemas de comercio de derechos de emisión no son más que un balbuciente mecanismo que ayuda a caminar en esa dirección, pero que requiere una profunda modificación para que pueda ser efectivo.

Hemos de ser conscientes de que las emisiones de GEI son producidas por el consumo de combustibles fósiles y de que, por lo tanto, no puede producirse una reducción significativa de emisiones de GEI sin un cambio en el modelo energético que da lugar a las mismas. Mantener el actual modelo basado en que más del 80% de la energía que se consume en el mundo es de origen fósil es simplemente incompatible con atajar el cambio climático.

En este nuevo modelo, las energías renovables deberán jugar el papel central. Energía solar, eólica y biocombustibles conforman una alternativa viable y ya disponible a nivel comercial en la actualidad. El hidrógeno como vector energético podrá jugar igualmente un papel importante a medio plazo.

La radiación solar sobre la Tierra es del orden de 10.000 veces el consumo actual de energía. Es pues la radiación del Sol una fuente que puede satisfacer nuestras necesidades siempre que seamos capaces de aprovecharlo en una mínima proporción. En el momento presente, los costes de producir energía eléctrica de origen fotovoltaico o termosolar comienzan a estar cerca de los de producirla con combustibles fósiles. Un desarrollo y despliegue generalizado de este tipo de energía, acompañado de la internalización de los costos de emisiones asociados a las energías fósiles, haría de forma cuasi inmediata que la energía solar no sólo fuera medioambientalmente rentable, sino también económicamente rentable frente a las de origen fósil. La energía termosolar permite además sistemas de almacenamiento térmico que la hacen más fácilmente gestionable en su integración a la red eléctrica.

Por su parte, la energía eólica es igualmente una fuente de energía que de una manera limitada pero significativa puede contribuir a un mix, total o fundamentalmente, renovable.

En el sector del transporte, causante de aproximadamente una cuarta parte de las emisiones de GEI, son necesarias fuentes de energía transportables. El uso de baterías presenta importantes limitaciones en autonomía, prestaciones y precios. En este campo, los biocombustibles son una solución disponible en el día de hoy para que, usando automóviles híbridos o con motor de combustión interna convencional, puedan reducirse muy significativamente las emisiones. En el caso de automóviles híbridos alimentados con E85 (85% bioetanol, 15% gasolina) de calidad ambiental media, la reducción de emisiones sería hoy mayor que para coches eléctricos de igual potencia alimentados con el mix eléctrico europeo. El uso de biocombustibles

permite mantener las prestaciones de todo tipo de los vehículos actuales, mantiene su autonomía y no requiere ni modificación significativa de la actual red de suministro, ni aumento de costo de los vehículos. En la actualidad, se comercializan en distintas partes del mundo tanto vehículos flexi-fuel que funcionan con biocombustible, como biocombustibles que garantizan una reducción de GEI de entre el 35% y el 50%. La generalización de la producción de biocombustibles lignocelulósicos de segunda generación, que se encuentra actualmente en fase de plantas de demostración, permitirá una reducción aún mayor de las emisiones de GEI producida por el transporte.

En esta situación se requieren empresas decididas e innovadoras que se dediquen al desarrollo comercial de estas energías, para con ello generar riqueza de una manera sostenible. Empresas que incorporen el desarrollo tecnológico como el elemento clave para la lucha contra el cambio climático. El cambio de modelo energético no es sólo una necesidad, sino una gran oportunidad para dar un gran salto en el desarrollo económico, generando riqueza y empleo de una manera medioambiental y socialmente sostenible. Un programa ambicioso para el desarrollo de energías renovables contribuiría de manera decisiva a sacarnos de la actual crisis económica, creando además un número considerable de empleos de alta calidad. Las necesarias actividades de investigación y desarrollo tecnológico, la fabricación de componentes, así como la ingeniería, desarrollo y construcción a una escala importante de nuevas plantas de producción de energía, deben ser una palanca de desarrollo de gran potencia en el momento actual. Este cambio de modelo no sólo debe generar desarrollo sino también independencia energética y seguridad en España y en todo el mundo occidental.

**Un granito de arena.** Abengoa es una empresa andaluza que ha apostado por desarrollar su actividad en todo el mundo dentro de la necesaria lucha contra el cambio climático. Para ello, aplica soluciones innovadoras para el desarrollo sostenible en las áreas de energía, transporte, ingeniería y medioambiente. Desarrolla una intensa actividad construyendo y operando plantas solares, produciendo bioetanol de primera y segunda generación en diversos lugares del mundo, construyendo y operando plantas desaladoras para la producción de agua potable en cuatro continentes y reciclando residuos industriales en diversos países. Abengoa emplea ya en su actividad indicadores de sostenibilidad y evalúa mediante inventario riguroso sus emisiones de GEI, tanto las emisiones directas como las indirectas. Para ello, ha desarrollado herramientas de evaluación pioneras en este terreno. Abengoa es hoy una empresa con actividad en más de 70 países que apuesta por jugar un papel en el desarrollo sostenible desde la innovación. Esto sólo es posible con una intensa actividad de I+D, que hace que más de 300 personas trabajen en estas tareas dentro de Abengoa con un presupuesto total en 2009 superior a 90 millones de euros.

En el momento actual, Abengoa contribuye al crecimiento industrial y económico de Andalucía con una actividad basada en la innovación para un desarrollo sostenible ligado a la protección del medioambiente y a un nuevo modelo energético libre de emisiones de GEI. Recientemente, ha trasladado su sede central al Campus de Palmas Altas en Sevilla, donde trabajan más de 2.500 personas, la mitad de las cuales son ingenieros o licenciados universitarios, en un entorno reconocido con las más altas certificaciones medioambientales internacionales. Igualmente, ha sido inaugurado en Dos Hermanas (Sevilla) un centro de I+D+i dedicado a nuevos desarrollos medioambientales, fundamentalmente en las áreas de desalación y reciclaje de residuos.

Abengoa tiene en Sanlúcar la Mayor (Sevilla) su mayor plataforma de producción en I+D de energía eléctrica de origen solar, donde ya operan en régimen comercial dos plantas termosolares de torre (PS-10 y PS-20) con un total de 31 MW de potencia y un conjunto de otras instalaciones de menor potencia pero de gran importancia para el desarrollo de la tecnología de electricidad de origen solar. En 2010 entrarán en funcionamiento en Sanlúcar la Mayor dos plantas termosolares de 50 MW cada una y otra más en el año 2011, configurando así una gran plataforma solar que continuará desarrollándose en el futuro. También en 2010 comenzará la construcción de dos plantas de 50 MW cada una en Ecija (Sevilla) y otras dos de igual potencia en El Carpio (Córdoba). Estas nuevas plantas permitirán a Abengoa disponer en el año 2012 de una potencia de producción de energía solar termoeléctrica en Andalucía de 381 MW. El desarrollo, construcción y operación de estas plantas, y de otras que desde otros ámbitos se llevan a cabo en Andalucía, constituye una fuente de desarrollo, riqueza y empleo de primer nivel, que además contribuirá decisivamente al nuevo modelo energético libre de emisiones de GEI.

Todos estos desarrollos están teniendo lugar dentro de un contexto de apoyo a las energías renovables desde las administraciones de España y, en particular, de Andalucía; de instituciones de I+D como el CIEMAT y contando con la experiencia de una instalación científica pionera en su ámbito como es la Plataforma Solar de Almería (PSA). Continuar con actividades pioneras para el desarrollo sostenible en Andalucía y en general en España, solamente será posible dentro de un marco regulador y normativo estable que permita a las empresas apostar por las energías renovables en las que nuestro país es líder. Este esfuerzo colectivo de gobierno, empresas y ciudadanos debe producirse en el contexto de una regulación que permita la producción creciente de electricidad de origen renovable, el uso de biocombustibles como solución ya disponible para el transporte y el fomento de los nuevos desarrollos mediante programas de I+D que faciliten la cooperación entre empresas, universidades e instituciones de investigación y que den lugar a desarrollos industriales a través de prototipos y plantas de demostración.

## ANDALUCÍA EN EL MUNDO GLOBAL DE LA ENERGÍA RENOVABLE

Jesús Caldera *Ex Ministro de Trabajo; Vicepresidente de la Fundación Ideas*

**Tres buenas razones.** La apuesta por las energías renovables es, para quienes tenemos una visión política progresista, una opción natural por varias razones: por su contribución a reducir las emisiones contaminantes; por el necesario cambio de modelo energético que debemos acometer ante el agotamiento de las fuentes convencionales; y por las nuevas oportunidades que abren las energías renovables desde un punto de vista económico y de creación de empleo.

Frente a otros que argumentan que las energías renovables son caras, y que hay que seguir invirtiendo en una tecnología cara y que no avanza desde los años 60 como es la energía nuclear, nuestra apuesta es que la energía debe proceder de fuentes naturales e inagotables, que no contaminan y que no tienen riesgos de accidentes fatales, por pequeños que éstos sean.

Probablemente la primera de las tres razones apuntadas por las que es razonable optar por las energías renovables como base de un nuevo modelo energético, por orden de relevancia, sería la lucha contra ese fenómeno que se ha venido a denominar, en mi opinión erróneamente, como *cambio climático*. Y pienso que es errónea esta terminología porque la palabra *cambio* viene habitualmente asociada a aspectos positivos o mejoras. Pero los cambios que hemos provocado los humanos en el clima del planeta son enormemente negativos y se prevé que van a ser tan drásticos como para alterar todo el funcionamiento de los ciclos naturales y nuestra propia existencia. Por ello, y para ser más exactos, deberíamos hablar de *catástrofe climática*, porque, puesto en esos términos, seguramente seríamos todos más conscientes de la magnitud del problema y adoptaríamos acciones más decididas en nuestra vida diaria para contribuir a frenar este fenómeno.

La segunda razón por la que la opción de las energías renovables es la más natural para reorientar nuestro modelo energético en España es que el modelo actual va a quedar completamente agotado dentro de unas pocas décadas. Aunque las estimaciones sobre la disponibilidad de recursos son imprecisas, y existe incertidumbre sobre el ritmo de aumento de la demanda mundial –que va a depender fundamentalmente de la rapidez con que crezcan a medio plazo los grandes países en vías de desarrollo como China, India o Brasil–, los datos que recoge BP en su *Statistical Review of World Energy 2009* indican que las fuentes principales de energía utilizadas en la actualidad entrarán en fase de agotamiento dentro de seis o siete décadas, y sólo para el carbón se estima que existen reservas para durar más de cien años.

Solamente por estas dos primeras razones –porque las renovables son una herramienta indispensable para la lucha contra la catástrofe climática por su contribución a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y por el agotamiento de los recursos convencionales– deberíamos considerar que las energías renovables son la vía natural para cambiar nuestro modelo energético.

Pero la tercera razón para apostar por las renovables es clave para España, ante la necesidad que tenemos de un cambio de modelo económico que nos lleve a ganar productividad y a generar empleo de calidad. Y esta razón es la enorme puerta de oportunidad que abren las energías renovables para crear valor añadido y puestos de trabajo. Según nuestras estimaciones, realizadas en el informe de la Fundación IDEAS *Un nuevo modelo energético para España: recomendaciones para un futuro sostenible*, una conversión del sistema energético española uno basado 100% en energías renovables nos llevaría a crear en términos netos –es decir, teniendo en cuenta la reducción de empleos en las energías convencionales– más de 560.000 empleos directos y alrededor de 640.000 empleos indirectos de aquí al año 2050.

**Las renovables aquí y ahora.** En determinados ámbitos, como en el caso de la energía eólica, nuestro país tiene una posición de liderazgo a nivel mundial y, actualmente, es el segundo productor de energía eólica en la Unión Europea, y el tercero a nivel mundial, tras Estados Unidos y Alemania. La cobertura de la demanda eléctrica realizada con fuentes eólicas ronda el 15%, y en el año 2009, durante periodos-pico de producción eólica sostenidos varias horas, se han logrado alcanzar coberturas superiores al 40% del total de la demanda eléctrica.

Igualmente, en el ámbito de la energía solar, la apuesta por las renovables está comenzando a dar resultados tangibles, y aunque todavía su peso en el mix energético es pequeño (en 2008, las distintas tecnologías solares aportaron cerca de un 1% del total de generación eléctrica), los ritmos de crecimiento están siendo muy rápidos. Así, entre 2007 y 2008, la capacidad instalada de la energía fotovoltaica aumentó un 413%, y un 97% en el caso de la energía solar termoeléctrica. Por otro lado, se trata de tecnologías que están aún en fases primarias de desarrollo, por lo que se espera alcanzar una importante reducción de costes en algunas energías solares.

España viene demostrando desde hace años que es posible incorporar las renovables al mix energético con un peso muy importante y sin mayores problemas para el funcionamiento de un sistema complejo como es el caso de la generación de electricidad. Se trata de un sector que es un ejemplo de éxito sobre la posibilidad de realizar una apuesta tecnológica estratégica, iniciada con un impulso desde el sector público, pero cuyo motor real es el sector privado, que en el caso español ha respondido con un amplio esfuerzo inversor que nos ha llevado a ser un modelo que siguen otros países del mundo, incluyendo Estados Unidos.

Andalucía está plenamente preparada para realizar la apuesta por las energías renovables, por la disponibilidad de recursos naturales pero también por la gran respuesta que están dando las empresas radicadas en esta comunidad autónoma. Según datos recientes del Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético (IDAE), en el sector de renovables operan actualmente unas 1.900 empresas privadas, mayoritariamente concentradas en Madrid, Cataluña, Comunidad Valenciana, País Vasco, Navarra y Andalucía. La mayor parte de estas empresas son de tamaño mediano o pequeño: aproximadamente un 25% tienen menos de 25 empleados y apenas un 4% emplea más de 500 trabajadores.

Empresas pequeñas, innovadoras y dinámicas, que realizan un importante esfuerzo inversor y que dedican muchos recursos a la investigación, innovación y nuevos desarrollos tecnológicos. Este es el perfil de las nuevas empresas que necesitamos en España, y este perfil coincide plenamente con la media que encontramos en el sector de las energías renovables. Con un

impulso público bien orientado, como está sin duda realizando la Junta de Andalucía en el ámbito de sus competencias, y con los programas generales de subvenciones del gobierno central, se está demostrando que la apuesta por las renovables es factible y se muestra internacionalmente como un ejemplo de éxito.

Desarrollar un modelo energético completamente basado en renovables no es, por tanto, ciencia-ficción sino una alternativa plenamente factible. Va a requerir de un importante esfuerzo inversor público y privado para su desarrollo, y de avances tecnológicos como la mejora de los sistemas de almacenamiento de energía (por ejemplo, la implantación de los coches eléctricos, que podrían actuar como un regulador del sistema eléctrico al almacenar energía en periodos de baja demanda y suministrar energía a la red en periodos-pico), y la generalización del uso de energías renovables a nivel de viviendas individuales y edificios de oficinas (por ejemplo, para atender la demanda de energía para usos de calefacción y aire acondicionado).

**Conclusión.** Pero, sin duda, las energías renovables son la mejor apuesta de futuro que podemos hacer para que nuestro modelo económico consiga un mayor grado de sostenibilidad, no solamente desde el punto de vista medioambiental sino también sostenibilidad económica y social, y promover así que las generaciones futuras tengan un nivel de bienestar mayor que el nuestro, y que sigan disponiendo del mismo entorno natural y –si es posible y somos capaces de frenar la *catástrofe climática*– mejor del que tenemos ahora.

## RENOVABILIDAD Y PAISAJE

Albert Cuchi *Arquitecto Escuela de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Cataluña*

**Qué es el paisaje.** El paisaje es siempre la expresión del modelo de gestión de los recursos de la sociedad que lo ocupa. Cualquier sociedad precisa obtener del entorno los recursos necesarios para mantenerse y reproducirse, y esa obtención marca el territorio, lo conforma. Y esas marcas, y esas formas del territorio también generan una mirada social sobre él: generan paisaje. Las sociedades tradicionales eran sociedades orgánicas, esto es, basaban su mantenimiento y reproducción en la explotación de la biosfera como fuente de recursos (Wrigley, 1987). Una biosfera que debe ser considerada, a su vez, como un sistema que se mantiene y evoluciona mediante la transformación de la energía solar en energía química almacenable y en tejidos organizados. La explotación de parte de esa energía y de esos tejidos para obtener de ellos los recursos para producir las utilidades sociales es la estrategia productiva básica de las sociedades orgánicas, articulando para ello conjuntos de prácticas culturales –en la mayoría de los casos, extremadamente complejos– que permitían asegurar la satisfacción de las necesidades de mantenimiento y de reproducción social.

El territorio es la red que captura la energía solar, la base principal que mueve la biosfera y, por ello, su valor en las sociedades tradicionales era fundamental. Pero la energía solar no es la única fuente de valor que el territorio proporciona. La pendiente, la topografía, generada inicialmente por procesos tectónicos de amplia escala temporal y espacial alimentados por energía geotérmica, establece una diferencia de altura que se expresa como diferencia de potencial cuando el agua de lluvia –otra dotación de energía solar que recibe el territorio– hereda la cota del punto en el que cae y se transforma en un agente movilizador, determinante de la transformación del substrato mineral, mediante su erosión física y química, mediante el transporte y la sedimentación, mediante la percolación y la evaporación.

Sobre ese proceso transformador del agua y de otros factores climáticos –como el viento, el hielo o los cambios de temperatura– y usando la energía solar, la biosfera crea y transforma el suelo, moviliza sus recursos y usa ciclos globales, como el del nitrógeno, el carbono, el oxígeno o el hidrógeno, para organizar, mantener y reproducir sus sistemas.

La pendiente, el substrato mineral, el clima, el suelo y la flora y la fauna –la expresión local de la biosfera– constituyen la matriz biofísica del territorio. Una matriz biofísica que genera y mantiene una dinámica material –una movilidad y una transformación de materiales– fruto de la interacción entre sus elementos y que supone el potencial energético –y por tanto, capaz de ser transformado en productivo– del territorio.

Mediante el trabajo social, en las sociedades tradicionales el hombre actúa sobre los diferentes factores de la matriz biofísica para reconducir su dinámica material hacia la producción de los tipos y cantidades de materiales que permitirán alimentar de recursos la sociedad. La biosfera es el principal agente productor de esos materiales –aunque no el único– pero la acción humana altera directamente o afecta a los diferentes elementos de la matriz biofísica. La modificación de la pendiente, y con ella la gestión de la escorrentía del agua, la transformación

del suelo, el control o forzamiento de los efectos climáticos, la alteración de la flora y la fauna mediante el cultivo y la selección de plantas y animales, etcétera, forman parte de las estrategias de gestión del territorio de las sociedades humanas en casi todas las culturas.

Las particularidades de la dinámica material en cada matriz biofísica son grandes, pero cada cultura, entendida como el conjunto de prácticas que se aplican sobre ella para obtener los recursos precisos para el mantenimiento y la reproducción social, reconoce las configuraciones territoriales –los parajes– sobre las que puede expresarse, y se expresa: la interpreta, la transforma, y la hace productiva. Y, a su vez, cada expresión particular de una cultura sobre un territorio concreto explora sus singularidades tanteando novedades, elasticidades en el depurado rigor de las prácticas culturales: la perenne innovación que genera la tradición, y que le permite evolucionar (Laureano, 2001).

Ese reconocimiento de la capacidad del territorio para ofrecer una matriz biofísica culturalmente transformable, es la primera percepción social sobre el territorio, un primer control que se basa en su forma. Un primer paisaje. El arqueólogo Miquel Barceló ha explicado cómo fue capaz de identificar en Mallorca antiguas alquerías andalusíes ya olvidadas, usando como detector el reconocimiento de los parajes donde fuese viable la creación de esos espacios hidráulicos (Barceló, 1986).

Un primer paisaje al que seguirán otros, puesto que el control del territorio se realiza mediante acciones y elementos que le dan forma, que lo transforman (Heidegger, 1951), adquiriendo el paisaje un valor social determinante, fruto de la expresión sensible, directa, perceptible, del aprovechamiento de su capacidad productiva.

Y eso es así porque, como hemos visto, el paisaje es potencia, es capacidad de transformación, generada por la movilidad y transformación de materiales. El concepto de paisaje como potencial, como máquina transformadora de las energías químicas, gravitatorias, térmicas, mecánicas que contiene o recoge su matriz biofísica, es más que una imagen para ser, en las sociedades orgánicas tradicionales, una realidad insoslayable.

Una realidad que puede ser evaluada a través de visiones que consideren los balances energéticos obtenidos en la gestión de esa matriz biofísica. Los trabajos precursores de Rappaport con los Tsembaga Maring de Nueva Guinea (Rappaport, 1968) evaluando los balances energéticos de una sociedad agraria, o los balances de Pimentel para la agricultura (Pimentel, 1979), o los aplicados para explicar las transformaciones del campo español (Naredo, 1996), nos muestran cómo es mensurable el potencial del paisaje. Un potencial que sólo es evaluable en el paisaje, en una transformación de la matriz biofísica que no es conmensurable si no es desde su articulación cultural; desde su conversión en paisaje.

**El efecto del progreso en el paisaje.** La sociedad nacida de la Revolución Industrial cambió su base de recursos. Desde la limitada fuente de energía que supone la biosfera, la generalización del uso de la potencia de los combustibles fósiles permitió el acceso sistemático a un pozo de recursos casi infinito: la litosfera. Desde ahí, la obtención de recursos de ese inagotable pozo permitió no sólo multiplicar por diez la población mundial en 200 años, sino mantener a buena parte de ella con unos niveles de satisfacción de necesidades inauditos incluso para las clases más pudientes de las sociedades tradicionales.

El concepto de progreso, de una vida cada vez mejor y para más gente, se ha convertido en un objetivo social ineludible que sólo puede ser mantenido con el incremento constante de la producción que sostiene la enorme reserva de materiales litosféricos. Pero ahora somos conscientes que ese modelo productivo tiene un efecto que limita su promesa de futuro, que lo hace inviable.

Mantener en aumento la capacidad productiva del sistema técnico industrial para aumentar, también y en consecuencia, su capacidad de satisfacer más necesidades –y con mayor sofisticación– para un mayor número de personas, implica extraer más y más materiales de la litosfera que, finalmente, serán vertidos al medio, a la matriz biofísica, en forma de residuos de producción o de consumo. Unos residuos que la transforman, que *crean* un paisaje industrial inédito y, en muchos casos, socialmente inaceptable.

Un paisaje caracterizado tanto por nuestras intrusiones en la litosfera –canteras, minas a cielo abierto, vertederos– y por el uso del territorio como mero soporte de infraestructuras, cuanto por la transformación de los procesos de la matriz biofísica debida a la inmisión de los residuos del metabolismo social industrial. Una transformación a gran escala que afecta ya a todos los componentes de esa matriz, incluyendo el más global, como es el clima. Una transformación que destruye y hace inoperantes los paisajes tradicionales, paisajes por otra parte en gran medida ya olvidados en las sociedades industriales, perdida ahora su función social productiva.

Una transformación que amenaza nuestro futuro por cuanto amenaza ya el mantenimiento de sistemas vitales para nuestra supervivencia, y que ha puesto en marcha una respuesta social –la sostenibilidad– que pretende reducir progresivamente la capacidad emisiva de nuestro sistema técnico industrial, de nuestro metabolismo social. Una demanda de sostenibilidad de nuestra sociedad que se expresa desde el control social de las actividades productivas: el protocolo de Montreal, el protocolo de Kioto, las directivas marco comunitarias –del agua, de los residuos– son muestras de esa actividad social que pretenden reconducir al modelo productivo a un metabolismo sin capacidad de emitir residuos, que renueve los recursos, de ciclos cerrados. Finalmente, a un metabolismo orgánico, propio de las sociedades tradicionales biosféricas. Una exigencia necesaria en todas ellas.

En las sociedades orgánicas tradicionales, el mantenimiento de la capacidad productiva del territorio –la perdurabilidad del paisaje– y, con ella, de la sociedad a la que alimentaba, sólo era posible mediante el retorno de los nutrientes al suelo, a la biosfera. La detracción de los materiales socialmente necesarios implicaba el retorno social de aquellos elementos que no podían ser repuestos por la matriz biofísica a la misma velocidad que se extrañaban del medio. Las estrategias culturales –y, con ellas, buena parte del trabajo social– se empeñaban en asegurar la presencia de estos elementos limitantes en el suelo. ¿Cómo explicar muchos de los tradicionales complejos agro-silvo-pastoriles –como la dehesa– sin entender la necesidad de reposición de nitrógeno, fósforo o potasio? ¿Cómo explicar las alquerías andalusíes y sus producciones sin su dotación complementaria de agua? Y, a la inversa, ¿cómo explicar la desertificación de amplias zonas del Mediterráneo sin hablar de la pérdida del suelo por prácticas agrícolas que esquilmaron la materia orgánica del suelo y, con ello, lo desestructuraron?

El paisaje es, en ese sentido, de nuevo un recurso. En realidad, la máquina de renovar recursos, recursos renovables. Una máquina que, organizada y gestionada por el trabajo humano, es capaz de asumir los materiales desorganizados –los residuos– para devolverles su organización, para devolverlos a su potencialidad de recursos. Una máquina cuya potencia estriba en la estrategia cultural que produce y activa el paisaje.

**Retorno a la renovabilidad.** En un retorno social a la renovabilidad –al cierre de ciclos materiales en los procesos de obtención de las utilidades sociales– la recuperación del paisaje como estrategia cultural, de su validez productiva, va a ser sin duda una herramienta imprescindible y decisiva; y debemos comenzar por evaluar y comparar la potencia de los paisajes tradicionales que heredamos frente a usos alternativos del territorio, de entender sus lógicas y plantear escenarios de futuro ligados a la renovabilidad en los que esos paisajes maximicen su potencia, su capacidad productiva. Y, desde ahí, sin miedo a plantear su transformación, su cambio, si ello es necesario o conveniente.

Así, cuando evaluemos la potencia disponible de las fuentes de energía en ese mundo renovable al que debemos ir si queremos tener –de nuevo– futuro, el territorio debe ser considerado y evaluado no tan sólo como el soporte de una red que captura sol y agua y viento mediante artilugios más o menos sofisticados dispuestos sobre él –una visión aún industrial– sino como el soporte de una compleja dinámica material cuyo potencial productivo se expresa necesariamente mediante la creación cultural de un paisaje.

### Referencias

- Barceló, M. (1986). *Les aigües cercades (Els qanat(s) de l'illa de Mallorca)*. Institut d'Estudis Baleàrics. Palma de Mallorca
- Heidegger, M. *Construir, habitar, pensar*, Conferencia en Darmstadt, 1951
- Laureano, P. (2001). *Atlante d'acqua: conoscenze tradizionali per la lotta alla desertificazione*. Bollati Boringhieri. Torino
- Naredo, J. M. (1971). *La evolución de la agricultura en España (1940-1990)*. Universidad de Granada
- Pimentel, D. (1979). *Food, Energy and Society*. Wiley. New York
- Rappaport, R. (1968). *Pigs for the Ancestors. Ritual in the Ecology of a New Guinea People*. Yale University Press
- Wrigley, E. A. (1987). *People, Cities and Wealth*. Basil Blackwell. Oxford & New York

## DESARROLLO DE LA BIOENERGÍA A TRAVÉS DE LAS AGROINDUSTRIAS ENERGÉTICAS

Jesús Fernández Catedrático de la E.T.S. de Ingenieros Agrónomos de la Universidad Politécnica de Madrid; Presidente de la Asociación Española de Biomasa

**La bioenergía en los planes energéticos de la UE y de España.** Cuando la Comisión Europea realizaba la propuesta de duplicar la participación de las energías renovables en el balance energético europeo pasando de un 6 %, que era la participación que tenían en el año de referencia (1995), al 12 % en el año 2010, según lo expresó en su ya histórico *Libro blanco de las energías renovables* de 1997, ya se indicaba claramente la importancia que para conseguir dicho objetivo tenía la biomasa. En efecto, en dicha propuesta se consideraba que para pasar de los 74,3 Mtep (millones de toneladas equivalentes de petróleo), que era la participación de las renovables en la UE-15 en 1995, a 181,9 Mtep en 2010, se requería un incremento de 107,6 Mtep de energías renovables, de las que aproximadamente 90 Mtep (el 83,8 %) deberían provenir de biomasa. Para lograr la obtención de la cantidad de biomasa propuesta, los expertos de la Comisión abogaban por producir la mitad de dicho incremento necesario de biomasa (45 Mtep) mediante cultivos energéticos producidos expresamente para tal fin en unos 10 Mha de tierras agrícolas comunitarias. Esta superficie de tierras de cultivo constituiría una fracción de la superficie agrícola que había sido retirada de la producción de alimentos en aplicación de la Política Agrícola Comunitaria (PAC).

Siguiendo las directrices del *Libro blanco* de la Comisión de la UE, el Gobierno español introdujo en la Ley del Sector Eléctrico (Ley 54/1997 de 27 de noviembre), en su disposición transitoria decimosexta, el compromiso de que para el año 2010 se cubriera como mínimo el 12% del total de la demanda energética de España con energías renovables. Para lograr este objetivo, en la reunión del Consejo de Ministros del 31 de diciembre de 1999, se aprobó el Plan de Fomento de las Energías Renovables, proponiendo que para el año 2010 la energía que se consumiera en España de origen renovable fuera del orden de 16,639 Mtep, con un incremento de 9,526 Mtep sobre la situación de 1998. De este incremento, el 74,4 % (7.086 ktep) correspondería a energía obtenida de combustibles de origen biológico (biomasa) y el resto de las otras fuentes de energía renovable. En este Plan se consideraba la necesidad de obtener cerca del 50 % de la biomasa requerida (3,35 Mtep) en plantaciones de cultivos energéticos realizados en cerca de 1 millón de hectáreas. En el año 2005 el Gobierno de España remodeló las previsiones de producción de energías renovables, realizando un nuevo Plan de Energías Renovables de España (PERE) que también fijaba como objetivo el llegar a producir en 2010 el 12 % de la energía primaria total con energías renovables (20,22 Mtep). De esta energía, la biomasa participaría con un 60,6 % (12,258 Mtep), la eólica con el 19,4 %, la hidráulica con el 15,4 % y las restantes con el 4,6 %.

**Desarrollo de la bioenergía en España en relación a las previsiones del PERE.** Según fuentes del IDAE, la bioenergía en España en 2008 contribuyó con 5,69 Mtep de energía primaria, lo que supuso el 52,6 % de toda la energía primaria aportada por las renovables (10,80 Mtep). Según estos datos, se está lejos de alcanzar los objetivos del PERE, ya que faltarían 9,42 Mtep, de los que cerca del 70 % (6,57 Mtep) corresponderían a los objetivos fijados para la biomasa (12,258 Mtep).

A la vista de los datos que acabamos de comentar, la falta de desarrollo del uso de la biomasa es la principal causa de que no se vayan a cumplir los objetivos del Plan de Energías Renovables para el año 2010, y lo peor es que, si no se toman las medidas adecuadas, seguirá siendo la causa de que no se cumplan las previsiones para el 2020, en las que la participación de las renovables se cifra en un 20 %. Es decir, a la biomasa se le asignan unos objetivos mucho mayores que a las demás energías renovables, en base al potencial que teóricamente puede aportar, pero por otro lado no se desarrollan los mecanismos adecuados para hacer que ese gran potencial que tiene la biomasa pueda desarrollarse adecuadamente. La consecuencia es que los objetivos son inalcanzables. En una visión simplista de la situación, podría pensarse que la falta de consecución de los objetivos del PERE se deben a la incapacidad de la biomasa para alcanzarlos, pero, en un análisis un poco más riguroso, hay que reconocer que no se han puesto los medios para que la biomasa se desarrolle con todo su potencial y que no sirve de nada hacer planes basados en la energía potencialmente producible, si no se acompañan de las medidas adecuadas de promoción y fomento de dicha fuente energética.

**Singularidad de la biomasa respecto a las restantes energías renovables.** Una de las características que diferencia a las industrias bioenergéticas que utilizan biomasa como materia prima de las otras industrias de energías renovables que se basan en el agua, el viento o el sol, es la necesidad que tienen aquéllas de garantizar diariamente la materia prima que van a consumir para producir energía o para fabricar biocombustibles. Esta circunstancia implica procurarse la materia prima en un mercado complejo, como es el agrario, en el que no se mueven con facilidad los industriales de las compañías energéticas tradicionales. Algunas compañías de desarrollo de energías renovables, tras los éxitos obtenidos con la implantación de instalaciones eólicas o fotovoltaicas, han deseado entrar en el campo de la biomasa, pero han podido constatar la dificultad de acercarse a este tipo de negocio con ideas simplistas en cuanto a la disponibilidad y precio del recurso.

Hasta ahora, las principales industrias bioenergéticas que se han desarrollado han utilizado como materia prima biomasa de tipo residual, subproductos de agroindustrias o productos procedentes de cultivos tradicionales que constituyen normalmente materias primas para la industria alimentaria o de los piensos. A continuación se indica la problemática que supone el uso de este tipo de materias primas.

**Materias primas a base de biomasa residuales.** Las biomasa residuales aparentemente tienen muchas ventajas, pero cuando se piensa en un abastecimiento a largo plazo, se pierde la seguridad en el suministro y en el precio, si el usuario no es el propietario de la materia prima. Cuando una empresa utiliza sus propios residuos para producción de energía –como, por ejemplo, el caso de una industria de pasta de papel que utiliza las cortezas para producción de energía, de una industria extractora de aceite de orujo que utiliza su propio orujillo como fuente de calor para el secado del orujo o de una cooperativa que use los restos de las podas de sus asociados–, no parece que exista mayor problema. La cuestión se complica cuando el promotor no es propietario de la materia prima y debe conseguirla en el mercado, donde no va a tener garantizado ni el suministro continuado ni el precio. La posibilidad de que las mismas materias primas puedan ser utilizadas para otras aplicaciones además de la energética, como puede ser el caso de la paja, crea una fuerte incertidumbre a la hora de realizar los estudios de viabilidad sobre las plantas de producción de biocombustibles o de energía con biomasa.

Otro factor limitante en el uso de biomasa residual es la cantidad total de biomasa disponible, que dependerá, entre otros factores, de la dimensión de la industria que las genera.

#### **Problemas en el uso de materias primas alimentarias para producir energía.**

El planteamiento de las bioindustrias energéticas basado en la adquisición de materias primas procedentes de cultivos tradicionales, como puede ser la producción de bioetanol a partir de cereales o de biodiésel a partir de aceites vegetales, plantea problemas de inseguridad en el abastecimiento y en el precio de la materia prima, ya que el precio de ésta no está controlado por las leyes de oferta y demanda de los biocarburantes, sino de las industrias alimentarias y de piensos. Además, las grandes industrias productoras de alimentos basados en cereales y el sector de la producción de piensos ven con mucho recelo esta actividad, ya que podría interferir con dichos mercados establecidos y, como consecuencia, provoca reacciones en su contra, por miedo a la desestabilización de estos sectores. Baste recordar el enorme ruido mediático que se organizó hace un par de años, cuando se aprovechó la subida descomunal de los precios de los cereales para realizar un ataque frontal contra los biocombustibles líquidos, acusándoles de ser los causantes de la crisis que vivía el sector, además de señalarles como los responsables de muchos de los males endémicos que padece la humanidad, como el hambre, la pobreza o la deforestación.

Las motivaciones de aquella campaña mediática estaban dirigidas a salvaguardar los intereses de importantes grupos de empresas de diversos sectores (cereales, piensos e hidrocarburos, principalmente), que veían en el desarrollo de los biocarburantes una amenaza para sus intereses y recurrieron a toda una serie de tópicos demagógicos para lograr titulares impactantes, aunque con escaso o nulo fundamento real.

La bajada actual de los precios de los cereales hasta niveles inferiores a los que tenían antes del inicio de la subida espectacular de hace un par de años, y el paralelo incremento en la producción de biocarburantes, desmiente rotundamente las acusaciones que en su día se formularon contra los biocarburantes a este respecto, pero el mal que se hizo en la opinión pública, que normalmente se forma con la lectura de los titulares de los periódicos, todavía no se ha superado.

Aunque aquella campaña mediática, en nuestra opinión, fue injustificada, tendenciosa y desproporcionada en sus acusaciones, no por ello debemos olvidar que las industrias bioenergéticas deben desarrollarse a largo plazo con planteamientos sostenibles, por lo que deben basarse en materias primas no alimentarias, para no interferir con los mercados establecidos de alimentos o piensos, que son imprescindibles para la seguridad alimentaria de la humanidad.

**Cultivos específicos para las agroindustrias energéticas.** La alternativa a las biomasa residual y a los productos alimentarios, como materias primas para la industria bioenergética, está en la biomasa producida mediante cultivos específicos que se desarrollasen en tierras no utilizadas para producir alimentos. Se trata de una nueva faceta de la agricultura, que en su día bautizamos con el nombre de agroenergética<sup>1,2</sup>, que consiste en una actividad agroindustrial en la que se produce biomasa mediante cultivos específicos (los denominados cultivos energéticos) en el entorno de una planta de transformación en la que se producen los biocombustibles o se genera energía. Algo parecido a la concepción agroindustrial de una industria oleícola,

vitivinícola o azucarera, pero con cultivos y producciones no considerados hasta ahora por el sector agrario. Los cultivos energéticos más prometedores en la actualidad son los productos de biomasa lignocelulósica, tanto de tipo herbácea como leñosa, que, mediante procesos adecuados de transformación, pueden dar origen a la producción de biocombustibles sólidos, líquidos o gaseosos. La ventaja que tienen los cultivos lignocelulósicos, como productores de materia prima, es su capacidad de dar elevadas producciones de biomasa con bajos *inputs* y la gran diversidad de especies existentes potencialmente utilizables, que les capacita para adaptarse a las diversas condiciones edafo-climáticas que se den en las tierras disponibles, incluidas las tierras marginales no utilizadas para producir alimentos.

Entre las industrias energéticas que han iniciado su andadura en base a planteamientos tradicionales (primera generación), hay que contemplar la industria del bioetanol de cereales, la del biodiésel de materias oleaginosas importadas y las plantas de producción de electricidad basadas en la adquisición de biomasa residual, en muchos casos subvencionadas. El principal problema de estas industrias es la garantía de suministro y precio de la materia prima en un mercado no controlado.

Las agroindustrias energéticas que se vislumbran para un próximo futuro, basadas en la producción de la materia prima alrededor de la central de transformación mediante cultivos lignocelulósicos, podrían ser las siguientes:

- Biocombustibles sólidos para calefacción doméstica en sus diversas posibilidades (viviendas unifamiliares, colectivas o calefacciones de distrito) o calor para procesos industriales, en forma de astillas, pellets o briquetas.
- Agroelectricidad producida en centrales de transformación de la biomasa producida en sus alrededores, ya sea por el sistema de co-combustión (en centrales existentes de carbón) o con biomasa como combustible exclusivo.
- Biocarburantes de segunda generación por vía biotecnológica, como puede ser el bioetanol por hidrólisis y fermentación de productos celulósicos.
- Biocarburantes de segunda generación por vía termoquímica.
- Biorrefinerías para la producción de toda una serie de compuestos químicos a partir de biomasa lignocelulósica que darán origen a materias primas para diversas industrias, principalmente industrias químicas.

También se están considerando con bastante fuerza en la actualidad las biorrefinerías de microalgas, que debido a la elevada productividad de estos microorganismos y su gran diversidad y plasticidad, puede dar origen a una industria singular productora de materias primas específicas. Aunque, en la actualidad, el principal inconveniente que tienen estos cultivos es su alto coste, existen iniciativas muy interesantes tendentes a bajar drásticamente el coste de producción de este tipo de biomasa.

#### **Disponibilidad de superficie para el desarrollo de las agroindustrias energéticas.**

La principal consideración que hay que tener en cuenta, a la hora de pensar en establecer una agroindustria determinada en una localidad específica, es la disponibilidad de tierra suficiente y de calidad adecuada para producir la biomasa requerida por la industria de transformación que se desee proyectar, tanto por la calidad de la biomasa como por la producción anual requerida.



En la actualidad, existe una gran cantidad de superficie agrícola que ha sido abandonada para la producción de alimentos, como es el caso de España, en la que en los últimos 25 años se ha dejado de cultivar más de tres millones de hectáreas, o el caso de la UE, en la que las tierras de abandono o infrautilizadas para la producción de alimentos superan los 15 millones de hectáreas. También en muchos de los países en vías de desarrollo hay gran disponibilidad de superficie agrícola cultivable para especies menos exigentes que las tradicionales, sin necesidad de tener que recurrir a la deforestación de selvas tropicales o ecosistemas valiosos. En la actualidad, las tierras cultivadas ocupan tan sólo el 10 % de la superficie de las tierras emergidas de la biosfera, por lo que hay gran disponibilidad de otras superficies no necesarias para producir alimentos, además de los ecosistemas acuáticos, que podrían considerarse para la producción de algas con fines energéticos.

Por otro lado, es necesario tener en cuenta que los nuevos cultivos energéticos que se utilicen para las agroindustrias energéticas no tienen por qué tener los mismos requerimientos en suelo y clima que los tradicionales, y si se trata de obtener biomasa lignocelulósica, pueden encontrarse especies que se desarrollen bien incluso en tierras marginales para los cultivos agrícolas tradicionales. En este caso, la superficie disponible para este tipo de cultivos podría ser considerablemente mayor a la existente en base a tierras agrícolas no utilizadas para fines alimentarios. Tal puede ser el caso de terrenos áridos del sureste de España, donde podrían establecerse varios centenares de miles de hectáreas de cultivos de chumberas o de arbustos específicos de zonas áridas (especies del género *Atriplex*, por ejemplo); o saladares propios de zonas costeras, en los que podrían cultivarse especies de plantas halófitas del tipo de las salicornias, o el caso de cultivos de microalgas que, al igual que ocurre en el cultivo en invernadero, su desarrollo no depende de las condiciones edafoclimáticas específicas de la zona considerada.

**Necesidad de mentalización del sector agrario sobre su liderazgo natural en la actividad de las agroindustrias energéticas.** Sería necesario vencer las barreras que existen para el desarrollo de la actividad agroenergética en el sector agrario, para lo cual es preciso mentalizar al propio sector de que se trata de una actividad que le compete plenamente, al igual que otras agroindustrias, y que, en lugar de un problema, es una oportunidad de negocio y de desarrollo para dicho sector. La puesta en práctica de la agroenergética proporcionaría creación de empleo en el sector agrario, aumento del PIB, reducción de la dependencia de la importación de combustibles y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Sería deseable que las autoridades agrarias tomaran conciencia de la importancia que puede tener el desarrollo de la agroenergética y que fomenten la I+D orientada de forma práctica en esta materia.

La agroenergética, a través de las diferentes agroindustrias energéticas, es la asignatura pendiente de desarrollarse en el siglo XXI y puede contribuir de manera muy efectiva a que las energías renovables sean una alternativa real a las energías convencionales.

**Conclusión.** La biomasa es en la actualidad la energía renovable que más energía primaria aporta al balance energético global y podría aportar mucha más, si se adoptasen las medidas adecuadas para favorecer la implantación de las agroindustrias energéticas, que son imprescindibles para el desarrollo pleno de la bioenergía. Para vencer las barreras que hasta ahora ha tenido la biomasa para su desarrollo, es necesaria una participación activa del sector agrario,

que será sin duda el más beneficiado con el desarrollo de este tipo de actividad, y una política adecuada de remuneración para este tipo de energía. Esta remuneración hay que fijarla teniendo en cuenta no sólo el contenido energético de la materia prima o de los biocombustibles generados, sino los beneficios colaterales que genera su producción local (creación de empleo, desarrollo rural, protección del medio ambiente, reducción de importaciones...) y, sobre todo, el carácter de energía renovable, autóctona, descentralizada y gestionable.

#### Notas

1. Fernández, J. *Obtención de energía a partir de los vegetales*. *Diario YA* de Madrid, p. 11-15, 11 de julio 1976
2. Fernández, J. *Agroenergética el cultivo de plantas con fines energéticos*. *AGRICULTURA*, n. 46, p. 541-545, 1977

## ¿RENOVARSE Y MORIR?

**Miguel Ferrer** *Biólogo, profesor de investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas;  
Ex Director de la Estación Biológica de Doñana*

**Eólicos versus aves.** El desarrollo de sistemas de producción de energía renovable es un objetivo deseable en el marco de la lucha contra el cambio climático. La Comisión Europea ha fijado como objetivo para la zona de la Unión que el 20% de la producción total de energía deberá proceder de fuentes renovables para el 2020. España destaca mundialmente por la proliferación de sistemas limpios de producción de energía, particularmente eólica, compromiso plasmado en el Plan de Energías Renovables (PER) 2005-2010, con el que se trata de cubrir con fuentes renovables al menos el 12% del consumo total de energía en 2010.

A pesar de los beneficios ambientales obvios y de su contribución a un cambio de modelo basado en una economía más sostenible, la energía eólica puede tener también un impacto negativo –a veces, considerable– sobre la fauna, especialmente sobre las aves que sufren accidentes por colisión contra los rotores. Se sabe que las rapaces son uno de los grupos de aves más afectados, y en España el buitre leonado (*Gyps fulvus*) es la especie con mayor mortalidad por esta causa.

En la provincia de Cádiz, y particularmente en el entorno del Estrecho de Gibraltar, han proliferado los parques eólicos para el aprovechamiento de los fuertes vientos de la zona. La coincidencia del elevado régimen de vientos con algunas de las concentraciones de aves más grandes del continente europeo, especialmente en el paso migratorio, ha tenido como consecuencia elevadas mortalidades en aerogeneradores. De hecho, las tasas de mortalidad de aves por colisión contra las palas de aerogeneradores en esta zona se encuentran entre las más elevadas del mundo.

**Estudios de evaluación de impacto ambiental y mortalidad estimada.** Los estudios previos de avifauna, como información clave para la concesión o no de autorización ambiental para instalar un parque eólico, son actualmente exigidos en España y en otros muchos países europeos y americanos. Estos estudios previos de avifauna son en muchos casos la herramienta decisiva para evitar la posible instalación de un parque eólico en una zona inadecuada, donde la mortalidad que podría ocasionar en las aves fuese elevada.

En Andalucía, esta herramienta se adoptó como consecuencia de un estudio pionero llevado a cabo por la Sociedad Española de Ornitología (SEO). En el citado estudio, se recomendaba el seguimiento de un año completo del comportamiento de la avifauna en el emplazamiento de los parques eólicos. Recomendaciones similares se hicieron por Birdlife International y otras organizaciones en diferentes países, siendo al día de hoy el procedimiento más común para evaluar futuros emplazamientos de parques eólicos.

Los estudios de avifauna de las instalaciones eólicas realizados desde entonces proporcionan distintas informaciones sobre el uso de ese espacio por parte de las aves, generándose índices tales como la tasa de aves observadas por hora y la tasa de aves observadas cruzando el futuro emplazamiento del parque eólico a una altura de vuelo que sería peligrosa (tasa de aves en riesgo) si estuviesen los aerogeneradores instalados. A partir de esta información,

se construyen índices de peligrosidad potencial que utiliza la administración ambiental competente para emitir la declaración de impacto ambiental.

Recientes estudios del CSIC y la Fundación Migres han demostrado que la peligrosidad estimada en los estudios previos de avifauna en los futuros emplazamientos de parques eólicos no se corresponde con la mortalidad real que en estos parques se produce una vez están en funcionamiento. Así, parques eólicos cuya peligrosidad estimada era muy baja están produciendo numerosas víctimas.

Hasta ahora no se había comprobado qué relación real existe entre la peligrosidad estimada a priori en los estudios previos de avifauna y la mortalidad registrada a posteriori con el parque eólico ya en funcionamiento. Gracias a la información disponible sobre las estimaciones previas de peligrosidad de una serie de parques eólicos situados en Cádiz, reflejadas en estudios previos exigidos por la Consejería de Medio Ambiente (Junta de Andalucía) y los datos proporcionados por la Fundación Migres sobre la mortalidad registrada en esos mismos parques, ya en funcionamiento, se ha podido analizar por primera vez la eficacia de la herramienta de prevención que actualmente se utiliza.

**¿Y eso, por qué?** La hipótesis de partida en los estudios previos de la peligrosidad para las aves de los parques eólicos supone una relación directa y lineal entre el número de aves detectadas en riesgo (las que vuelan a alturas coincidentes con las palas de los aerogeneradores) y la mortalidad posterior. Desafortunadamente, esta relación no es tan sencilla.

La mortalidad en los parques eólicos varía sustancialmente según las características de las especies y de acuerdo al emplazamiento tanto del parque como de cada aerogenerador en concreto, haciéndolo además a escala de decenas de metros. Esto explica que la mortalidad sea diferente no sólo entre parques sino también entre aerogeneradores de un mismo parque.

En un estudio reciente se demostraba que la posición relativa de los aerogeneradores en relación a la topografía de su entorno era un factor fundamental para explicar la distribución de muertes en un parque eólico. En este estudio se realizaba un ensayo estándar en un túnel de viento con una reproducción a escala de la topografía del área de estudio que permitía predecir por qué zonas en concreto se moverían las aves según la dirección del viento y, por tanto, pronosticar el nivel de riesgo de la ubicación de aerogeneradores en esas zonas. Posteriormente, las predicciones eran verificadas en las áreas reales.

**Soluciones para el futuro.** Actualmente, España ocupa el segundo puesto mundial, sólo por detrás de Alemania, en potencia eólica instalada, con aproximadamente 18.000 MW producidos por parques eólicos en funcionamiento repartidos por toda su geografía. El objetivo del Plan de Energías Renovables del Gobierno es alcanzar los 20.000 MW de potencia instalada en el año 2010. Resulta evidente que hay que mejorar nuestra capacidad de predicción de riesgos en los procedimientos de evaluación y hay que encontrar soluciones viables para disminuir la mortalidad de los parques ya existentes.

Es difícil hacer recomendaciones generales para reducir las colisiones de aves en los parques eólicos. Las posibles soluciones se darían a dos escalas.

Una solución previa a la instalación de los parques eólicos pasaría por la mejora de los estudios de evaluación de impacto ambiental. Los ensayos en túneles de viento con modelos a escala nos permiten predecir con precisión las trayectorias más probables de aves planeadoras en función de las direcciones del viento. Tal vez los ensayos de este tipo deberían pasar a ser requisito obligatorio de los estudios de impacto ambiental. Esta herramienta se utilizaría tanto en la selección de las potenciales localizaciones de los parques eólicos como en las ubicaciones concretas de los aerogeneradores, evitando las zonas que, por sus características orográficas, registrasen la mayoría de los movimientos de las aves.

Para parques eólicos en funcionamiento con tasas de mortalidad elevadas, determinar los puntos negros de colisión ayudaría a reducir esta siniestralidad. Conociendo qué aerogeneradores y en qué periodos son más letales, se pueden proponer medidas protectoras como el aumento de la vigilancia y la parada de los rotores de los aerogeneradores peligrosos en determinados momentos. El futuro desarrollo de sistemas automatizados de detección de trayectorias de colisión y paradas selectivas es un camino prometedor.

La ingeniería aplicada a plantas eólicas ha conseguido en muy pocos años multiplicar por 20 la energía que produce un aerogenerador; sin embargo, las líneas de investigación de los fabricantes destinadas a minimizar el impacto ambiental de sus máquinas, sobre todo en relación con las aves, son más reducidas. Resulta necesario comprometer a diseñadores y fabricantes de aerogeneradores para que incluyan de manera urgente y de forma prioritaria en sus líneas de investigación tecnológica la reducción del impacto ambiental sobre la avifauna. Administraciones públicas y entidades privadas deberán intensificar los esfuerzos en la búsqueda de soluciones que hagan compatible la generación de energía renovable con la conservación de la biodiversidad, siendo conscientes de que esas soluciones son en sí mismas una oportunidad de generación de empleo y riqueza; es decir, de innovación.

## INTELIGENCIA Y RESPONSABILIDAD: LA MADURACIÓN DEL SISTEMA ENERGÉTICO

**Xavier García Casals** *Dr. Ingeniero Aeronáutico. Coautor de los informes "Renovables 2050" y "Renovables 100%" encargados por Greenpeace España al Instituto de Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Pontificia Comillas*

**La crisis del sistema.** Cuando dentro de unos cuantos años miremos con perspectiva hacia atrás, probablemente algunas de las características distintivas de nuestro sistema energético actual que más resaltarán serán su falta de inteligencia y de responsabilidad, ambas entendidas desde el contexto del conjunto de la sociedad y de nuestra interrelación con el entorno.

Pero en el pasado, dada la forma en la que estructuramos nuestros sistemas social, político y económico, probablemente no había otra opción que seguir la trayectoria que nos ha conducido a la situación actual. Lejos de alcanzar la capacidad de carga admisible de nuestro entorno, y sin conciencia sobre la posibilidad de que esto pudiera llegar a suceder (o priorizando otros intereses sobre esta posibilidad), con un sistema económico basado en la generación de beneficios mediante la venta de productos (en lugar de servicios), y la necesidad de tirar del carro de un sistema social inmaduro mediante el motor del desarrollo económico, probablemente no podríamos haber llegado más que a la situación actual: un sistema energético centralizado, gestionado exclusivamente desde el lado de la oferta y basado en unas fuentes de elevada densidad energética aprovechadas con unas tecnologías muy intensivas en capital al alcance tan sólo de unos pocos.

Sin embargo, este modelo establecido ha entrado en una profunda crisis. Por un lado, las evidencias nos indican de forma contundente que hemos sobrepasado la capacidad de carga de nuestro entorno, y que la mayoría de la población del planeta no podrá replicar el proceso seguido por los países actualmente desarrollados, tanto por falta de recursos como por incapacidad de absorción del medio. Por otro lado, los enfoques centralizados basados exclusivamente en la oferta resultan tremendamente rígidos para incorporar las tecnologías renovables que proporcionan soluciones sostenibles para cubrir la demanda, por lo que, mientras los sigamos considerando como una parte fundamental del sistema, en lugar de como un apoyo para la transición a otro tipo de sistema energético, actuarán como inhibidores del proceso de cambio. Es más: la encrucijada a la que nos han conducido los modelos energético y económico actuales nos mantiene prisioneros en las estructuras del pasado, en una huida hacia adelante en la que la incorporación de un porcentaje creciente de la población mundial al enfoque BAU de estructurar los sistemas energético y económico intensifica sin cesar la situación de crisis, empujándonos con gran inercia a rebasar esos puntos de no retorno a partir de los cuales ni el planeta ni la sociedad van a poder mantener parecido alguno con nuestras expectativas actuales.

Nos ha tocado, por tanto, transitar por un momento histórico en el cual es preciso articular un proceso de cambio estructural, y dado el retraso con el que hemos enfrentado esta tarea que ya hace décadas que tenemos asignada, el desafío es mayor, y exige que pongamos en juego mecanismos de respuesta rápida: no nos debemos engañar o autocomplacer con el despliegue de mecanismos de respuesta lenta, que son los únicos que hasta la fecha hemos intentado

activar (aunque con relativamente poco éxito), del estilo de regulaciones energéticas, incentivos limitados por el lado de la regulación (con un techo) a la promoción de las energías renovables, o incluso esquemas de certificación energética. Éstos y otros mecanismos de respuesta lenta ya no son capaces por sí solos de proporcionarnos soluciones, pues su ámbito de actuación queda fuera de los límites de la dimensión temporal del problema que afrontamos.

**Mecanismo de respuesta: la inteligencia.** La problemática que tenemos entre manos es global. Es más: la mayor parte de la solución de la misma queda fuera de nuestras fronteras, en esos países que, a falta de otra referencia válida, están replicando el esquema de articulación de los sistemas energético y económico que usó la pequeña fracción de la población mundial de los países desarrollados. Y este hecho añade presión a la dimensión temporal del problema: urge que surjan ejemplos de países y regiones que implementen mecanismos de respuesta rápida para mostrar el camino hacia una nueva estructuración de los sistemas energético y económico capaz de sostener el desarrollo del conjunto de la población mundial de forma compatible con las condiciones de contorno del medio en el que habitamos. Y entre esos mecanismos de respuesta rápida para articular la transición de nuestro sistema energético, hay uno que, por su transversalidad y relevancia, destaca claramente sobre todos los demás: la inteligencia.

Últimamente estamos escuchando cada vez con más frecuencia términos como redes inteligentes o, incluso, sistemas de transporte inteligentes, y viendo cómo en ciertos entornos se deposita una confianza ciega sobre estos elementos, dando a entender que constituyen, si no la totalidad, sí una gran parte de la solución a nuestros problemas. Aunque pueda resultar autocomplaciente, no debemos caer en el error de pensar que estas herramientas, que el desarrollo de las TIC ha puesto en nuestras manos en el momento oportuno, constituyen la solución a la problemática a la que el sistema energético actual nos ha conducido. En el fondo no son más que la punta del iceberg, una parte del *hardware* necesario para articular el proceso de cambio. Pero el despliegue de la inteligencia debe ir mucho más allá de las infraestructuras TIC para que llegue realmente a constituir un mecanismo de respuesta rápida con capacidad de afrontar la problemática actual. La estructura fundamental del sistema energético, el sistema económico, los sistemas político y administrativo, y el propio sistema social, todos ellos deben evolucionar hacia la inteligencia para activar el proceso de cambio, de tal forma que constituya una alternativa no sólo viable, sino atractiva para el conjunto de la población mundial, permitiendo que los países que ahora están articulando su proceso de desarrollo, o que lo harán en el futuro, sigan un sendero adecuado y compatible con las condiciones de contorno.

Los recursos de energías renovables en Andalucía son muy abundantes. En *García Casals X. et al, 2005*, se valoraron estos recursos como 65,3 veces la demanda de energía eléctrica y 9,3 veces la demanda de energía total en Andalucía para el año 2050, en un contexto BAU de evolución de la demanda de energía que conduciría para el año 2050 a una demanda de aproximadamente 42 TWh/a de electricidad y 292 TWh/a de energía total en Andalucía. Este potencial de máxima generación de electricidad a partir de recursos renovables en Andalucía se reparte entre las distintas tecnologías de distinta forma: solar termoeléctrica, 60,9%; eólica, terrestre, 14,8%; fotovoltaica en suelo, 9,2%; fotovoltaica integrada en edificación, 4,1%; chimenea solar, 5,0%; olas, 2,9%; eólica marina, 2,1%; biomasa, 0,8%; hidroeléctrica, 0,1%; y geotérmica, 0,1%. Sin duda, un primer componente del despliegue de inteligencia es el articular las condiciones y mecanismos adecuados para incorporar estos recursos como componente

principal de nuestro sistema energético: recursos energéticos autóctonos, inagotables, de muy bajo impacto en el medio, con capacidad de generación de actividad económica local, que nos permiten además escapar completamente de la situación de dependencia energética actual, con todo lo que ello implica a nivel económico y político.

El análisis desarrollado en *García-Casals X., et al, 2006*, a nivel peninsular, muestra que esta incorporación de renovables en nuestro sistema eléctrico puede realizarse incluso bajo el enfoque y estructura actual del sistema energético (contexto BAU), sin las restricciones técnicas y económicas que habitualmente se achacaban a esta opción. Es más: tal y como se muestra en *García-Casals X., 2009*, con las tasas de implementación de tecnologías renovables en el sistema eléctrico que ya habíamos sido capaces de articular en los años anteriores a los frenazos administrativos de los últimos dos años, en torno a 2025 podríamos disponer de un sistema eléctrico basado exclusivamente en energías renovables. Sin embargo, el despliegue de inteligencia debe ir más allá, para permitir que un sistema basado en energías renovables siga siendo sostenible en el futuro y pueda extenderse al conjunto de la población mundial en los plazos de tiempo disponibles.

La incorporación de inteligencia en el sistema económico permite activar algunos de los mecanismos de respuesta más rápida con los que podemos contar. Evolucionar desde un sistema económico en el que la generación de ingresos está directamente vinculada a la venta de productos, hacia un sistema económico basado en prestaciones, en el que la generación de ingresos está directamente vinculada a la venta de servicios, sitúa a la eficiencia energética en primer plano de la actividad económica, convirtiéndola en el motor principal de la generación de beneficios, de tal forma que la completa internalización de las medidas de eficiencia queda garantizada y se desarrolla en unos plazos de tiempo abismalmente inferiores a los que pueden conseguir los mecanismos de respuesta lenta que estamos intentando activar. En efecto, cuando los ingresos de un promotor de edificios pasa de estar vinculado al número de unidades de edificios vendidos a estarlo a la cobertura de los servicios energéticos y de confort que estos edificios proporcionan, o cuando los ingresos de un fabricante de automóviles pasa de estar vinculado al número de unidades vendidas a los servicios de movilidad proporcionados (o de accesibilidad, en el caso del sistema de transporte integrado), la maximización de los beneficios de sus actividades económicas pasa directamente por la incorporación de las máximas medidas de eficiencia y, a diferencia de los mecanismos lentos de promoción de las medidas de eficiencia, con una garantía de resultados total.

La integración del sistema energético es otro elemento de inteligencia que se impone tanto desde el punto de vista de la eficiencia como desde el punto de vista económico. En *García-Casals X., et al, 2006* se cuantifica el gran despilfarro asociado a operar un sistema eléctrico de gran contribución renovable en un contexto no integrado: la regulación de las centrales de generación partiendo de fuentes renovables para ajustarse a la demanda implica la disipación de un gran porcentaje de la capacidad de generación de las tecnologías renovables instaladas. La existencia de estas ingentes cantidades de electricidad residual asociadas a un sistema de generación eléctrica con gran penetración renovable nos conduce a replantearnos muchos de los pilares fundamentales de la actual estructura de nuestro sistema energético (uso de combustibles para la cobertura de la demanda térmica en edificación e industria, aplicaciones de la cogeneración, aplicaciones de la energía solar térmica de baja temperatura, uso de

combustibles para el transporte...), en un contexto donde la electrificación de los sectores de la edificación y el transporte se vislumbra como la vía natural y óptima de integrar el sistema energético de forma inteligente.

La distribución de inteligencia por las redes, tanto eléctrica como de transporte, ha recibido en la actualidad el apoyo definitivo de las TIC para poderse dotar del *hardware* necesario, permitiendo que en un corto espacio de tiempo pasen del plano conceptual al de las posibilidades reales. Pero el deslumbramiento que produce la disponibilidad real de los medios tecnológicos para introducir inteligencia en las redes no nos debe hacer perder de vista los aspectos fundamentales. La distribución de inteligencia por las redes va mucho más allá de dotarlas de capacidad de comunicación y medida distribuidas, y alcanza de lleno a uno de los elementos estructurales de los sistemas energético y de transporte actuales: el enfoque unidireccional y centralizado desde el lado de la oferta. La articulación de la participación de la demanda en la gestión y operación de los sistemas energéticos constituye probablemente la herramienta de mayor potencial para su rápida evolución, destapando una enorme cantidad de recursos para facilitar y optimizar la integración de renovables en el sistema. Acceder a todo este potencial de las redes inteligentes requerirá el despliegue de inteligencia por los sistemas político, administrativo y económico, articulando las reglas de juego apropiadas para que puedan entrar en juego nuevos actores como los agregadores de la demanda, que permitan que todos y cada uno de los usuarios de estas redes podamos tener una participación activa fundamental en la definición y operación de los sistemas. La democratización de las redes, además de permitir desplegar todo el potencial de inteligencia en los sistemas, constituye un instrumento fundamental para la maduración y adquisición de responsabilidad por parte del sistema social. Sin estos elementos de fondo, los conceptos de redes inteligentes enfocados exclusivamente desde el lado del *hardware* no serán más que un espejismo en plena travesía del desierto.

Y la activación de estos mecanismos de respuesta rápida para reconducir nuestro sistema energético hacia la sostenibilidad no puede producirse en los plazos de tiempo disponibles sin que la inteligencia se extienda de forma intensiva por los sistemas político y administrativo. Establecer las reglas de juego necesarias para poder desplegar el potencial de la gestión de la demanda, para proporcionar el sustrato en el que se pueda desarrollar un sistema económico inteligente, para potenciar de forma consistente el avance comercial de las tecnologías requeridas y, en definitiva, para encauzar el aporte de los distintos actores en la dirección de la evolución requerida aunando esfuerzos para potenciar el cambio en los plazos disponibles, requiere de un sistema político inteligente y consistente, que, superando los ciclos e intereses electorales, tenga la capacidad de trabajar por y para el objetivo del conjunto de la sociedad.

### Referencias

- García Casals X., Domínguez Bravo J., Linares Llamas P., López García O. *Renovables 2050: Un informe sobre el potencial de las energías renovables en la España peninsular*. Greenpeace España, 2005
- García Casals X., Linares Llamas P., Santos Pérez F.J. *Renovables 100%: Un sistema eléctrico renovable para la España peninsular y su viabilidad económica*. Greenpeace España, 2006
- García Casals X. *El ahorro y la eficiencia energética en el sector edificación*. En: *La gestión de la demanda de energía en los sectores de la edificación y el transporte*. Fundación Alternativas, 2007
- García Casals X. *Escenarios para un modelo basado en 100% energías renovables en 2050*. En: *Un nuevo modelo energético para España*. Fundación Ideas para el Progreso, 2009
- García Casals X. *Aplicaciones de las energías renovables al sector de la edificación*. En: *Monográfico sobre energías renovables de la revista Nota d'Economia*, 2010

## LA ESPERANZA EN LA ERA DEL URBANISMO ENERGÉTICO

Carlos Hernández Pezzi *Doctor arquitecto; Ex Presidente del Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos de España*

**Repensar el pasado.** Cuando Obama, Lula y otros líderes apelan a la esperanza en un mundo en paz, solidario, y más habitable, están hablando, sin decirlo, de otro mundo, lo que significa plantear de forma global un nuevo urbanismo planetario, una nueva estructura con otras pautas de ocupación, porque la crisis que atravesamos es debida a la codicia, sí, pero la guerra y la pobreza empiezan donde la calidad de vida y del hábitat terminan. Esta crisis de la civilización del despilfarro es también la crisis del despilfarro global del espacio. Y es una crisis del despilfarro global del espacio global.

En las crisis se evalúa el crecimiento. Tanto en la vida de cada uno, como en la de los hijos o las empresas, la crisis nos obliga a repensar sobre qué bases vamos creciendo. Superar o caer en las crisis es el destino vital de los seres humanos y de sus aventuras colectivas. Un destino que no es ajeno al de las ciudades, en crisis de crecimiento permanente o en permanente crecimiento crítico, según se mire. Frente al paradigma del urbanismo ilimitado, hoy no podemos plantear otro modelo que no sea el de confrontación entre la energía y el desarrollo, lo que nos lleva a apostar por un urbanismo energético, que contemple su propia evolución en el tiempo y el espacio, su propio consumo de recursos. Se puede definir urbanismo energético como aquél que evalúa, proporciona y obtiene sus propios recursos energéticos para realizarse, sin añadir nuevos déficits al entorno y al territorio. El urbanismo energético no es un urbanismo autárquico, sino por el contrario, interconectado e interdependiente, responsable del sistema mundial de sociedad y de gobierno; la responsabilidad es el factor clave del nuevo modelo urbanístico global, porque no podemos crecer o decrecer de cualquier modo, sino en constante interrelación con los demás, con los tiempos y países más alejados de los nuestros.

Tanto los países emergentes, denominados BRICS (Brasil, Rusia, India, China y Singapur), como los países desarrollistas de la última etapa, denominados despectivamente PIGS (Portugal, Irlanda, Grecia y España) por la baja calidad de su crecimiento, son conscientes de pertenecer a eslabones concatenados de una misma cadena. Estamos obligados a la constante evaluación de nuestros modelos energéticos y de nuestro enfoque acerca del crecimiento crítico sobre la base de la eficiencia energética. En los escenarios regionales del mundo y en la adaptación y mitigación para estabilizar los Gases de Efecto Invernadero (GEI) a escala local y territorial, son importantes los mecanismos de medida, pero también los criterios de uso y eficiencia de las políticas urbanas. Los escenarios evaluados por los Expertos sobre Cambio Climático para este decenio apuntan a la reducción de suministros y usos de la energía y a la aplicación de medidas múltiples de mitigación (conservación y eficiencia energética, sustitución de combustibles fósiles, sumideros de bosques y captación y almacenamiento de CO<sub>2</sub>, partiendo de la biomasa). Trasponer a un urbanismo de componente energética la noción de su carácter renovable, ayuda a que la energía social que debe dar lugar a un urbanismo de nuevo tipo renueve sus fuentes y recursos. El urbanismo en nuestro país no ha tenido fortuna precisamente por despreciar el carácter no renovable del principal recurso, que es el suelo. La percepción sobre el agua ha cambiado sustancialmente; se ha empezado a hablar de la economía del hidrógeno, pero lo cierto es que el fracaso del urbanismo actual se debe al abuso del uso indiscriminado del suelo, los combustibles fósiles y las energías contaminantes.

El mercado de suelo es una grave herencia de leyes obsoletas, prácticas burocráticas y culturas desfasadas. El suelo como una máquina productora de plusvalías es competencia de propiedad privada, y sujeta a los intereses de sobre-valoración de activos patrimoniales; a consumo, despilfarro y especulación financiera. Peor: el suelo se ha utilizado de forma irreversible por un urbanismo de baja calidad y ninguna reversibilidad de fuentes, recursos, energías y altas ocupaciones. En consecuencia, nos encontramos con las hipotecas de dependencia energética y con el anclaje irreversible al recurso más menospreciado y escaso.

Ofrecer una alternativa a esta situación es muy complicado y no detentamos la exclusiva. California o Grecia muestran las carencias de ese modelo de crecimiento exacerbado que produce, además de gravísimos incendios, déficits estatales multimillonarios que habrán de pagar –si pueden– las generaciones futuras.

**La situación en España.** A pesar de contar con bajas densidades de población, en España sus pueblos y ciudades medias crecen, en la globalización, sin perspectivas de calidad urbana que, simplemente, puedan no considerarse desarrollistas. Hemos mantenido tics de la dictadura que nos hacen primar la cantidad sobre la calidad, el empleo sobre la sostenibilidad y la edificación sobre la rehabilitación. Pese a la evidente mejora en algunos parámetros, en nuestro país falta una visión del territorio que evalúe con inteligencia y nuevos indicadores aquellos modelos, tamaños y techos de las ciudades.

En España las políticas actuales no resuelven los problemas denunciados, pese a las denuncias europeas sobre la indisciplina urbanística, las ilegalidades graves, la ambigua legislación o la corrupción. El modelo energético depende de otros recursos y otros países, como en el caso del gas, el agua, etc. Faltan medidas estructurales en la incorporación de perfiles de un nuevo modelo productivo. Es el momento de plantear un *proceso de cambio hacia la mitigación* para reestructurar el sector de la vivienda y acomodarlo a la demanda real. Ese proceso, siempre retrasado, ha de acometerse ahora aprovechando la rehabilitación energética de edificios para crear empleo mediante la rehabilitación masiva de barrios, la mejora del comportamiento térmico y acústico de la envolvente de las edificaciones, la sostenibilidad en el proceso de la rehabilitación de edificios, la mejora de la accesibilidad y de la eficiencia energética de las instalaciones. Es decir, tenemos que hacer dobles tareas ante las recomendaciones del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPPC, por sus siglas en inglés).

En lo que se refiere a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), la situación del sector de la edificación en España se caracteriza por el incremento desde 2004 en un 65% (respecto del año base de 1990) de las emisiones del sector residencial, comercial e institucional. Son 20 puntos más que el conjunto de emisiones españolas que en ese año estaban en torno al 45% de incremento. Además, el sector doméstico y el de la edificación consumen en torno a un 20% del total de la energía final en España y producen el 25% del total de emisiones de CO<sub>2</sub>. La calefacción y la producción de agua caliente son los vectores que más energía consumen en este sector. La importancia de estos datos, junto con los de la mitigación de emisiones en el sector del transporte, ofrecen una idea de la importancia de políticas urbanas de urbanismo energético y renovable. De forma palmaria, la renovación del urbanismo de la energía proviene de la rehabilitación, un campo de futuro con muchos tramos por explorar. La oportunidad de la rehabilitación energética es real, especialmente si tenemos en cuenta que para el 2030 la UE dependerá en un 90% de

las importaciones para cubrir sus necesidades de petróleo y en un 80% en el caso del gas, siendo imposible prever la seguridad del suministro y el precio del petróleo y el gas. Y la UE deberá reducir sus emisiones de GEI en más de un 30% para esa fecha. Además, los efectos de creación de empleo de las inversiones en eficiencia energética con relación a otras inversiones calculan que se crean entre 12 y 16 años de trabajo directo por cada millón de dólares invertido en eficiencia energética, frente a los 4,1 años de trabajo de una inversión en una central térmica de carbón y los 4,5 años de una central nuclear. Por eso, el gran potencial de ahorro y el hecho de que el sector de edificios represente el 40% del consumo final de energía de la UE hacen especialmente interesantes las inversiones eficientes.

La evaluación no es cuestión de expertos, pues, sino de criterios políticos y consensos sociales. Un criterio determinante es el de los límites. Criterios rigurosos pueden plantear como saludables los procesos de maduración de ciudades de entre 20.000 y 50.000 habitantes, pero incluso en este tipo de ciudades medias, por ejemplo de Andalucía, se crece hacia afuera y se dilapidan muchos recursos de suelo porque no se fijan límites. En los municipios con sectores productivos predominantes, suele haber poca diversificación y quedan a menudo limitados en sus expectativas por sus propias capitales provinciales o autonómicas. La tematización turística afecta a Toledo, pero también a Barcelona. Los desarrollos de las dorsales europeas y de los grandes ejes de desarrollo transcontinentales son todos interdependientes, pero se plantean como ilimitados y no cuentan con sus propios recursos ni discursos para madurar.

El discurso de la prudencia y la prevención en la definición de los umbrales de crecimiento y sus límites vale para el conjunto del sufrido sistema español de ciudades; el reto pasa por mejorar su nodos de renovación, que siguen estando dentro, en sus redes ferroviarias, industriales, portuarias o agrícolas en desuso. Un ejemplo de referencia es la red de ciudades del Centro Iberoamericano de Desarrollo Estratégico Urbano (CIDEU), y otras que luchan contra el cambio climático en las integraciones del ferrocarril, el puerto y la rehabilitación de los cascos. Oportunidades de concebir y generar un modelo de nueva ciudad y nueva economía, creciendo hacia adentro, cambiando la movilidad, reduciendo emisiones y mejorando la vida de la ciudadanía con belleza y talento. El discurso por la calidad de vida frente al cambio climático, asciende los estrechos prejuicios y las líneas virtuales que separan los límites y las fronteras peninsulares. Y a pesar de que el territorio no lo conforman ni las banderas ni los mapas, todavía mantenemos un debate estéril porque los fabricantes de gases son nacionales y las energías tienen denominación de origen.

**El único futuro urbano posible.** Ahora nos toca acometer una reforma estructural que sólo puede tener sentido si al fin rebaja las emisiones de CO<sub>2</sub>. Si hay una reforma estructural a realizar en la economía española hacia la economía verde es la del mercado de suelo. Frente al urbanismo de las oportunidades y las áreas de oportunidad, hay que establecer un urbanismo que agrupe energías, *vitaminas territoriales*, definiendo límites al crecimiento, para producir valor social y cultural añadido. Esa condición energética del urbanismo no debe servir para la construcción de paisajes secos mediante placas solares indiscriminadas, huertos o aerogeneradores (que es como se está entendiendo hoy el cambio de paradigma de beneficios). Ha de servir para elaborar un urbanismo que renueve el discurso económico a la categoría de reto económico, creando empleo (390.000 empleos), reduciendo energía (en 18 millones de Tm

de CO<sub>2</sub>eq en emisiones) y fomentando intervenciones (470.000 actuaciones, integrando el Plan Renove), de forma que se reduzca la dependencia energética española. Y que podamos hablar de urbanismos energéticos renovables en los casos con efectos compensatorios anticipados hacia balances de emisiones cero.

Energía social es energía cultural. Deben ser necesariamente renovables las dos. España debe producir un cambio de paradigma del urbanismo hacia la sostenibilidad. Pero decir sostenibilidad no significa producir urbanismo pasivo y eficiente únicamente. Significa –y así debe traducirse– hacer un urbanismo de redes, multi-dimensional, que sea capaz de agrupar energías para consumir la menor cantidad posible de recursos. El urbanismo de la energía o urbanismo energético es el único que se puede permitir aunar la energía social con el paradigma ambiental y tratar de renovar ambos, desmantelando la idea de que crecer es imprescindible para madurar. Crecer hacia adentro y volcar el talento en innovar para hacer un urbanismo energético poliédrico y multidimensional es la tarea de la innovación urbana.

Innovar en el urbanismo español para que reduzca energías y recursos y multiplique energías sociales para una convivencia mejor. Sin despilfarros ni desigualdades en el uso de la ciudad mediterránea de la que heredamos tan buenos ejemplos, y que, de alguna manera nos toca a nosotros preservar en mayor medida.

## LAS ENERGÍAS DE FUENTES RENOVABLES COMO CLAVE PARA LA INNOVACIÓN HACIA LA SOSTENIBILIDAD

**Domingo Jiménez Beltrán** *Ingeniero Industrial; Ex Director de la Agencia Europea de Medio Ambiente; Asesor de Presidencia del Gobierno de España*

**Desarrollo basado en el conocimiento.** Hoy que tanto se habla de la sostenibilidad, o del desarrollo sostenible, como paradigma de futuro y con futuro y como única referencia para salir de la crisis lo antes posible y de forma prometedora, si hay una clave de este nuevo modelo de producción y de consumo es sin duda la del conocimiento, al que le hemos dado continuamente la espalda en este proceso de insostenibilidad creciente que ha culminado en una crisis económica y financiera, más que anunciada, que se suma y en gran parte resulta de la insostenibilidad ya arrastrada durante décadas, social, con diferencias crecientes Norte-Sur y dentro de prácticamente todos los países, y ambiental, que ha alcanzado su criticidad con el cambio climático.

Podemos incluso definir simplemente este nuevo paradigma que implica repensarlo todo, innovar en todas las áreas, como desarrollo basado en el conocimiento, que de hecho responde al objetivo de la Agenda Socioeconómica de la UE o Agenda/Estrategia de Lisboa, acordada en marzo de 2000 en la cumbre europea en dicha ciudad, de convertir a la Unión Europea en 2010 en "la economía del conocimiento más competitiva y dinámica del mundo, capaz de crecer económicamente de manera sostenible con más y mejores empleos y con mayor cohesión social". Objetivo que sigue siendo válido para salir de la crisis y reorientar el desarrollo de la UE, y que ahora se plasmará en la llamada Estrategia 2020 que está entre las prioridades de la presidencia española de la UE, que recuperará y actualizará la Agenda de Lisboa y que esperamos retome las ecotecnologías, la ecoeficiencia..., la ecoinnovación como referencia e instrumento clave de las políticas económicas y sociales de la UE, con la generalización de las energías de fuentes renovables (EFR) como uno de los sectores prioritarios para la innovación.

Innovación es, según la Comisión Europea, "la aplicación comercial con éxito del conocimiento existente en un nuevo contexto". Estamos ciertamente ante un nuevo contexto que nos permite acotar el concepto como ecoinnovación o "aplicación con éxito del conocimiento existente al servicio de la sostenibilidad del desarrollo" y, en particular, del sistema energético.

**Barreras y claves de la energía de fuentes renovables.** A nivel comunitario se han identificado las barreras y claves para que pueda prosperar la ecoinnovación en general y, en particular, en materia de EFR. Según la opinión del Grupo de Expertos de la Iniciativa CCC (*A Clean, Clever and Competitive Europe*), lanzada en 2004 por la entonces presidencia holandesa de la UE y que se publicó en enero de 2005, se requiere la conjunción de distintos procesos:

**1.** "Subsanar las carencias del mercado". Promoción y acceso al conocimiento, I+D+i... (en particular para PYMES). Clave para el progreso en EFR. Estrategias y políticas con objetivos a medio y largo plazo, o predicibilidad, que en el caso de las EFR está asegurado por acompañar a los escenarios energéticos y de reducción de emisiones de GEI con horizontes 2020, 2030 y 2050 a nivel comunitario y global, que se beneficiarían a nivel español del prometido escenario energético 2030.

Liderar el cambio y crear mercado a través de las aplicaciones en infraestructuras y edificios públicos y de los sistemas de compras y contratos públicos. Aspecto clave que no acaba de ponerse en práctica, en particular en España (y Andalucía), donde las carencias de las infraestructuras y edificios públicos en eficiencia energética y de implantación de EFR es notoria.

Desarrollo de incentivos económicos y nueva fiscalidad. Incluso fiscalidad comunitaria. En este aspecto, España, junto con Alemania, ha liderado estrategias reconocidas como referentes en materia de incentivos económicos, mediante primas a la producción de EFR, hoy muy criticadas, incluso desde fuentes ministeriales, que hay que defender y en lo posible reforzar como clave incluso para la competitividad internacional del sector de EFR español, y de relevancia para Andalucía. No podemos decir lo mismo en materia de nueva fiscalidad, que sigue posponiéndose por su coste político y de oportunidad.

Información al consumidor y partes interesadas. Una carencia significativa a nivel español y andaluz, que se demuestra en la poca penetración del sector más accesible, el de energía solar para agua sanitaria y calefacción.

2. "Fomentar el desarrollo de productos o servicios concretos a partir de tecnologías fundamentales para el modelo de desarrollo sostenible europeo... que, además, contribuirán a la competitividad industrial". Señalando como una de las oportunidades, entre las tecnologías respetuosas del medio ambiente, la energía solar.

Las EFR están en el núcleo de la ecoinnovación en los programas comunitarios, y esperamos que se refleje así en la Estrategia 2020 a nivel comunitario y se traslade a la Ley de Economía Sostenible española en proceso de aprobación y que ésta incluya en su desarrollo una Ley específica para las Energías de Fuentes Renovables tantas veces demandada.

Las EFR pueden ser una/la pieza clave, un elemento dinamizador para avanzar en este necesario proceso innovador, en este proceso de darle la vuelta al modelo de producción y de consumo, que pasa necesariamente por un cambio total del sistema energético, por una verdadera *r-evolución* energética, con su doble desarrollo en materia de racionalización de la demanda energética, para una economía más desmaterializada y des-energizada, con un uso más eficaz (para lo necesario) y eficiente (de la mejor forma) de la energía, y de optimización de la oferta, para una economía descarbonizada y sostenible, con menores emisiones de gases de efecto invernadero y basada, sobre todo, en recursos renovables.

Las EFR no sólo son la base de la optimización de la oferta energética como única fuente de aprovisionamiento masivo de energía sostenible en el estado actual de la tecnología, sino que además, y debido a que facilitan un sistema de generación distribuida y de autogeneración, y en el futuro de autosuficiencia y hasta de producción energética, por parte de los propios usuarios (también y, sobre todo, en los países emergentes y en vías de desarrollo), contribuyen a racionalizar la demanda, al acercarla e integrarla con el suministro a nivel de usuario y en áreas extensas a través de redes energéticas inteligentes.

Y el margen en materia de innovación en el campo de las EFR es enorme, ya que ha estado frenado, contenido o secuestrado, por el fácil acceso a los combustibles fósiles, sus bajos

precios por no internalizar costes, y su gestión interesada y especuladora en gran parte en manos de carteles como la OPEC, o empresas en posición dominante, que han creado una sociedad adicta al petróleo que ha acabado en excesos, que se manifiestan en el cambio climático y, curiosamente, en un agotamiento coincidente de los recursos, en particular de petróleo fácilmente accesible, con un llamado *peak oil* cercano.

Hay, pues, varios elementos que contribuyen a hacer de las EFR una/la pieza clave para la innovación hacia la sostenibilidad:

La gran necesidad que tenemos de recurrir a ellas. No tenemos otra opción ante la crisis ambiental, energética y económica.

Ser por el momento la única fuente de energía sostenible y, por tanto, compatible con un modelo de desarrollo de futuro, con una globalización sostenible.

Poder aportar la mayor parte de la energía necesaria para el mundo en el futuro dentro de un esquema de contracción de la demanda energética en los países desarrollados y de convergencia con las necesidades en los países emergentes y en desarrollo.

Ser ya viables tecnológicamente y serlo cada vez más económicamente como resultado de las mejoras tecnológicas que afectan a su eficiencia y costes de producción, si se mantiene y destinan recursos suficientes en I+D+i, y siguen aumentando los costes de las no renovables.

Ser parte de un futuro energético ya imaginable en el que participe la sociedad. Dado el mercado tan creciente de las EFR y lo atractivo del mismo, por el gran margen que hay para la innovación, ya que está todo por hacer, lo único que hay que hacer es creérselo y plantear escenarios de futuro con las EFR como pieza clave y que ofrezcan a las empresas y, en general, a los productores de EFR que podemos ser la mayoría ("el Sol sale para todos") predictibilidad para poder entrar en inversiones a medio y largo plazo, aunque con efectos inmediatos.

Ser una opción siempre ganadora, o *win-win*. Como han proclamado las empresas y empresarios en el gran evento paralelo a la fallida COP 15 denominado Bright Green, también en Copenhague, los días 11 y 12 de diciembre de 2009, este *brillante futuro verde* lo será a pesar, o independientemente, vaticinaban ellos, de los resultados de la COP 15, ya que muchas de estas empresas han interpretado el "crecer, reduciendo" como más negocio en sectores innovadores reduciendo el uso de recursos en general y energéticos en particular y generalización de las EFR.

Los retrasos que pueda haber en el establecimiento de acuerdos globales legalmente vinculantes sólo harán incrementar las ventajas de los países y empresas pioneros en estos sectores, como ya ha sido el caso de países de la UE (Alemania, España, Dinamarca...) que obtuvieron ventajas competitivas con respecto a EE.UU. por haberse obligado con Kioto.

Y la UE debería una vez más romper la condicionalidad y obligarse unilateralmente al 30% de reducción de EGEI y, consecuentemente, al 30% de mejora de eficiencia energética y al 30% de cuota de EFR, todo ello en 2020, superando el objetivo 20-20-20, para mantener su liderazgo y propiciar ese acuerdo global, y porque eso da predictibilidad y obliga a innovar a las empresas.



Estamos ante una opción estratégica en lo que se refiere a reorientar nuestros modelos de desarrollo y, en particular, el sistema energético, una opción ante la que hay que posicionarse ya y que reviste características únicas de desafío y oportunidad para el mundo, para la UE, para España y para Andalucía en particular, y que determinará la salida de la crisis y el futuro de nuestro desarrollo y calidad de vida

Como concluye el texto del *Nuevo contrato verde* propuesto por Naciones Unidas (PNUMA, 2008), "las nuevas formas de producción y consumo de energía pueden ser un vector de crecimiento económico y un sector industrial relevante productor de servicios avanzados intensivos en conocimiento".

**El panorama español y andaluz.** La coyuntura actual, y muy en particular la española (y la andaluza), que se distingue por su ineficiencia y dependencia energética y su potencial en energías de fuentes renovables, ofrece una oportunidad inmejorable para iniciar con determinación la transición hacia un modelo que priorice la eficiencia energética y las energías renovables. Estamos ante una opción estratégica con efectos a corto y largo plazo, cuyas claves hay que identificar para anticipar y apostar por los escenarios con futuro en materia de energía.

De las fuentes de energía que pueden significar una aportación masiva en las próximas décadas, el carbón, la nuclear y las energías de fuentes renovables –eólica, solar de concentración, fotovoltaica, biomasa...–, sólo las últimas pueden calificarse como sostenibles.

Las limitaciones para la generalización de las EFR ya no son tecnológicas, ni de potencial, ni de viabilidad para gestionarlas como potencia firme (se pueden hibridar entre ellas, con centrales de biomasa, centrales hidráulicas reversibles..., y recurrir a interconexiones), ni de capacidad de acogida del territorio, como demuestra para la eólica el informe de mayo 2009 de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), que confirma que esta fuente por sí sola es capaz de suministrar varias veces la demanda eléctrica europea en las próximas décadas.

Y la viabilidad económica se acrecienta día a día, con costes que muestran que las EFR son cada vez más competitivas. Sus costes, según el reciente informe COM 2008/271 de la Comisión Europea, siguen bajando, siendo ya para la eólica de entre 7 y 10 céntimos de euro por kilovatio hora (kWh) y previendo que sea de 5 a 8 céntimos en 2030, acercándose al de la nuclear, más bajo que el de las centrales de fuel-oil y sólo algo más caro que el de las centrales de gas de ciclo combinado (asumiendo un precio de 60 dólares por barril de crudo, que se superará ampliamente) y que el de las centrales de carbón (para costes de la tonelada de CO<sub>2</sub> en el mercado de derechos, de unos 40 euros por tonelada difíciles de asegurar). Es cierto que los costes de otras EFR siguen siendo altos, como el de la solar de concentración, que se prevé se aproxime a los 10 céntimos de euro en una década, y el de la fotovoltaica, que se aproximaría a los 15 céntimos de euro por kWh en 2030 si no hay cambios tecnológicos sustanciales, que podría ser el caso.

Sin embargo, si se evalúan costes comparables –*levelized costs*–, internalizando los costes y beneficios, tendríamos, según Lazard (junio de 2008), costes muy ventajosos ya ahora mismo para las EFR (de 5 a 9 céntimos de euro por kWh para la eólica y la biomasa y de 9 a 14 para la solar de concentración) con respecto a las térmicas convencionales (entre 7 y 10 céntimos para el gas y entre 7 y 13 para el carbón) y la nuclear (de 10 a 12 céntimos por kWh).

España (y, dentro de ella, Andalucía) está bien posicionada por su desarrollo de las EFR y su participación en el mercado global –que fue del 10 al 15% en 2008 y que podría ser del 10 al 20% en 2030– lo que equivaldría a un 6-12% del PIB español.

¿Por qué escenario apostamos a nivel español (y, dentro de éste, en Andalucía), cuya transición empezamos a construir desde ahora? Si no hacemos esta reflexión, a nivel español y andaluz (algunas comunidades autónomas ya lo han hecho), nos la darán hecha y perderemos también esta tercera Revolución Industrial, basada esta vez en el abandono de los combustibles fósiles, y que parecíamos destinados incluso a liderar.

El margen de maniobra es cada vez más escaso. Basta analizar los escenarios ya estudiados que alcanzan hasta 2050, en el que, con reducciones obligadas en emisiones de GEI de más del 80%, la *descarbonización* de los países desarrollados es obligada, como confirmaron (9 julio 2009) los países del G8 reunidos en Italia y es uno de los pocos aspectos que quedan claros de la fallida COP 15. Y el consenso emergente es que, para esa fecha, todos los sistemas energéticos deben ser sostenibles. España (y, más aún, Andalucía) sólo tiene una opción estratégica para 2050: España toda solar, o básicamente solar. E, inexcusablemente, Andalucía toda solar.

La cuestión es cuál es la hoja de ruta hacia 2050, en la que el horizonte 2030, el más estudiado, es clave y va a servir probablemente de referencia para el debate pos-Kioto, con independencia de que también se fijen objetivos para 2020 en EGEI. Es clave porque en él ya deben apuntar maneras las reducciones drásticas de EGEI en ese ineludible compromiso de no superar los 2 °C de incremento de temperatura media global con respecto a la época preindustrial y, por tanto, no superar concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, en equivalente CO<sub>2</sub>, de 450 partes por millón.

Con esta condición de contorno, los escenarios para 2030 de la Agencia Internacional de Energía, AIE (WEO, por sus siglas en inglés), coinciden con los que le precedieron realizados por el REC (Consejo para las Energías Renovables) con y para Greenpeace, en una clara reducción del incremento en la demanda tendencial de energía, limitándola a menos del 0,8% anual y asumiendo que el 50% de toda la demanda eléctrica debería ser no fósil, aunque el WEO mantiene la tercera parte de la no fósil como tecnología nuclear. Y los costes de estos escenarios más sostenibles (unos 13,6 billones de dólares en 2006-2030) serían, como mucho (no considera externalidades positivas asociadas a las EFR), del orden de un 6-8% superiores al tendencial o insostenible y, por tanto, viables económicamente.

España (y Andalucía) no debería crecer más del 0,6-0,8% anual en estas dos décadas, estabilizar antes de 2030 el consumo de energía y conseguir que más del 60% de la electricidad generada fuera de EFR en 2030 para posicionarnos diferenciadamente y como líderes nacionales y globales en tecnología de EFR.

Entre tanto no hay que olvidar que el escenario 2020 o de mínimos está ya fijado a nivel comunitario por el llamado paquete 20-20-20 de la propuesta de la Comisión de enero de 2008. Y esta obligación del 20% de energía primaria de EFR es una obligación para los estados miembros en la nueva directiva comunitaria que España deberá trasponer dentro del desarrollo de la Ley de Economía Sostenible o como una ley nacional sobre las EFR. España se debería distinguir

superando las exigencias comunitarias, no incrementando su demanda en más del 0,6-0,8% anual y con un 20-25% de la energía primaria de EFR en 2020. Y cabe esperar que, a pesar de la fallida COP 15 (o precisamente por eso), la UE se comprometa a objetivos más ambiciosos, y esto con independencia de que finalmente se alcance un acuerdo legal vinculante global en la próxima COP 16 en México.

Los cálculos recientes realizados para España de los escenarios 2020 y 2030 señalados, cifran las inversiones anuales necesarias en materia de EFR entre el 1 y el 2% del PIB, similares a las realizadas en 2008 en EFR y que, desgraciadamente, no se repitieron en 2009. No hay que olvidar la ventajas en generación de empleo de calidad, empuje al I+D+i, a la productividad y competitividad, reducción de la dependencia y vulnerabilidad energética, mejora de la balanza de pagos española y contribución a la mitigación del cambio climático, que se derivarían de la generalización de las energías de fuentes renovables y de la construcción de la *España toda solar*, en lugar de *toda un solar*, como marca de futuro para España y para Andalucía, región que ya es referencia mundial en algunas tecnologías de EFR, como es el caso de la solar de alta temperatura o de concentración.

## LA SOCIEDAD URBANO-INDUSTRIAL. FUENTES DE ENERGÍA

**Federico Mayor Zaragoza** *Ex\_Ministro de Educación y Ciencia; Director General de UNESCO entre 1987 y 1999; Presidente de la Fundación "Una cultura de paz" y de "Fundación Areces"*

*Tendremos que inventar el otro mundo posible que anhelamos.*

**Una situación insostenible.** La situación actual, a pesar del reciente incremento de la contribución aportada por fuentes de energías renovables, es la siguiente: petróleo, 35%; carbón, 25%; gas, 21%; residuos y biomasa, 10%; nuclear, 6%; hidroeléctrica, 2%; otras fuentes, 1%. El 81% procede, en consecuencia, de recursos finitos.

La influencia en el medio ambiente ha sido muy negativa, debido al efecto invernadero producido, sobre todo, por el acúmulo de anhídrido carbónico, como consecuencia de la combustión. No sólo se han liberado extraordinarias cantidades de CO<sub>2</sub> en los últimos años, sino que su recaptura por la clorofila (plantas, fitoplancton marino...) ha decrecido tanto por la reducción de la masa forestal como por la degradación progresiva de la calidad del agua en los océanos. En efecto, tiene lugar con excesiva frecuencia el lavado de los fondos de los tanques de transporte de petróleo, con residuos muy poco densos procedentes del *cracking* de los crudos, que forman una monocapa de grandes proporciones que asfixia al fitoplancton. En lugar de dirigirse a las instalaciones portuarias adecuadas, esta práctica tan perjudicial para el medio ambiente no ha podido ser debidamente controlada, a pesar de la puesta en órbita de un observatorio desde satélites (GOOS, Global Ocean Observatory System), ya que, progresivamente, la autoridad de Naciones Unidas ha sido debilitada, especialmente por los grupos plutocráticos del G-7, G-8, G-20, etcétera, que han intentado, con los resultados desastrosos que ahora conocemos, suplir las funciones encomendadas al único marco ético-jurídico democrático que existe, Naciones Unidas, que ahora deberemos reforzar de forma apremiante.

Lo cierto es que el efecto invernadero ha incidido ya de forma patente en el cambio climático, produciéndose un calentamiento del conjunto del planeta que puede acarrear consecuencias gravísimas, parcialmente irreversibles. Se trata ahora de detener un proceso que puede llevar a la elevación del nivel del mar, al deshielo de los polos y especialmente del Ártico, constituyendo uno de los más serios desafíos que enfrenta la humanidad en estos albores del siglo y del milenio. Es deplorable que, en contra de las alarmas basadas en el rigor científico que la propia Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos expresó de forma muy precisa en el año 1979, los grandes productores de petróleo, capitaneados por Exxon-Mobile, hayan invertido durante casi 20 años grandes sumas en favorecer opiniones seudocientíficas que indicaban que las voces de alarma carecían de fundamento, al tiempo que adquirían las patentes y licencias correspondientes al desarrollo de fuentes de energía sostenible<sup>1</sup>.

**El tránsito hacia un nuevo modelo.** Hay que corregir pues, apresuradamente, el modelo energético-económico actual, basado en buena medida en el petróleo y las inversiones en armamento, que alcanzan –no me canso de recordarlo– los 3.000 millones de dólares al día,

al tiempo que mueren de hambre más de 60.000 personas. Hay que transitar ahora a una economía de desarrollo global sostenible, con grandes inversiones en energías renovables, en la producción de alimentos y de agua, en el acceso generalizado a los servicios sanitarios, en la protección del medio ambiente, en el transporte eléctrico en toda la medida de lo posible, en las eco-viviendas, en la educación...

Estamos rodeados de energía. El gran problema sigue siendo el de la conservación, que puede conseguirse, por ejemplo, a través de su transformación en fuentes energéticas estables (como el hidrógeno, por ejemplo). El Sol, el agua, el viento, la biomasa... En efecto, la energía eólica, la termosolar, la fotovoltaica, la termomarina, la procedente de mareas..., constituyen la gran alternativa a la combustión, con reducción del CO<sub>2</sub> y acúmulo de energía en fuentes limpias. Existen aspectos controvertidos en relación con los biocombustibles, que en cualquier caso deben obtenerse siempre de productos agrícolas no alimenticios. El bioetanol, procedente de sustancias azucaradas; el agrodiesel, de aceites vegetales; el biogás, sobre todo metano, por fermentación de materias orgánicas residuales, etc., forman parte de la producción de combustibles que sirven al mismo tiempo para el reciclaje de desechos y la utilización de productos naturales renovables, siempre que sean, hay que insistir en ello, inadecuados para la nutrición humana y no limiten el suelo agrícola.

La finalidad es, en resumen, la progresiva obtención de energías no contaminantes para un desarrollo compatible con la calidad del medio ambiente, evitando incrementar el calentamiento de la Tierra.

Una de las medidas de mayor relieve, junto a una nueva gestión del agua, su almacenamiento, reciclaje, utilización racional..., es la producción por desalinización del agua potable necesaria. Éste es uno de los grandes capítulos del desarrollo global sostenible. Ya se han imaginado islotes o islas artificiales dedicadas exclusivamente a la obtención de energía sostenible (eólica, termosolar, fotovoltaica...) para la desalinización, de tal manera que se asegure el acceso de toda la humanidad al agua potable. Cuando nos amenazan diciendo que, en unos años, el sur de España será un desierto, tenemos que contestar que no lo será porque no permitiremos que se sigan invirtiendo 3.000 millones de dólares en armas al día, y que lo que se pretende es, precisamente, utilizar buena parte de estos fondos para instalaciones que suministren el agua que precisa, como derecho fundamental, todo ser humano.

Los transportes, sobre todo por vehículos automóviles y el tren, serán progresivamente ecológicamente aptos e irán sustituyendo, para trayectos de alrededor de 600 a 800 kilómetros, el transporte aéreo que, a su vez, irá incorporando el hidrógeno como combustible en lugar de los querosenos.

Uno de los aspectos fundamentales, en relación a una sociedad de bienestar que no se restrinja a un barrio próspero de la aldea global, es el de las viviendas ecológicas, utilizando en la medida de lo posible los dispositivos que permitan una cierta autonomía energética, de tal modo que, en un esfuerzo conjunto, se alivie la actual producción de gases con efecto invernadero.

**Hay una palabra clave: todos.** No se trata de seguir pensando, como hasta ahora, en el 20% de la humanidad que consume el 80% de los recursos de toda índole, sino en que todos los

seres humanos puedan vivir como su dignidad humana exige, con unos mínimos nutritivos, sanitarios e higiénicos que aseguren a todos este nuevo comienzo que coincide con el principio de siglo, que tan relacionado está con las fuentes de energía. Para ello, deberán corregirse los actuales desequilibrios en el sistema productivo y urbano, favoreciendo una sociedad con generalizado disfrute de los servicios adecuados, que recupere progresivamente el medio rural como lugar de residencia, con una nueva organización territorial, basada en un transporte rápido y eficiente.

No podemos seguir como ciudadanos conformados –en las dos acepciones de la palabra–, resignados, impasibles. Ha llegado el momento de alzarse. Ha llegado el momento de participar, de expresarnos –ahora podemos hacerlo de forma no presencial a través de los mensajes SMS y de Internet–, de contribuir a vencer la inercia y construir puentes de entendimiento, abriendo espacios de encuentro para las grandes transformaciones que se avecinan.

¿Es posible imaginar que estos grandes desafíos serán abordados debidamente? Sí. Andalucía es un ejemplo, por los cambios profundísimos que ha experimentado en las últimas décadas, de hasta qué punto la tenacidad, el correcto planteamiento político y estratégico, y la capacidad creadora, pueden llevar a efecto, en unos años, objetivos que hasta hace muy poco se consideraban utópicos. Los parques tecnológicos, de la comunicación, de la salud, etc.; el fomento de actividades empresariales; la modernización de los cultivos; el perfeccionamiento progresivo del sistema educativo, incluyendo la enseñanza superior y la investigación científica; las infraestructuras adecuadas... demuestran hasta qué punto Andalucía ha pasado a ocupar una posición de vanguardia en el recorrido de nuevos rumbos hacia el mañana. Las instalaciones solares térmicas (como las estaciones de Almería y de Sanlúcar la Mayor), eólicas (Tarifa...), etcétera, acreditan el potencial de estas conquistas que, gracias a la ciencia y a sus aplicaciones, pueden conducir a un *por-venir* que no sólo está *por-hacer*, sino que somos conscientes de la capacidad humana para llevarlo a efecto.

## Notas

1. Ver *The Truth of Denial, Newsweek*, agosto de 2007

## EVITAR UNA INTERFERENCIA PELIGROSA SOBRE EL CLIMA REQUIERE DETENER LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

José Manuel Moreno Rodríguez *Biólogo, Catedrático de Ecología en la Universidad de Castilla-La Mancha; Vicepresidente del Grupo II del IPCC; Coordinador del proyecto de Evaluación del Cambio Climático en España*

**La realidad del planeta.** La ciencia ha demostrado claramente que las emisiones de gases de efecto invernadero –principalmente las producidas por la emisión de combustibles fósiles– están ocasionando un cambio climático peligroso, poniendo en riesgo no sólo los servicios del medio ambiente y los ecosistemas, sino las propias bases de nuestra prosperidad presente y futura. Los costes de la inacción superan con creces a los de encaminarnos hacia unas sociedades bajas en carbono.

El párrafo anterior no es mío, ni de ningún científico, es el punto 61 de la declaración aprobada por los líderes de las principales economías del mundo (el G8) con motivo de la reunión del grupo en L'Aquila (Italia), el 8 de julio de 2009. Que la ciencia venía diciendo esto hace tiempo, ya lo sabíamos. De hecho, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (conocido por sus siglas en inglés como IPCC), reunido en Valencia en noviembre de 2007, aprobó su IV Informe de Evaluación que, entre otras cosas, decía que "... *el calentamiento del sistema climático es inequívoco*...". Los líderes de G8 reconocen el problema y establecen las bases de los nuevos acuerdos que habrán de alcanzarse para sustituir al Protocolo de Kioto, cuya vigencia expira en 2012. Quizás convenga revisar cuáles eran los objetivos de aquél protocolo que, como Don Quijote, ligero de armas, se enfrentaba a poderosos gigantes para, por primera vez en la historia de la humanidad, intentar reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Veamos también qué metas se fija ahora el G8, para darnos cuenta de lo mucho que ha cambiado la percepción de los gobiernos en apenas una década, y qué necesitamos para evitar que el clima cambie más allá de lo deseable.

Las Naciones Unidas pusieron en marcha en 1992, tras la cumbre de Rio de Janeiro, la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático. El objetivo último de esta convención era el de evitar lo que se ha dado en llamar "*una interferencia peligrosa sobre el clima*". Para ello, era necesario reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, reducción que la Convención no cuantificó, dejando a los gobiernos la consecución de tal objetivo mediante compromisos adquiridos voluntariamente. En este marco de indefinición de objetivos surgió el Protocolo de Kioto, primer tratado internacional por el cual se fijan objetivos específicos de reducción de emisiones. En concreto, 37 países industrializados y la Unión Europea-15 deberían reducir sus emisiones para el periodo 2008-2012 en aproximadamente un 5% (8% para la UE) en relación a las del año 1990. El Protocolo se adoptó en 1997, y entró en vigor en Febrero de 2005, habiendo sido ratificado hasta el día de hoy por 185 países, cuyas emisiones ascienden a un 63.7% del total mundial. El grado de cumplimiento entre los países que lo han ratificado es variable: por ejemplo, la Unión Europea en 2007, último año del que se disponen cifras completas, había reducido sus emisiones en un 5%, faltando un 3% para alcanzar el objetivo global que asumió para cumplir el protocolo. Por otro lado, países como EE.UU., el principal emisor del momento, no llegaron a ratificar el tratado y sus emisiones han incrementado un 17%.

Finalmente, algunos de los países menos desarrollados, como China, que quedaron exentos de reducir sus emisiones, en este tiempo las han más que duplicado, habiendo pasado a ser el primer emisor del mundo.

El resultado neto, que es lo que al final importa, es que en 1990 la concentración media de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera era de 353 ppmv (partes por millón en volumen). Hoy, dicha concentración supera las 387 ppm y continúa subiendo a un ritmo de casi 2 ppm/año. Para que puedan compararse y darse cuenta de la magnitud de lo que estamos hablando, téngase presente que a finales de la última glaciación la concentración de CO<sub>2</sub> era de unas 200 ppm. El calentamiento del planeta vino acompañado de, entre otras cosas, un aumento de CO<sub>2</sub> hasta alcanzar unas 280 ppm. Así llegamos hasta el inicio del siglo XX. Desde entonces hasta ahora hemos añadido a la atmósfera unas 100 ppm y superado niveles que nunca antes se habían registrado en cientos de miles e incluso millones de años. Aunque el balance del Protocolo de Kioto parezca pequeño, no lo es. Sin él es muy probable que las emisiones hubiesen aumentado aún más. Con él hemos aprendido a negociar, a contabilizar emisiones, a ensayar mecanismos para conseguir reducirlas, entre otras muchas cosas que ahora serán imprescindibles, como veremos más adelante, para detener este proceso de transformación de nuestra atmósfera y clima.

Es obvio que este desenfreno transformador del planeta, de su atmósfera y su clima, de utilizar sus recursos al límite, tiene que detenerse. Las implicaciones de no hacerlo son inmensas, y para todos. El IPCC estima que, de seguir las emisiones a ritmos como los actuales, podríamos aumentar la temperatura de aquí a finales de siglo en una magnitud superior a lo que supuso el paso de tener una buena parte del planeta cubierta de hielo, al final de la última glaciación, al periodo cálido que venimos disfrutando desde hace unos 10.000 años. No merece la pena abrumar con cifras que, dicho sea de paso, no son catastrofistas, sino reveladoras de lo que puede pasar, por más que a algunos no les gusten. La realidad, por cruda y desagradable que sea, es mejor conocerla que ocultarla. Los ciudadanos sólo ganamos cuando nuestros gobiernos toman decisiones bien informadas, basadas en la mejor ciencia del momento, no cuando ésta se ignora o modifica a voluntad. Ahorro las cifras, pero no su significado: de seguir así cambiaremos la faz de la Tierra aunque sólo sea porque es probable que pongamos en marcha la fusión de hielos polares asentados en tierra que supondrán aumentos del nivel del mar del orden de metros. No ocurrirá de un día para otro, no, pero terminará ocurriendo.

**¿Cuánto hay que dejar de emitir y cuánto tiempo tenemos?** Mucho y poco, respectivamente. Veamos el cuanto: Mucho, muchísimo es lo que hay que dejar de emitir si no queremos asumir riesgos peligrosos, desde luego aquél que la Convención Marco de Cambio Climático se fijaba como objetivo principal: evitar una interferencia peligrosa sobre el clima. Este nivel se ha convenido establecerlo en un aumento de 2 °C, aunque algunos investigadores lo fijan en 1,7 °C. Hasta ahora, la temperatura media del planeta ha aumentado 0,7 °C, y hay calor almacenado para esperar 0,6 °C de aumento adicional, sin emisiones adicionales. Pues bien, el IPCC establece que para no exceder las 400 ppm de CO<sub>2</sub>, habría que reducir las emisiones en el año 2050 entre un 50% y un 85%. En cuanto al tiempo, es poco, muy poco el que tenemos para ponernos en marcha. El IPCC establece que el pico máximo de emisiones para no sobrepasar un calentamiento peligroso debería alcanzarse no más tarde de 2015, año último para el cual éstas deberían entrar en una senda de claro descenso.

Si difícil es adentrarnos por la vía que señalaba más arriba, la complacencia de adoptar medidas del tipo indicado próximas a la banda baja no debe asentarse ni un segundo en nuestras mentes, pues las cosas pueden ser mucho peores de lo que se piensa. Los últimos análisis publicados muestran que dadas las numerosas incertidumbres que existen en el sistema climático, las probabilidades de sobrepasar los 2 °C con las medidas descritas son casi tan grandes como de las de no llegar. En otras palabras, desde un punto de vista de gestión de riesgo, adoptar este marco de reducciones supone asumir un alto riesgo. Para tener menos de un 50% de probabilidades de no calentar al planeta en más de 2 °C habría que adoptar un marco global de reducciones del 80% para 2050, siempre teniendo en cuenta que la senda es importante, pues lo que cuenta es la suma agregada total de las emisiones que se han ido haciendo con el tiempo. Esto es, no vale seguir emitiendo como lo hacemos ahora hasta el año 2049 y en 2050 reducir al máximo y alcanzar el objetivo. Los gases que hubiésemos puesto en la atmósfera seguirían haciendo su cometido de calentar el planeta, ignorando nuestros listones políticamente correctos.

*"Reafirmamos la importancia del trabajo del Grupo Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático (IPCC) y de manera especial su Cuarto Informe de Evaluación, el cual constituye la evaluación más comprehensiva de la ciencia. Reconocemos la extensa visión científica de que aumentos globales medios de la temperatura por encima del nivel preindustrial no deberían exceder de 2 °C. Dado que este reto global sólo puede acometerse por medio de una respuesta global, reiteramos nuestra predisposición para compartir con todos los países la meta de alcanzar una reducción de las emisiones globales para el año 2050 de al menos el 50%, reconociendo que esto implica que las emisiones globales deben alcanzar su pico tan pronto como sea posible y declinar posteriormente. Como parte de esto, apoyamos la meta de que los países desarrollados reduzcan sus emisiones de gases de efecto invernadero de manera agregada en un 80% o más para el año 2050 en comparación con 1990 o años más recientes." Punto 65 de la declaración del G8 de 2009.*

Esta es una música que suena bien, aunque es una lástima que los compromisos no hayan sido asumidos por los países menos desarrollados, ni que, como denunciaba el Secretario General de Naciones Unidas, Sr. Ban Ki Moon, se establezca una hoja de ruta con compromisos claros en el corto plazo, para garantizar que tenemos una mínima oportunidad de conseguir los objetivos. En todo caso, queda claro que los acuerdos post-Kioto deben exceder con creces lo que entonces se acordó. Nótese que los países del G8 ofrecen reducir sus emisiones en un 80% dentro de cuarenta años.

Ahora vemos que el Protocolo de Kioto, que en su día se calificó por muchos como decisión equivocada, que iba a llevar al desastre económico, apenas era el primer entrenamiento de la maratón que tenemos por delante. Que se consiga o no el objetivo deseado dependerá de muchas cosas, de superar muchos obstáculos, técnicos unos, de mentalidad otros, de intereses creados otros muchos. Y es que no se puede funcionar asumiendo que el planeta aguanta cualquier cosa. No es así. La vida en él depende de procesos delicados, que nuestra capacidad transformadora puede cambiar, como ahora ya sabemos, poniendo con ello en riesgo el funcionamiento del planeta entero.

**Conclusión.** Quiero terminar señalando que el lector se habrá percatado de que lo que hay detrás de las cifras del G8 no es otra cosa que ciencia, la mejor ciencia que hacen muchos investigadores de todo el mundo, todos los días. Esta información en manos de un grupo como

el IPCC, con mecanismos claros, rigurosos y transparentes de recopilación y síntesis de lo que se sabe, puede trasladarse a los gobiernos para que estos actúen. Creo que éste es el camino a seguir en la gobernanza de asuntos tan complejos como es el medio ambiente del planeta entero. Las opiniones han de expresarse en ambientes abiertos, críticos, rigurosos, transparentes, para que al final quede lo único que científicamente esté probado. Establecido esto, la decisión de qué hacer con lo que la ciencia avala corresponde a los gobiernos, pues son ellos quienes detentan el poder en nuestro nombre, y a ellos corresponde poner en marcha las políticas adecuadas para nuestro bienestar, y asumir los riesgos de actuar o de no hacerlo. A los ciudadanos nos corresponde exigir que lo que se hace en nuestro nombre se base en la mejor ciencia del momento. El cambio climático abre las vías para que aprendamos a tratar a este planeta como no lo hemos hecho hasta ahora. Del éxito de esta empresa depende que el mundo futuro sea mejor para todos sus habitantes.

## CAMBIO GLOBAL, ENERGÍA Y CIUDADES EN ESPAÑA

**Fernando Prats Palazuelo** Arquitecto, co-redactor del Informe "Hacia un Pacto de las Ciudades Españolas ante el Cambio Global"; Asesor de la "Estrategia para la Revalorización Integral de Playa de Palma"

### **Cuatro temas, un caso y una reflexión final para debatir sobre el cambio de paradigma urbano**

*En tiempos de cambio de paradigma, el desafío consiste en no escribir la última página del ciclo que se cierra sino la primera del que se abre; porque entre ambas puede existir un abismo.*

**Cambio de época y nuevos paradigmas.** Todo indica que afrontamos no sólo una grave crisis económica, sino también un "cambio global" un auténtico cambio de época, inducido por el desbordamiento de los frágiles límites de la biocapacidad del planeta. Una nueva era, que el premio Nobel P. Crutzen ha bautizado como el Antropoceno por la determinante influencia que la especie humana está teniendo sobre la evolución crítica del planeta. Dicho desbordamiento emerge con fuerza creciente a lo largo de las últimas décadas por la confluencia de una serie de transformaciones sistémicas: el crecimiento de población, la multiplicación de los impactos inducidos por una economía expansiva con unos patrones de producción y consumo insostenibles, la alteración de ciclos básicos de la biosfera (y no sólo del cambio climático<sup>1</sup>), la alarmante pérdida de biodiversidad, las tensiones estructurales en torno a ciertos recursos básicos (principalmente el final de la era del petróleo abundante y barato), etc. Tal vez la conclusión más importante de esta visión sea constatar cómo, frente a los análisis meramente economicistas, emerge la convicción de que la dimensión y los tiempos de reacción<sup>2</sup> demandados por el cambio global requieren nuevos paradigmas y hojas de ruta; porque como le gustaba recordar a Einstein, los problemas no pueden resolverse a partir de las mismas lógicas que los crearon.

Ese nuevo paradigma de referencia podría formularse de manera sencilla, diciendo que se trata de vivir bien, sin exclusiones y sin desbordar los límites de la biosfera<sup>3</sup>; lo cual podría interpretarse como un enorme reto y, a la vez, como una esperanzadora oportunidad de alumbrar un futuro diferente y mejor. Y ello plantea un desafío de innovación integral, ética, cultural, política, social, tecnológica, etc. En el que, en el seno de un pacto de contención y convergencia global, a las sociedades con mayor nivel de responsabilidad nos corresponde reducir significativamente la cuota de impacto ambiental y climático que inducimos.

**Por qué las ciudades y la ciudadanía son tan importantes.** Si el cambio global tiene ese carácter sistémico, ¿no tendrá esa misma consideración su proyección sobre el sistema de asentamientos humanos en el planeta? ¿No constituirán las ciudades piezas clave del reto y, a la vez, de la solución global? Sin duda que sí y así lo expresó ya M. Strong en la clausura de la Cumbre de Río (1992), afirmando que, finalmente, la batalla de la sostenibilidad se decidirá en las ciudades. Tres temas merecen destacarse al respecto.

En primer lugar, hay que recordar que las ciudades acogen ya a la mayor parte de la población mundial<sup>4</sup>; que constituyen los nodos centrales de las principales redes de producción, distribución y consumo; y que, como tales, tienen una incidencia determinante sobre la alteración de los principales ciclos biofísicos y químicos globales<sup>5</sup>.

En segundo lugar, hay que reconocer que las ciudades actuales, basadas en el consumo ilimitado de recursos no renovables, cada día son más ineficientes, operando como ecosistemas abiertos con costes inviables de energía, suelo y residuos; proyectan formas de vida y relaciones sociales de alto consumo e impacto ambiental; y generan huellas ecológicas y energéticas que desbordan sus territorios, exportando los impactos correspondientes a otros espacios y tiempos.

Finalmente, cuando el principal reto actual se cifra en torno a la capacidad de generar inteligencia y capacidad de acción para afrontar el cambio de época, las redes de ciudades y ciudadanos emergen como actores imprescindibles, como centros de información, innovación y difusión de valores y como detentadoras de competencias, recursos de acción y proximidad social, con gran potencia para impulsar procesos de cambio replicables.

**Necesitamos alumbrar un nuevo paradigma urbano<sup>6</sup>.** El nuevo paradigma urbano, en nuestras coordenadas, podría cifrarse como una visión integrada de la ciudad, de sus contenidos sociales, ambientales y económicos, donde la satisfacción de las necesidades urbanas se realice de forma compatible con la reducción del impacto energético y ambiental, mediante la contención del crecimiento indiscriminado, el reciclado y revalorización de la ciudad existente, la multiplicación de la ecoeficiencia urbana y la multiplicación de las lógicas y sistemas renovables. Y tal paradigma requiere la formulación de nuevos principios sistémicos, en la mayoría de los casos antagónicos con los vigentes, entre los que cabe destacar los siguientes:

- Principio de suficiencia: ¿cuánto es posible?, ¿cuánto es necesario?, ¿cuánto es suficiente? Es necesario considerar el suelo, el consumo energético y de otros recursos no renovables como elementos críticos cuya utilización ha de justificarse desde necesidades sociales ciertas, previa evaluación de impactos y, en su caso, incorporación de las correspondientes acciones compensatorias.
- Principio de coherencia: biomímesis o capacidad de articulación sinérgica con los procesos naturales. Se trata de impulsar estrategias que minimicen su impacto y que *imiten* los procesos de la naturaleza, cerrando los ciclos urbanos con el fin de integrarlos en las lógicas de la biosfera. En este contexto, las energías y sistemas renovables ofrecen fuentes inagotables y limpias que apenas hemos empezado a utilizar.
- Principio de ecoeficiencia: menos recursos e impactos por unidad de producto/proceso urbano. Se refiere a la capacidad de crear bienes y servicios urbanos reduciendo los recursos y residuos. A destacar que la pretensión de confiar solamente en la ecoeficiencia para reducir los impactos inducidos, sin articularla con los dos anteriores principios, puede conducir a efectos-rebote que acaben incrementándolos<sup>7</sup>.
- Principio de garantía pública: un marco jurídico institucional coherente. Ante la necesidad de un cambio de paradigma, es preciso que el marco jurídico e institucional se adapte a las nuevas lógicas y principios, incorporando suficientes garantías legales y administrativas al proceso de cambio<sup>8</sup>.

**Repensar las ciudades para integrarlas mejor en las lógicas naturales.** Para transformar las ciudades, para hacerlas más sostenibles, necesitamos repensarlas en clave de biomímesis y con criterios más compatibles con las lógicas y ciclos naturales. Hay que trabajar con su huella ecológica, el cierre de los ciclos de vida de sus procesos<sup>9</sup>, su conversión en redes de sistemas energéticos pasivos y renovables, etc., todo ello con un orden de prioridades claro:

reducir el despilfarro y el sobreconsumo, maximizar la utilización de medidas pasivas y compensar el resto<sup>10</sup> con sistemas eficientes y renovables. Por otra parte, también hay que trabajar contra reloj, pues apenas disponemos de unas décadas para transformar nuestras ciudades; debemos dotarnos de metodologías que nos permitan arrancar ya y visualizar, desde ahora mismo, cómo vamos a cambiar las tendencias reales en 2020 y cómo conseguiremos alcanzar objetivos realmente ambiciosos (por ejemplo, reducciones en el consumo energético del 60%-70% y de emisiones de Gases de Efecto Invernadero, GEI, del 80%-100%) en torno al 2050.

En la línea de hacer posible lo necesario, ambas cuestiones han sido abordadas en el informe *Hacia un pacto de las ciudades españolas ante el cambio global*, en el que se han seleccionados hasta ocho temas clave del metabolismo urbano (1. Suelo y edificación; 2. Energía y emisiones; 3. Movilidad; 4. Materiales y residuos; 5. Aire; 6. Agua; 7. Biodiversidad y biocapacidad; y 8. Huella ecológica), se han diseñado objetivos deseables para el año 2020 con proyecciones al 2050 y se han apuntado estrategias de actuación en los marcos central, autonómico y local. Y resulta sorprendente lo que podríamos conseguir si nos lo propusiéramos en serio (ver gráfico p. 158, Escenarios de consumo energético y de emisión de gases de efecto invernadero en las ciudades españolas).

**El cambio como oportunidad: el caso de Playa de Palma.** Playa de Palma, junto a la capital de Mallorca, con sus mil hectáreas, sus diez kilómetros de costa y sus 40.000 plazas turísticas y otras tantas residenciales, constituye un espacio litoral paradigmático con relación al maltratado mediterráneo español. Habiendo constituido, uno de los principales iconos del *milagro turístico* de los 70, vive hoy un proceso de declive general con pérdida de valor integral, de competitividad turística y de vitalidad socioeconómica. Para afrontar la situación, la Administración central, la regional y los dos ayuntamientos implicados crean en 2005 un Consorcio Urbanístico en el que participan diferentes partidos y a finales de 2008 M. Nájera<sup>11</sup>, entonces consejera del Gobierno balear, es nombrada comisionada del Gobierno, con el mandato de impulsar la revalorización integral de la zona<sup>12</sup>. El Máster Plan de Playa de Palma se concibe como un plan-proceso de largo recorrido (referencias al 2020 y 2035/50) que apuesta por "una revalorización integral de la zona, capaz de impulsar hacia el futuro un nuevo ciclo de innovación, prosperidad y sostenibilidad". Este objetivo central se basa en siete líneas estratégicas que operan temática y transdisciplinariamente, teniendo, al menos tres de ellas, una fuerte relación con el asunto que aquí estamos tratando:

- La adaptación al cambio climático y la preservación de los ecosistemas terrestres y marinos, simulando diversos escenarios sobre el conjunto de los sistemas terrestres, hídricos y marinos durante las próximas décadas y planteando las medidas de estabilización y adaptación a los mismos.
- La reducción de la carga ecológica local y global, apostando por la reducción de la huella ecológica, de la presión turística actual (menos y mejores plazas) y de la carga energética y climática inducida por las actividades urbanas.
- Un pacto institucional y una gobernanza compartida para el cambio, fundamentales para hacer posible una transformación integral, que ha de irse implantando progresivamente en una zona permanentemente activa y que requiere la decidida participación de sus diversos actores institucionales, sociales y empresariales.

Un proyecto de la envergadura, complejidad y plazos descritos requiere dotarse de herramientas especiales que, desde el principio y a lo largo de todo el proceso, permitan contrastar aspectos clave de los escenarios finales de la actuación (2035/50). Para ello, el Consorcio ha diseñado un cuadro de mando estratégico, (CME) para contrastar cuatro escenarios alternativos basados en distintas hipótesis de intervención, que van desde la mera ampliación de la temporada turística o la ampliación de nueva oferta turística y residencial, hasta niveles altos/muy altos de revalorización integral sin nuevo crecimiento inmobiliario. Y el balance previo, realizado a través de una serie corta de indicadores básicos (presión y calidad turística), valores económicos (ingresos turísticos), condiciones sociales (empleo) y situación ambiental (carga ecológica), apunta una primera conclusión: sólo una apuesta muy ambiciosa, en términos de impulso público y revalorización integral de la zona sin nuevos crecimientos, puede satisfacer positivamente el conjunto de los objetivos deseables.

**La cuestión del cambio climático y los sistemas naturales terrestres y marinos.** La cuestión del cambio climático es novedosa en la planificación urbanística y en Playa de Palma adquiere una consideración central por su incidencia directa sobre el sistema costero, el agua y las condiciones de confort turístico. Está siendo extraordinariamente complicado conseguir información con el detalle necesario para poder establecer simulaciones climáticas y marinas para 2020/50/100 y, a través de sendos convenios con el CSIC y la Secretaría de Estado del Cambio Climático, se han creado diversos equipos de investigadores del IMEDEA y la Universidad de Cantabria para abordar el tema. En este momento, además de organizar los recursos de conocimiento precisos, ya se trabaja en torno a cinco objetivos estratégicos: mejorar la capacidad de adaptación general y del sistema residencial y turístico al cambio climático; conservar la biodiversidad y recuperar la función de los ecosistemas litorales, terrestres y marinos; conocer y gestionar de forma sostenible las dinámicas litorales y de la playa; mejorar los sistemas de gestión hídricos y prever la variación futura de las aguas terrestres y marinas; y orientar de forma sostenible los ecosistemas urbanos.

**La reducción de la carga energética y climática.** La reducción de la carga energética y climática constituye, junto a la cuestión del reposicionamiento turístico, el principal reto de innovación y creación de valor estratégico del proyecto. Con la colaboración de ARUP y AUJA, se están diseñando posibles escenarios finalistas orientados a conseguir un balance 0 de carbono y 100% de energías renovables a través de múltiples ejes de trabajo vinculados a reducciones del consumo y emisiones en edificación, movilidad, urbanización, residuos, etc., y a compensaciones por renovables en todos esos frentes y nuevos campos solares. Uno de los principales programas en este campo se refiere al objetivo de reducir, como mínimo, el 50% de las emisiones de carbono emitidas por la edificación y de alcanzar la calificación CALENER (A o B) a través de procesos de rehabilitación integral del parque inmobiliario existente en la zona. Actualmente se trabaja en proyectos piloto de edificios hoteleros y de manzanas residenciales con resultados muy interesantes en dos cuestiones centrales:

- La confirmación de que es posible obtener esas reducciones de la factura energética y climática con inversiones razonables para las que, además, existen interesantes estímulos públicos.
- La reconversión energética y climática de los edificios y la urbanización se revelan como excelentes recursos expresivos para conseguir una revalorización atractiva del paisaje urbano, cuestión fundamental para el proyecto global, basada en una adaptación innovadora al clima local.

**A modo de reflexión final.** Decía Sven Linqvist: "Sabemos lo suficiente. No es conocimiento lo que nos falta. Lo que nos falta es coraje para darnos cuenta de lo que ya sabemos y actuar en consecuencia".

### Notas

1. Recientes trabajos científicos realizados por diversas universidades europeas y americanos apuntan hasta nueve sistemas con límites de alteración significativas para la evolución del planeta (*Ecology and society*, 14 septiembre 2009).
2. Cada avance científico relacionado con el cambio climático acorta los tiempos de reacción; hoy dichos tiempos se plantean en torno a la necesidad de "cambiar de rumbo" en una década para, en cuatro más, configurar un escenario nuevo en el que los impactos inducidos por el desarrollo humano se reduzcan en torno a un 50% - 80% con relación a los actuales. Además, si no se modifican los patrones de desarrollo vigentes, en los próximos 50 años la población crecerá un 50% más, especialmente en los países emergentes, cuadruplicando la presión humana, agudizando el cambio climático, alterando aún más los ciclos vitales y la biodiversidad, etc.
3. Esta formulación, que plantea un interesante debate sobre lo que significa "vivir bien", se realiza a partir de las expresadas en las obras de diversos filósofos e investigadores sociales de nuestro país, muy especialmente de J. Riechmann.
4. NNUU estima que el 50% de la población mundial ya es urbana y que ese porcentaje crece al 70% en los países desarrollados.
5. Las ciudades europeas absorben ya el 75% de la energía consumida en la región, en su mayoría procedente de los llamados "sectores difusos" (tráfico, edificación, etc.) sobre los que las instituciones locales tienen fuerte capacidad de incidencia.
6. Informe *Hacia un Pacto de las Ciudades Españolas con el Cambio Global* (2009, J. Ozcariz y F. Prats) integrado en el *Programa Cambio Global España 2020/50* de la FUCM. El Informe ha sido realizado por la colaboración entre el CCEIM de la Fundación de la Universidad Complutense de Madrid, la Fundación CONAMA y el Observatorio de la Sostenibilidad de España.
7. Típica expresión de esa paradoja es la del transporte en donde la indudable mejora de la ecoeficiencia del automóvil no ha impedido el crecimiento desbocado del tráfico y de sus emisiones atmosféricas.
8. Cabe, por ejemplo, cuestionar cómo en nombre de la autonomía local se pueden tomar decisiones urbanísticas indiscriminadas que comprometen cuestiones ambientales relacionadas con el agua, la energía o el clima, que tienen incidencia crítica sobre sistemas estratégicos de ámbito supralocal.
9. El análisis de los ciclos de vida (CV) (cálculo del impacto inducido en el ciclo completo de la "cuna a la cuna") de los procesos, productos y servicios, es fundamental a la hora de evaluar alternativas de acción.
10. Es necesario insistir en que la reducción significativa de los impactos energéticos y ambientales requiere desterrar el despilfarro y maximizar las medidas pasivas (sin costes ambientales) ya que, por ejemplo reducir la factura energética sólo por medidas activas, basadas en renovables, sería inviable en cuanto se evaluara el coste energético del ciclo de vida de los sistemas necesarios (a igualdad de energía servida, las infraestructuras renovables pueden resultar entre 5 y 25 veces mayores a que las vinculadas al petróleo)
11. Margarita Nájera fue alcaldesa de Calviá (Mallorca) y lideró la Agenda Local 21 de Calviá, que recibió diversos reconocimientos nacionales, europeos (UE) e internacionales (NNUU).
12. En mayo de 2009 se ha presentado un avance del Master Plan, ya se están realizando las primeras acciones urgentes y en mayo de 2010 está prevista la aprobación definitiva de los planes de acción y urbanísticos que, además del corto plazo, operan con escenarios y visiones integrales al 2020 y 2035/50.
13. El concepto de "balance 0 en carbono" se corresponde con los criterios del "GHGP" y contempla el cómputo del consumo energético y las emisiones locales directas, sin imputar las inducidas en otros ámbitos/tiempos por una consideración del ciclo de vida integral de la zona (transporte turístico con países de origen o la mochila energética incorporada a los materiales de construcción, etc. fabricados en otros territorios). Asimismo, se alojan en el interior de la propia zona los sistemas de ahorro, pasivos y renovables necesarios para cubrir, al menos, el 75% de la demanda energética, resolviendo el resto en sistemas exteriores vinculados a la misma.

## LOS LÍMITES AL CRECIMIENTO (CAMBIO CLIMÁTICO) Y LAS REIVINDICACIONES CIUDADANAS

**Antonio Ruiz de Elvira** *Físico, Catedrático de Física Aplicada en la Universidad de Alcalá; Presidente de Amigos de la Tierra*

**El mandato del ser humano.** El ser humano, como cualquier ser vivo, es, esencialmente, un vehículo de sus genes, que lo intentan utilizar para su reproducción, sin conciencia ni intención alguna, sino de una forma maquinal derivada de mil millones de años de evolución.

Como vehículo de sus genes y por tanto forzado a reproducirse, su vida es una búsqueda constante de energía. Este impulso vital, feroz, omnipresente, omnipotente, fue codificado hace ya al menos 3.000 años en un mandato inmisericorde: "Creced, multiplicaos, llenad la Tierra, y todo lo que hay en ella será de vuestro dominio". El mandato se ha cumplido con amplitud. Hoy, con 7.000 millones de individuos de una media de 60 kilos, la especie humana ha llenado el planeta. Dividiendo el área de las tierras emergidas entre los 60° S y los 60° N por ese número, se obtiene una persona cada dos hectáreas, cada dos campos de fútbol. Si quitamos los desiertos y las zonas heladas nueve meses del año, hay una persona en cada hectárea de planeta. Hemos cumplido con creces el mandato genético y hemos llenado, ya, la Tierra.

Y dominamos brutalmente todo lo que hay sobre ella. Quedan pocas ballenas, pocos atunes, casi no quedan tigres, hicimos desaparecer a los bisontes americanos, a los lobos europeos, los osos en Europa se cuentan con los dedos de una mano, y en España ya no quedan lince con capacidad reproductora. No tenemos alimañas ni rapaces y, por tanto, las plagas de roedores se repiten año tras año.

En nuestro inmenso orgullo, siendo racionales pero obedeciendo ciegamente la imposición genética, hemos encontrado cómo seguir ese mandato reproductor liberando la energía solar almacenada como carbono fósil en forma de carbón, petróleo y gas natural, y al hacerlo así estamos saturando la atmósfera de CO<sub>2</sub>, de anhídrido carbónico.

Venus tiene una atmósfera saturada de este gas. La temperatura de su superficie es de 526 °C. Nuestro planeta Tierra, si careciese de CO<sub>2</sub> en su atmósfera, tendría una temperatura media de 15 °C bajo cero. La vida es posible hoy aquí gracias a la capa de CO<sub>2</sub> que frena la emisión de la radiación infrarroja emitida por el agua del océano y el suelo de los continentes tras calentarse al recibir la luz visible.

La emisión acelerada de CO<sub>2</sub> al quemar el carbono fósil de los combustibles está calentando el planeta por encima de lo normal durante los últimos 10.000 años, y llevándolo hacia una nueva temperatura de equilibrio. Estimamos que, si se supera una concentración de 450 partes por millón de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, la temperatura media de la superficie del planeta aumentará 4.5 °C con respecto a la que tenía en 1880.

El proceso es acelerado, pues implica una realimentación positiva. Una temperatura más alta de los océanos lleva a éstos (como a un cazo con gaseosa, que no es más que agua con CO<sub>2</sub>)



a liberar cada vez más cantidad de este gas. Una temperatura más alta lleva a los casquetes polares a fundirse, absorbiendo el suelo mas radiación en vez de reflejarla al espacio exterior.

Este proceso de calentamiento rápido y acelerado es lo que denominamos cambio climático de origen antropogénico. Es claro que no es el único cambio climático que ha habido en la Tierra, pero sí es uno de los más rápidos e intensos de que tenemos registro salvo, puede ser, impactos de meteoritos gigantes.

Pues bien, este cambio climático es un CAMBIO. No es simplemente una subida de temperaturas, sino que esta subida supone una disrupción inasumible de las condiciones de vida en cada región del planeta. Pongamos un par de ejemplos de importancia para Andalucía: la subida estimada de temperaturas, si no se frena, producirá, más pronto que tarde, la fusión, primero, de los hielos de Groenlandia. Esto supondrá una subida del nivel del mar de siete metros. Una revisión, con Google Earth, por ejemplo, de las alturas sobre ese nivel del mar de la región andaluza nos muestra que una subida tal inundará la campiña sevillana y onubense hasta la altura de la misma Sevilla, haciendo desaparecer las ciudades de Cádiz, San Fernando y partes importantes de las de Sevilla, Huelva, Málaga y Almería, y destrozando la inversión gigantesca en hogares de las playas.

Pero una vez iniciado el cambio climático, unas décadas después de la fusión de Groenlandia, se producirá la fusión de los hielos de la Antártida. Eso supondrá un aumento del nivel de mar de 100 metros. Calculen los lectores hasta donde llegarán las aguas marinas en la región andaluza.

Al mismo tiempo que ésto, el cambio climático supondrá el desplazamiento de las lluvias unos 1.000 kilómetros hacia el norte, al fundirse el casquete polar ártico. Ya hoy las lluvias han disminuido un 30% sobre lo que llovía en 1950 en la España seca. El desplazamiento previsto supondrá la desertización brutal de esta España seca.

Al mismo tiempo, también, el cambio climático supondrá que dejará de llover en la región subsahariana del Sahel. 200 millones de personas se verán obligadas a emigrar como sea. Teniendo en cuenta la degradación de la zona del Golfo de Guinea, la única emigración posible para esas personas es Europa, entrando en Europa por España y la comunidad andaluza.

Esto que aquí escribo es la realidad que se nos viene encima. No es de recibo hablar de que algunos científicos rechazan ese panorama, de que el cambio climático está causado por el Sol, etc. Para los cálculos realizados se han tenido en cuenta todos los factores posibles, variaciones solares, incertidumbres de todo tipo, y distintos modelos de evolución climática. Todos los cálculos señalan el mismo panorama.

Las reivindicaciones ciudadanas son de dos tipos: la primera es el mandato genético de reproducción que exige energía para llevarse a cabo; la segunda es el deseo natural de bienestar, de no sólo ser capaces de reproducir la vida, sino de vivir ésta en condiciones de riqueza.

La riqueza ha sido, durante miles de años, la acumulación en una o muy pocas personas de los excedentes vitales de la gran mayoría, que debía vivir con poco más de lo imprescindible para cumplir la función reproductora. Un pechero, viendo cómo el señor acumulaba el diezmo

de mil de ellos, observaba que si él tenía nueve el señor disfrutaba de mil. El bienestar a que aspira cada ser humano es tener, sino mil como los señores del castillo, al menos cien. Esta es la gran reivindicación ciudadana.

Esa reivindicación se ha convertido en un mandato, ahora no genético, sino de los genes culturales o memes, en un mandato memético. Al seguir ese mandato el ser humano ha decidido que la riqueza es equivalente a la posesión de elementos materiales y a la posibilidad de desplazamientos rápidos e ilimitados. De nuevo el mandato *gen/mem-ético* no pone límites a los deseos humanos. No está dentro de las posibilidades del sistema reproductor el poner esos límites.

**Los límites los ha de poner no el sistema reproductor, sino un derivado de ese esquema, la razón humana.** Para frenar el cambio climático, y evitar un siglo de disrupciones y guerras destructoras necesitamos cambiar muchos paradigmas. El primero es el paradigma energético. El segundo, el paradigma científico, derivado hace 400 años mediante la revolución sobre lo directamente observado (el movimiento diario y aparente del Sol), pero aún como evolución del mandato genético, interpretando la naturaleza como algo seguro y determinado.

El tercer paradigma que tenemos que cambiar es un paradigma memético que ha dado lugar a la teoría económica al uso en todas sus variantes: clásica, marxista, neoclásica, liberal y keynesiana o nekeynesiana. Todas ellas se basan, sin discutirlos, en los axiomas de dominio del mundo para el ser humano, y en la ilimitada disponibilidad de los medios *no económicos*: el aire, el agua, la luz, la energía, etc.

Estamos metidos en una carrera desbocada de difícil arreglo pero cuya solución, difícil como digo, existe y es posible implementar.

Necesitamos, en primer lugar, cambiar de referentes. El primer referente no puede ser el mandato implícito en todas las sociedades (mandato genético y su derivado, memético) de dominio absoluto de lo que nos rodea. Si lo mantenemos, el segundo nuevo referente (que veremos a continuación) pierde todo su significado. Mientras aceptemos sin debatirlo, mientras no rechacemos el referente de dominio, el colapso está garantizado. Una disponibilidad de energía diez veces superior a la actual supone inmediatamente, bajo este primer referente reproductor genético, una población de 70.000 millones de individuos sobre el planeta: diez personas en cada campo de fútbol y la Tierra entera dividida en campos de fútbol contiguos y adyacentes.

El segundo referente es la energía. Tenemos que rechazar de plano las energías fósiles y nucleares. Las primeras, porque producirán un colapso vía el aumento de temperatura del planeta; las segundas, por su escasez y su inherente peligrosidad si se extienden a toda la Tierra.

El tercer referente es el económico. No quiero entrar aquí en un análisis que llevaría un par de cientos de páginas, en vez de las cuatro que estoy utilizando, pero una parte de ese referente económico es la concentración de medios en vez de su dispersión. Los agricultores quieren pasar a industriales porque la agricultura, extensa, no proporciona una riqueza elevada, lo que sí hace la industria (o los servicios) que, por definición, es (están) concentrada/dos en muy pocas personas.

Otra vez, los nuevos referentes se resumen en rechazar el mandato genético reproductor: Podemos, en vez de dejar copias de nuestros ADN, dejar las creaciones de nuestra mente. Vivir a lo largo de la historia, en vez de en el segundo que basta para engendrar una nueva persona.

Si consideramos la vida como extensa en el tiempo, en el espacio y en la dimensión de otras vidas (otros animales, los árboles, el cuidado de nuestro entorno), es decir, la vida como rechazo del dominio, y la sustitución de éste por la cooperación con lo que nos rodea, podemos diseñar un esquema nuevo de supervivencia y bienestar que impida las crisis recurrentes.

Se trata pues de rechazar la energía concentrada, y por tanto la energía fósil y la nuclear, y establecer una captura de energía, solar, dispersa pero enormemente abundante. Se trata de utilizar esa energía, no para dominar sobre lo que nos rodea, sino para disfrutar de ello, cooperando con nuestro entorno. Se trata de sustituir el ser humano individual, que según los distintos referentes *gen/mem-éticos* se salva solo y vive en su instante cósmico, por el ser humano histórico que es parte del pasado y del futuro, y que por lo tanto debe dejar su entorno, el planeta, mejor que lo encontró, pues sus descendientes son tan parte suya como él mismo y sus antepasados.

La alternativa es clara, y el cambio climático es sólo el primer aviso serio del riesgo que estamos generando, con las crisis económicas recurrentes, pequeños recordatorios de la situación de peligro. Tras el cambio climático, y si lo superásemos sin cambiar radicalmente de comportamiento (lo cual es dudoso), tendríamos el agotamiento del suelo y la biodiversidad.

No podemos frenar el cambio climático (y los fracasos de Kioto, el más que seguro fracaso de Copenhague, y otros muchos así lo indican) si no cambiamos los referentes que subyacen en nuestro comportamiento animal/humano.

Frente al cambio climático necesitamos otro cambio mucho más profundo. Pero vale la pena, pues ese cambio, dejando de lado el mandato genético, nos proporcionará aquello que como seres racionales hemos ansiado desde nuestra mutación a *Homo sapiens*: dejar de lado el dominio e iniciar la cooperación.

El desafío está aquí, y se nos viene encima. Podemos ganar o perder. Una y otra alternativa son decisión nuestra, como seres racionales. ¿Aceptamos el desafío?

## EVOLUCIÓN Y CRÍTICA DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUAL

Valeriano Ruiz Hernández *Físico, Catedrático de Termodinámica de la Universidad de Sevilla*

**Un disparate.** Hemos llegado a un sistema energético disparatado con el que no sólo no hay futuro para la mayor parte de los seres humanos, sino que estamos poniendo en riesgo la propia supervivencia de muchos seres vivos; entre ellos, nosotros mismos.

Las dos principales características negativas son su ínfimo rendimiento y su altísimo nivel de contaminación. Uno se cifra en menos de un 3 % (energía final realmente empleada por los seres humanos para satisfacer sus necesidades, a veces, su derroche y despilfarro dividida por la energía primaria –petróleo, carbón, gas natural, uranio, etc.– que entra en el sistema) y el otro en la enorme cantidad de gases de efecto invernadero que expulsamos a la atmósfera, modificando el equilibrio de los intercambios radiativos (radiación de onda corta procedente del Sol que entra y la radiación de onda larga que sale) del planeta.

En el caso de España y de Europa, las cosas se complican más aún como consecuencia de la dependencia de fuentes primarias externas que tenemos que comprar, con la correspondiente incidencia en nuestra balanza de pagos. Pero todavía no ha llegado lo peor. El problema grave llegará cuando los países se peleen –de verdad– por la obtención de los recursos en litigio.

**Medidas y datos.** El detalle de la situación del sistema energético actual se concreta en los siguientes datos a los que hago los comentarios oportunos.

En todos los casos, las valoraciones de las cantidades que intervienen en el sistema energético dependen de qué es lo que valoremos y con qué se compare; los físicos experimentales antiguos –no se los de ahora– nos hemos formado pensando siempre en patrones como elemento esencial en las medidas. Si es en electricidad, el asunto está suficientemente claro: la referencia es el vatio en potencia y el julio en energía que, muchas veces, a nivel práctico se sustituye por el kilovatio hora, más conocido en la vida ordinaria. Si es en energía primaria, depende del criterio que usemos en la valoración. Sobre esto me explicaré después con algo de detalle. En el sistema energético actual, con las contabilidades al uso, se emplea mucho la tonelada equivalente de petróleo (tep), con el poder calorífico correspondiente de 42 MJ/kg. Es una referencia energética poco precisa, porque no se tiene en cuenta la exergía correspondiente y eso es un fallo conceptual de importancia, que sólo se puede obviar de manera parcial. A pesar de ese problema, lo empleo aquí porque es el mecanismo acuñado por los organismos internacionales (AIE, Eurostat, etc.).

Empecemos por saber, ya en lo concreto del sistema eléctrico y con datos fiables de organizaciones prestigiosas (AIE y MICYT), el peso de la electricidad generada a partir de combustibles fósiles y de minerales que contienen sustancias fisibles (uranio) en el contexto de los subsistemas eléctricos a nivel mundial y español.

**El origen de la energía que utilizamos y su evolución en los últimos años.** Con datos de la Agencia Internacional de la Energía (AIE), del año 2007, la electricidad de origen nuclear

significó el 13,8 %, es decir 2.728 TWh en todo el mundo. A efectos comparativos, para lo que luego quiero poner de manifiesto, la electricidad procedente de centrales hidroeléctricas y otras renovables significó un 18,2 % (3.598 TWh) ese mismo año. La electricidad de origen fósil fue mayoritaria en el sistema y supuso ese año el 68 % del total, que fue de 19.771 TWh.

A nivel español, los datos del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio del año 2008 son los siguientes:

- La electricidad nuclear supuso 59 TWh (18,7 %), de los 315 TWh que se generaron en las centrales eléctricas españolas. Los combustibles fósiles (gas natural, carbón y derivados del petróleo, pero sin contar las cogeneraciones) aportaron un total de 156 TWh (49 %).
- La electricidad generada con energías renovables ese año fue de 62 TWh (19,7 %). La mayor parte procedente del viento y del agua. La cogeneración con combustibles fósiles (mayoritariamente gas natural) supuso 38,2 TWh (12,1 %). En resumen parcial, las renovables y la cogeneración aportaron ese año 2008 un 30,2 % de todo el sistema eléctrico español.

Acabo de recibir los datos consolidados del año 2009, que son los siguientes:

- Electricidad nuclear, 52,7 TWh (17,7 %) de los 296,5 TWh brutos que se generaron el año pasado en las centrales eléctricas españolas (5,87 % menos que el año anterior). Electricidad de origen fósil (sin contar cogeneración), 129,7 TWh (43,7 %).
- La electricidad generada con energías renovables ese año fue de 75,6 TWh (25,5 % de la generación bruta). La mayor parte procedente del viento y del agua, como el año anterior, aunque ya la de procedencia solar tuvo alguna importancia. Y la cogeneración con combustibles fósiles supuso 38 TWh (13 %), aproximadamente igual que el año 2008. El resumen del sistema eléctrico para ese año aporta el dato sustancial de que las renovables y la cogeneración supusieron el 38,5 % del total; es decir, un 8,3 % más que el año anterior.

Este resultado me parece muy significativo porque es una muestra de que vamos avanzando hacia un sistema eléctrico más distribuido, eficiente y menos contaminante, además de menos dependiente del exterior.

La parte negativa para los que tienen sus negocios económicos y financieros en las energías convencionales es que perdieron un 5,3 % de su mercado eléctrico en lo referente a los combustibles fósiles y un 1 % en nuclear. Pero el asunto es más dramático para ellos. Además de que vendieron menos electricidad, sus empresas distribuidoras y comercializadoras ganaron menos por culpa de las renovables, toda vez que el precio *pull* (valor de la casación entre la oferta y la demanda) bajó también como consecuencia del crecimiento de la electricidad renovable. Y ése es un proceso que no parece que vaya a pararse por más esfuerzos de desprestigio de las renovables que están haciendo. A pesar de que ellos también están en las renovables. En definitiva, estamos ante un problema de difícil solución, en el que las previsiones de los grandes economistas prospectores que tienen las grandes compañías eléctricas están fallando estrepitosamente como consecuencia, sobre todo –según mi opinión–, de su prepotencia profesional, que me atrevo a decir que sólo sirve para ocultar su ignorancia de los temas energéticos, que les hace aceptar poco menos que como ley de la naturaleza que se va a mantener eternamente lo

que ellos llaman en su jerga el BAU (*business as usual*, los negocios como siempre, en español). Planifican según esa supuesta ley y se equivocan radicalmente; en estos últimos años, como consecuencia de la crisis financiera, pero también de que las previsiones de crecimiento de las renovables se van cumpliendo inexorablemente. En fin, otro desastre a añadir a sus pobres cuentas que no siguen acumulando beneficios, que es a lo que están acostumbrados.

Por el otro lado, los ya más de 50.000 nuevos *productores* de electricidad intervienen en el sistema; de manera razonable en general, aportando tecnologías nuevas, puestos de trabajo muy distribuidos por el territorio, menos contaminación y mejora aún tímida de nuestra balanza de pagos energética.

Lo importante para lo que sigue es ser conscientes de lo que es indiscutible: un 14,8 % de la electricidad que utilizamos los seres humanos a nivel mundial se genera en centrales nucleares y un 68 % a partir de combustibles fósiles; en total, un 82,8 %. Ni más, ni menos. Que conste que la nuclear no me parece poco; pero tampoco tanto que se pueda pensar que sin nuclear no hay posibilidades energéticas; al menos mientras podamos recurrir a los combustibles fósiles que, a escala de la sociedad humana, no será mucho tiempo más. Cuánto representa eso en energía primaria tiene alguna importancia, pero ese dato –indiscutible por otra parte– nos permite conocer la realidad de la electricidad de origen nuclear y de combustibles fósiles en el mundo. Cuestión aparte es que los combustibles son mucho más importantes en cantidad de energía para el consumo en otros usos, sobre todo el transporte; del orden del triple. Y los combustibles fósiles no pueden ser sustituidos por energía nuclear. Al menos, de momento.

Y en España, ese porcentaje de la electricidad nuclear es del orden del 18,7 % (17,7 % en 2009); los combustibles fósiles, ya lo hemos dicho: el 49 % el año 2008 y el 43,7 en el 2009. La nuclear es variable según las aportaciones de otras formas de generar electricidad, porque las centrales nucleares nunca pararán. Igual pasa con los combustibles fósiles, con una particularidad importante en los últimos años por lo que respecta a la generación de electricidad. Por cierto, que siempre con ventaja sin sentido para la nuclear puesto que no dejan de generar ni siquiera cuando los aerogeneradores que aprovechan una energía primaria gratis (el viento) están generando más electricidad de la que necesita el sistema. Los combustibles empleados por los españoles (aparte de los empleados para generar electricidad), en 2009, fueron 72372 ktep; es decir, 7,3 veces más que la electricidad generada en centrales nucleares y 3,4 veces más que toda la electricidad consumida.

**Cambio de sistema energético.** Que hay que cambiar el sistema energético ya no lo discute nadie. Y las razones tampoco. Pero a veces se confunden unas con otras. Ahora parece ser que lo más importante en la modificación del paradigma energético es mitigar el cambio climático en base a emitir menos gases de efecto invernadero. Si eso fuera lo único importante, el planteamiento sería bastante claro. Pero, si, como es el caso de España y de la Unión Europea en su conjunto, tenemos el problema adicional de la fuerte dependencia energética del exterior y la repercusión que ese hecho tiene en nuestra balanza de pagos, el planteamiento debe ser otro, en cierta parte coincidente con lo anterior pero no del todo.

En una primera aproximación, sigue siendo evidente que hay que cambiar sustancialmente el sistema energético absurdo –sobre todo por ineficiente– al que hemos llegado. Haré una

somera incursión en la forma en la que, según entiendo, hay que modificar el sistema. Las características generales básicas del sistema energético sostenible al que debemos aspirar los españoles (y todos los seres humanos) es que sea más eficiente –mucho más– que el actual y mucho menos contaminante –mucho menos–, entendidas estas condiciones en un sentido muy amplio pero concreto. Por eso, ese planteamiento se traduce a las siguientes condiciones básicas.

Primero hay que exigir, a todos, mayor responsabilidad en el consumo. Lo cual se traduce en la aplicación de medidas de ahorro y eficiencia energética y la implantación de control de los servicios energéticos. Partiendo siempre de la base de que los consumidores sean conscientes de su papel y de conseguir con ello su *complicidad* en la solución del problema. Sin eso, es imposible un cambio verdaderamente importante. No se puede olvidar que hay grandes cantidades de energía libres de costes a nuestra disposición para cubrir nuestras auténticas necesidades energéticas; que no son otras que tener luz, desplazarnos –nosotros mismos o mercancías–, frío, calor, sonido, etc. y que una buena parte se puede obtener sin más que concienciarnos de que se puede ir, en muchos casos, a pie o en bicicleta de un lugar a otro, que la luz natural puede ser más que suficiente muchas veces, que el frío o el calor se pueden combatir en muchas ocasiones sin encender equipos de aire acondicionado o braseros eléctricos. Y un largo etcétera que todos podemos comprender a poco que lo pensemos.

En la sociedad actual estamos demasiado acostumbrados –hasta niveles de irresponsabilidad– a usar las fuentes energéticas intermedias artificiales (electricidad y combustibles) sin tasa, consecuencia, algunas veces, de la ignorancia de la repercusión sobre el ambiente de su obtención y, siempre, porque el precio final es demasiado bajo; muy lejos de su verdadero coste y, desde luego, de su valor. Es obvio que muchas veces es imprescindible su utilización para tener los niveles de confort a los que nos hemos habituado, pero se puede hacer con mucha más eficiencia y responsabilidad para minimizar su uso; sin pensar ni tener en cuenta si hay quienes ven perjudicada su cuenta de resultados y sus beneficios porque venden menos productos energéticos.

Por lo que se refiere al subsistema eléctrico, tenemos que cambiar sustancialmente el actual. No digo que de manera inmediata. Pero no se puede dejar pasar mucho tiempo sin iniciar el cambio ya imprescindible. No se puede aceptar que generemos la electricidad masivamente con rendimientos del orden del 25 % –como en las centrales nucleares– y que el 75% restante que no se aprovecha se tire al mar, a un río o al aire. Es imprescindible pasar a sistemas de generación distribuida y descentralizada con la cogeneración como pauta básica para conseguir rendimientos de transformación mucho más elevados (del orden del 80 %). Como he comentado antes, ya estamos en ello con el 38,5 % entre renovables y cogeneración en el año 2009; que no es suficiente, pero no está mal.

El peor de los problemas está relacionado con el transporte de personas y mercancías. Aquí va a ser muy difícil conseguir algo efectivo. Pero, al menos, hay que ser conscientes del problema e intentar resolverlo. Como mínimo, hay que tener claro cuáles son las repercusiones de todo tipo que tiene el abusar de los transportes para situaciones que no lo hacen necesario. Volvemos a la idea de responsabilidad. El utilizar vehículos de tara desproporcionada respecto del peso de lo transportado da lugar a rendimientos excesivamente bajos; inferiores a un 2 % en muchos casos, como cuando un automóvil (> 1.000 kg) es utilizado por una sola persona. Y no es infrecuente el caso. No digamos cuando la gestión del territorio en un país como

España lleva a desplazamientos continuos de grandes distancias sin importar nada. En cualquier ciudad medianamente grande se dan circunstancias de este tipo verdaderamente escandalosas. Pensemos, por ejemplo, cuántas personas viven en Sevilla y trabajan en Huelva, o al revés, y hacen todos los días los aproximadamente 100 kilómetros –dos veces– que separan a Huelva de Sevilla. Y eso ocurre en muchos sitios; y continuamente.

Las fuentes primarias que abastezcan el sistema de generación de electricidad y de combustibles tienen que ser menos contaminantes, por lo que, a medio y largo plazo, hay que sustituir los combustibles fósiles y el uranio por renovables con las convenientes dosis de hibridación y almacenamiento y la gestión inteligente de cada conjunto distribuido y de los sistemas generales.

Creo que tenemos que caminar decididamente en esa dirección y sentido.

En el esquema del Sistema de Energía Grey (páginas 138-139), se representa un sistema energético en el que se apunta en esa dirección sin ocultar la situación actual, pero pensando en el futuro, con las siguientes propuestas concretas que nos permitan caminar hacia ese futuro energético razonable:

Partimos del sistema actual con abastecimiento de combustibles fósiles, en el esquema representados por el gas natural que abastece los consumos directos de esos combustibles fósiles (viviendas, hoteles, hospitales, edificios de oficinas, etc. y, en el caso del petróleo, las correspondientes estaciones de servicios de carburantes, etc.); los indirectos en las centrales eléctricas de ciclo combinado, de carbón e incluso de gas-oil.

También se sitúa en el esquema una central nuclear que genera electricidad. Es una realidad indiscutible, aunque no nos guste a algunos.

Con todo ello, se representa bastante bien el sistema actual, en el que no se oculta que apuesto porque las centrales convencionales (incluidas las nucleares) se sitúen muy próximas a los centros principales de consumo; no sólo para evitar pérdidas, sino también para que los consumidores sean conscientes fidedignamente de que la electricidad y demás comodidades energéticas de que disfrutan tienen su reflejo en instalaciones concretas con el correspondiente nivel de molestias y de riesgo. Es la forma de conseguir su complicidad en la solución de futuro. Como elemento más importante del sistema de futuro se esquematiza que todos los edificios incorporen instalaciones de generación de electricidad y de calor y/o frío a partir sobre todo de la radiación solar. Con eso se disminuye sustancialmente la cantidad de electricidad y de combustibles que es necesario aportar desde el *exterior* de esos centros de consumo. Incluso podría ocurrir que, a determinadas horas del día, hubiera un exceso de generación que sería necesario aportar a otros subsistemas de consumo que no pudieran generar a esas horas o bien hacer el almacenamiento correspondiente para el uso en otros momentos del día en el que no haya generación.

En el esquema gráfico también aparecen unas líneas de conexión (naranja en el dibujo) que tienen gran importancia. Representan las redes de distribución de electricidad y de combustibles y calor o frío que comunican a unos consumidores y generadores con otros dentro de su mismo entorno geográfico (pueblo, ciudad, zona industrial o comercial...), que deben incluir

también los sistemas de almacenamiento y gestión inteligente oportunos. Obviamente, estas líneas pueden estar conectadas con otras ya existentes de transporte para el intercambio a otro nivel con otros núcleos de consumo (otros pueblos, ciudades, e incluso otros países).

En el gráfico también aparecen otro tipo de instalaciones con energías renovables, situadas en el entorno del núcleo de población: desde centrales eólicas –terrestres y marinas–, solares, termoeléctricas, fotovoltaicas, hidroeléctricas –medianas, pequeñas y muy pequeñas–, de biomasa para generación de calor y/o frío o de electricidad, preferiblemente en hibridación con solar de media y alta temperatura. Estas instalaciones pueden y deben tener un sentido económico para sus promotores y dueños, además de estar ligadas al desarrollo industrial de la zona con el correspondiente nivel de empleo en todas sus fases.

Falta en el esquema gráfico, de manera más expresa, la aplicación del concepto de cogeneración a partir de cualquier combustible disponible y que nos permitirá pasar paulatinamente del sistema actual al de futuro incorporando el concepto –como ya se está haciendo tímidamente– a los núcleos de consumo.

También falta de manera explícita –es difícil– la representación de una de las ideas que me parecen más importantes: los edificios tienen que incorporar diseños que aprovechen al máximo la luz natural, que el calor o el frío ambiente excesivos influyan lo menos posible en el interior, con accesibilidad correcta y un largo etcétera que los arquitectos especialistas conocen bien.

Lo que no ha sido difícil incorporar son las bicicletas y una representación de los desplazamientos a pie. También se ha pretendido hacer aparecer vehículos eléctricos cuyas baterías serían cargadas en instalaciones alimentadas por energías renovables.

No me cabe duda que a muchos esta propuesta les parecerá utópica y falta de realismo y que le pondrán el célebre latiguillo: "Y eso, ¿quién lo paga?, porque es mucho más caro que lo actual". Se olvidan de que esto ya está en marcha y resulta no sólo posible sino económicamente mejor que lo actual; sobre todo, si tenemos en cuenta todos los costes, como ya se empieza a hacer. Lo puedo certificar con mi propia casa, en la que tengo tanto una instalación solar de agua caliente y otra fotovoltaica, además de otros sistemas energéticos más novedosos (calentamiento y enfriamiento pasivo de un muro mediante el control de lamas móviles y calentamiento y enfriamiento de mi despacho con un sistema de módulos Peltier alimentados con electricidad fotovoltaica).

**La solar termoeléctrica: ¿alternativa a los combustibles fósiles y a la nuclear?** Seguramente pensarán que voy a decir –sin más– que la verdadera alternativa son las renovables en plan masivo. En todo caso, el asunto requeriría muchas matizaciones y siempre me ha parecido que cualquier planteamiento pasa por los puntos que he explicado antes, el primero de los cuales es, sin duda, conseguir la complicidad real de todos los actores para tener los niveles de responsabilidad en el consumo que empiezan a ser imprescindibles. En este apartado sólo me voy a ceñir a las tecnologías solares termoeléctricas como una alternativa real a la generación de electricidad con combustibles fósiles y con nuclear.

Veamos, en primer lugar, las capacidades de estas tecnologías para generar electricidad de manera gestionable (governable), lo cual es clave de cara a un sistema eléctrico sostenible.

A título de mera curiosidad, y casi como anécdota, relaciono a continuación la potencia de plantas solares que serían necesarias para generar la misma cantidad de electricidad que generan las nucleares y qué reparto se podría establecer haciendo intervenir a otras renovables. No puedo dejar de insistir en la idea de que las plantas termosolares pueden ser (de hecho, lo son muchas de las actuales) totalmente gestionables, mientras que las nucleares no lo son.

Con 27.750 MW de plantas solares termoeléctricas se podrían generar los 52,7 TWh que generaron las nucleares el año 2009 y con un mejor ajuste al consumo. Si las plantas fueran eólicas, serían necesarios 28.250 MW, en este caso con la dificultad de la aleatoriedad de la eólica, que requeriría el uso de plantas hidráulicas reversibles para almacenamiento, o bien tener disponible la potencia necesaria alternativa y segura cuando no haya generación eólica. Esto último es lo que está pasando ahora mismo y no me parece razonable. Con fotovoltaica necesitaríamos 42.000 MW, con menos aleatoriedad que la eólica pero menos gobernabilidad que la termosolar.

Por supuesto, se podría proponer un mix de las tres tecnologías del tipo siguiente: 13.500 MW de solar termoeléctrica, 9.000 de eólica (ya tenemos 19.000) y 7.000 de fotovoltaica (ya hay 3.000). Con esa potencia (29.500 MW) renovable en el sistema eléctrico, se podría conseguir el mismo efecto que la generación con nucleares, por lo que éstas no serían necesarias. Mi apuesta personal es ir sustituyendo las nucleares por esta solución a medida que se vayan cerrando cuando se cumpla su ciclo de vida. Es muy probable que el avance de las renovables haga innecesario este programa, porque la sustitución se produzca de manera progresiva.

Como matiz importante, es necesario ser conscientes de que la mejor solución incluiría la generación adicional o en hibridación con biomasa, que reduciría las cifras antes referenciadas de potencia instalada de las otras renovables y se ganaría en gestionabilidad.

De todas formas, me parece más urgente la sustitución de las centrales de carbón, de fuel oil y de gas natural, además de ir incorporando paulatinamente pequeñas plantas de cogeneración como las ya existentes (del orden de 6.000 MW en la actualidad) alimentadas con este tipo de formas energéticas de origen fósil, pero, al tener mucho mayor rendimiento, se contribuiría a disminuir el nivel de emisiones de gases de efecto invernadero.

El caso del carbón, con 36,6 TWh de electricidad generada en 2009, requeriría la siguiente potencia por tecnologías renovables:

- Solar termoeléctrica, 17.500 MW
- Si consideramos la sustitución con eólica, serían necesarios 19.650 MW
- En el caso de la fotovoltaica, la potencia que se necesitaría sería 29.300 MW

Pero es obvio que lo que puede ocurrir es un mix de todas ellas como el siguiente:

- 11.000 MW de solar termoeléctrica
- 5.000 MW de eólica y 3.000 de fotovoltaica.

Parece razonable y, de hecho, ya estamos en esos datos en fotovoltaica y en eólica los hemos superado ampliamente.

El fuel oil podría ser totalmente sustituido con sólo:

- 6.500 MW de STE,
- 7.000 de eólica o
- 11.000 de fotovoltaica

Y mejor aún con un mix del tipo siguiente:

- 3.000 MW de solar termoeléctrica,
- 2.600 de eólica y
- 1.600 de fotovoltaica.

Para el gas natural, que es la forma energética convencional que más electricidad genera en el sistema español (79,5 TWh en 2009), resultan las siguientes potencias:

- 38.000 MW de solar termoeléctrica,
- 42.600 de eólica o
- 63.600 de fotovoltaica

Si planteáramos un mix, puede ser el siguiente:

- 21.500 MW de solar termoeléctrica,
- 12800 de eólica y
- 9000 de fotovoltaica.

Estas opciones que apunto en las líneas anteriores no se van a convertir en realidad sólo por plantearlas y, en cualquier caso, serían realidad de manera paulatina. Lo que sí queda claro es que no es ninguna utopía pensar en este tipo de soluciones y que, ni los combustibles fósiles, ni la nuclear, son imprescindibles en un sistema eléctrico de futuro, que puede ser perfectamente alimentado por energías renovables.

**Conclusión.** A la hora de buscar una alternativa al lastre de un sistema energético basado en los combustibles fósiles, mi conclusión se resume muy bien en una frase que me ha hecho llegar una amiga: "Mira que somos rebuscados; pudiendo producir electricidad a partir de la radiación solar, fuente inagotable de energía, nos vamos a buscarla descomponiendo átomos, y dejando a los que vienen detrás el problema".

Ella se refería a lo absurdo que es generar electricidad de esa manera tan peligrosa y de poco recorrido temporal como es la nuclear. Yo quiero añadir de mi cosecha personal que el abuso de los combustibles fósiles nos está llevando al desastre ambiental completo. Por todo ello, el cambio de sistema en profundidad se ha hecho ya imprescindible y urgente, y se está produciendo, aunque con excesiva lentitud.

## BIOCOMBUSTIBLES: RELEVANCIA MÁS ALLÁ DE LA POLÉMICA

**Albert Sasson** *Miembro de la II Academia Hassan II de Ciencia y Tecnología (Rabat, Marruecos); Ex Subdirector General de la UNESCO*

**Maíz, azúcar y semillas oleaginosas ¿para alimentación o para combustible?** Se ha considerado que una de las causas de la crisis alimentaria mundial que se ha iniciado en el año 2007 ha sido la producción de agrocombustibles que ha reducido la superficie dedicada a cultivos alimentarios y ha disminuido el volumen de los productos alimenticios, principalmente cereales. Además de cuestionar su eficiencia económica, energética y medioambiental, los agrocombustibles han sido denunciados como una amenaza para el suministro de alimentos. Tanto organizaciones no gubernamentales como políticos han sido críticos.

Según los economistas C. Ford Runge y Benjamin Senauer: "Se necesitan cerca de 204 kilos de maíz para producir 94,5 litros de etanol y llenar el depósito de un vehículo todoterreno, es decir, lo que equivale a las calorías necesarias para alimentar a una persona durante un año entero". Dichos economistas han sugerido que se debe investigar más sobre los agrocombustibles alternativos. En el año 2050, para alimentar a 9.000 millones de personas, la producción alimentaria deberá duplicarse, mientras que la tierra cultivable será más escasa. Por lo tanto, habrá competencia entre la producción de alimentos y la producción de agrocombustibles. Esto puede ser cierto para el trigo y el arroz, como productos alimenticios, y también para el maíz, utilizado como alimento y como pienso, pero menos para la caña de azúcar y el algodón (Clavreul, 2007).

El director general de la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (*Food and Agriculture Organization, FAO*), Jacques Diouf, ha declarado que "los biocombustibles son un riesgo y una oportunidad. Un riesgo si sustituyen cultivos alimentarios, y una oportunidad si proporcionan un ingreso adicional para los productores". Como dijo un asesor del presidente de Brasil: "El problema mundial no es la falta de alimentos, sino la falta de ingresos" (Clavreul, 2007).

En medio de la polémica sobre los agrocombustibles, Brasil—el segundo productor mundial de bioetanol derivado de la caña de azúcar— ha sido objeto de duras críticas, junto con Estados Unidos—el mayor productor mundial de bioetanol derivado de maíz. Los brasileños, y su presidente, Luiz Inácio Lula da Silva, consideran estos ataques injustificados y el resultado de una campaña de desinformación, y cree que son víctimas de un ataque dirigido a Estados Unidos. Ellos afirman que hay una diferencia entre el etanol *bueno*—el suyo—y el *malo*—el producido por Estados Unidos. La producción del bioetanol derivada de la caña de azúcar es menos costosa que la de gasolina, y una hectárea de caña de azúcar produce más del doble del bioetanol que una hectárea de maíz. El cultivo y la transformación de maíz en etanol consumen siete veces más energía que el mismo proceso en la de caña de azúcar. Además, el cultivo de la caña de azúcar y la producción de azúcar no priva a la humanidad de un alimento básico como es el maíz. Brasil alega que el cultivo y la producción de cereales y la caña de azúcar han aumentado, cultivándose caña de azúcar en sólo el 12% de las tierras cultivables. "Llenamos

sin problema tanto el estómago como los depósitos de coches", resumió el presidente Lula da Silva, que concluyó que la acusación de que el bioetanol es una amenaza para la seguridad alimentaria es "una mentira vergonzosa" (Langellier, 2008).

Durante la 30ª Conferencia Regional de la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, que finalizó el 18 de abril de 2008 en Brasilia, el presidente Lula da Silva rechazó cualquier vinculación entre la producción de agrocombustibles y el aumento del precio de los alimentos. Una vez más, mencionó las razones para este aumento: condiciones meteorológicas adversas en los países productores y exportadores de grano, demanda que no satisface la oferta y aumento en el consumo de alimentos en varios países en desarrollo. "Hay muchas más personas que pueden permitirse una comida tres veces al día; los chinos comen, los indios comen, los brasileños comen, y la gente vive más tiempo" afirmó (Langellier, 2008). "No me diga, por el amor de Dios, que los alimentos son más caros debido a los biocombustibles. Es costoso porque el mundo no está preparado para ver a millones de chinos, indios, africanos, brasileños y latinoamericanos comer tres veces al día"... "Los biocombustibles no son los productos que amenazan la seguridad alimentaria, al contrario, disminuyen la dependencia de los combustibles fósiles sin poner en peligro el suministro de alimentos", añadió (Langellier, 2008).

Es cierto que el crecimiento de la producción de bioetanol procedente de la caña de azúcar no ha impedido que Brasil se haya convertido en uno de los principales exportadores mundiales de productos agrícolas. La expansión de la caña de azúcar tiene lugar principalmente en tierras abandonadas. El presidente de Brasil ha destacado que el aumento en el precio del petróleo ha elevado el coste del transporte de los alimentos, así como de los fertilizantes, y que el mundo financiero y la crisis inmobiliaria ha llevado a los especuladores a colocar sus activos en el prometedor mercado agrícola. El presidente condenó la política proteccionista de los países ricos, en forma de subvenciones (que protegen a sus agricultores) y tarifas (que impiden la competitividad de los productos exportados por los países en desarrollo). Por ejemplo, la Unión Europea impone un tarifa de 60% sobre el etanol de Brasil, que suministra el 30% del etanol consumido por los europeos, y considera esta tarifa absurda y ha estado negociando sobre este asunto con la Comisión Europea desde octubre de 2007. Brasil está profundamente interesado en el mercado europeo de agrocombustibles –etanol y biodiésel– que pueden representar cerca de 20.000 millones de litros al año para 2020. El presidente Lula da Silva considera que Brasil tiene "la tierra, el agua, el conocimiento, la tecnología y 30 años de experiencia" y, por tanto, es "un competidor imbatible" que puede ganar legítimamente una gran porción del mercado europeo de agrocombustibles (Langellier, 2008).

En Brasil, aunque el cultivo de la caña de azúcar convive con los cultivos alimentarios como la soja, el maní y el frijol común, tiene sus defectos. La producción de bioetanol ha traído riqueza a algunas regiones, y ha creado alrededor de un millón de puestos de trabajo, así como ha disminuido el éxodo rural a mediados del año 2008. El hecho es que el 90% de los vehículos nuevos comercializados son vehículos de combustible flexible, utilizando bioetanol o gasolina, pero por primera vez en abril del 2008, el bioetanol ha sido consumido más que la gasolina. Brasil espera que otros grandes países como China o India sigan su política energética. Si esto sucediera en un futuro remoto, el bioetanol podría convertirse en una mercancía en la bolsa mundial, donde Brasil desea ser el líder indiscutible (Langellier, 2008).

**Impacto de la producción de bioetanol en la producción de grano.** El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (US Department of Agriculture, USDA) prevé que las destilerías solo necesitarían 60 millones de toneladas de maíz de la cosecha del año 2008 (312 millones de toneladas). Sin embargo, Lester R. Brown –del Earth Policy Institute, EPI– ha estimado que las destilerías necesitarían 139 millones de toneladas. Más del doble. En consecuencia, la competencia entre el consumo de agrocombustibles y el grano para la alimentación probablemente aumentaría los precios mundiales de grano a altos niveles. El Departamento de Agricultura de Estados Unidos se basa en el grupo comercial Asociación de Combustibles Renovables (Renewable Fuels Association, RFA), para los datos de las destilerías de etanol que están en construcción. Las otras tres empresas que proporcionan los datos relevantes son F. O. Licht, con sede en Europa, el editor del *Informe mundial de etanol y biocombustibles (World Ethanol and Biofuels Report)*; BBI International, que publica la *Revista del Productor de Etanol (Ethanol Producer Magazine)*; y la Coalición Americana del Etanol (American Coalition for Ethanol, ACE), editor de *Etanol Hoy (Ethanol Today)* (Brown, 2007).

De acuerdo con el informe EPI, las 116 plantas de producción en los Estados Unidos, a 31 de diciembre de 2006, utilizaban 53 millones de toneladas de grano por año, mientras que las 75 plantas en construcción –principalmente, instalaciones más grandes– usarían 51 millones de toneladas de grano. La ampliación de las plantas existentes empleará otros ocho millones de toneladas de grano (1 tonelada de maíz = 39,4 fanegas = 110 galones de etanol) [Brown, 2007].

Además, a finales del año 2006, había 200 plantas de etanol en fase de planificación. Si la construcción se llevara a cabo entre el 1 de enero y el 30 de junio del año 2007 a la misma velocidad a la que se hizo durante la segunda mitad del 2006, se generaría la capacidad de producir otros 3.000 millones de galones justamente coincidiendo con el inicio de la cosecha de maíz de 2008, y sería preciso consumir 27 millones de toneladas adicionales de grano. Ello elevaría la demanda necesaria para las destilerías a 139 millones de toneladas, y produciría cerca de 15.000 millones de galones de bioetanol, alcanzando un 6% de las necesidades de combustible para vehículos en Estados Unidos (Brown, 2007).

La cosecha de maíz de los Estados Unidos, que representa el 40% de la cosecha mundial, y suministra el 70% de la exportación mundial de maíz, ocupa un sitio importante en la producción mundial de alimentos. Las exportaciones anuales de maíz de Estados Unidos suponen 55 millones de toneladas, lo que representa casi una cuarta parte de las exportaciones mundiales de grano. Sólo la cosecha de maíz del estado de Iowa, que gana al estado de Illinois como el principal productor, excede la cosecha total de grano de Canadá. La reducción sustancial de este flujo de exportación tendrá un impacto significativo en la economía mundial (Brown, 2007).

Los defensores del etanol señalan, y con razón, que el uso de maíz para producir etanol no supone una pérdida total para la economía alimentaria, ya que se recupera un 30% del maíz en los granos secos de las destilerías, que pueden ser utilizados como alimento para el ganado y aves, aunque sólo en cantidades limitadas. Además, alegan que la demanda de maíz de las destilerías de Estados Unidos se puede satisfacer con la expansión de la tierra dedicada a su cultivo, principalmente a expensas de la soja, y aumentando el rendimiento. Si bien es cierto que la cosecha de maíz se puede ampliar, no hay ningún precedente relativo al crecimiento en la escala necesaria. Esta creciente demanda de maíz se produce cuando la producción mundial

de grano ha caído por debajo del consumo en seis de los últimos siete años, reduciendo las reservas de grano a su nivel más bajo en 34 años (Brown, 2007).

El objetivo político, según Brown (2007), debe ser por lo tanto usar solo el etanol suficiente para mantener los precios del maíz y los ingresos agrícolas, pero sin que se vea afectada la economía mundial de alimentos. Mientras tanto, se necesita un esfuerzo más grande para producir bioetanol a partir de celulosas como el pasto varilla, que no se puede utilizar como alimento. Como principal productor y mayor exportador de grano, y productor de bioetanol, Estados Unidos debe asegurarse de que al tratar de disminuir su dependencia del petróleo importado, no cree una grave perturbación en la economía mundial de alimentos.

Aunque se ha declarado a menudo que un aumento en el uso de maíz para biocombustibles en Estados Unidos podría causar escasez de alimentos en África y en otros lugares debido a la reducción de las existencias y las exportaciones, los hechos demuestran que las exportaciones de maíz de Estados Unidos, aunque menos en el periodo 2006-2007 que en el 2005-2006, estaban por encima de la media de los últimos diez años: llegaron a 2,45 mil millones de fanegas. También es importante destacar que la mayoría del maíz exportado por Estados Unidos se utiliza para la alimentación del ganado, no para el consumo humano en los países en desarrollo. En el año 2008, la producción de biocombustibles requeriría alrededor de 60 millones de toneladas de cereales frente a una producción mundial de cereales de más de 2.000 millones de toneladas. El aumento en la producción de maíz de alrededor de 65 millones de toneladas en Estados Unidos en el periodo 2006-2007 sería suficiente para satisfacer esa necesidad (*EuropaBio Biofuels Factsheet*, Abril de 2008).

**Aumento de precios de los alimentos.** En qué medida la producción de agrocombustibles contribuye a los altos precios de los alimentos (e incluso en su escasez) es discutida. La labor de Instituto de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias (International Food Policy Research Institute, IFPRI, Washington, D.C.) ha sugerido que la producción de agrocombustibles representa de un cuarto a un tercio del aumento de los precios mundiales de productos básicos. La FAO predijo a finales del año 2007 que la producción de agrocombustibles, en la situación actual, aumentaría los costes de alimentos entre un 10% y un 15%. Ron Litterer, presidente de la Asociación de Productores Nacionales (National Growers Association) de Estados Unidos, declaró que "no hay duda que éstos (los agrocombustibles) son un factor, pero en realidad son un factor pequeño en comparación con otros que están haciendo subir los precios" (Martin, 2008).

Se utiliza alrededor de una quinta parte de la cosecha de maíz de Estados Unidos para la producción de bioetanol destinado a combustible. Los agricultores han plantado más maíz, y han reducido hectáreas de otros cultivos, en particular soja. Esto podría haber contribuido a un déficit mundial de aceite para cocinar. C. Ford Runge, un economista de la Universidad de Minnesota, ha declarado que es "extremadamente difícil deslindar" el efecto de los agrocombustibles sobre los costes de los alimentos. Sin embargo, dijo que era poco lo que se podría hacer para mitigar el efecto de las sequías y la creciente demanda de proteínas en algunos países en desarrollo. "El etanol es la única cosa sobre la que podemos hacer algo al respecto", afirmó. Pero August Schumacher, un ex subsecretario de Agricultura de Estados Unidos, y consultor de la Fundación Kellogg, afirmó que la crítica a los agrocombustibles podría estar mal dirigida. Señaló que muchos de los trastornos en los precios de alimentos en el extranjero

han afectado al arroz y al trigo, ninguno de los cuales se utiliza como biocombustible. Para ambos cultivos, la demanda mundial ha aumentado, al mismo tiempo que las sequías (en Australia, Ucrania, etc.) han suprimido la producción de las granjas (Martin, 2008).

Mientras la organización no gubernamental Oxfam subrayó que los agrocombustibles son una causa importante del aumento en los precios globales de los alimentos, a la vez llamó a los países ricos para desmontar los subsidios a los agrocombustibles y para reducir tarifas a la importación. El informe de junio de Oxfam afirmó: "Los países ricos gastaron hasta 15.000 millones de dólares durante 2007 para apoyar los agrocombustibles, mientras bloquearon el bioetanol más barato de Brasil, que es mucho menos dañino para la seguridad mundial" (Harrison, 2008). Esta declaración reconoce la diferencia entre el maíz sembrado principalmente en Estados Unidos para su transformación en bioetanol, y la caña de azúcar, el material utilizado por Brasil para la producción de bioetanol. En cierto modo, refuerza la posición de Brasil, que siempre ha defendido su política relativa a los agrocombustibles y que ha negado que fuera responsable de la escasez de alimentos.

Los agrocombustibles, además, se están convirtiendo rápidamente en una nueva fuente de debate en la diplomacia global, presionando a los países desarrollados para que reconsideren sus políticas, mientras se afirma que los agrocombustibles son sólo un factor en el aumento de los precios de los alimentos. Un número de especialistas en política alimentaria considera que las políticas gubernamentales sobre los agrocombustibles están mal aconsejadas, y afirman que el uso de cultivos de maíz en la producción de combustible ha contribuido a los altos precios. Pero otros factores han jugado un papel importante, incluyendo las sequías que han limitado la producción, en particular en países exportadores de grano, y el rápido crecimiento de la economía mundial, que ha creado una mayor demanda de alimentos. Este crecimiento, más rápido desde el año 2003 de la media histórica, ha ayudado a sacar a millones de personas de la pobreza y ha proporcionado un acceso a una mejor alimentación. Pero los agricultores no han podido hacer frente a la nueva demanda (Martin, 2008). Véase también *La transición de la energía – energía creativa (Energy Transition – Creative Energy)*, 2008).

**¿Es realista reconsiderar los objetivos de producción de agrocombustibles?** A pesar de que los datos disponibles y los análisis detallados no conducen a la conclusión de que la producción mundial de agrocombustibles sea la causa más importante del aumento de los precios de los alimentos, Oxfam instó a los países a que descartaran los objetivos de producción para los agrocombustibles, incluyendo los planes de la Unión Europea para obtener un 10% de los combustibles de transporte utilizando fuentes de energías renovables en el año 2020. La ONG estima que en el año 2020, las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de los cambios en el uso de la tierra en el sector de aceite de palma pueden llegar a más de 3.100 millones de toneladas, en gran parte como resultado del objetivo de la Unión Europea, y, costaría más de 46 años de uso de agrocombustibles a los niveles del año 2020 para pagar la *deuda de carbón* generada (Harrison, 2008).

¿Es esto realista? Por ejemplo, Francia ha implementado un ambicioso plan en el año 2005 para la construcción de 20 plantas de agrocombustibles, con importantes subvenciones. En el año 2008, el nuevo Gobierno francés dudaba sobre la realización de dicho plan; pero el director de Sofiprotéol, que es el brazo financiero del cultivo y procesado de girasol y semillas oleaginosas en Francia, y que había invertido más de 500 millones de euros durante dos años en el negocio



de los agrocombustibles, y posee siete plantas de biodiésel, afirmó que "se necesita más visibilidad y que su estrategia es optimizar su herramienta de producción, destacando la sostenibilidad" (Clavreul, 2008).

Con respecto al bioetanol, mil millones de euros han sido invertidos por varios agentes del mercado. Tereos, una cooperativa propietaria de cinco plantas y dirigidas a su desarrollo en Brasil, esperaba que el Gobierno francés no cambiara las reglas del juego, especialmente con respecto a la exención de impuestos (Clavreul, 2006, 2008).

En Roma, el 22 de abril de 2008, durante el Foro Internacional de la Energía, el ministro francés de Ecología y Energía hizo un llamamiento a favor de una "pausa en la creación de nuevas capacidades" para los combustibles de primera generación derivados de los granos y semilla de colza. Al mismo tiempo, declaró que las inversiones que ya estuvieran en marcha serán "apoyadas", aunque el ministro hizo hincapié en la necesidad de centrarse en combustibles de segunda generación que utilizan cultivos no alimentarios y residuos de celulosa. (Clavreul and Bezat, 2008).

Al día siguiente (23 de abril de 2008), el ministro francés de Agricultura respondió a su colega en un canal de radio francés: "La cuestión no es de los agrocombustibles", sino "del lugar que ocupan". Subrayó que Francia en 2010 va a dedicar sólo del 7% al 12% de sus tierras cultivables a la producción de agrocombustibles, muy por detrás de Estados Unidos y Brasil (20%-30%). Sea cual sea la posición de cada ministro, el objetivo es el mismo, es decir, la mezcla del 7% de agrocombustibles en el combustible de automóvil para el año 2010. El presidente de la República Francesa ha confirmado este objetivo a principios de abril de 2008 en el congreso de la principal federación de sindicatos agrícolas. Ése no fue el caso de la *Confédération Paysanne* – la otra asociación de agricultores –, que no se opuso inicialmente a los agrocombustibles, pero expresó su preocupación por su impacto en el precio de los alimentos y piensos en el mundo y también en Francia; la cría de ganado ha sido especialmente perjudicada por el aumento de los precios de los piensos. Por otra parte, los agricultores que firmaron contratos para suministrar a las plantas de bioetanol estaban perdiendo dinero, según el sindicato, particularmente los que estaban entregando grano a la planta Tereos en Lillebonne (Seine-Maritime), porque se habían comprometido entre cinco a diez años a suministrar trigo a un precio dos veces menor que el vigente en 2008 (Clavreul, 2008b; Clavreul y Bezat, 2008).

Los productores de bioetanol responden que "sin los agrocombustibles, Francia no podrá cumplir sus compromisos en materia de fuentes de energías renovables" (20% en 2020). De hecho, ellos no tienen que preocuparse, porque las 20 plantas de agrocombustibles previstas para cumplir con el objetivo del año 2010 ya estaban en servicio o en construcción.

La Unión Francesa de Industrias de Aceite (Union Française des Industries Pétrolières, UFIP) consideró que sería difícil alcanzar el objetivo del 5,75% de agrocombustibles en los combustibles de transporte en 2008, y exigió volver a la norma europea, menos ambiciosa que postula un aumento gradual hasta el 10% en 2020. En su informe *Perspectives énergétiques de la France à l'horizon 2020-2050 (Perspectivas energéticas en Francia para los años 2020-2050)*, que se entregó al Primer ministro francés en septiembre del año 2007, Jean Syrota apoyó el final de la exención de impuestos para el bioetanol y "el cese de nuevas inversiones en la producción de biocombustibles de primera generación" (Clavreul y Bezat, 2008).

Mientras que Francia presidía el Consejo Europeo de julio a diciembre de 2008, se tenía que tomar una decisión sobre el objetivo del 10% de agrocombustibles en los combustibles de transporte para el año 2020. Reino Unido y Bélgica parecían estar dispuestos a examinar el asunto si se demostrase que los agrocombustibles habían tenido un impacto directo sobre la fuerte subida de los precios de los productos. Alemania declaró el 23 de abril de 2008 que mantenía el objetivo europeo, pero reduciría lo que se fijó para el año 2010 para la producción de bioetanol (Clavreul and Bezat, 2008).

**Conclusiones: el camino por delante.** La producción de maíz en Estados Unidos, el mayor productor y exportador con diferencia, ha aumentado de 265 millones de toneladas (2006) a 327 millones de toneladas en el año 2007 (312 millones de toneladas en el año 2008), lo que ayuda a adaptarse a la nueva demanda del mercado. En los últimos 40 años, la producción de maíz ha ido aumentando de aproximadamente 4,5 toneladas por hectárea a 9,4 toneladas por hectárea en Estados Unidos, y de 2,3 toneladas/hectárea a 4,8 toneladas/hectárea (promedio) en todo el mundo. Para el año 2015, se espera aumentar aún más la producción en Estados Unidos hasta las 11,2 toneladas/hectáreas según la Asociación Nacional de Productores de Maíz (National Corn Growers Association).

En Brasil, la caña de azúcar convencional produce hasta 110 toneladas por hectárea, que transforma en unos 7.500 litros de etanol (por hectárea), además de azúcar. Una variedad genéticamente nueva de caña de azúcar puede producir hasta 200 toneladas por hectárea. Uniendo la producción convencional de agrocombustibles con una técnica de procesado de segunda generación (de celulosa), la producción total de caña podría transformarse en 22.000 litros de etanol por hectárea (Ficha técnica de biocombustibles *EuropaBio - Biofuels Factsheet*, abril 2008).

El cumplimiento de los objetivos europeos para la sustitución de combustibles líquidos para el transporte en un 10% para el año 2010 de una manera sostenible y competitiva implica que la biomasa disponible debe aumentar. Cultivar en tierras retiradas y tierras no utilizadas ayudaría, pero no sería suficiente para satisfacer toda la demanda. También sería fundamental un aumento en la productividad de la tierra, es decir, más producción de biomasa por hectárea, así como la calidad de los cultivos; por ejemplo, cultivos que produzcan más carbohidratos fermentables o que contengan más aceite. Esto se puede obtener a través de técnicas avanzadas en plantas de mejora genética y mediante la biotecnología. Otro paso importante será la producción competitiva de agrocombustibles de (hemi) celulosa y residuos orgánicos en lugar de almidón, azúcar y aceites; estos son agrocombustibles que necesitan importantes inversiones en investigación y desarrollo (Sasson, 2008).

En tercer lugar, la innovación en el crecimiento y la mejora de cultivos debe dirigirse a reducir la cantidad de agua utilizada en la agricultura. En las regiones donde el maíz o la caña de azúcar son de regadío, pueden ser necesarios 3.500 litros de agua para producir un litro de agrocombustible. Esto tiene un impacto directo en la disponibilidad inmediata de agua para el consumo humano y la producción de alimentos. En Europa, donde se utilizan las semilla de colza o cereales que se riegan con el agua natural de la lluvia, la cantidad de agua que se usa para los cultivos de agrocombustibles es pequeña. En Estados Unidos, donde se utiliza principalmente el maíz que utiliza el agua de lluvias, solo el 3% del agua de riego se dedica a la producción de cultivos para agrocombustibles, lo que corresponde a 400 litros de agua por cada litro de

bioetanol. El cultivo de plantas que aguanten más la sequía para minimizar el uso del agua es por tanto un área de investigación prometedora. Así, la biotecnología aplicada a la agricultura y a las plantas puede contribuir a: aumentar la producción de biomasa por hectárea, mientras que se reducen los costes; mejorar la calidad de los cultivos (mayor rendimiento en agrocombustibles); reducir la competencia en el uso de la tierra a través de una mayor productividad y reducir pérdidas bióticas (plagas, virus) y abióticas (sequía, salinidad); contribuir a las plantas energéticas en tierras marginales; desarrollar microorganismos eficientes y enzimas para convertir las hemice-lulosas y la celulosa en azúcares fermentables (Sasson, 2008).

En resumen, teniendo en cuenta el desarrollo de los biocombustibles, no debemos ignorar los logros realizados en los rendimientos de los cultivos y menospreciar los beneficios de reducir el consumo de agua. En los países en desarrollo, el impacto de los agrocombustibles puede variar de país a país. John Hoddinot, un investigador del Instituto Internacional sobre Políticas Alimentarias (International Food Policy Research Institute, IFPRI) en Washington, declaró que los agricultores de Brasil y otros países que producen más alimentos de los que necesitan se beneficiarían. En Estados Unidos, los funcionarios de la industria de bioenergía expresan su confianza de que los avances en tecnología, incluyendo rendimientos más altos y procesos eficientes de producción para agrocombustibles de segunda generación, asegurarán que los agrocombustibles no aumentarán las situaciones de escasez de alimentos o hambre. Erik Fyrwald, vicepresidente del Grupo DuPont Agricultura y Nutrición, afirmó que la "tecnología puede permitir que la agricultura siga satisfaciendo las necesidades alimentarias del mundo de una manera muy económica y, al mismo tiempo, que desempeñe un papel muy importante en la satisfacción de las necesidades del mundo en biocombustibles y biomateriales" (Brasher, 2007).

En su informe anual sobre la situación alimentaria mundial, publicado a principios de octubre del año 2008, la FAO hizo un llamamiento para una revisión de las políticas y subsidios de los países de la OCDE respecto a los agrocombustibles, a fin de mantener el objetivo de la seguridad alimentaria mundial y garantizar un medioambiente sostenible. Jacques Diouf, el director general de la FAO, declaró que "las oportunidades que tienen los países en desarrollo para beneficiarse de la demanda de agrocombustibles se verá reforzada por la supresión de los subsidios agrícolas y las barreras comerciales, que crean un mercado artificial y con frecuencia son sólo beneficiosas para los productores de los países de la OCDE, en detrimento de los países en desarrollo" (Le Hir, 2008).

La primera conferencia internacional de biocombustibles, a la que han asistido unos 2.000 expertos y responsables políticos de 40 países, se celebró en São Paulo del 17 al 21 de noviembre de 2008. El presidente Lula participó en el cierre de la conferencia, mientras que el presidente de Estados Unidos, cuya presencia se esperaba debido al acuerdo de cooperación sobre bioetanol, firmado en marzo de 2007 entre Brasil y Estados Unidos, no pudo asistir a la conferencia. En medio de la crisis mundial, el estado de ánimo general no era optimista, según los periodistas que informaron de los debates. La caída del precio de barril de petróleo (por debajo de 50 dólares) podría provocar un menor interés en los agrocombustibles (Gasnier, 2008). La Unión Brasileña de Industrias de Caña de Azúcar (Brazilian Union of Sugar-Cane Industries) ha solicitado ayuda del Gobierno federal a fin de superar la crisis financiera y económica. Según Marcos Jank –un ejecutivo de la Unión–, sólo la mitad de los 200 grupos económicos involucrados en la industria azucarera sobrevivirían el fuerte impacto de la crisis. Sin embargo,

los estudios distribuidos durante la conferencia en São Paulo destacaron que la producción de agrocombustibles se espera que aumente un 191% desde 2008 a 2015 y las plantaciones de la caña de azúcar también incrementarán su superficie (Gasnier, 2008).

El ministro de Minas y Energía, Edison Lobao, anunció que Brasil aumentará la producción de bioetanol en un 150% con el fin de alcanzar el nivel de 64.000 millones de litros en el año 2017. De los 352.000 millones de dólares que Brasil esperaba invertir en proyectos energéticos durante el periodo de ocho años (2009-2017), 23.000 millones de dólares (6,5%) se dedicarían a la bioenergía y los agrocombustibles. Las exportaciones de bioetanol se incrementarán de 5.000 millones de litros en el año 2008 hasta 8.000 millones de litros en el año 2017, consolidando así la posición de Brasil como líder mundial.

En definitiva, sin exagerar el papel de los agrocombustibles en la economía y el equilibrio energético global, objetivos razonables de producción en los países que elijan las materias primas adecuadas y los procedimientos de bioenergía correctos, pueden contribuir a la diversificación de las fuentes energéticas, particularmente en el transporte, sin perjudicar a la producción de alimentos (Sasson, 2008).

### Referencias

- Brasher, P. *Food versus fuel? Countries debate priorities*. The Des Moines Register, 18 octubre 2007, p. 8 ET.
- Brown, L. R. *Distillery demand for grain to fuel cars vastly understated. World may be facing highest grain prices in history*. Earth Policy Institute, available at: <http://www.earth-policy.org/Updates/2007/update63.htm>
- Clavreul, L. *En six ans, la discrète coopérative française Tereos est devenue un des leaders mondiaux du sucre*. Le Monde, 28 diciembre 2006, p. 11
- Clavreul, L. *Manger ou rouler: faut-il choisir?* Le Monde, 7 abril 2007, p. 31
- Clavreul, L. *L'essor des agrocarburants divise le monde agricole*. Le Monde, 2 abril 2008, p. 15
- Clavreul, L. Bezat J. M., *La France cultive l'ambigüité sur les agrocarburants*. Le Monde, 25 abril 2008, p. 11
- Energy Transition - Creative Energy. 2008. *Biomass, hot issue. Smart choices in difficult times*, Energy transition, Biobased Raw Materials Platform, Post Box 17, 6130 AA Sittard, Netherlands. [energytransition@sinternovem.nl](mailto:energytransition@sinternovem.nl)
- Gasnier, A. *L'éthanol sous le feu de la crise et des critiques*. 2008. Une conférence internationale sur les biocombustibles réunit experts et politiques à São Paulo. Le Monde, 22 noviembre 2008, p. 4
- Harrison, P. *Oxfam blames biofuel for rising poverty*. International Herald Tribune, 26 junio 2008, p. 19
- Langellier, J. P. *Le président Lula défend avec vigueur les biocarburants*. Le Monde, 19 abril 2008, p. 5.
- La croisade du Brésil pour l'éthanol*, Le Monde, 12 mayo 2008, p. 2
- Le Hir, P. *Des microalgues pour les biocarburants du futur*. Le Monde, 23 octubre 2008, p. 4
- Martin, A. *Blaming biofuels for the spread of hunger*. Le Monde | New York Times, 26 abril 2008, p. 4
- Sasson, A. 2008. *Bioenergy and agrofuels. Relevance beyond polemics*. Hassan II Academy of Science and Technology, Rabat, Morocco, 188 pp.

**BIBLIOGRAFÍA  
ÍNDICE DE FUENTES**

## BIBLIOGRAFÍA

### Agencia Internacional de la Energía.

WorldwideTrends in Energy Use and Efficiency. (:Key Insights from IEA Indicator Analysis) 2008. Disponible en: http://www.iea.org/papers/2008/indicators\_2008.pdf

### Alemania. Agentur Für Eneruerbare Energien

*Erneuerbare Energien mit hohem Ausbaupotenzial* (en la red) www.unendlich-viel-energie.de/uploads/media/EE\_mit\_hohem\_Ausbaupotenzial.pdf (Consulta mayo 2010).

### Altshuler, José

*La energía y el Hombre* (en la red). Cuba Solar www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia23/HTML/articulo09.htm (Consulta marzo 2010).

### Amin, Massound; Schewe, Philip F.

“Redes eléctricas inteligentes” (en la red). *Investigación y Ciencia*, n° 370. 2007. p. 36-44. ISSN 0210-136X

### Aprean; Junta De Andalucía, Consejería de Empleo

*Guía de formación específica y nuevos yacimientos de empleo para los especialistas del sector de energías renovables en Andalucía*. Informe, 2008.

### Asistencias Técnicas Clave S.L.

“Informe sobre recursos biofísicos en siete comarcas andaluzas”. Documentos del proyecto de desarrollo rural, *Energías alternativas un futuro para el mundo rural* de siete grupos de desarrollo rural coordinados por Guadajoz y Campiña, Este de Córdoba, 2008.

### Comisión de las Comunidades Europeas. COM (2007) 1 final

*Una Política Energética para Europa* Comunicación de la Comisión al Consejo Europeo y al Parlamento Europea. Bruselas, enero 2007.

### Comunidad de Madrid, Dirección General de Industrial Energía y Minas

Llopis, Trillo / Guillermo y Rodrigo, Angulo Vicente. *Guía de la Energía Geotérmica*. 2008. M.15.503-2008

### Deloitte

*Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España*, Asociación de Productores de Energías Renovables. APPA (ed.), 2009.

### Dickson, Mary H.; Fanelli, Mario

¿*Qué es la energía geotérmica?* (en la red) Lahsen, Alfredo (trad.). CNR, Instituto di Geoscienze e Georisorse, Pisa, Italia www.geothermal-energy.org/files-32.html (Consulta febrero 2010).

### Duarte, Carlos (coord.)

*Cambio Global: Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. Ediciones CSIC y Catarata, 2009.

### Energía solar (Blog)

*Historia de la Energía Solar* (en la red) www.dforcesolar.com/energia-solar/historia-de-la-energia-solar/ (Consulta marzo 2010).

### European Commission, DG Energy and Transport

EmployRes *The impact of renewable energy policy on economic growth and employment in the European Union*. Contract n.TREN/D1/474/2006. Karlsruhe, 27 abril 2009. Disponible en: www.ec.europa.eu/energy/renewables/studies/doc/renewables/2009\_employ\_res\_report.pdf

### EurObserv'ER

*The State of Renewable Energies in Europe*, (:8th EurObserv'ER Report). 2008.

*Systèmes Solaires Le journal des Énergies Renouvelables*, n° 194. Solid Biomass Barometer, diciembre 2009.

*Systèmes Solaires Le journal des Énergies Renouvelables*, n° 197. Solar Thermal Barometer, marzo 2010.

*Systèmes Solaires Le journal de l'éolien*, n° 6. Barometer Éolien, marzo 2010.

*Systèmes Solaires Le Journal du Photovoltaïque*, n° 3. Photovoltaic Barometer, abril 2010.

### European Parliamen, Policy Department Economic and Scientific Policy

Bleidchwitz, Raimund et. al. (escri.) *Eco-Innovation putting the EU on the path to a resoruce a energy efficient ecnomy* (:study and briefin notes), 2009.

### Evolución Libre (Blog)

*Energía hidráulica, explotación y uso sostenible* (en la red). 2007 www.evolucionlibre.net/article.php/energia\_hidraulica (Consulta marzo 2010)

### Fernández Muerza, Alex

“Microrredes, una posible revolución energética para los consumidores” (en la red) *Consumer Eroski* www.consumer.es/web/es/medio\_ambiente/energia\_y\_ciencia/2009/03/12/183966.php (Consulta marzo 2010).

### Greenpace, SolarPaces y Estela

Dr. Richter, Christopf / Teske, Sven / Short, Rebecca (escri.) /

Short, Rebecca (ed.) / Cotton, Toby (disen.) *Energía Solar Térmica de Concentración (:Perspectiva mundial 2009)*. junio 2009

### Gualart, Vicente

“Hacia un hábitat autosuficiente”. *El País*. p. 33, sábado 28 de marzo de 2009.

### Hall, Charles A. S.; Day, John W. (Jr)

“Los límites del crecimiento tras el cenit del petróleo”. *Investigación y Ciencia*, n° 397. p. 69-77, octubre 2009. ISSN 0210-136X

### Junta de Andalucía, Consejería de Economía, Innovación y Ciencia, Agencia Andaluza de la Energía

*Datos energéticos de Andalucía 2008*, Agencia Andaluza de la Energía (ed.). 2009.

### Junta de Andalucía, Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa

*Plan Andaluz de Sostenibilidad Energética. 2007-2013* (PASENER). Agencia Andaluza de la Energía (ed.), Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa (ed.), Junta de Andalucía (ed.), 2007.

*Informe de Situación de las Energías Renovables en Andalucía (:Actualización ordinaria marzo de 2010)*

*Situación de la Biomasa en Andalucía*. enero 2008.

### Kammen, Daniel M.

“Auge de las energías renovables”. *Investigación y Ciencia*, n° 362. noviembre 2006. p. 50-59. ISSM: 0210-136X

### Marzo, Mariano

*Barcelona Metropolis Mediterránea*, n° 67 Blog Viaxe a Ítaca. http://viaxeaitaca.blogaliza.org/files/2009/10/Cronologia-da-enerxia.pdf (Consulta marzo 2010)

### Ministerio de Industria y Energía, Secretaría General de la Energía y Recursos Minerales, Instituto Geológico y Minero de España

*La energía Geotérmica*.

### Mohedano, Córdoba / José, Eduardo

*Energía e Historia* (:pocos recursos). (en la red) www.redcientifica.com/imprimir/doc200210070300.html. (Consulta marzo 2010)

### Requejo Liberal, Juan

“El futuro ya no es lo que era”. *La ciudad viva*, n° 3. abril 2010. p. 56-59. ISSN: 1888-5462; DL: SE-850-08 *Territorio y energía. Autosuficiencia conectada*.

*Energías renovables: panorama andaluz* (en edición). 2010.

“El nuevo orden energético territorial”. *Enova. Energías limpia de Andalucía*, n° 3. octubre 2009. p. 52-53.

### Rodríguez Rey, Ignacio

“Minicentrales Hidráulicas y sus Características Ambientales” (en la red) *Jornadas Técnicas de Ciencias Ambientales*. (Madrid, 3 a 14 de noviembre de 2003) www.jornadastecnicas.com/docpdf/Energia\_IgnacioRodriguezRey\_mod.pdf. (Consulta febrero 2010).

### Romero Álvarez, Manuel

*Energía Solar Termoelectrica*. Plataforma Solar de Almería-CIEMAT.

### Ruiz Hernández, Valeriano

*La electricidad Termosolar (:Historia del éxito de la investigación)*. Ediciones Protermosolar, Sevilla. 2010. 512. ISBN: 978-84-614-07

### Ruiz Hernández, Valeriano; Silva Pérez, Manuel Antonio; Lillo Bravo, Isidoro

*La Electricidad Solar Térmica, Tan Lejos, Tan Cerca*. Ediciones Fundación Gas Natural, Gerona, 2009.

### Satyapal, Sunita; Petrovic, John; Thomas, George

“A todo Gas con Hidrógeno”. *Investigación y Ciencia*, n° 369. 2007. p. 76-83. ISSN 0210-136X

### SECVITEL

www.secvitel.com/index.php?option=com\_content&view=article&id=58:breve-historia-del-uso-mundial-de-energia&catid=47:articulos&Itemid=58 (Consulta marzo 2010).

### Smil, Vaclav

*Energy World History*. Westview Press, Boulder, Co. 1994. 352 p.

### Starr, Chauncey; Overbye, Thomas / Grant, Paul M.

“Una red de Energía para la Economía del Hidrógeno”. *Investigación y Ciencia*, n° 360. 2006. p. 52-59. ISSN 0210-136X

### Steffen, W, et. al.

*Global Change and the Earth System (:A Planet Under Pressure)*. Springer-Verlag Berling Heidelberg. New York, 2004. ISBN 3-540-40800-2

### Strobl, Gottfried

*Energías Renovables*. Universidad Tecnológica de Chile. INACAP Santiago, 2008. www.inacap.cl/tportal/portales/tpde7b8d91az109/uploadImg/File/presentaciones/GottfriedStrobl.pdf

## INDICE DE FUENTES

### Šúri M, et al.

*Photovoltaic Solar Electricity Potencial in European Countries.* European Commission, DG Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability. Renewable Energies Unit, TP 450, I-21020 Ispra (VA), Italy. 2006. Disponible en: [http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmmaps/eu\\_opt/PVGIS-EuropeSolarPotential.pdf](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmmaps/eu_opt/PVGIS-EuropeSolarPotential.pdf)

### UNEP / GRID Arenda

Trend in global average surface temperature.(en la red) *Vital Climate Graphics.* 2009. [www.grida.no/publications/vg/climate/page/3070.aspx](http://www.grida.no/publications/vg/climate/page/3070.aspx)

### Universidad Politécnica de Madrid, ETS de Ingenieros de Telecomunicaciones

*Transparencias de la Asignatura de Energía Solar* (en la red) [www.ies-def.upm.es/EnergiaSolar/Transparencias\\_ESOL\\_local.htm](http://www.ies-def.upm.es/EnergiaSolar/Transparencias_ESOL_local.htm) . (Consulta marzo 2010).

### Vaclav, Smil

*Energy World History,* Westview Press, Boulder Co., 2008.

### Vázquez Espí, Mariano

*Una brevísima historia de la arquitectura solar.* (en la red). Instituto Juan de Herrera, Madrid, España (ed.) Universidad Politécnica de Madrid, Biblioteca CF+S (Ciudades para un Futuro más Sostenible). ISSN: 1578-097X [www.habitat.aq.upm.es/boletin/n9/amvaz.html](http://www.habitat.aq.upm.es/boletin/n9/amvaz.html) (Consulta marzo 2010)

### Volker, Quaschning

*Erneubare Energien und Klimaschutz. Hintergründe, Techniken, Anlagenplanung und Wirtschaftlichkeit.* 2008. Carl Hanser Verlag, Munich, ISBN 978-3-446-41444-0

### Wimmer, Robert; Kang, Myung-Joo

*Need-oriented Design for Energy self-sufficient Households* (en la red) Center for Appropriate technology, Vienna University of Technology, 2009. [www.iasdr2009.org/ap/Papers/Orally%20Presented%20Papers/Sustainability/Need-oriented%20Design%20for%20Energy%20Self-sufficient%20Households.pdf](http://www.iasdr2009.org/ap/Papers/Orally%20Presented%20Papers/Sustainability/Need-oriented%20Design%20for%20Energy%20Self-sufficient%20Households.pdf) (Consulta marzo 2009).

### Wuppertal Institut et al.

*Eco-Innovation putting the EU on the path to a resource a energy efficient economy.* Wuppertal Institut for Climate, Environment and Energie. (2009). ISBN: 978-3-929944-77-8

### Página 17

**Consumo de energía mundial y potencial de la energía renovable** Agentur für Erneuerbare Energie. Fuente: FVS/DLR.

### Página 20

**Irradiación solar en España y en Europa** Šúri M, et. al. (2006)

### Página 27

**Distribución del potencial de biomasa en Andalucía** Junta de Andalucía PASENER (2007, p. 65)

### Página 37

**Esquema conceptual de aprovechamiento del calor de la Tierra** Comunidad de Madrid (2008, p. 59 )

### Página 40

**Esquema conceptual de una central maremotérmica** [www.comunidad.eduambiental.org](http://www.comunidad.eduambiental.org)

### Página 43

**Fuente de transformación y uso de las energías renovables** Volker, Quaschning (2008, p. 94).

### Página 48

**Molino de viento Afgano** Inspirada en Hau, Erich (2006, p. 2) (foto del Deutsches Museum, 2006).

### Página 52

**Consumo energético per cápita** Vaclav Smil, (2008).

### Página 56

**Valores medios del consumo eléctrico en una vivienda tipo. EE.UU. 2006-2008** Robert Wimmer, Myung-Joo Kang (2009)

### Página 63

**Recursos y residuos diarios en una ciudad europea de 1 millón de habitantes** I. Dobriss, AEMA.

### Página 67

**Evolución de la actividad humana desde la revolución industrial** W. Steffen, A. Sanderson et al. (2004, p. 15).

### Página 71

#### **Tendencia de la temperatura global media de la superficie**

\*Temperatura combinada de la superficie terrestre, aire y superficie del mar en °C entre 1861 y 1998, relativa a la media de temperatura entre 1961 y 1990. UNEP / GRID Arenda (2009). Fuente: University East Anglia, Norwich, 1999.

### Página 72

**Emisiones de CO<sub>2</sub> por fuentes en Andalucía, 2008** Agencia Andaluza de la Energía (2009, p. 126).

### Página 75

**Evolución de las emisiones de CO2 por sectores en Andalucía** Agencia Andaluza de la Energía (2008, p. 126).

### Página 81

**Esquema de instalación solar colectiva para calentamiento de agua en viviendas** Volker Quaschning, (2008, p. 149)

### Página 89

**Estructura y proceso de una célula solar** Volker Quaschning, (2008, p. 105)

### Página 97

**Empleo que regeneran las renovables en Andalucía** Agencia Andaluza de la Energía (2010).

### Página 98

**Esquema conceptual de vivienda autosuficiente** Elaboración propia.

### Página 116

**Producción de energía eléctrica a partir de energías renovables. Andalucía y otros países** Datos de Agencia Internacional de la Energía (2008) y Agencia Andaluza de la Energía (2008).

### Página 125

**Tendencias de referencia positiva por sectores de actuación de la política energética** Junta de Andalucía, Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa PASENER (2007-2013).

**Fernando Alda**

Fotografías p. 28, 30, 54, 61, 65, 74, 76, 82, 86, 87, 90, 91, 93, 109, 117, 118, 131 y 132

**Javier Andrada**

Fotografías p. 2, 11, 15, 18, 23, 24, 34, 38, 41, 47, 51, 58, 68, 92, 94, 100, 103, 113, 122 y 126

**Jesus Granada**

Fotografía p. 79

**Pepe Morón**

Fotografía p. 73

**Rafaela Rodríguez**

Fotografías p. 62, 70 y 105

**Javier Terrados**

Fotografía p. 134

© de los textos, los autores

© del proyecto gráfico, OMB design

© de las ilustraciones, Harvey Symons

© de las fotografías, los autores

© Agencia Andaluza de Energía

Cortesía de la Agencia Andaluza de la Energía p. 80

© Parque científico tecnológico Geolit

Cortesía del parque científico tecnológico Geolit p. 78, 99

© Andalucía Imagen p. 51

© Pepe Colsa | Photaki p. 57

© Ken Welsh | Design Pics | Corbis p. 88

© SENER | Torresol Energy p. 6

**Juan Requejo Liberal**

Editor

**María José Colinet**

Dirección facultativa de la Agencia Andaluza de la Energía

**Oscar Maríné**

Proyecto gráfico

**Juan Requejo Liberal y Andrés Campos**

Contenidos y textos

**Asistencias Técnicas Clave S.L.**

Producción del proyecto

**Mar Añños**

Editora adjunta

**Harvey Symons**

Ilustraciones

Impreso en Recycle Fenner Redeem,

Fenner Paper Company, Kent, Reino Unido y

PhoeniXmotion, Scheufelen, Lenningen, Alemania

**TF Artes gráficas**

Impresión

**Incluye textos de:**

Kjell Aleklett

Felipe Benjumea Llorente

Jesús Caldera

Albert Cuchí

Jesús Fernández

Miguel Ferrer

Xavier García Casals

Carlos Hernández Pezzi

Domingo Jiménez Beltrán

Federico Mayor Zaragoza

José Manuel Moreno Rodríguez

Fernando Prats Palazuelo

Antonio Ruiz de Elvira

Valeriano Ruiz Hernández

Albert Sasson

© AGENCIA ANDALUZA DE ENERGÍA

D.L.: M-7044-2011

ISBN: 978-84-694-0270-2



**El decisivo papel de la energía en el funcionamiento de la sociedad urbana, industrial y de servicios contemporánea necesita una profunda renovación. Será preciso retomar principios de la sociedad tradicional como la vinculación con el territorio, los ciclos renovables de los flujos y de los inputs o la gestión colectiva de recursos y necesidades. Andalucía dispone de un valioso patrimonio de conocimiento histórico sobre el aprovechamiento energético de fluidos (agua y viento), de biomasa y de la radiación solar. La riqueza de recursos naturales generadores de energía disponible se está utilizando con empeño para configurar un sistema autosuficiente y que no impacte en el medio o desequilibre el ecosistema del planeta. En nuestra región se han experimentado las primeras aplicaciones de la tecnología actual más avanzada, que reproducen, con soluciones más sofisticadas y eficaces, los principios tradicionales de aprovechamiento de las fuentes renovables de energía. Los aerogeneradores de Tarifa, la planta de Tabernas y las termoeléctricas solares de Sanlúcar la Mayor y Fuentes de Andalucía son ya iconos internacionales de una nueva forma de obtener energía utilizando fuentes renovables con un bajo impacto en el medio ambiente.**