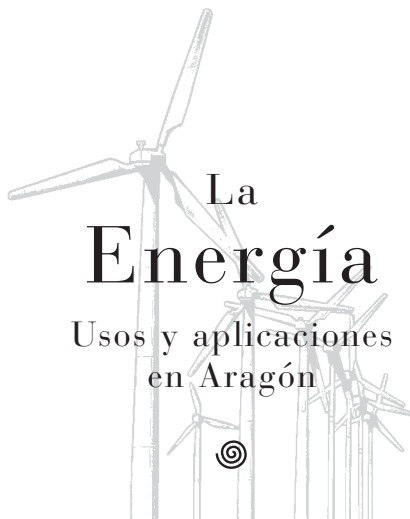


Departamento de Economía – CREA



Equipo 

Dirección:

Guillermo Fatás y Manuel Silva

Coordinación:

M^a Sancho Menjón

Redacción:

Álvaro Capalvo, M^a Sancho Menjón, Ricardo Centellas
José Francisco Ruiz

Publicación nº 80-95 de la
Caja de Ahorros de la Inmaculada de Aragón

Texto: Departamento de Economía — CREA

Coordinación y edición de los apartados técnicos: María Pilar Perla Mateo

Infografías: Pablo Calahorra Subías

I.S.B.N.: 84-95306-77-8

Depósito Legal: Z. 251-01

Diseño: VERSUS Estudio Gráfico

Impresión: Edelvives Talleres Gráficos

Certificados ISO 9002



ÍNDICE



Introducción	5
PERSPECTIVA HISTÓRICA DEL SECTOR ENERGÉTICO	
EN ARAGÓN	7
Los sectores eléctrico y del gas	7
La minería	21
Las energías renovables	26
FUENTES DE PRODUCCIÓN Y CENTROS DE TRANSFORMACIÓN	
DE ENERGÍA	28
Energía hidráulica	28
Gas natural	37
Energía termoeléctrica	40
Cogeneración	51
Energías renovables	59
INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE DE ENERGÍA	90
Electricidad	90
Gas natural	95
Derivados del petróleo	96
PERSPECTIVA GLOBAL DE LA PRODUCCIÓN Y EL CONSUMO	
DE ENERGÍA	98
TENDENCIAS DE FUTURO	107
MARCO NORMATIVO: LA LIBERALIZACIÓN Y REORDENACIÓN	
DEL SECTOR ENERGÉTICO	120
CONCLUSIONES	123
Referencias bibliográficas	125

Tanto los autores como el Equipo de Redacción CAI100 expresan su agradecimiento al Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos (CIRCE)

INTRODUCCIÓN



La energía posee gran relevancia en la vida cotidiana. Acciones habituales, como iluminar una habitación o controlar la temperatura de la calefacción, y también nuestros desplazamientos o la posibilidad de acceder a productos obtenidos en lugares remotos, e incluso el tiempo de ocio, dependen de un suministro suficiente de energía.

Desde el descubrimiento del fuego hasta la fisión del átomo o el aprovechamiento actual de las corrientes de aire, e incluso el de la fuente energética inagotable por excelencia, el sol, la energía y su utilización son una clave de nuestro bienestar. De ahí la existencia de numerosas industrias para su generación y transporte, en sus múltiples formas. El estudio de la energía posee, así, una faceta económica y otra social, pues el empleo y la riqueza generada por el sector y la disponibilidad de los recursos energéticos determinan, en gran medida, el desarrollo de una sociedad.

En Aragón, las principales fuentes de energía son, por un lado, el carbón (cuya explotación está asociada a industrias de transformación en energía eléctrica) y, por otro, la energía hidroeléctrica, por las condiciones naturales de algunas zonas de la Comunidad, que poseen gran cantidad de corrientes de agua y grandes desniveles de terreno; Aragón es una de las Comunidades pioneras en generación

de hidroelectricidad, una de las denominadas energías renovables.

Pero Aragón dista de ser autosuficiente, pues carece de petróleo y de industrias transformadoras, por lo que ha de importar todos sus combustibles empleados (especialmente, los usados para el transporte, derivados del petróleo).

Estas páginas valoran el sector energético en la Comunidad aragonesa sin abrumar al lector con detalles técnicos y cifras. Trazan un breve recorrido histórico del sector ceñido a la producción de energía eléctrica y a la minería energética y detallan algunos conceptos básicos sobre la estructura energética de Aragón, con referencia a las principales instalaciones de producción, transformación, distribución y transporte de energía. Finalmente, repasan las tendencias de futuro y el marco normativo que ha provocado un cambio notable en las actividades energéticas españolas en los años noventa, proceso en el que aún estamos inmersos.

El texto se completa con una serie de apartados de tipo técnico que aparecen recuadrados. Coordinados por María Pilar Perla Mateo, que agradece el apoyo prestado por la Fundación CIRCE, abordan los conceptos básicos de cada forma de producción de energía, sus aplicaciones, ventajas e inconvenientes, aspectos económicos, estado de la tecnología existente y recursos en Aragón.

PERSPECTIVA HISTÓRICA DEL SECTOR ENERGÉTICO EN ARAGÓN



LOS SECTORES ELÉCTRICO Y DEL GAS

El más completo estudio sobre la historia de la energía eléctrica en la Comunidad Autónoma aragonesa es *ERZ (1910-1990). El desarrollo del sector eléctrico en Aragón* (IFC y ERZ, Zaragoza, 1990), obra de varios autores dirigidos por L. Germán Zubero, de cuyos datos se ha nutrido este apartado.

Según Germán, las aplicaciones de la energía eléctrica en Aragón se remontan a 1883, con los primeros alumbrados en Zaragoza, instalados en unos talleres y varios establecimientos públicos. Pero su producción industrial se inició diez años más tarde, con la constitución de las sociedades Electra Peral Zaragozana y Compañía Aragonesa de Electricidad. Ésta, que logró concesiones en el Canal Imperial a su entrada en Zaragoza, generó por primera vez energía hidroeléctrica en el salto de las esclusas del Molino de San Carlos: en 1894 llegaba a Zaragoza la electricidad de origen hidráulico. Desde entonces, el principal sistema de generación de electricidad estuvo vinculado al agua.



Central hidroeléctrica de Canalroya, en el Prepireneo oscense (Foto: DGA)

Con el siglo XX llegaron la corriente alterna, el transporte fluido de alta tensión y el desarrollo de la producción hidroeléctrica. Aragón fue pionero en varios aspectos: el segundo ensayo europeo de transporte de corriente alterna ocurrió en Zaragoza, en 1901, entre el Molino de San Carlos y la ciudad; y en 1904 se realizaron los primeros transportes de tensión de 30.000 voltios en Europa, desde las centrales de Carcavilla y Marracos, en el río Gállego, a la capital aragonesa.

En enero de 1911, se creó Eléctricas Reunidas de Zaragoza (ERZ). Entre 1914 y 1918, la empresa Catalana de Gas

construyó una central hidroeléctrica en Seira (Huesca). Durante la I Guerra Mundial, Huesca se consolidó como la segunda provincia española, tras Lérida, en generación de electricidad.

En los años veinte y treinta, la producción hidroeléctrica creció a ritmo muy superior al español, pues Aragón se beneficiaba de una abundante y barata producción energética para la instalación de fábricas de moderna tecnología que consumían mucha electricidad y que fueron la base del desarrollo industrial y demográfico de municipios como Sabiñánigo y Monzón.



Generador de la central de Embid de la Ribera, Zaragoza (Foto: DGA)

Tras la guerra de 1936, que no causó daños graves en la infraestructura eléctrica española, dado su carácter estratégico, se intensificó el uso de esta fuente de energía por el difícil aprovisionamiento de carbón y petróleo. Entre 1940 y 1960, el sector experimentó un gran desarrollo y modernizó sus instalaciones. En el Pirineo se crearon nuevas centrales (San José, 1949; La Sarra, 1954; y Escales, 1955, en Huesca) y se intensificó el aprovechamiento de los lignitos de las cuencas turolense y zaragozana con la construcción de las térmicas de Aliaga (1950) y Escatrón (1952).

La importancia de la participación aragonesa en el conjunto español se mantuvo por el incremento de la producción eléctrica local (del 10 a 14% del total nacional). Pero la creación de empresas generadoras fue más lenta en Aragón que la media española.

Aragón consumía algo menos de la mitad de la energía que producía. El resto se destinaba a otras regiones, como Cataluña y el País Vasco, lo que originó la extendida creencia de que la aragonesa es una Comunidad exportadora de energía (y lo es, pero sólo de electricidad, no de otras fuentes energéticas).

En los años cuarenta, la principal fuente seguía siendo la hidroelectricidad. En la década siguiente la situación cambió al inaugurarse la central térmica de Aliaga, que duplicó la capacidad de producción; la termoelectricidad aventajó por primera vez a la energía hidroeléctrica.

En España, en 1944 se creó Unidad Eléctrica, S. A. (UNESA), que agrupaba a las empresas más importantes del sector, entre ellas, dos radicadas en Aragón: ERZ y Energía e Industrias Aragonesas (EIASA). Asimismo, el Estado inició su intervención en esta industria: en 1942 nació la Empresa Nacional Calvo Sotelo (ENCASO); en 1944, la Empresa Nacional de Electricidad, S. A. (ENDESA) y, en 1946, la Empresa Nacional Hidroeléctrica Ribagorzana (ENHER).

Entre 1944 y 1954, la producción eléctrica atravesó un periodo de crisis. La energía generada en España no bastaba para atender al mercado nacional. La “congelación” estatal de las tarifas eléctricas desincentivó la inversión de las empresas del sector, pues suponía una pérdida de rentabilidad, mientras que por otra parte estimulaba el consumo. La sequía que afectó al país desde 1944 agravó la situación, por su incidencia en la producción de hidroelectricidad. Sin embargo, entre 1945 y 1949 se ejecutó un amplio plan de construcciones que cuadruplicó la potencia instalada e incrementó la participación de las centrales térmicas sobre el total de energía producida, por lo que, desde 1953, las restricciones al consumo eléctrico prácticamente desaparecieron.

Con el Plan de Estabilización de 1959 aumentaron la producción y el consumo y en 1960 se liberalizó el comercio exterior de energía eléctrica. Además, se desarrolló la



Instalaciones de la central hidroeléctrica de Mediano, Huesca (Foto: CHE)

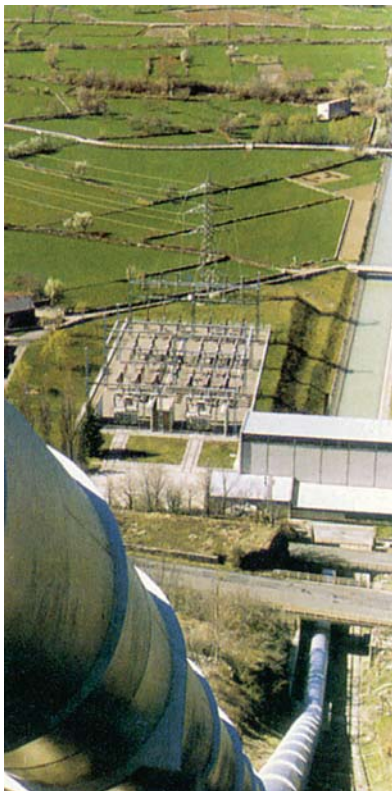
red de alta tensión a escala nacional, lo que permitió intercambios de energía entre zonas y empresas y garantizó el suministro a las grandes concentraciones urbanas e industriales.

La incipiente apertura de España al comercio internacional permitió diversificar e incrementar las fuentes de energía, pero también produjo dependencia exterior: entre 1960 y 1974, la participación del petróleo en la oferta pasó del 28,8 al 66,9%, en detrimento de otras fuentes como el carbón y la energía hidráulica.

En Aragón se construyeron el primer enlace internacional a 220 kilovoltios (kV) a través del Pirineo, la línea de Biescas a Pragnères (Francia) por Bujaruelo, las redes del eje del Ebro y el enlace entre Francia, los Pirineos y Zaragoza. También, las subestaciones de Escatrón, Monte Torrero y Villanueva de Gállego. Hubo un fuerte aumento del consumo neto de electricidad en la región y se mantuvo un saldo claramente excedentario: un 40% de la producción bruta era para abastecimiento propio, cifra que llegó, en los años sesenta, al 55%.

En aquella época, la Compañía del Gas de Zaragoza, S. A. (que producía y distribuía gas manufacturado en la ciudad desde 1927) creció muy despacio por la competencia de los derivados del petróleo (fuel-oil, gasóleo y gases licuados en botellas), que adquirieron un considerable peso como energía para uso doméstico y de calefacción. La compañía también actuó como distribuidora de bombonas de gas butano.

En los años cincuenta y sesenta aumentaron las ventas y las inversiones en el sector eléctrico, por el incremento del consumo y por las costosas instalaciones necesarias para su producción y distribución. En los sesenta se produjo el definitivo aprovechamiento



*Canalización de un cauce de agua para su aprovechamiento en una central hidroeléctrica
(Foto: DGA)*

hidroeléctrico de los ríos aragoneses. Crecieron la potencia instalada y los excedentes de energía en la región, así como el consumo interno, a causa de la mayor industrialización y la promoción del uso de la electricidad. Esto permitió crear y ampliar industrias con altas necesidades de este recurso (electrometalúrgicas, del aluminio y químicas), la mayoría de las cuales se autoabastecía por centrales hidroeléctricas propias.

En cuanto a distribución y suministro, en este periodo se fusionaron casi todas las empresas aragonesas de cierta importancia en el sector. Las productoras ya establecidas en Aragón ampliaron sus instalaciones; ENHER concluyó la explotación hidroeléctrica integral del Noguera Ribagorzana y puso en funcionamiento las centrales correspondientes a las mayores obras aragonesas: Mequinenza en el Ebro y El Grado y Mediano en el Cinca. Por su parte, ERZ construyó en 1969 la central de bombeo de Ip, en Canfranc, y Unión Térmica creó la térmica de Escucha en 1970, la primera en España de ese tamaño con refrigeración por aire.

La crisis del petróleo de 1973 incidió en la economía española hacia 1976, de forma más tardía y grave que en otros países. El retraso se debió a la delicada situación política del país, pues las autoridades estimaron que el aumento de los precios añadiría tensión a una situación de por sí muy complicada y pospusieron las medidas necesarias para atenuar la crisis.

Esa coyuntura obligó a mantener unas estructuras industriales y de transporte dependientes de la aportación del petróleo como fuente básica. Mientras en la mayoría de los países desarrollados industria y consumidores se adaptaron a unos precios energéticos muy superiores, la economía española acumuló retrasos que, después, impedirían una competencia eficaz; ello provocó una larga crisis económica cuyo principal reflejo fue la elevada tasa de paro que desde entonces arrastra España.

En Aragón, la crisis determinó un aumento de la generación de electricidad a partir del carbón de las cuencas de Teruel y Mequinenza, dada la necesidad de sustituir el fuel-oil.

Los Planes Energéticos

Las políticas económicas intentaron reducir esta situación de dependencia. Muchas de ellas se iniciaron con los Planes Energéticos de 1975 (aplicados desde 1978) y 1979: entre otras medidas, establecían criterios de uso máximo de carbón nacional (especialmente, lignito), potenciación de aprovechamientos hidroeléctricos, freno a la instalación de nuevas centrales de fuel y gas y uso de recursos nucleares en cuantía bastante para satisfacer la demanda.

Con ello, la incidencia del petróleo bajó del 69 al 50% entre 1974 y 1984, y la del carbón aumentó del 15 al 26%. El sector eléctrico también se transformó, por su adapta-

ción a la crisis económica y la progresiva intervención estatal en su regulación. Entre 1975 y 1985, la producción y el consumo de energía eléctrica aumentaron más que el Producto Nacional Bruto, lo hizo del sector eléctrico uno de los motores de la economía. Mantuvo su saldo exportador positivo y se construyeron grandes centrales térmicas de carbón y nucleares de segunda generación, así como pequeñas centrales hidráulicas e infraestructuras para centrales de bombeo. En Aragón se crearon la central térmica de Andorra (Teruel) y las hidráulicas de Lanuza y Moralets de Aneto (Huesca), esta última, de bombeo.

En ese periodo, la producción hidroeléctrica media aragonesa era el 11% de la nacional y la termoeléctrica casi se cuadruplicó (del 4 al 14%). Aragón, cada vez más excedentario, consumía menos del 40% de su producción. Subieron las tarifas de electricidad y hubo cambios profundos en las estructuras productivas, para adaptarse al encarecimiento de los combustibles, a la inflación y al aumento de los costes financieros. En 1984, el Ministerio de Industria y Energía presentó a las empresas eléctricas un proyecto de racionalización industrial y financiera basado en el intercambio de activos productivos y zonas de mercado.

Renovación y construcción de centrales

Escatrón ocupó entre 1967 y 1976 un lugar destacado en la producción termoeléctrica en Aragón (casi un 49% del

total regional y un 31% del nacional). Pero a principios de los ochenta ya daba señales de envejecimiento; algunos de sus grupos estaban fuera de servicio y su potencia instalada había pasado de 172 a 62,5 Megavatios (MW). Se planteó, pues, su renovación, con tecnologías modernas que cumplieran las más estrictas normas de protección ambiental. En 1991 se pusieron en marcha las nuevas instalaciones, con una potencia instalada de 80 MW, que generaban electricidad mediante una caldera de lecho fluido, a partir de lignito regional, y que emitían a la atmósfera una cantidad muy inferior de azufre.



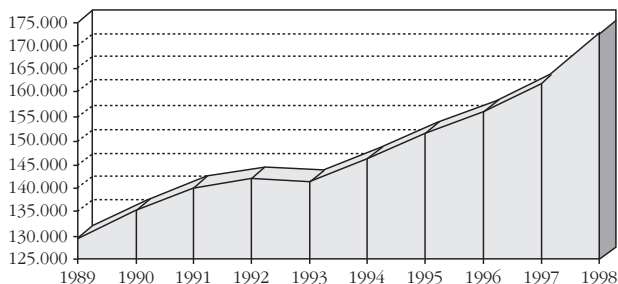
Central térmica de Escatrón, Zaragoza (Foto: Luis Serrano)

Entre 1979 y 1980, ENDESA instaló una gran central de carbón en Andorra, con 1.050 MW de potencia, que supuso un cambio trascendental en la estructura del sector eléctrico en Aragón, pues, además de duplicar la producción regional, ésta pasó a ser principalmente de origen térmico. Aún así, se potenciaron las pequeñas centrales hidroeléctricas, se recuperaron algunas antiguas (Villanúa, Marracos o Carcavilla) y se promovieron proyectos (entre ellos, las centrales de Casablanca y Castiello de Jaca) por las empresas del sector y las administraciones locales.

En 1981, por el envejecimiento de sus instalaciones y la aprobación de una normativa medioambiental más exigente, paró la central térmica de Aliaga. En ese año, ENHER comenzó a construir la central de bombeo de Moralets de Aneto sobre el Noguera Ribagorzana.

El Plan Energético Nacional de 1983 impuso la nacionalización de la red de alta tensión, que pasó a la sociedad Red Eléctrica de España. La posición de Aragón como nudo de enlace entre Cataluña, Centro y Levante se vio potenciada con la construcción de las nucleares de Ascó y Vandellós (Tarragona) y Cofrentes (Valencia), y con la térmica de Andorra; se proyectó la subestación “Aragón” en Castelnou, de 380 kV, nuevo nudo de interconexión entre las zonas citadas. También se planteó, para 1987, el trazado de las líneas de enlace por el Valle del Ebro hacia el País Vasco y hacia Francia por Gistaín.

EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN ESPAÑA
(GWh)



Mientras, el consumo eléctrico creció en Aragón a un ritmo del 3,5% acumulativo anual, menos que la media nacional, a pesar de la instalación de la planta de General Motors en Figueruelas, que, desde 1982, es la mayor consumidora regional de energía eléctrica (200 millones de kW/h anuales).

La integración de España en la Comunidad Económica Europea, en 1986 (y, por ende, en la CECA —Comunidad Europea del Carbón y del Acero— y en EURATOM —Comunidad Europea de la Energía Atómica—), implicó la de la legislación comunitaria sobre energía. Con vistas al futuro Mercado Único Europeo, había que superar las notables diferencias existentes entre los países de la Unión, por sus variadas políticas energéticas y su distinta dotación de recursos naturales.

La integración coincidió con los cambios más decisivos en la historia del sector eléctrico español, especialmente en su estructura empresarial. Se alcanzaron acuerdos sobre intercambio de activos, de instalaciones, entre empresas, para racionalizar el sector y lograr menores costes para el suministro eléctrico a largo plazo. La principal consecuencia para Aragón fue la integración de ERZ en ENDESA, que adquirió la mayoría del capital de aquélla.

En cuanto al gas, hasta 1980 la Compañía del Gas de Zaragoza continuó su distribución, aunque sufrió los encajecimientos de la materia prima y la competencia de otros productos energéticos. La producción de gas manufacturado bajó, entre 1975 y 1980, de 15 a 10 millones de m³. Al aprovechar la construcción, entre 1979 y 1982, del gasoducto para gas natural desde la planta de Barcelona hasta Zaragoza y el País Vasco, el consumo de este producto aumentó progresivamente en Aragón.

Poco después se localizaron yacimientos de gas natural en la Serrablo (Huesca), entre Jaca y Sabiñánigo, cuya explotación comenzó en 1984. La sociedad Gas Huesca, S. A., creada para distribución y venta de gas natural en la capital oscense, construyó el enlace del gasoducto Sabiñánigo-Zaragoza con Huesca, lo que permitía la gasificación de las zonas residenciales.

La Distribuidora de Gas de Zaragoza abrió en la capital una planta de aire metanado con 12.000 m³/h de capacidad

y sustituyó gran parte de la antigua red de distribución y de las acometidas domiciliarias. Se implantaron sistemas de suministro de gas natural puro a zonas urbanas, a partir del gasoducto Barcelona-Zaragoza-Bilbao, que enlazaba con el que transportaba la producción de Serrablo. Estos yacimientos se explotaron hasta 1989, en que se agotaron sus reservas; desde entonces se han usado para almacenamiento, aprovechando su estructura natural.

A finales de los ochenta se construyó en Cuarte (Zaragoza) una central eléctrica que produce a partir de la expansión de gas natural, única en España.

LA MINERÍA

La minería del lignito cuenta con una larga tradición en Aragón. Ya en la Edad Moderna se empezaron a utilizar con cierta intensidad los lignitos de Utrillas para consumos domésticos, abastecimiento de fraguas y fabricación del fijador textil llamado alumbre. Con el fin de aprovechar estos yacimientos, se fueron instalando en las proximidades fábricas de vidrio e industrias que producían acero en crisoles, dos de ellas en Utrillas (en 1798) y otra en Mas de las Matas.

El principal problema que había que superar para lograr un rendimiento aceptable de estos yacimientos era el elevado coste que suponía el transporte de los minerales

hasta los puntos de consumo. El desarrollo de las explotaciones habría comenzado antes si se hubiera contado con un ramal ferroviario que las conectase con el Ferrocarril Central de Aragón, pero hasta la constitución de la Sociedad de Minas y Ferrocarriles de Utrillas, en 1901, no se construyó una línea ferroviaria (que se puso en marcha en 1904) que uniera las cuencas mineras turolenses con Zaragoza.

También se utilizó el transporte fluvial. En Mequinena se sacaba el mineral al Ebro, pues había un embarcadero a 200 m de la mina. En esta zona también se recurría a la línea férrea Zaragoza-Lérida, pero esta salida tenía menor viabilidad económica.

Entre 1901 y 1930 se construyeron varias sociedades para la explotación de yacimientos de carbón aragoneses: además de la Sociedad de Minas y Ferrocarriles de Utrillas, figuraban entre otras la Sociedad General de Carbones de Teruel, Charbon et Forces Motrices de Aragón (que explotaba yacimientos de la provincia de Huesca), Antracitas de Sallent, Compañía Explotadora Mina Previsión, en Zaragoza, y Carbones Escucha, S. A., en Teruel.

En la segunda mitad del siglo XX, el carbón ha sido la principal fuente de producción energética nacional. En Aragón, sin embargo, se situaba detrás de la energía hidroeléctrica. En esta época el carbón comenzó a perder cuota

de mercado en relación con otros combustibles como el petróleo, pero a mediados de los setenta se produjo un relanzamiento de la minería del lignito como consecuencia de la subida espectacular del precio del petróleo.

Entre 1985 y 1992 disminuyó la producción de lignito de las cuencas aragonesas, aunque después se observó una recuperación de la misma, que se mantuvo estable hasta 1997. La trayectoria del empleo en este sector, sin embargo, es descendente a lo largo de estos años.

Tras la entrada de España en la Comunidad Económica Europea, la minería tuvo que ajustarse a las directrices marcadas por la CECA. Ello determinó, entre 1991 y 1993, la explotación de la minería a cielo abierto en Aragón, para tratar de equilibrar la de las cuencas subterráneas no competitivas.

En la actualidad, el sector carbonífero se encuentra en un proceso de ajuste basado en el Plan de la Minería del Carbón y Desarrollo Alternativo de las Cuencas Mineras para el periodo 1998-2005; el descenso en el número de empleos de la minería ha sido continuo y en ello ha tenido una incidencia especial esa inevitable transformación de la minería subterránea en minería a cielo abierto (menos intensiva en mano de obra). El Plan citado incluye medidas destinadas al desarrollo de infraestructuras, a la formación profesional y a proyectos alternativos generadores de empleo.



Mina La Oportuna, en Andorra, Teruel (Foto: F. J. Sáenz)



Mina de carbón a cielo abierto en Castel de Cabra, Teruel (Foto: F. J. Sáenz)

El sector del carbón en general está sufriendo grandes cambios derivados de las directrices de la Unión Europea, tanto en relación con la liberalización del mercado de carbón como en la limitación de emisiones de azufre procedentes de la combustión. Estos cambios han perjudicado a la producción de lignito aragonés, dado que los límites de SO₂ dificultan su uso en las centrales a no ser que éstas instalen sistemas de desulfuración. Como ya se dijo, la renovada central de Escatrón posee una tecnología “limpia” constituida por un grupo de combustión en lecho fluidizado a presión. Además, en 1998 entró en funcionamiento en la central de Andorra una planta de desulfuración destinada a reducir al mínimo las emisiones contaminantes.

La principal consecuencia para Aragón de la política europea de liberalización en este sector ha sido la disminución de la compra de carbón nacional por parte de las centrales, puesto que el precio del lignito aragonés es más alto que el internacional del carbón. Los consumidores han notado el efecto positivo que supone una reducción en sus facturas por consumo de energía; pero la reestructuración de un sector económico tan importante para una zona como la turolense, que padece unos graves problemas de despoblación y carencia de buenas comunicaciones, hace preciso que todas las Administraciones Públicas tomen medidas que permitan la instalación de nuevas actividades económicas, alternativas a las de la minería.

LAS ENERGÍAS RENOVABLES

En la década de los ochenta se empezó promocionar la investigación de nuevas fuentes de energía renovable, como la biomasa o la energía eólica.

En 1983, ERZ participó en la creación de una nueva empresa, Energías Renovables, S. A., cuya finalidad era el aprovechamiento energético de la biomasa. En 1984 construyó una instalación para la obtención de gas a partir de vinazas del proceso de fabricación del vino (orujo prensado de las uvas). Entró a participar, además, en diversos estudios sobre energías alternativas.



Sistema de electrificación rural en Castejón de Sos, Huesca (Foto: DGA)

En cuanto a la energía eólica, su desarrollo comenzó en Aragón en 1980, con la instalación de un centro eólico experimental en Candasnos.

En 1987 se inauguró el parque eólico de La Muela, promovido por la Diputación General de Aragón, el IDAE y ENDESA: este parque eólico, con

360 kV de potencia inicial instalada, era el mayor de España en ese momento.

En 1990 se llevó a cabo un proyecto experimental en un plan de electrificación rural en Rueda de Jalón, en el que se integraron dos recursos: un motor diesel de 15 kW junto con una aeroturbina eólica de 30 kW, aplicados a la alimentación de un grupo de bombeo para riego.

Al año siguiente se desarrollaron, en Sos del Rey Católico, otros proyectos de electrificación rural basados en la integración de dos recursos energéticos, con la puesta en marcha de cuatro aerogeneradores de 250 W combinados con paneles fotovoltaicos.

En 1994 empezó a funcionar el parque eólico “Aragón”, en La Muela, y dos años después los parques “Borja I” y “La Plana II”, situados en Borja y la zona de La Muela-María de Huerva, respectivamente. Por último, en 1998 se establecieron cuatro parques más: La Muela II, Puntaza de Remolinos, Valdecuadros y El Pilar.

La Agencia Internacional de la Energía (AIE) expresa sus balances en una unidad común, la tonelada equivalente de petróleo (tep), que se utiliza para valorar la producción de las diversas energías. Un tep es el equivalente de energía que puede obtenerse a partir de una tonelada de petróleo, en unas condiciones internacionalmente especificadas (1 tep = 10.000.000 kilocalorías).

FUENTES DE PRODUCCIÓN Y CENTROS DE TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA



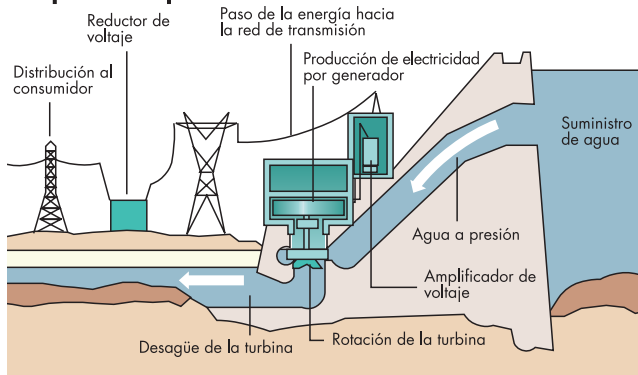
ENERGÍA HIDRÁULICA

Centrales hidroeléctricas

Una central hidroeléctrica es el conjunto de instalaciones necesarias para transformar la energía potencial de un salto de agua en energía eléctrica disponible. El agua almacenada en un embalse o directamente procedente del río es conducida hacia la turbina mediante una tubería, llamada “tubería forzada”, en la que el agua circula a gran presión.

Las turbinas hidráulicas transforman la energía cinética y potencial del agua en energía mecánica de rotación. Disponen de elementos capaces de regular el caudal de agua turbinado para incrementar o disminuir la potencia generada. Esa energía se transmite mediante un eje al generador eléctrico, donde se transforma en energía eléctrica, y pasa a un transformador que aumenta el nivel de tensión y baja el valor de la corriente; de esta forma, la energía puede ser transportada por las líneas eléctricas hacia el lugar de consumo, que puede estar a miles de kilómetros de distancia. La clasificación de las centrales hidroeléctricas atiende a dos criterios fundamentales: la potencia instalada y la forma en que se aprovecha el agua.

Etapas de la producción de electricidad



Se denomina microcentrales a las de potencias inferiores a 100 kW, minicentrales a las de potencias entre 100 kW y 10 MW, y centrales a las de potencias superiores a 10 MW. La separación entre centrales, microcentrales y minicentrales comporta una diferenciación administrativa, puesto que las segundas pueden acogerse a la categoría de autogeneradores, con las ventajas que esto supone.

Según la forma en que aprovechan el agua, hay centrales de agua fluyente, de embalse y mixtas.

■ Las **centrales de agua fluyente** son instalaciones que, mediante un azud y una obra de toma en el cauce del río, derivan una porción de agua que es devuelta al mismo tras ser turbinada. También pueden ser centrales situadas en el mismo

cauce del río que aumentan el salto de agua mediante un azud. Son de este tipo las centrales de Huérmeda, Morés o Casablanca. En ninguno de los dos casos existe la posibilidad de regular el caudal turbinado, que depende del caudal del río.

■ Las **centrales de embalse** utilizan lagos o pantanos artificiales en los que se acumula el agua que, posteriormente, será turbinada por la central, situada al pie de la presa, en función de las necesidades energéticas. En esta categoría se encuentran las *centrales de regulación* —capaces de almacenar grandes cantidades de agua para ser utilizada en épocas de bajos caudales o cubrir las necesidades energéticas de horas punta— y las *centrales de bombeo*, que elevan agua en momentos de baja demanda energética (horas valle), la acumulan en un embalse y la turbinan en momentos de elevada demanda energética (horas punta); por ejemplo, las de Ip y Moralets.

■ Las **centrales mixtas** disponen de una pequeña presa que cierra una garganta estrecha que permite aumentar la altura del salto sin inundar grandes superficies. El edificio de la central se halla situado lejos de la presa y recibe el agua de igual forma que lo hace una central de tipo fluyente. Ejemplos de este tipo de instalación son las centrales de La Morana y La Morca.

El aprovechamiento de los recursos hidráulicos para la generación de energía hidroeléctrica ha tenido tradicionalmente una gran importancia en Aragón. Actualmente existen 87 centrales hidroeléctricas en la región, con una potencia instalada (capacidad de generación de energía

por unidad de tiempo) de 1.521 MW. La producción de estas centrales alcanzó los 3.776 Gigavatios-hora (GWh) en 1997 y 3.663 GWh en 1998. En el cuadro figuran las centrales más importantes.

Central	Puesta en servicio	Cuenca	Propiedad	Potencia instalada (MW)	%	Producción (GWh al año)	%
Mequinenza	1964	Ebro	ENHER	324,0	21,3	826,7	21,9
Mediano	1969	Cinca	ENHER	66,4	4,4	192,2	5,1
Biescas II	1969	Gállego	ERZ	62,0	4,1	187,2	5,0
Lafortunada-							
Cinca	1923	Cinca	ERZ	42,0	2,8	171,0	4,5
Eriste	1969	Cinca	ERZ	80,0	5,3	149,5	4,0
Escalés	1964	Noguera	ENHER	36,0	2,4	144,1	3,8
		Ribagorzana					
El Grado II	1968	Cinca	ENHER	27,2	1,8	132,3	3,5
Lanuza	1997	Gállego	ERZ	52	3,4	109,7	2,9
Resto centrales				831,5	54,6	1.863,3	49,3
Total				1.521,1	100	3.776,0	100

Fuente: Atlas de recursos hidroeléctricos de Aragón. 1998

El reparto de potencias por provincias pone de manifiesto las diferentes condiciones climáticas y orográficas existentes. El 72% de la potencia instalada en Aragón corresponde a Huesca (que, en 1997, era la sexta provincia española en cuanto a capacidad de generación de electricidad); el 26%, a Zaragoza, y el 2% restante, a Teruel. Estas proporciones

se repetían en cuanto a la producción de energía hidráulica total de la región, pues en su mayor parte se concentra en los valles del Pirineo y en el Somontano oscense, así como en el último tramo aragonés del Ebro.

La cuenca del Ebro es, junto con las del Norte y del Duero, una de las más importantes del territorio nacional en aprovechamiento hidráulico, con 3.932 MW de potencia instalada en 1997, de los que el 38% se localizaba en la Comunidad Autónoma aragonesa; ello se debe, fundamentalmente, a la altitud y el abrupto relieve de los Pirineos, factores que facilitan la instalación de centrales hidráulicas.



Presa y central hidroeléctrica de Mequinzenza, Zaragoza (Foto: Luis Serrano)

El río aragonés más destacado en cuanto a número de centrales hidroeléctricas (28), potencia instalada (444 MW) y producción eléctrica en su cuenca (1.550 GWh, el 39% del total de Aragón) era el Cinca.

Las centrales del Ebro generan el 23,5% de la hidroelectricidad de la región (merced a la gran capacidad de la central de Mequinenza, la más grande de Aragón); las del Gállego, el 21,5%, y las del Noguera Ribagorzana, el 10,44%.

CENTRALES HIDROELÉCTRICAS POR CUENCAS

Cuencas	Número centrales	Potencia instalada (MW)	Producción (GWh/año)
Cinca	28	433,9	1.389,8
Eje del Ebro	8	372,2	1.007,8
Gállego	19	245,2	819,3
Noguera Ribagorzana	6	306,2	358,9
Aragón	6	119,5	132,3
Arba	1	5,0	25,0
Jalón	7	5,4	17,9
Queiles y Huecha	4	3,3	10,9
Guadalope	5	9,8	9,6
Martín	1	1,2	4,4
Mijares	2	19,3	n. d.
Total	87	1.521,1	3.776,0

Fuente: Atlas de Recursos Hidroeléctricos de Aragón.

Aunque en este sector actúan muchas compañías, dos grupos empresariales, ENHER y ERZ (ambos, pertenecientes a ENDESA), suman más del 80% de la potencia instalada y de la producción total de las centrales aragonesas.

El aprovechamiento hidroeléctrico depende básicamente de dos aspectos: disponer de una aportación hídrica del curso del agua suficiente y regular, y la presencia de desniveles que permitan la creación de saltos aprovechables. Según las estimaciones del MOPT, el potencial hidroeléctrico bruto (es decir, el que sería capaz de desarrollar el agua en su descenso por los cauces de los ríos) estimado en la cuenca del Ebro es de 38.100 GWh (según el MINER, 40.060 GWh). Si se toma como referencia la producción en esta cuenca en 1996, de 10.876 GWh, el porcentaje de utilización es del 23,5%. Pero hay que tener en cuenta que 1996 fue un año excepcional (en 1995 se produjeron 6.608 GWh). El mayor aprovechamiento hidroeléctrico se da en el Cinca y en el eje del Ebro, que acaparan el 54% de las centrales hidroeléctricas y casi el 64% de la energía hidroeléctrica producida en Aragón.

Aragón es la Comunidad Autónoma cuyo potencial desarrollo en explotaciones hidroeléctricas es más favorable. A partir de los estudios del MOPT, se estima que en la cuenca del Ebro podrían aún instalarse 626 MW, en centrales de potencia inferior a 10 MW, y 2.866 MW en grandes centrales. Gran parte de estas nuevas instalaciones correspondería a Aragón, dado el alto nivel de aprovechamiento del Ebro en Cataluña.

No obstante, el desarrollo futuro de esta energía debe tener muy en cuenta el impacto medioambiental que toda obra supone en el cauce de un río. Cuando se trata de grandes centrales, este inconveniente es importante y lleva asociado el alto coste social derivado de la inundación de pueblos, aunque estas obras permiten otros usos tales como regulación del cauce, regadíos... En el caso de las minicentrales, el impacto es mínimo, e incluso pueden mejorar el estado del cauce.

En el saldo positivo, las explotaciones hidroeléctricas no producen contaminación y el agua no sufre deterioro, por lo que puede ser utilizada también para otros fines (riegos, usos sanitarios o industriales). El agua como fuente de energía permite un almacenamiento y la regulación en su uso, lo que constituye una trascendental ventaja con respecto a otras fuentes renovables de carácter aleatorio, como la solar y la eólica; se puede considerar que, entre las renovables, la energía hidroeléctrica es la de mayor calidad, por la posibilidad de dosificarla y explotarla en espacios de tiempo estratégicos (cobertura energética en horas punta).

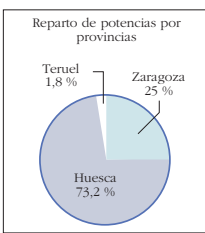
En comparación con los procesos térmicos (centrales nucleares con un rendimiento del 33% y térmicas convencionales con un rendimiento del 38,5%), por cada GWh producido (una central hidroeléctrica de 1.000 kW funcionando durante 1.000 horas a potencia nominal) se evita quemar 223 toneladas de petróleo, 248.000 m³ de gas natural, 319 toneladas de carbón ó 25 kilos de uranio natural.

ESQUEMA DE CENTRALES HIDROELÉCTRICAS DE ARAGÓN, POR POTENCIAS



- Menos de 500 kW
- Entre 500 y 5.000 kW
- Entre 5 y 10 MW
- Entre 10 y 50 MW
- Más de 50 MW

Total: 87 centrales.
 Potencia total instalada: 1.521,113 MW
 Producción total: 3.775,961 GWh (174,085 MW y 685,881 GWh corresponden a las centrales inferiores a 10 MW).
 Datos de E.R.Z. y C.H.E. correspondientes a los valores de año medio (1997).



La tecnología para la generación de energía hidroeléctrica no necesita inversiones en investigación para demostrar su viabilidad. Los rendimientos globales se sitúan en torno al 85-90%. Los avances más significativos se hallan en el control de las centrales. Hoy, prácticamente todas las centrales se encuentran automatizadas mediante autómatas programables y telemandadas desde el centro de control de la compañía productora, que emite las órdenes de puesta en marcha, paro o incremento de potencia en función de la demanda energética. Además, las centrales pueden ser monitorizadas mediante programas que permiten visualizar su estado, almacenar datos o controlar la instalación de forma sencilla.

También se esperan avances importantes en la reducción de costes, mediante la estandarización de equipos, el uso de nuevos materiales y el desarrollo de microturbinas que permitan aprovechar pequeños saltos, así como mejoras en obra civil con nuevos sistemas de construcción, uso de materiales prefabricados y presas hinchables.

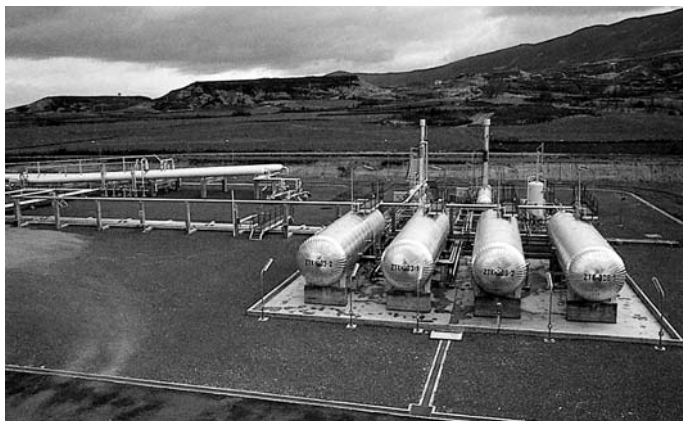
GAS NATURAL

El gas natural se halla en yacimientos subterráneos, solo o asociado al petróleo. Está constituido por los componentes más volátiles que resultan del proceso de formación del petróleo, sobre todo metano, con pequeñas proporciones de otros hidrocarburos gaseosos (etano, propano y butano) e impurezas. Tal como se extrae, es un producto incoloro e inodoro, no tóxico y más ligero que el aire.

En la actualidad, Aragón no tiene producción propia de gas natural, por lo que para cubrir las necesidades de este producto se recurre a la importación, principalmente de Argelia y los países nórdicos. El gas natural entra en territorio aragonés a través de un gasoducto principal y se distribuye a los puntos de consumo mediante una serie de ramales y anillos.

Desde los años sesenta se han realizado exploraciones en busca de esta fuente energética por el Pirineo central y occidental, con la única recompensa del yacimiento descubierta en la comarca de Serrablo. La extracción de gas natural en esta zona, como ya se ha comentado, se realizó entre 1984 (durante ese año y el siguiente fueron las únicas explotaciones a escala nacional) y 1989, en que se agotaron sus reservas. Las prospecciones continuaron, y aunque en 1995 concluía el contrato con Repsol (empresa concesionaria de la explotación) para la extracción de ese depósito de gas, se ha asegurado la continuidad de sus instalaciones como zona de almacenamiento subterráneo. Este hecho tiene gran trascendencia, ya que una red aragonesa de gas bien dotada puede facilitar el contacto con infraestructuras internacionales y, en el futuro, servir de enlace para que este tipo de energía llegue de forma estable a la Comunidad.

El gas natural está sustituyendo poco a poco a otros combustibles fósiles (sobre todo, en el sector industrial),

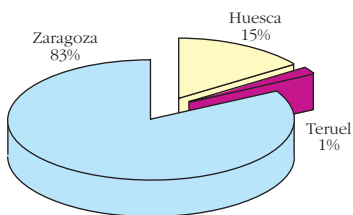


Explotación de gas natural en Serrablo (Foto: DGA)

pues su combustión es más limpia y la tecnología que lo emplea posee un rendimiento superior. Además de este factor, en el aumento progresivo del consumo primario y final de esta fuente en Aragón influye el mayor número de centrales instaladas de cogeneración que utilizan gas.

Por provincias, Zaragoza es la que mayor cantidad de gas natural consume. Su buena distribución (la principal arteria del gasoducto dibuja un eje a lo largo de su territorio) y la actividad industrial desarrollada en la zona han determinado el paulatino incremento del consumo de esta materia prima, sobre todo en las centrales de cogeneración, cada vez más numerosas.

PORCENTAJE DEL CONSUMO DE GAS EN ARAGÓN POR PROVINCIAS (1998)



El consumo final de gas natural por habitante en Aragón, el 0,47%, está algo por debajo de la media de la UE (0,63%) y muy por encima de la española (0,19%).

La empresa pública ENAGAS es la encargada de la distribución y suministro de gas natural al sector industrial y, en general, al por mayor, a través del gasoducto y sus ramificaciones. Por su parte, la Compañía Gas Aragón, S. A., se ocupa de la distribución y suministro a los sectores residencial y comercial, mediante la canalización urbana.

ENERGÍA TERMOELÉCTRICA

La energía termoeléctrica ocupa un destacado lugar en la producción de electricidad en España. La termoeléctrica de carbón cubre entre el 35 y el 45% del total, y la termoeléctrica nuclear, aproximadamente el 30%. En Aragón se produce en torno al 6% de la energía eléctrica generada en España y se consume alrededor del 3,5%, con lo cual podemos considerar a Aragón como un productor neto de electricidad. Del total de energía generada en Aragón (1997), un 13% es hidráulica, un 13,4% termoeléctrica cogenerada y un 73,6% termoeléctrica de carbón.

En una central termoeléctrica se combinan distintos procesos que transforman energía térmica en trabajo mecánico en un ciclo de potencia y, finalmente, el trabajo mecánico en energía eléctrica.

Según el tipo de energía primaria que utilizan, se habla de centrales *termoeléctricas solares* —donde la energía solar calienta un fluido de trabajo que, después, cede su energía térmica—, *termoeléctricas nucleares* —la energía térmica se obtiene de un proceso controlado de fisión nuclear— y *termoeléctricas de combustible fósil* —la energía térmica se obtiene quemando carbón, petróleo o gas natural—.

Las **centrales termoeléctricas solares** tienen un impacto medioambiental pequeño y su fuente de energía es renovable; sin embargo, el precio del kWh sale muy caro, entre 20 y 40 pesetas, por lo que no figuran como una alternativa inmediata a las energías convencionales.

Las **centrales termoeléctricas nucleares** recibieron un fuerte impulso en los años setenta y ochenta, ya que se veían como la solución a corto plazo de la dependencia energética respecto de los países productores de petróleo. Sin embargo, el problema de la eliminación de los residuos nucleares, los accidentes de Harrisburg (1979) y Chernobil (1986) y la sensibilidad de la opinión pública ante estos problemas han frenado la construcción de nuevas centrales en Europa y Estados Unidos.

Las **centrales termoeléctricas de combustible fósil** son la opción más antigua. El carbón fue el combustible más uti-

lizado hasta los años sesenta. En esta época, parecía que iba a ser desbancando por el petróleo, pero la crisis de los setenta cortó bruscamente estas expectativas y se volvió al carbón. Durante los noventa, se creyó que el carbón sería nuevamente desbancado, esta vez por el gas natural. Sin embargo, las últimas tendencias del mercado del gas parecen indicar lo contrario.

El carbón es el combustible fósil más abundante en la Naturaleza y, por tanto, probablemente será el último en agotarse. Mientras dure el recurso, la producción de las centrales termoeléctricas de carbón puede satisfacer casi cualquier nivel de demanda previsible. En cuanto al coste, el kWh producido con carbón puede estar entre 4 y 10 pesetas. Por otra parte, como los recursos mundiales de carbón están muy repartidos, el coste para los consumidores se ve favorecido por la libre competencia, ya que sería muy difícil que todos los productores se pusieran de acuerdo para fijar su precio, como ocurre en el caso del petróleo.

Pero al ser un sólido, el carbón es el combustible más difícil de manejar y de quemar, y el que mayor impacto medio-

**CENTRALES TERMOELÉCTRICAS
EN ARAGÓN**

	Potencia instalada	Empresa propietaria
Central Térmica Teruel, en Andorra (Teruel)	1.050 MW	Endesa
Central Térmica de Escatrón (Zaragoza)	80 MW	Endesa
Central Térmica de Escucha (Teruel)	160 MW	Endesa

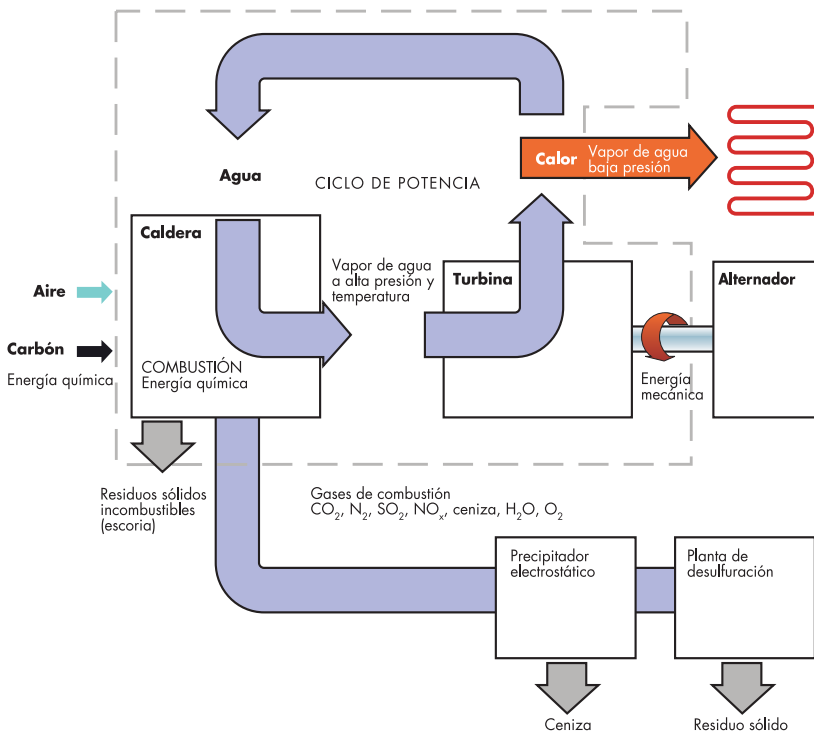
ambiental presenta: a las emisiones de CO_2 y óxidos de nitrógeno de todos los combustibles fósiles, hay que añadir las de partículas de ceniza y óxidos de azufre (elemento presente por lo general en mayor proporción en el carbón que en el petróleo o en el gas natural).

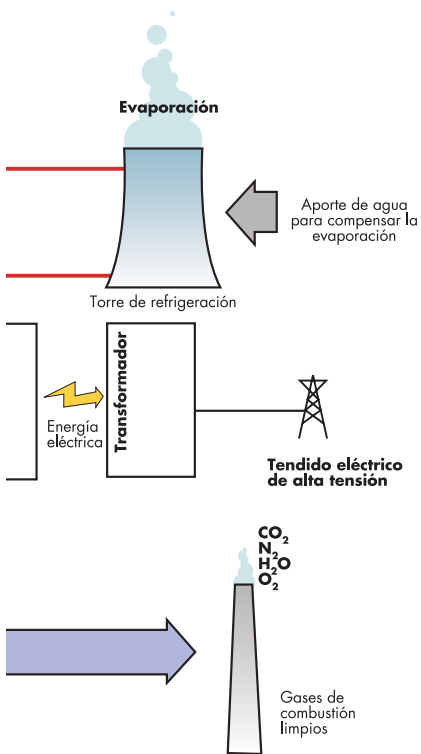
No obstante, si se piensa que los combustibles fósiles son un recurso escaso y que las medidas contra el impacto ambiental pueden implantarse más fácilmente en grandes instalaciones, se llega a la conclusión de que el uso más limpio del carbón es la producción termoeléctrica a gran escala. En ese tipo de plantas, la repercusión económica de las grandes inversiones necesarias para quemar el carbón de forma limpia es menor.

Una central termoeléctrica convencional libera, mediante la combustión, la energía química del carbón, que se transforma en calor. La energía calorífica convierte el agua en vapor a alta presión, que acciona una turbina. Y esta energía mecánica se convierte en electricidad gracias a un alternador.

Algunos gases emitidos en este proceso presentan riesgo medioambiental. El CO_2 contribuye al efecto invernadero y los óxidos de nitrógeno (NO_x) y azufre (SO_2) producen lluvia ácida, que puede perjudicar ecosistemas de bosques, ríos y lagos a muchos kilómetros de distancia. Para eliminar casi totalmente los NO_x y los SO_2 se pueden instalar sistemas de limpieza de gases, llamados plantas De NO_x y plantas de desulfuración. La central térmica Teruel, en Andorra, cuenta con una importante planta de desulfuración que ha situado

Funcionamiento de una central termoeléctrica de carbón





sus emisiones de SO_2 muy por debajo del límite admitido. Esto va a permitir seguir quemando carbones aragoneses de alto contenido en azufre. Por tanto, el único problema que queda por resolver es la eliminación, en lo posible, de las emisiones de CO_2 .

Los mayores retos tecnológicos se encuentran en cómo quemar el carbón de forma más limpia y eficiente. El uso eficiente de la energía es también un uso ecológico pues, al disminuir la cantidad de combustible necesaria, disminuyen también las emisiones contaminantes. El rendimiento de las centrales de carbón, que era del orden del 30% en los años setenta, ha aumentado casi hasta el 45% con las nuevas tecnologías de combustión en lecho fluido a presión y gasificación de carbón integrada con ciclo combinado. En España existen dos centrales de estos tipos que han sido pioneras en el mundo: la central de Escatrón (Zaragoza), que utiliza la primera de las

tecnologías citadas, y la de Puertollano (Ciudad Real), basada en la segunda.

La combustión en lecho fluido a presión (la que se realiza en Escatrón) es diferente de la tecnología convencional, pues el carbón se quema junto con una sustancia (habitualmente, compuestos de calcio y magnesio) que retiene el azufre del carbón, de modo que no se produce SO_2 . Por las condiciones especiales de la combustión, tampoco se producen casi NO_x , así que el impacto ambiental es muy reducido sin necesidad de plantas auxiliares de limpieza de gases.

En la actualidad, hay en Aragón tres centrales térmicas en funcionamiento: Escatrón, Escucha y Andorra, que suman una potencia instalada de 1.305 MW. Las de Escatrón y Andorra son propiedad de ENDESA, mientras que la de Escucha está controlada por FECSA, Productora de Fuerzas Motrices, S. A., Unión Eléctrica, S. A. (UNESA) y Fuerzas Hidroeléctricas del Segre.

La central térmica “Teruel”, situada en Andorra, es la mayor de Aragón y, junto con la barcelonesa de San Adrián, la cuarta de España (sólo superada por las de As Pontes de García Rodríguez, en la Coruña, Compostilla II, en León, y Castellón). Consta de tres grupos de generación de 350 MW cada uno; la tecnología empleada es la convencional de turbina de vapor. El agua para refrige-

ración proviene de la presa de Calanda. Se abastece básicamente de los yacimientos de lignito negro de la comarca, pero sus necesidades de combustible son tan elevadas que precisa importar del exterior entre el 10 y el 15% del total de su consumo.

La central de Escucha, en el municipio que le da nombre, también utiliza la tecnología de turbina de vapor y consta de un grupo de 160 MW. Se alimenta con lignito de Utrillas y escasamente necesita agua, ya que su sistema de refrigeración se basa en grandes ventiladores accionados por la corriente generada en la propia central. No obstante, extrae la que precisa de una toma en el municipio próximo de Palomar del Arroyo.

Por último, la central de Escatrón, en la localidad del mismo nombre, está constituida por un grupo de combustión de lecho fluidizado a presión. Se localiza junto al río Ebro, dado que precisa abundante agua para su funcionamiento, y cerca de las minas de Andorra, de cuyo carbón se abastece.

Central térmica	Provincia	Potencia instalada (MW)
Andorra	Teruel	1.050
Escatrón	Zaragoza	80
Escucha	Teruel	160
TOTAL	-	1.290

Fuente: Boletín de Coyuntura Económica de Aragón, 2º semestre de 1998.

La planta posee una tecnología limpia para la utilización de los carbones regionales, de alto contenido en azufre. Además, es la central que presenta un mejor rendimiento (cociente entre producción de electricidad y entradas de recursos energéticos totales, que en 1997 era del 32%).

Las tres centrales están situadas cerca de las cuencas mineras y utilizan lignitos negros aragoneses, aunque importan una parte del carbón (hullas y antracitas) y algo de gas natural.



Central térmica de Andorra (Foto: Archivo A. Vicién)

En 1997 la producción eléctrica total de estas centrales fue de 9.630.504 MWh (el 84% correspondía a la de Andorra), mientras que en 1998 se redujo 5.857.873 MWh. Las fluctuaciones en la producción termoeléctrica se deben principalmente a la compensación de la mayor o menor producción hidroeléctrica en los distintos años.

Al igual que en el conjunto de España, la minería del carbón en Aragón está actualmente vinculada al sector eléctrico, ya que prácticamente toda la producción se utiliza como materia prima en las centrales térmicas. El lignito, concretamente el lignito negro, es el tipo de carbón que más relevancia tiene en la Comunidad.

En territorio aragonés se localizan cuatro cuencas mineras: la Nororiental y la Central en Teruel, la de Mequinzena en Zaragoza y la Pirenaica en Huesca. En conjunto, producen alrededor de la mitad del lignito que se obtiene en España (en 1997 se extrajeron en Aragón unos 3,8 millones de toneladas) y sus reservas son las más importantes del país. Los yacimientos que se explotan son los de lignitos negros de Teruel y Zaragoza, mientras que los de antracitas, en Huesca, apenas tienen uso comercial.

Las cuencas de Teruel se ubican en la convergencia de la rama aragonesa del Sistema Ibérico y las Cordilleras Costero-Catalanas, en terrenos denominados geológicamente Formación de Escucha, Formación de Utrillas y Formación de Val de la Piedra. Las cuencas existentes son las de Olie-

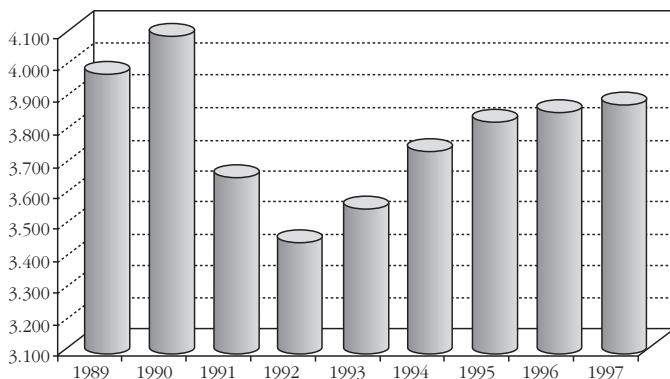
te, Utrillas-Aliaga y Castellote; en 1997, su producción de lignito suponía aproximadamente el 95% del total regional.

La cuenca de Mequinenza se sitúa en el borde oriental de la Comunidad aragonesa, en el límite entre Zaragoza y Huesca.

En las cuencas de Teruel y Mequinenza se dan dos variantes de explotación de los yacimientos carboníferos: la minería subterránea y la de cielo abierto, la primera de ellas en las dos zonas y la de cielo abierto únicamente en Teruel.

En Aragón se están llevando a cabo muchos proyectos de investigación y desarrollo que pretenden proporcionar

EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CARBÓN EN ARAGÓN (EN t)



futuras posibilidades tecnológicas para el lignito, entre ellas la combustión en lecho fluido, la gasificación subterránea del lignito en minas sin actividad y un mayor grado de lavado de carbón que aumente sus posibilidades energéticas y reduzca el contenido de azufre.

COGENERACIÓN

La cogeneración de energía es una fórmula en alza, asociada al ahorro y a los altos rendimientos. En Aragón, en el año 98, operaban 49 centrales de cogeneración que sumaban una potencia instalada de 364,7 MW. Entre ellas destacan Saica 2 (47 MW) y Opel (21,4 MW) como ciclos combinados, Balay y Grancasa con motor alternativo y Nurel con turbina de gas. A finales del año 2000, se encuentran en fase de construcción o recién construidas 13 plantas de este tipo, con un total de 118 MW, la mitad de los cuales es producida por Saica 3 y Cinca Verde, S. L. La cogeneración es una forma combinada de producir energía mecánica o eléctrica conjuntamente con energía térmica. Un ejemplo de cogeneración que todos conocemos es la calefacción de un automóvil: a partir del combustible, el vehículo obtiene la energía mecánica que le permite desplazarse y también la energía térmica que calienta el habitáculo.

La principal ventaja de la cogeneración es el ahorro energético que se consigue obteniendo la energía eléctrica y térmica de forma conjunta, de hasta el 35%, frente a su obtención por caminos separados. Por ejemplo: para obtener 30 unidades energéticas de electricidad y 55 de calefacción a partir de una

central termoeléctrica y de una caldera, serían necesarias 153 unidades energéticas de combustible, mientras que con una planta de cogeneración, sólo harían falta 100 unidades. Ésta es la razón que hace que los países potencien las cogeneraciones mediante su inclusión en regímenes especiales, ya que suponen un ahorro de energía para el país.

Pero esto no es todo. Las cogeneraciones consumen parte de la energía que producen, lo cual evita el gasto que supondría su transporte desde el lugar de su producción al de consumo. Además, se debe tener en cuenta que, si la cogeneración parte de un ciclo combinado, las eficiencias energéticas son mayores que las de otras formas tradicionales de obtención de energía eléctrica. La consecuencia es doble: un ahorro energético-económico y una reducción del impacto medioambiental.

En el pasado, el Gobierno garantizaba la compra de la producción eléctrica por cogeneración a un precio alto, asegurando su rentabilidad, e impulsando su uso, sobre todo en el ámbito industrial, en los últimos años. En el presente, sin embargo, esa rentabilidad económica se ha visto mermada por la subida del precio de los combustibles y por el descenso de la prima que el régimen especial otorgaba a este tipo de industria. No obstante, en España, hay 221 plantas en construcción, con una potencia global de 1.700 MW, lo que hace suponer que todavía es rentable. En el futuro, cuando desaparezca del régimen especial, con la liberalización del sector eléctrico, muchos proyectos quizá dejen de ser rentables.

En los últimos años, la cogeneración se está introduciendo en el sector terciario debido al ahorro energético que conlleva. El futuro es alentador, ya existen hospitales, centros comerciales, etc. que producen por este medio su propia electricidad, calefacción, agua caliente, refrigeración... Es posible que, algún día, en las viviendas también dispongamos de sistemas de cogeneración que cubran, conjuntamente, nuestras necesidades energéticas (electricidad, agua caliente, calefacción e incluso refrigeración) a un menor coste que el actual.

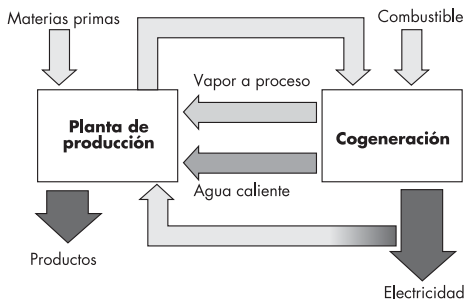
Cómo funciona

Las cogeneraciones más habituales son las que combinan la generación eléctrica con la producción térmica a partir de un mismo combustible. En éstas, la energía mecánica obtenida se transforma en eléctrica mediante un generador eléctrico.

Una planta de cogeneración puede esquematizarse como dos subsistemas. En el primero se obtiene la energía mecánica y, en el segundo, con la energía residual del primero, se produce la térmica. Según la secuencia seguida en la producción de electricidad y energía térmica, tenemos los ciclos de cabecera o *topping* y los ciclos de cola o *bottoming*.

—Los **ciclos de cabecera** obtienen en su primer escalón la electricidad a partir de la energía cedida por el combustible, mientras que, en el segundo escalón, se recupera la máxima energía térmica residual posible. Es el tipo de ciclos más común, ya que combina la producción eléctrica con deman-

Planta de cogeneración



das de energía térmica a temperaturas bajas, lo que hace que su campo de aplicación sea muy extenso: papeleras, deshidratadoras, producción de agua caliente para uso sanitario, etc.

—Los **ciclos de cola** obtienen en el primer escalón la energía térmica y en el segundo la eléctrica, a partir de la energía térmica residual. Este tipo de ciclos se asocia a procesos industriales que precisan energía térmica a altas temperaturas, tales como los químicos de producción de amoníaco, etileno, etc.

Una segunda clasificación se establece en función de cuál sea el principal equipo de producción de energía eléctrica: turbinas de gas, motores alternativos de combustión interna (MACI) o turbinas de vapor.

—**Turbina de gas.** Para decirlo de manera sencilla, sería como un reactor de avión adaptado a la producción de electri-

ciudad. Las cogeneraciones con turbina de gas ofrecen una gran variedad y amplias posibilidades de ciclos. Los más usuales son el ciclo simple —constituido por una turbina de gas y una caldera de recuperación—, el combinado —una evolución del ciclo simple, al que se incorpora una turbina de vapor, que permite obtener energía eléctrica adicional—, el regenerativo —que incorpora un *by-pass* en la salida de la turbina y un intercambiador— y el ciclo Cheng —en cuya cámara de combustión se inyecta vapor, con lo que disminuyen las emisiones de óxidos de nitrógeno—.

—**Motores de combustión interna** (MACI). En este tipo de cogeneraciones, la potencia mecánica, que se transforma en eléctrica, se obtiene a partir de un motor de gas o diesel. Un 32% de la energía del combustible se transforma en energía mecánica y el resto se disipa en forma de calor. De la energía que se disipa en calor, un 40% es recuperable a través de los circuitos de refrigeración y lubricación del propio motor; el resto de energía pasa a los gases de escape, de los que se recupera aproximadamente un 60%. La cogeneración con MACI presenta unos buenos rendimientos eléctricos, pero la recuperación del calor es más complicada que en los ciclos de turbinas de gas.

—**Turbinas de vapor**. Es un sistema compuesto por una caldera convencional y una turbina de vapor en la que se obtiene energía eléctrica. El vapor que se genera en la caldera se exhausta en la turbina de vapor, produciendo electricidad. Posteriormente, el vapor saliente de la turbina de vapor se utiliza en el proceso productivo de la planta.

Además del uso eficiente de la energía y de la reducción de los daños medioambientales, hay otros beneficios que repercuten directamente en la empresa que utiliza sistemas de cogeneración; señaladamente, la disminución de los costes energéticos y la autosuficiencia en el suministro. La primera ventaja deriva de la reducción en la facturación de electricidad, que compensa notablemente el necesario aumento de la de combustible (gas natural, gasoil, biomasa, etc.); esto repercute en los costos de producción y, por tanto, aumenta la competitividad. La autosuficiencia del suministro también es importante, sobre todo en empresas



Central de cogeneración asociada a la planta de Opel España en Figueruelas (Foto: DGA)

donde un corte en la red general de electricidad supone trastornos graves, que implican una disminución de la producción y un aumento de los costes por los problemas que el corte ha podido causar.

Por el contrario, el principal inconveniente de los sistemas de cogeneración aparece en el campo financiero. La elevada inversión económica que supone una instalación de este tipo precisa que el centro donde se instale tenga una demanda energética (tanto de electricidad como de calor) lo suficientemente importante como para poder amortizar esa inversión.

En Aragón, las instalaciones de cogeneración han proliferado en los últimos años gracias a un marco normativo incentivador que ha animado a empresas y cooperativas a su puesta en marcha. La potencia instalada en 1997 era de 271,7 MW, que produjeron 151.223 tep de electricidad y 177.402 tep de energía térmica.

En general, todos los combustibles pueden ser utilizados para la cogeneración; sin embargo, la falta de tecnologías específicas limita las opciones de uso de algunos de ellos. En la Comunidad aragonesa el más usado en 1997 era el gas natural (más del 90% del consumo primario total), seguido por la biomasa, el fuel-oil y el gasóleo.

La generación de electricidad y calor aumentó sensiblemente entre los años 1992 y 1997, sobre todo en lo que

respecta a la energía eléctrica, que triplicó su producción. Por provincias, Zaragoza (con el 70% del total) se situaba a la cabeza.

La estructura industrial de Aragón es muy apropiada para la cogeneración, tanto por el tipo de subsectores dominantes como por el tamaño de las empresas, ya que aproximadamente el 10% de las mismas consume el 80% de la energía empleada en la industria.

Por ramas, la papelera es la que tiene la mayor potencia instalada, debido a que el proceso de fabricación de papel presenta una demanda térmica muy elevada, lo que permite la instalación de plantas cogeneradoras de gran potencia. Estas fábricas se ubican principalmente en Zaragoza, aunque también existen algunas en Huesca.

La industria maderera (ubicada sobre todo en Teruel) es la segunda de Aragón tanto en potencia instalada como en producción eléctrica mediante esta modalidad; el secado de pasta para fabricación de tableros también demanda gran cantidad de energía eléctrica. Otras industrias aragonesas que producen energía por cogeneración son las automovilísticas, agroalimentarias, químicas, textiles y extractivas.

En cuanto al sector residencial y de servicios, la cogeneración puede ser utilizada en grandes edificios con viviendas u oficinas o en centros deportivos, así como en áreas

donde la red de calefacción es municipal, de forma que la central de cogeneración producirá energía térmica para esa red y electricidad para el tendido eléctrico general. La incidencia de la cogeneración sobre el medio ambiente depende del combustible empleado y de la tecnología que se aplique. Otro aspecto importante es, en el caso de que este método vaya a ser instalado en edificios residenciales, que los sistemas de producción tengan un nivel de ruido suficientemente bajo.

ENERGÍAS RENOVABLES

Las energías renovables son las que se regeneran de forma periódica y continua, al contrario de lo que ocurre con el uranio o los combustibles fósiles, como el petróleo, el carbón o el gas, de los que existen unas determinadas reservas, agotables en un plazo más o menos largo. Entre las renovables se encuentran la hidroeléctrica, la derivada de la explotación de la biomasa y de los residuos, la solar, la geotérmica y la eólica. La hidráulica se ha abordado ya en un apartado independiente, por lo que en este capítulo sólo se incluirá la minihidráulica, relativa a los aprovechamientos hidroeléctricos de pequeña potencia (menos de 5 MW de potencia instalada).

Las energías renovables son más respetuosas con el medio ambiente que las tradicionales; constituyen recursos ecológicamente sostenibles, producen un reducido impac-



Instalación solar fotovoltaica en San Felices, Huesca (Foto: DGA)

to ambiental (la mayoría de ellas no emite anhídrido carbónico a la atmósfera y, por tanto, evita el efecto invernadero; no contribuye a la formación de lluvia ácida, no da lugar a la formación de óxidos nitrosos, no produce residuos tóxicos de imposible o difícil tratamiento o eliminación, etc.). También ofrecen la posibilidad de reducir la dependencia externa en cuanto a la adquisición de los recursos energéticos necesarios y, a la vez, garantizan la continuidad del suministro a precios estables (e incluso decrecientes, una vez amortizada la instalación). Potenciar estas fuentes de energía es un objetivo principal de la política energética de la Unión Europea. Pero también tienen desventajas: la principal es que estas técnicas no son, en general, económicamente competitivas, a lo que se une el hecho de que su desconocimiento generalizado ha frenado su implantación.

En Aragón las energías renovables han tenido y tienen gran importancia, dada la gran cantidad de instalaciones hidráulicas existentes y el desarrollo creciente de los aprovechamientos eólicos y solares. En la Comunidad aragonesa, la participación de la generación eléctrica renovable sobre el total del consumo interior bruto ha superado en alguna ocasión (en función de las condiciones del clima en los diversos años) el 12%, cifra establecida por la Comisión Europea como objetivo deseable para ser alcanzado por los países de la Unión.

A nivel europeo, el porcentaje que arroja la Comunidad aragonesa en cuanto a producción de energías renovables por habitante sólo es superado por Suecia, Finlandia y Austria. A nivel nacional, esta tasa dobla la media española y sólo se sitúan por delante de la aragonesa las Comunidades de Galicia y Castilla y León. Esta situación privilegiada se debe, sobre todo, a la importancia de la generación de energías hidroeléctrica, eólica y de la biomasa.

PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA CON FUENTES RENOVABLES. 1997 (EN KTEP)

	Aragón	España
Hidroeléctrica	337,6	3.064
Eólica	8,9	54
Biomasa	160,1	3.622
Otras	0	273
Total	506,6	7.013

Fuente: Estructura energética de Aragón, DGA, 2000.

PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA PER CÁPITA MEDIANTE ENERGÍAS
RENOVABLES. AÑO 1996 (tep/hab.)

	Aragón	España	UE
Hidroeléctrica	0,288	0,086	0,066
Eólica	0,001	0,001	0,001
Biomasa	0,141	0,097	0,125
Otras	0	0,001	0,009
Total	0,43	0,19	0,2

Fuente: Estructura energética de Aragón, DGA, 2000.

Energía de la biomasa

La energía de la biomasa proviene, en última instancia, del sol. Mediante la fotosíntesis, el reino vegetal absorbe y almacena una parte de la energía solar que llega a la Tierra. Las células vegetales utilizan la radiación solar para formar, a partir de sustancias simples y del CO₂ presente en el aire, sustancias orgánicas. El reino animal incorpora, transforma y modifica dicha energía. En este proceso de transformación de la materia orgánica se generan subproductos que no tienen valor para la cadena nutritiva o no sirven para la fabricación de productos de mercado, pero que pueden utilizarse como combustible en diferentes aprovechamientos energéticos.

De forma genérica, el término biomasa hace referencia a toda materia orgánica originada por un proceso biológico. Desde el punto de vista energético, se entiende por biomasa el conjunto de sustancias orgánicas renovables de origen

animal o vegetal, o procedentes de cualquier transformación natural o artificial de las mismas.

Existen diferentes tipos o fuentes de biomasa. Una de las clasificaciones más aceptada es la que los agrupa en biomasa natural, biomasa residual y cultivos energéticos. La **biomasa natural** es la que se genera de forma espontánea en la Naturaleza, sin intervención humana (las plantas secas y la hojarasca, por ejemplo). La **biomasa residual** incluye los subproductos que no tienen utilidad en las actividades forestales, agrícolas o ganaderas, en las industrias agroalimentarias y madereras, y la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos. Dentro de este tipo de recursos, actualmente los más utilizados para la producción de calor y/o electricidad, se encuentran, por ejemplo, residuos ganaderos como los purines, agrícolas como la paja de cereal, las cáscaras de frutos secos, el orujillo de oliva, leñas procedentes de podas de frutales o residuos forestales procedentes de la limpieza o de la explotación tradicional de los bosques. Por último, los **cultivos energéticos** son los realizados con la única finalidad de producir biomasa transformable en combustible, bien para automoción o bien para producir calor y/o energía eléctrica. Pueden dividirse en dos grandes grupos: *cultivos herbáceos* (cardo, maíz, remolacha, caña de azúcar) y *cultivos leñosos* (chopo, eucalipto, acacias, manejados como cultivos de corta rotación).

La biomasa, al ser un combustible local y renovable, contribuye a diversificar el aprovisionamiento energético, lo que hace disminuir la dependencia respecto a terceros países. Por

ser un recurso relacionado con actividades forestales y agroganaderas, evita el abandono de tierras de cultivo y aumenta el empleo en el ámbito rural, favoreciendo el reequilibrio territorial. Además, presenta ventajas medioambientales considerables respecto a los combustibles fósiles. Por un lado, todo el CO₂ emitido en la utilización energética de la biomasa se ha fijado previamente en el crecimiento de la materia vegetal que la ha generado, por lo que al no incrementar la proporción de CO₂ en la atmósfera no es responsable del aumento del efecto invernadero. Por otro, la biomasa tiene

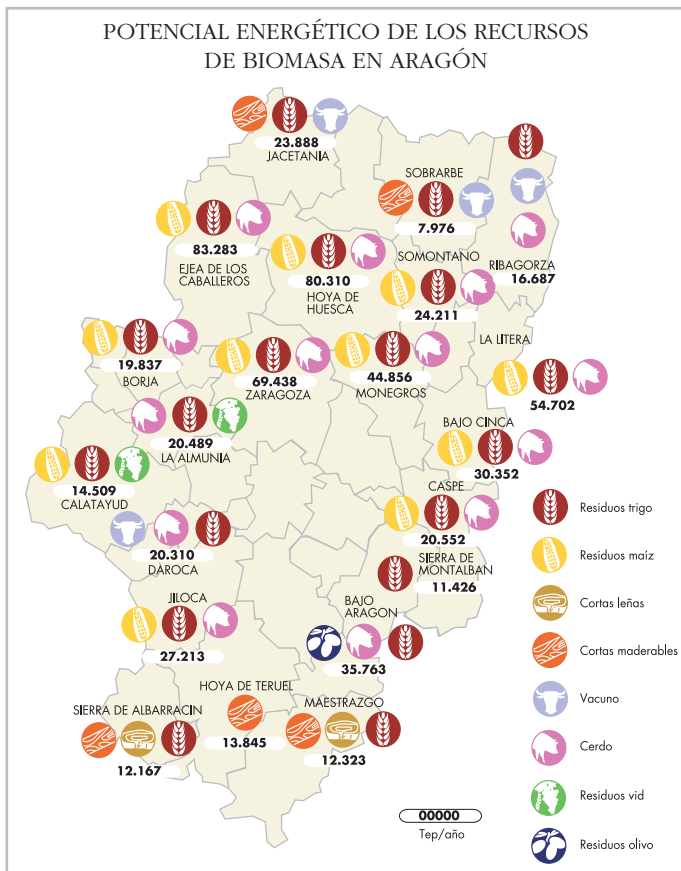
contenidos en azufre prácticamente nulos, generalmente por debajo del 0,1%, porcentaje muy inferior al de los carbones nacionales, de modo que su utilización no genera, en comparación con otros combustibles, contaminación por lluvia ácida.

Además, es la única energía renovable que, dado que existen diferentes tipos y procesos de transformación,

Instalaciones de la empresa Aceites Pina Bajo Aragón, en La Puebla de Híjar, que utiliza orujillo de oliva combustible en sus procesos productivos (Foto: DGA)



POTENCIAL ENERGÉTICO DE LOS RECURSOS DE BIOMASA EN ARAGÓN



es capaz de cubrir todos los usos de los combustibles fósiles. Las especies vegetales con alto contenido en aceites o en azúcares se pueden transformar en combustibles líquidos capaces de sustituir al diesel y a la gasolina, respectivamente. La biomasa lignocelulósica (por ejemplo, la madera) y la biomasa residual húmeda se pueden emplear para generar calor y/o electricidad.

Sin embargo, no hay que olvidar que muchos de estos recursos tienen ciertas características que dificultan su uso. En primer lugar, presentan un carácter estacional (sólo se presentan en los periodos de cosecha, en el momento del aprovechamiento forestal, etc.). Por otro lado, el agua, en forma de humedad, es un componente inerte que acompaña a estos productos. Cuando se utilizan como combustible en un proceso térmico, una parte de la energía que desprenden debe emplearse en evaporar dicha humedad, lo que disminuye su rendimiento. Además, su baja densidad aparente hace más difícil y encarece su manejo. Por último, la dispersión geográfica de estos residuos dificulta, en muchos casos, su aprovechamiento, debido a los costes de recogida y de transporte al lugar de utilización.

Las tecnologías utilizadas para el aprovechamiento energético dependen del tipo de recurso de que se trate. Para el caso de la llamada biomasa residual seca, las más habituales son la combustión y la gasificación.

Mediante los procesos de **combustión** de biomasa se pueden alcanzar eficiencias muy elevadas, de hasta el 95% si

se acoplan equipos de recuperación de calor. El calor obtenido se puede utilizar para generar vapor que puede emplearse para producir electricidad mediante una turbina de vapor.

La **gasificación** es un proceso de combustión incompleta del que se obtiene un gas combustible constituido por monóxido de carbono, hidrógeno y metano, y que retiene la mayoría del poder calorífico de los residuos. El alto contenido en metales alcalinos, en partículas y alquitranes de este gas precisa la incorporación de un sistema de limpieza antes de su paso a la turbina de gas o al motogenerador.

Para la **biomasa residual húmeda**, los procesos de compostaje y la digestión anaerobia son los más empleados y ya se encuentran a escala comercial. Se trata de procesos biológicos que permiten el aprovechamiento de su potencial energético disminuyendo su carga contaminante y generando subproductos estabilizados con valor fertilizante.

Otra de las aplicaciones es la obtención de **biocarburantes**, combustibles de procedencia vegetal (fundamentalmente, cereales y oleaginosas) aptos para los motores de combustión interna. Existen dos grupos de biocarburantes: los provenientes de especies oleaginosas —aceites vegetales y biodiesel— y los provenientes de alcoholes y sus derivados —bioetanol y su derivado el éter etil-terbutílico—.

En este momento, la energía procedente de la biomasa constituye sólo el 3% del consumo energético total en la UE, con una contribución de 44,8 Mtep. En algunos Estados, este porcentaje es muy superior (Austria, 12%; Finlandia, 23%;

Suecia, 18%). Para conseguir el objetivo marcado por la UE de duplicar la participación de las energías renovables, se prevé una contribución adicional de la biomasa de 90 Mtep para el año 2010. Aproximadamente 30 Mtep se obtendrán de los residuos de la industria forestal, la agricultura y la silvicultura; 15 Mtep de la obtención de biogás a partir de las aguas residuales y 45 Mtep, de los nuevos cultivos energéticos.

En cuanto al potencial de recursos de biomasa en Aragón, según datos recogidos en el *Atlas de Biomasa para usos energéticos de Aragón*, el correspondiente a recursos forestales rondaría los 2,5 millones de tep al año; el de los residuos agrícolas se cifra en 700.000, y el de residuos ganaderos, en torno a 160.000. Con las actuaciones previstas en el plan de Acción de las Energías Renovables en Aragón para el periodo 1997-2005, se pretende conseguir un total de 40.000 tep al año en aplicaciones térmicas y de 13.000 en producción de energía eléctrica. Para el caso de los cultivos energéticos se estaría hablando de 50.000 tep/año y, para los biocarburantes, de 20.000 a 25.000.

En 1998, Aragón, con unos 180.000 tep (180 ktep), ocupaba el séptimo lugar en España en cuanto a consumo de biomasa para la generación de energía. Aproximadamente el 40% se destinaba a uso doméstico y el resto lo consumía la industria, para la producción térmica y para la combinación de calor y electricidad, en centrales de cogeneración. En el sector industrial, destacan en su uso las ramas maderera,

papelera y agroalimentaria. Por provincias, es reseñable el bajo consumo de biomasa en la industria oscense (2% respecto del total regional), debido a la concentración de subsectores como el químico, poco intensivos en la utilización de esta fuente, frente a la mayor concentración de madereras en Teruel o papeleras en Zaragoza.

Pese a que su consumo energético es importante en Aragón, todavía pocas instalaciones la utilizan como recurso energético, dada la comodidad que ofrecen otros combustibles que son distribuidos hasta el punto de consumo. Sin embargo, se trata de un recurso con un elevado potencial en la Comunidad.



Caldera para calefacción en la carpintería Hermanos Pradas, de María de Huerva, que utiliza como combustible polvo de lijado de la madera (Foto: DGA)

El mayor consumo de biomasa se produce en la industria maderera (34% del consumo energético final). En la papelera, la biomasa (29% del consumo final) sirve para producir energía térmica mediante combustión, utilizando como combustible subproductos del proceso de extracción de la celulosa, con alto poder calorífico. Por último, en la industria agroalimentaria se usa como combustible en secaderos, deshidratadoras, etc.

Las plantas donde, con este recurso, se produce energía térmica y los equipos de cogeneración requieren una demanda suficiente que abastecer, ya sea a través de una red de calefacción municipalizada que proporcione calefacción y agua caliente sanitaria a un amplio número de edificios, ya sea en industrias con unas necesidades elevadas de vapor o agua caliente.

Residuos sólidos urbanos (RSU)

Los residuos sólidos urbanos (RSU) o basuras, cuya eliminación constituye un problema medioambiental, pueden ser también aprovechados como combustible. Las posibilidades de convertirlos en energía se concentran primordialmente en la captación de biogás de vertedero (gas consistente en una mezcla de metano, dióxido de carbono y otros gases, producido por la fermentación anaerobia de los residuos orgánicos de los vertidos) y en su transformación en electricidad usándolos en motores de combustión interna.



*Instalaciones para la utilización de residuos combustibles
en la industria (Foto: DGA)*

En 1994 se produjeron en Aragón 356.691 toneladas de RSU, lo que representa el 2,49% del total nacional. De esa cifra, el 80% era tratado mediante su vertido controlado, mientras que el 20% restante fue vertido incontroladamente.

A la hora de plantear las posibilidades de aprovechamiento energético de los RSU en la Comunidad aragonesa, hay que tener en cuenta, en primer lugar, la distribución de su población, pues el 50% de sus habitantes se concentra en la capital, Zaragoza, y el resto en 728 municipios; comparativamente, pues, estos núcleos de escasa densidad tienen menos capacidad para hacer frente a los costes de un sistema de gestión ambiental y sanitariamente adecuado. A priori, por tanto, sólo Zaragoza ofrece condiciones para el establecimiento de instalaciones de tratamiento de RSU, aunque sería necesario trazar un plan integral que estudiase otros sistemas de revalorización energética de estos residuos para el resto de la Comunidad.

ÁREAS DE GESTIÓN DEL PLAN DIRECTOR DE RSU DE ARAGÓN

Áreas	Nº de localidades	Nº de habitantes	Producción (kg/día)
Huesca	67	82.605	62.375
Barbastro	105	83.400	59.015
Fraga	38	44.349	31.223
Ejea	112	113.535	82.082
Calatayud	96	46.325	32.180
Zaragoza	63	656.565	755.877
Alcañiz	81	77.978	55.812
Teruel	167	84.060	58.812
TOTAL	729	1.118.817	1.136.926

Fuente: Las energías renovables en Aragón, 1997.

Las emisiones gaseosas producidas por los vertederos de RSU son contaminantes si no son tratadas adecuadamente: pueden influir en la disminución de la capa de ozono y en el aumento del efecto invernadero, y existe el peligro de una explosión de grisú en los lugares cercanos.

Además, es preciso impermeabilizar el fondo y las paredes de los vertederos para evitar la contaminación de los acuíferos.

Minihidráulica

La energía minihidráulica es la hidroeléctrica generada por minicentrales, es decir, las que tienen una potencia instalada inferior a 5 MW. Las características de estas minicentrales dependen de su emplazamiento y de las condiciones del terreno, el caudal disponible y la altura del salto de agua, factores que determinarán tanto la potencia como el establecimiento de un modelo u otro de central (de aguas fluyentes, de pie de presa y de canal de riego o abastecimiento).

En 1995, Aragón fue la quinta Comunidad española en producción de energía minihidráulica (273,1 GWh al año), detrás de Castilla y León, Cataluña, Navarra y Galicia. A finales de ese año, contaba con un total de 53 centrales y 72,3 MW de potencia instalada, distribuida según los datos que figuran en el cuadro de la página siguiente.

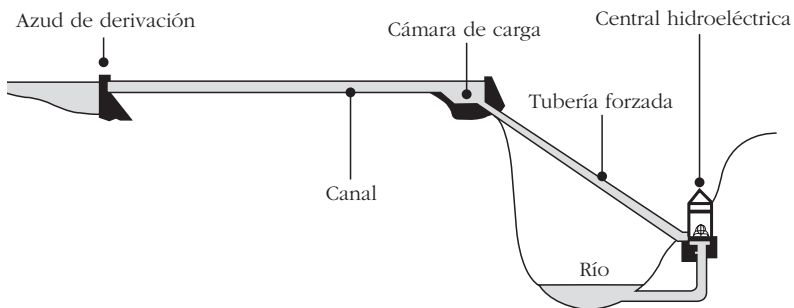
CENTRALES MINIHIDRÁULICAS Y POTENCIAS A FINALES DE 1995

Provincia	Instalaciones	Potencia (MW)	Producción (GWh al año)
Huesca	25	37,6	170,8
Teruel	11	14,4	35,2
Zaragoza	17	20,3	67,1
Aragón	53	72,3	273,1

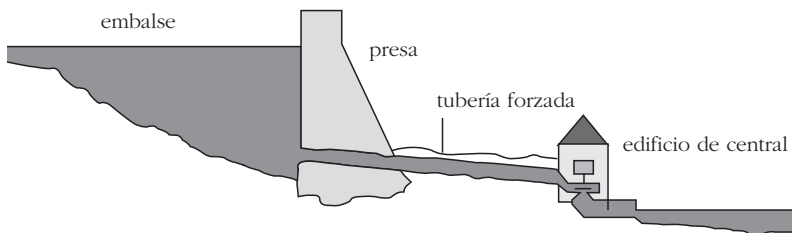
Fuente: *Las energías renovables en Aragón, 1997.*

La energía hidroeléctrica es un gran recurso para Aragón, sobre todo en el curso alto de sus ríos y, más concretamente, en las cuencas pirenaicas, que cuentan con abundantes precipitaciones e importantes desniveles. Más de la mitad de la potencia instalada en centrales minihidráulicas (52% en 1995) y de la producción eléctrica generada por las mismas (62,5%) se encuentra en la provincia de Huesca. Le sigue la de Zaragoza, con el 28% de potencia instalada y el 24% de electricidad de este origen en Aragón. El 13,5% restante se generaba en la provincia de Teruel.

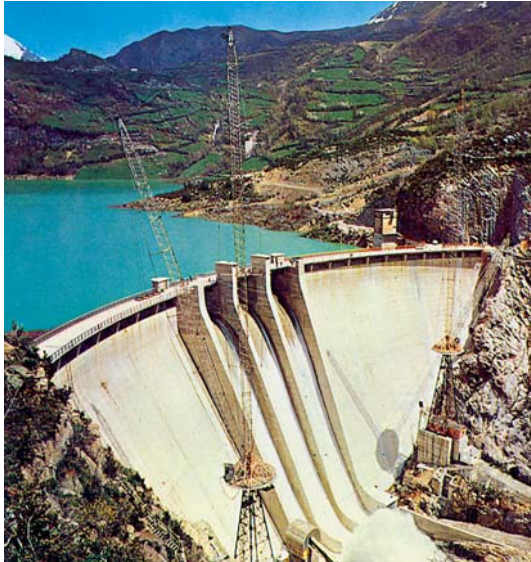
En cuanto al coste de las inversiones, el valor medio del índice de potencia para las centrales que se pusieron en marcha en 1995 es de 170.000 pta/kW. Este valor aumenta si la central requiere obras o equipamientos especiales, mientras que es inferior en el caso de las instaladas en un canal de riego o a pie de presa.



Perfil de la central de aguas fluyentes Rivera I, en Albalate del Arzobispo, Teruel



Esquema de una central de pie de presa



Embalse de Búbal, Huesca (Foto: DGA)

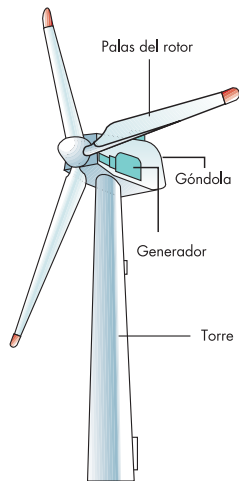
Energía eólica

La energía eólica, la que posee el viento, ha sido empleada desde hace siglos para aplicaciones diversas que van desde el transporte marítimo y la agricultura hasta la generación de energía eléctrica a gran escala. Hoy día, es una de las fuentes energéticas renovables que ha producido, sobre todo en los últimos años, un mayor crecimiento tecnológico.

La energía eólica se aprovecha mediante aeroturbinas de diversos tipos, tamaños y potencias. En función de la aplicación a que se destinen, pueden instalarse individualmente o conectadas para componer un parque eólico.

La energía eólica es limpia, hasta el punto de que un GWh con este origen evita la emisión a la atmósfera de 1.000 toneladas de dióxido de carbono (CO_2), 8 de dióxido de azufre (SO_2) y 6 de óxidos de nitrógeno (NO_x). No contribuye al cambio climático y tiene un carácter modular y reversible (los aerogeneradores se montan de uno en uno, muy rápidamente, y también son fáciles de desmontar en caso de presentar algún problema). Sus efectos sobre el medio ambiente son locales y muy moderados. No obstante, los aerogeneradores dan lugar a un impacto ambiental sobre el paisaje que es preciso evaluar, para introducir medidas correctoras en caso necesario.

El funcionamiento básico de un aerogenerador es, desde el punto de vista conceptual, muy simple. El viento, al hacer girar las palas del rotor, genera una energía cinética que se transmite, a través del eje principal, al alternador cobijado en la góndola. Se produce una corriente eléctrica que es transmitida mediante cables conductores a un centro de control, donde se almacena



Aerogenerador

en acumuladores (en las instalaciones pequeñas), y se distribuye a los centros de consumo o se evacua hacia la red de transporte de energía eléctrica.

Un sistema de orientación permite llevar al rotor a una dirección perpendicular a la del viento incidente. Ello disminuye los esfuerzos y las pérdidas de potencia. La torre sobre la que se asienta la góndola debe ser capaz de tolerar todo el empuje del viento que transmita el sistema de captación y las eventuales vibraciones, y tener una altura suficiente para evitar que las turbulencias debidas al suelo y a los obstáculos cercanos afecten a la máquina. En la base de la torre suele disponerse de un transformador que eleva la baja tensión de salida del generador a media tensión, con objeto de reducir las pérdidas eléctricas en los conductores. Unas líneas eléctricas subterráneas de media tensión van desde los transformadores anteriores hasta la subestación central del parque eólico, en donde vuelve a elevarse la tensión hasta la de distribución general de la compañía eléctrica, a la que se vierte toda la energía producida mediante líneas eléctricas aéreas.

Los aerogeneradores de un parque eólico no se colocan al azar. Su disposición resulta de un estudio de vientos previo, de al menos un año de duración, en el que se determinan el recurso eólico disponible, la velocidad, frecuencia y dirección de los vientos, los niveles de turbulencia, las velocidades máximas, las variaciones estacionales, etc.; se cuenta también con datos topográficos y de la red eléctrica existente. Alineando las máquinas en una disposición perpendicular a la dirección

o direcciones predominantes del viento, se consigue captar al año la máxima cantidad de energía. Actualmente, en España hay más de 1.500 MW instalados. En Aragón, a finales del año 2000, habrá más de 230 MW, y existen solicitudes para instalar nuevos parques que suman 8.000 MW. No obstante, en estos momentos se estima que el potencial neto de Aragón sólo ronda los 2.000 MW, y el total de España, más de 15.000.

Los esfuerzos que se están llevando a cabo no sólo se dirigen hacia el diseño y experimentación de máquinas que hagan posible un mejor aprovechamiento del recurso eólico (aerogeneradores sin multiplicadora, nuevos materiales, sistemas de velocidad variable, predictibilidad del viento, análisis del impacto en la red eléctrica, desarrollo de aplicaciones de pequeña potencia, etc.) sino también hacia la localización de las zonas más adecuadas para la puesta en marcha de instalaciones de este tipo. Se trata de lograr máquinas cada vez más eficientes y fiables, con reducción de los costes tanto de inversión como de explotación; y es aún necesario desarrollar una infraestructura eléctrica que permita una integración adecuada de la producción a la red eléctrica.

Aragón, especialmente el Valle del Ebro, posee un potencial eólico superado por muy pocas regiones españolas, pues en determinadas zonas de su territorio el viento alcanza los 21,6 km/h de media. Los vientos conocidos como *cierzo* y *bochorno* hacen del Valle del Ebro un lugar óptimo para el aprovechamiento eólico, sobre todo en primavera.



Parque eólico de La Muela (Foto: Luis Serrano)

Este gran potencial se aprovecha principalmente para generar electricidad a través de los aerogeneradores, aplicación eólica más extendida, pero también para accionar los mecanismos de bombeo o riego en instalaciones agrícolas y ganaderas. Aunque, como ya se ha citado, el aprovechamiento de la energía eólica en Aragón comenzó en 1980, con el centro experimental en Candanos, el primer parque eólico se puso en marcha en La Muela en 1987. En la actualidad, existen en Aragón ocho parques de estas características, todos ellos en la provincia de Zaragoza, con una potencia instalada de 88 MW en 1998.

En 1997, alrededor del 60% de la potencia instalada se concentraba en tres parques eólicos: El Pilar (creado ese mismo año), Borja I y La Plana III (creados en 1996). Dos terceras partes de la producción eléctrica de origen eólico procedía de estos dos últimos, situados en la zona de La Muela.

Recientemente se observa una tendencia al alza de esta forma de generación de energía; su producción se ha multiplicado por más de cien con la puesta en marcha de nuevas instalaciones. Sin embargo, su participación en el total de la producción eléctrica primaria sigue siendo baja: en 1997 no alcanzaba el 3%.

Ese año, Aragón era la tercera Comunidad Autónoma española productora de energía eólica, con 103.986 MWh, después de Navarra y Andalucía, y la segunda en producción eólica por habitante (sólo por detrás de Navarra), superando con creces la media española.

Energía solar

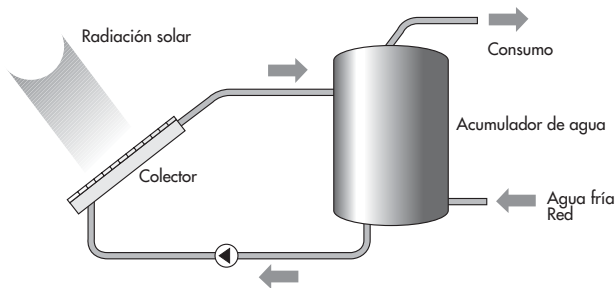
Cada año, el Sol arroja sobre la Tierra más de cuatro mil veces la energía que se consume. España, por su situación y clima, se ve particularmente favorecida en el reparto de esa radiación: la radiación global sobre la superficie horizontal oscila entre los 3,2 kWh/m²/día en la zona más septentrional hasta los 5,3 kWh/m²/día en Tenerife. En Zaragoza, este

parámetro alcanza su máximo en el mes de julio (8,1) y su mínimo en diciembre (1,6).

La energía solar puede aprovecharse para obtener calor (sistemas solares térmicos) y energía eléctrica (sistemas fotovoltaicos).

Con más de veinte años de experiencia y más de 3.000 instalaciones realizadas, actualmente la **energía solar térmica** de baja temperatura ha alcanzado su plena madurez tecnológica y comercial en España. El principio de funcionamiento es sencillo. Se basa en la captación de la energía solar mediante un conjunto de colectores por los que se hace circular un fluido caloportador que se transfiere a un depósito para abastecer el consumo de agua caliente a una temperatura de 45° C o inferior. El material empleado tanto en la placa absorbente como en los tubos colectores suele ser el cobre.

Instalación solar térmica



Un sistema solar térmico como el descrito es capaz de producir al año entre 500.000 y 800.000 kcal/m². La aplicación más generalizada de los sistemas solares térmicos es la generación de agua caliente sanitaria; las instalaciones para calentamiento de piscinas aún no están muy extendidas, pese a su gran potencialidad, aunque existen experiencias que demuestran su viabilidad. Tampoco está todavía muy extendido en España el uso de energía solar para calefacción debido a que, cuando las necesidades de calor son máximas, las condiciones meteorológicas resultan adversas.

De cara al futuro, es necesario introducir ciertas mejoras sobre la base tecnológica existente: en el diseño, en la calidad de las superficies selectivas, mediante la incorporación de cristales de bajo contenido en hierro, la fabricación de componentes específicos y la integración de sistemas. También es preciso reducir los costes de inversión para el usuario, con una producción a gran escala y mejoras de los procesos de producción y comercialización.

Se estima que en Aragón, en el año 2010, habrá instalados más de 85.000 m² de sistemas solares térmicos.

Por su parte, la transformación directa de la energía solar en electricidad mediante la conversión fotovoltaica, ya sea en instalaciones aisladas o conectadas a la red eléctrica, presenta ventajas claras dada su sencillez, modularidad, fiabilidad y operatividad. Ello hace que su campo de aplicación sea muy amplio: electrificación de viviendas alejadas de la red eléctrica convencional o de pequeñas comunidades de vecinos e incluso la insta-

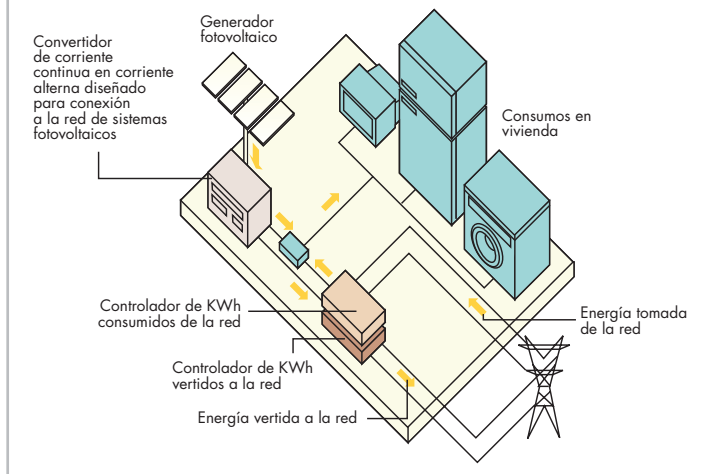
lación de centrales eléctricas fotovoltaicas, servicios y alumbrado público, aplicaciones agrícolas, señalización y comunicaciones, bombeo de aguas o también la utilización en productos como relojes y calculadoras. La tecnología disponible en la actualidad hace que las instalaciones tengan un interés especial en aquellos lugares alejados de la red eléctrica, de manera que en muchos casos constituyen la mejor opción en términos económicos, de operatividad y fiabilidad de suministro.

La **conversión fotovoltaica** se basa en el efecto fotoeléctrico, es decir, en la conversión de la energía lumínica del sol en energía eléctrica. Para ello se utilizan unos dispositivos constituidos por materiales semiconductores y denominados células solares, que se agrupan interconectadas en un módulo fotovoltaico. El material más empleado es el silicio; las células de silicio monocristalino pueden alcanzar rendimientos (relación en tanto por ciento entre la energía solar incidente en la célula y la eléctrica a la salida) de alrededor del 17% (las comerciales, en torno al 15%).

Por otra parte, suele ser necesario (excepto en instalaciones conectadas a red o en las de bombeo directo de agua, por ejemplo) un sistema de almacenamiento (baterías) que permita “guardar” la energía eléctrica generada durante las horas de radiación. Es importante un buen dimensionado placas-baterías con respecto al consumo, puesto que la fiabilidad de la instalación depende de ello. También es fundamental que un sistema de regulación permita aprovechar al máximo la energía suministrada por las placas fotovoltaicas y, a su vez, logre una buena protección y utilización de las baterías.

La participación actual de la energía fotovoltaica en el balance energético del país es aún muy reducida. La capacidad instalada a finales del 1999 se cifró en unos 9 MW, lo que supuso un crecimiento de más del 12% respecto al año anterior. En los Objetivos del Plan de Acción de las Energías Renovables del IDAE para Aragón, para el periodo 1998-2005, el objetivo en materia fotovoltaica es alcanzar 1,5 MW.

Actualmente se sigue investigando sobre la utilización de diversos materiales y sobre sistemas que permitan obtener un aumento de la radiación solar incidente sobre la célula (sistemas de concentración). También se estudia cómo mejorar la integración de los módulos solares en los edificios.





Polideportivo de Alcorisa con paneles de captación de energía solar (Foto: DGA)

Para el aprovechamiento térmico de la energía solar se han desarrollado diversas tecnologías que dependen de la temperatura de utilización que se desee. Los únicos sistemas existentes en Aragón son los de baja temperatura o captación directa, denominados colectores planos. La superficie de captación de cada colector plano es aproximadamente de 2 m^2 . Estos sistemas suelen emplear agua como fluido térmico que calentar, y su aplicación más generalizada es la obtención de agua caliente para consumo doméstico. A finales de 1997, la superficie de cap-

tación instalada en Aragón era de 2.468 m² (un 0,77% del total nacional).

En términos generales, Aragón presenta condiciones favorables para el desarrollo de la energía solar térmica, por los altos niveles de irradiación existentes en la Comunidad y por la amplia demanda potencial de instalaciones para distintos sectores. El ámbito que más posibilidades ofrece es el doméstico (agua caliente sanitaria en las viviendas); tras él figuran el sector turístico, los centros deportivos, sanitarios y educativos, y el sector agrícola. También algunas aplicaciones concretas de baja temperatura en la industria son susceptibles de incluir este tipo de instalaciones.

Aragón, con una potencia instalada en paneles fotovoltaicos de 54 kW, poseía a finales de 1995 menos del 1% del total en España, con lo que se situaba en decimosegundo lugar en el conjunto de las Comunidades Autónomas.

Las primeras instalaciones fotovoltaicas en Aragón (en la mayoría de los casos, proyectos de electrificación rural con sistemas de mediana potencia) datan de mediados de los ochenta. El mercado de la electrificación rural ofrece muchas posibilidades de desarrollo para viviendas aisladas y para las asociadas a explotaciones agro-ganaderas. Algunos municipios como Escuaín y San Felices (Huesca) utilizan instalaciones centralizadas que suministran energía eléctrica a todas sus viviendas.

Los sistemas fotovoltaicos de bombeo de agua para zonas de regadío pueden mejorar el rendimiento de algunas explotaciones agrícolas, por su bajo coste de operación y mantenimiento y porque no precisan transporte. En este sentido, pueden resultar efectivas las instalaciones mixtas eólico-fotovoltaicas. Otros mercados por desarrollar son los de las telecomunicaciones, la depuración y potabilización de aguas y el alumbrado público.

La producción de energía solar en Aragón, aunque creciente, es aún muy escasa y no se incluye en los balances energéticos regionales.

Geotérmica

El origen de este tipo de energía está en el desplazamiento de las bolsas de magma, procedentes de las profundidades de la litosfera, a zonas de menor presión. Cuando en ese desplazamiento contactan con las rocas, éstas se funden desprendiendo grandes cantidades de gas, que salen a la superficie por fisuras y grietas, lo que, por lo general, da lugar a salidas de gases a elevadas temperaturas, de agua hirviendo y vapor (géisers) o de agua caliente (fuentes termales).

En Aragón, las manifestaciones geotérmicas son conocidas por las cualidades mineromedicinales de las aguas de los balnearios, que se han explotado en establecimientos

termales como los Panticosa, Alhama de Aragón, Jaraba o Paracuellos del Jiloca.

No existen, sin embargo, en la actualidad aprovechamientos energéticos geotérmicos en explotación en la Comunidad aragonesa. Casi todos los acuíferos geotérmicos constituyen recursos que sólo se han definido como posibles almacenes. En el área de Sabiñánigo existe uno de ellos de media temperatura (159°), situado entre 2.500 y 3.800 m de profundidad, que podría ser utilizado para producir electricidad o para calefacción de invernaderos.

Se han realizado sondeos de hasta 500 m de profundidad en un área que se extiende desde Ontiñena hasta Farlete. Otras zonas que ofrecen posibilidades para su explotación son Benasque, Panticosa, el Prepirineo y el área Alhama de Aragón-Jaraba, así como la de Calatayud-Teruel. Sin embargo, para determinar sus posibilidades reales es necesaria todavía una labor previa de investigación de campo y de análisis de su explotación.

INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE DE ENERGÍA



Las principales infraestructuras de transporte energético se destinan a la conducción de electricidad, gas natural y productos derivados del petróleo. La electricidad se transporta a través del tendido eléctrico, mientras que los otros dos productos se distribuyen mediante conducciones subterráneas (gasoductos y oleoductos) o por carretera.

Las infraestructuras energéticas de que dispone Aragón permiten abastecer correctamente a la población y a las empresas. Las industrias siempre se han localizado en las proximidades de las fuentes de energía, factor determinante para elegir su emplazamiento, al igual que lo es una buena red de comunicaciones. Por ello es fundamental, para lograr un mayor asentamiento industrial en Aragón, garantizar la cobertura de demanda energética mediante una buena dotación de infraestructuras.

ELECTRICIDAD

El transporte de electricidad en Aragón se realiza a través de redes de distribución repartidas por su territorio. Aunque la red puede absorber la capacidad de producción

actual, debe adaptarse al aumento progresivo de la potencia instalada y la energía generada, sobre todo en centrales de cogeneración y parques eólicos.

En general, la red es amplia y se encuentra bien distribuida, aunque presenta algunas carencias, principalmente en el sur de la provincia de Teruel. En puntos donde la población es escasa y las dificultades del terreno hacen difícil el transporte, la electricidad se produce mediante fuentes de energía renovable (solar fotovoltaica).

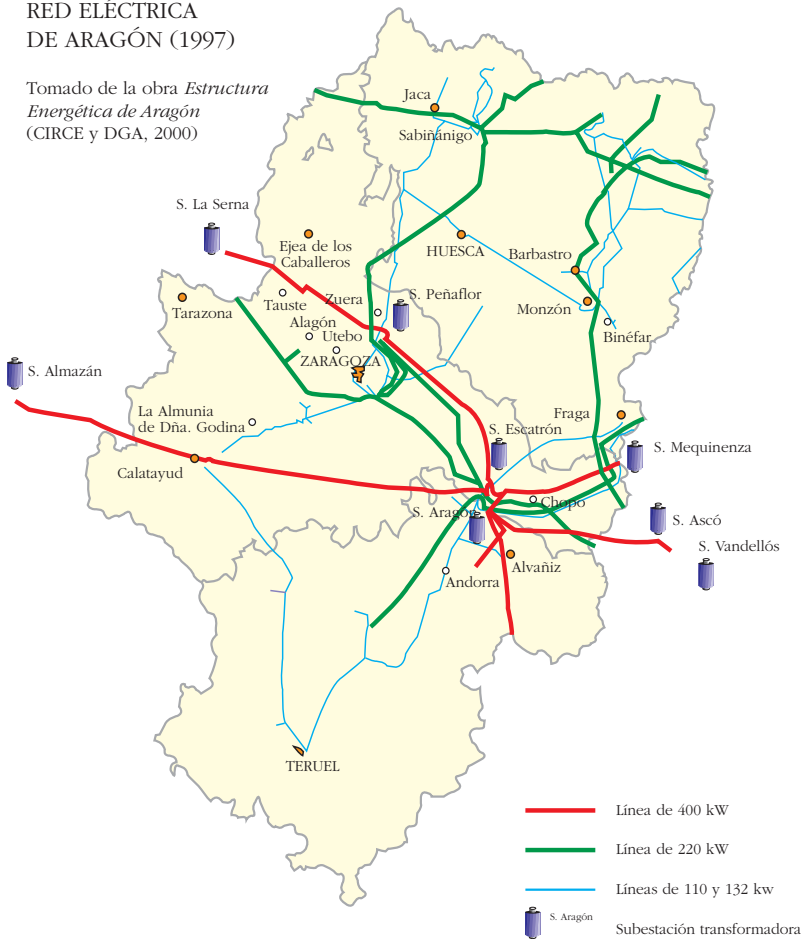
La red eléctrica española, y por tanto la aragonesa, consta de líneas de 400, 220, 132 y 110 kV. Las de 400 kV conectan entre sí los grandes centros de producción y consumo eléctrico del país.

Según los economistas Serrano y Bandrés (*Ejes territoriales de desarrollo: España en la Europa de los noventa*, Madrid, 1992), en el valle medio del Ebro la red eléctrica de más alta tensión tiene sus principales nudos de conexión en la subestación “Aragón” de Castelnou y, en menor medida, en las de Escatrón y Mequinenza.

La subestación “Aragón”, que recoge la energía de las centrales termoeléctricas aragonesas, enlaza por el sudeste con Castellón, para unirse, pasando a Valencia, a la central nuclear de Confrontes; por el este enlaza con las de Ascó, Vandellós y Mequinenza, que unen, a su vez, las nucleares de Ascó y Vandellós con las subestaciones y consumidores de Cataluña; por el oeste conecta con la subestación

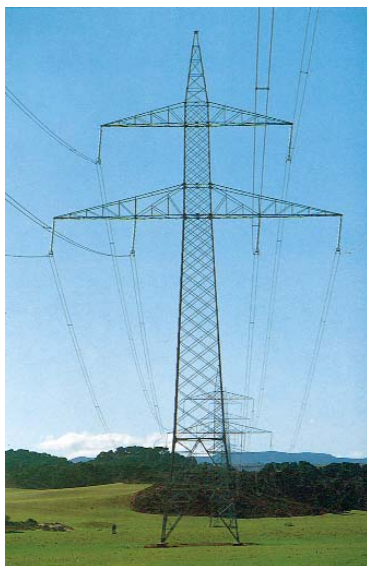
RED ELÉCTRICA DE ARAGÓN (1997)

Tomado de la obra *Estructura Energética de Aragón* (CIRCE y DGA, 2000)



soriana de Almazán, que enlaza con el noroeste de España a través de la subestación de La Mudarra, en Valladolid, y, por último, también por el noroeste con la subestación La Serna, en Tudela, que enlaza con la central nuclear de Santa María de Garoña a través de la subestación de Peñaflo, en las proximidades de Zaragoza, que abastece el consumo de esta última.

Las líneas de 220 kV cruzan Aragón de norte a sur desde el Pirineo central, por Zaragoza, hasta las centrales del área de Ariño-Andorra; y de este a oeste mediante dos corredores casi paralelos, uno subpirenaico (con un ramal internacional entre Biescas y Francia, hasta Pragnères) y otro que sigue el río Ebro, conectados entre sí transversalmente por los valles del Cinca y el Gállego y por la línea Tudela-Cordovilla. Estos tendidos conectan los principales centros productores aragoneses (centrales hidroeléctricas y térmicas convencionales) con los centros consumidores.



Torre de alta tensión para el transporte de energía eléctrica (Foto: J. Pellicer)

Red Eléctrica de España (REE) es la empresa encargada del transporte de energía eléctrica en todo el país y la responsable de su gestión y de la operación del sistema eléctrico. Es la propietaria de la principal red de alta tensión, así como de las interconexiones con los países vecinos. En el ámbito nacional, sus instalaciones fundamentales están constituidas por los llamados sistemas de control eléctrico (mediante los cuales se dirige y supervisa el funcionamiento de todo el entramado), por más de 18.500 km de líneas de transporte de muy alta tensión y por 646 subestaciones que superan los 17.900 Mega-voltio-amperios (MVA) de capacidad de transformación.

EVOLUCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE DE RED
ELÉCTRICA DE ESPAÑA

Año	Km de circuito		
	400 kV	220 kV	Total
1993	13.179	4.214	17.455
1994	13.477	4.214	17.766
1995	13.710	4.214	17.999
1996	13.823	4.240	18.138
1997	13.984	4.276	18.335
1998	14.278	4.280	18.633
1999	14.278	4.280	18.633

Fuente: Red Eléctrica de España.

GAS NATURAL

La red de gasoductos en España está planificada fundamentalmente de cara a la importación y transformación de gas natural en plantas de regasificación situadas en las costas, para el abastecimiento prioritario y progresivo de las zonas con mayor demanda potencial.

Aragón, gracias a su situación geográfica, está abastecida desde 1979 (fecha de inauguración de la red básica de gasoductos), por el gasoducto Barcelona-Bilbao, que atraviesa la región de este a oeste.

La red de transporte de gas natural en territorio aragonés está formada por varios tramos; el más importante es el de Maella-Mallén, incluido en el gasoducto Barcelona-Bilbao. Existe otra línea, desde Sabiñánigo a Zaragoza, que se construyó para dar salida a los yacimientos de Serrablo y de la que sale un ramal hasta la provincia de Lérida; configura el tramo Huesca-Albelda y pasa por la zona industrial de Barbastro-Monzón.

La red de distribución se organiza mediante anillos de los que parte una serie de ramales que abastecen a puntos concretos y determinadas empresas. Además, en varias ciudades hay redes subterráneas que, unidas a los anillos de distribución y a los gasoductos, llevan el gas hasta los puntos de consumo final, principalmente del sector doméstico. Existe un gran centro de consumo en Teruel: la central térmica de Andorra.

Como ya se ha señalado, en Aragón hay dos empresas distribuidoras de gas natural: ENAGAS, S. A. y Gas Aragón, S. A., dedicadas al suministro del sector industrial (a través del gasoducto) y del residencial (a través de la canalización urbana), respectivamente.

DERIVADOS DEL PETRÓLEO

Por su bajo coste en comparación con otros tipos de transporte de derivados del petróleo, los oleoductos son un medio idóneo para las largas distancias, hasta el punto de que han reducido la cuota de mercado del ferrocarril en este segmento, ya que el transporte por carretera es irremplazable en la distribución para trayectos cortos.

Como en el caso de la red de gas, la Comunidad aragonesa se ve beneficiada por su situación geográfica en lo que respecta a la red de oleoductos. El eje Rota-Madrid-Zaragoza-Tarragona, sobre el que descansa el sistema a escala nacional, y los que parten de él para el servicio a las demás zonas, hacen de Zaragoza el principal nudo de la red de oleoductos española, por la que circulan las tres cuartas partes del total de productos petrolíferos en la Península.

El oleoducto en Aragón posee tres ramales que confluyen en Zaragoza, donde además se almacenan los hidrocarburos (gasolinas y gasóleos, principalmente) proceden-

tes de las empresas refineras. El primer ramal llega a Aragón, por Lérida, desde Tarragona, hasta cuyo puerto llega el crudo de la OPEP. De Zaragoza (concretamente, desde Monzalbarba) parten los otros dos ramales, uno hacia Miranda de Ebro (Burgos), dirigido a las provincias industriales del norte, y otro hacia el centro, hasta Madrid, pasando por La Muela y Calatayud.

Como consecuencia de la liberación del mercado de hidrocarburos, ha desaparecido en España el monopolio estatal de distribución de productos petrolíferos, por lo que en la actualidad funcionan en el mercado español diversas empresas multinacionales petroleras.



Red de oleoductos en Aragón

PERSPECTIVA GLOBAL DE LA PRODUCCIÓN Y EL CONSUMO DE ENERGÍA



Al objeto de facilitar la comprensión de los datos que se proporcionarán más adelante, se explica sucintamente una serie de conceptos básicos relacionados con la producción y el consumo de energía.

■ *Energía primaria*: la que proviene de los recursos naturales y se utiliza sin transformar (carbón, petróleo, biomasa, etc.) y la electricidad que producen las centrales hidroeléctricas y los aerogeneradores. Parte de esta energía primaria se emplea para obtener otros tipos de energía (la secundaria) y el resto se destina al consumo por los sectores económicos o el ámbito doméstico (gas natural para calefacción, por ejemplo).

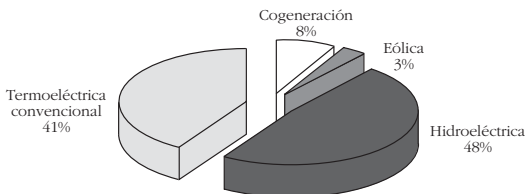
■ *Energía secundaria o derivada*: es la que se obtiene a partir de la transformación de la energía primaria, es decir, mediante la conversión de ésta en —habitualmente— electricidad y calor (carbón para la obtención de electricidad en centrales térmicas, por ejemplo). En Aragón, esta transformación se produce en las centrales térmicas convencionales y en las de cogeneración.

Los derivados del petróleo, pese a que son fuentes de energía secundaria son considerados en Aragón energía primaria, pues en su territorio no existen refinerías donde poder obtenerlos y han de ser importados; sólo se consumen, por tanto, como energía final (por ejemplo, gasolinas o gasóleos para el transporte) o en otros centros de transformación (térmicas y centrales de cogeneración).

■ *Consumo de energía final*: la energía final es la que llega a los puntos de consumo: sectores agrícola, industrial, de transportes y de servicios, entre los que se incluye el consumo doméstico.

Los datos más recientes sobre el gasto y la producción de energía en Aragón figuran en la obra *Estructura Energética de Aragón* (2000), elaborada por el Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos (CIRCE) y editada por el Departamento de Industria, Comercio y Desarrollo del Gobierno de Aragón, en la que se recogen

POTENCIA INSTALADA EN ARAGÓN, POR TECNOLOGÍAS
(datos de 1998)



los balances energéticos regionales en el periodo 1984-1997. Alguna noticia más reciente puede extraerse del *Boletín de Coyuntura Energética en Aragón*, hasta el segundo semestre de 1998. En el Balance energético se indica, a modo de foto fija, cómo se genera, exporta y consume la energía en un territorio y un momento determinados.

En 1997, los recursos energéticos primarios producidos en Aragón cubrieron aproximadamente el 42% de las necesidades del consumo primario, y su participación se distribuyó de la siguiente forma:

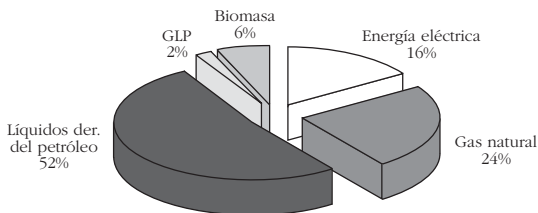
Origen producción	%
Lignito	71,9
Electricidad*	19,2
Biomasa	8,9
(*Hidráulica, 18,7%; eólica, 0,5%)	

El 69% de la energía primaria producida en Aragón en 1997 procedía de los lignitos de las cuencas turolenses. Por provincias, el 73,1% del total de esa energía primaria correspondía a Teruel, el 14,5 a Huesca y el 12,4 a Zaragoza. La producción de energía primaria por habitante en la Comunidad Autónoma en ese año era un 31,1% menor que la media de la Unión Europea, aunque muy superior (un 73,1%) a la española, gracias a los carbones turolenses.

Las fuentes de energía importadas son los hidrocarburos o derivados del petróleo, gas natural, hulla, coque de hulla y antracita. Como ya se ha comentado, todos los derivados del petróleo deben ser importados, pues no existen yacimientos en Aragón. Lo mismo ocurre en el caso del gas natural, una vez agotados los yacimientos de Serrablo, y en el de otros tipos de carbones distintos del lignito utilizados en las centrales aragonesas.

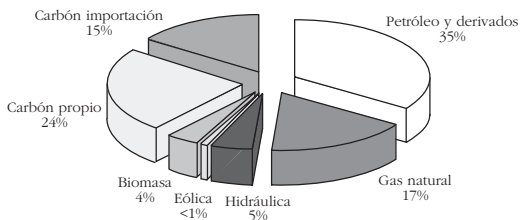
Casi la mitad del consumo primario en 1997 correspondía al carbón y sus derivados (para las centrales termoeléctricas); le seguían el del petróleo y sus derivados (28,87%), el gas natural (15%) y las energías renovables. La provincia de Teruel es la que mayor cantidad de energía primaria consumió ese año, debido al requerimiento de materias primas por sus centrales termoeléctricas. Zaragoza se situó en segundo lugar, con el mayor consumo de derivados de petróleo y gas. Huesca fue la menos consumidora.

CONSUMO ENERGÉTICO FINAL POR FUENTES EN ARAGÓN
(segundo semestre de 1998)

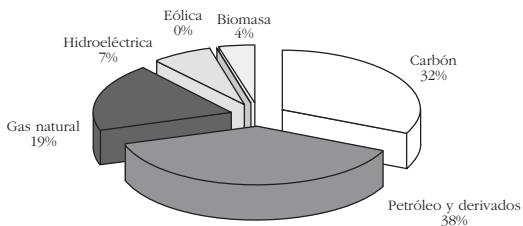


La composición del consumo primario ha ido variando de manera sustancial: en 1998, el 37,4% correspondió a los derivados del petróleo; le seguía el de carbón regional e importado (31,4%) y el de gas natural (19,4%). La provincia de Teruel tuvo el consumo más alto (un 45%), seguida por las de Zaragoza (37%) y Huesca (17%). El consumo de energía primaria por habitante en Aragón está un 16% por debajo de la media de la Unión Europea; sin embargo, es mayor al de la media española.

ENERGÍA PRIMARIA EN ARAGÓN (segundo semestre de 1998)



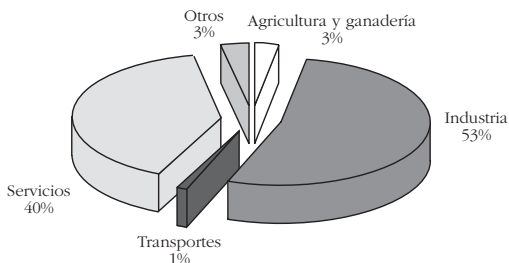
CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA POR FUENTES EN ARAGÓN (1998)



El consumo final de energía en Aragón, atendiendo a las diferentes fuentes que la generan, se distribuyó en 1997 del siguiente modo: el 55,6% procedía de los derivados del petróleo (fundamentalmente, gasóleos y gasolinas); el 22,3%, de la electricidad; el 8,8%, del gas natural, el 7%, de las plantas de cogeneración, y el 5,8%, de la biomasa. A mucha distancia (0,5%) se situaban el carbón y sus derivados.

El consumo de energía final por habitante en Aragón era sólo un 11,5% inferior al de la media de la UE, supera ampliamente (33%) al de la media española. En ello influyen el elevado consumo del sector industrial, pues hay unas pocas industrias que precisan amplios recursos energéticos, y la escasa población que habita en la Comunidad, que determinan una tasa superior de consumo energético final por habitante.

CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR SECTORES EN EL SEGUNDO SEMESTRE DE 1998





Electrificación de instalaciones ferroviarias en las proximidades de Zaragoza (Foto: Luis Serrano)

Por provincias, Zaragoza acapara casi dos tercios del consumo final de energía. En Huesca y Teruel destaca el peso del sector agrícola, que casi dobla el porcentaje de consumo final agrario en la región. También llama la atención la importancia del consumo en el sector del transporte en el caso de Teruel (un 35% en 1997), superior a la participación de este sector a escala regional, en contraposición con su menor peso en el sector industrial (30,5%).

Los principales consumidores de energía en la Comunidad Autónoma son la industria y los transportes: en con-

junto, y casi con idéntico volumen cada uno, representaban el 67,1% del total en 1997. El sector servicios, en el que, como se ha indicado, se incluye el consumo doméstico, es responsable del 23,8%, mientras que la incidencia de los sectores productivos agrícolas, con un 9,1%, era más marginal.

La industria consumió el 35,43% de energía final en Aragón en 1997. Este sector absorbe más de la mitad del disponible de cualquier tipo de energía, a excepción de los gases licuados del petróleo y de los combustibles líquidos, pero el mayor porcentaje de consumo corresponde a la energía de origen térmico (99,3%). Por provincias, Huesca alcanzaba la mayor cota, con un 66,39%, debido al elevado consumo de energía eléctrica de algunas industrias, sobre todo de las químicas. En cuanto al reparto del consumo energético final industrial de Aragón, a la provincia de Zaragoza correspondió el 68%, a la de Huesca el 23% y a la de Teruel el 9%. Por sectores, la industria papelera es la más consumidora de energía final.

El sector del transporte, de gran trascendencia en Aragón debido a la configuración de su territorio como zona de paso entre las grandes zonas industriales españolas, alcanzó en 1997 el 31,78% del consumo final energético de la región. El gasóleo es el combustible más utilizado, a pesar de que los vehículos cada vez poseen mayor eficiencia energética (su rendimiento es mayor con la misma can-

tividad de combustible). El uso de la electricidad en este sector es minoritario, y se circunscribe esencialmente al terreno ferroviario.

Más del 90% del consumo de energía final en el sector correspondió al transporte por carretera, casi un 5% al aéreo y el restante 2%, en su mayor parte, al ferrocarril.

En el ámbito doméstico predomina el empleo de la electricidad, a la que siguen, por este orden, el gas natural, la biomasa, los gases licuados del petróleo y el carbón. La biomasa ha experimentado un ligero descenso en favor de combustibles que poseen mayor comodidad de suministro y mantenimiento, como el gas natural, cuya utilización ha aumentado notablemente. El sector de servicios es, ante todo, consumidor de electricidad (para iluminación y climatización). También se incluye en este apartado el consumo de electricidad para alumbrado público en las ciudades, zonas residenciales y polígonos industriales de Aragón, que experimenta una evolución ascendente.

En cuanto al sector primario, el gasóleo de uso agrícola (gasóleo B) es el combustible más utilizado, con más del 80% del total, para el accionamiento de la maquinaria agrícola. La electricidad se destina a actividades como el bombeo para riego e iluminación y el resto de combustibles, para usos térmicos como, por ejemplo, la calefacción en las granjas.

TENDENCIAS DE FUTURO



El Plan Energético de Aragón de 1995 recoge las principales actuaciones que el Gobierno aragonés está realizando y tiene previstas para promover un adecuado desenvolvimiento del sector de la energía en la región.

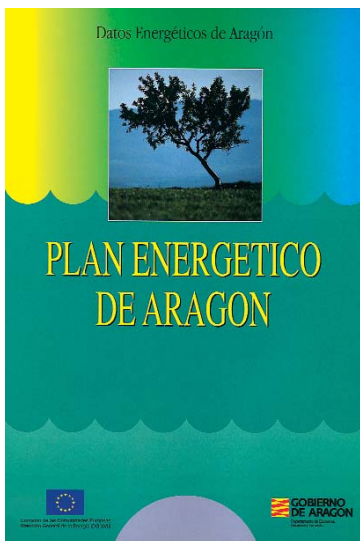
En la Comunidad Autónoma aragonesa, que posee un gran volumen de recursos hidroeléctricos, es primordial planificar el desarrollo de las centrales hidráulicas y minihidráulicas con directrices que cuiden los aspectos medioambientales y urbanísticos. La regulación de los recursos hídricos de la región es todavía susceptible de mejoras que permitan modular su aprovechamiento con mayor independencia de las variaciones de la pluviometría y, por lo tanto, de los caudales disponibles en los ríos. Según datos del antiguo Ministerio de Energía, el potencial hidroeléctrico bruto de la cuenca del Ebro se calculaba, en 1995, en el doble del que se aprovechaba, lo que hace de Aragón la Comunidad española con mayores posibilidades de desarrollo en explotaciones hidroeléctricas.

En nuestros días, el sector minero en España se encuentra en un proceso de reestructuración. Como consecuencia de las diversas medidas de ajuste, ha disminuido el número de empleos en el sector. Han tenido especial incidencia,

a este respecto, la transformación, ya comentada, de la minería de interior en explotaciones a cielo abierto y la reducción de la producción por parte de las empresas. Estos factores pueden tener unas repercusiones muy negativas en las comarcas tradicionalmente especializadas en la actividad minera; por ello, las medidas del “Plan de Desarrollo Alternativo de las Cuencas Mineras” pretenden paliar esos efectos dirigiéndose a tres objetivos: cubrir los déficits en infraestructuras, fomentar la implantación de empresas en la zona para ampliar el tejido industrial e

impulsar la enseñanza y la formación profesional. Con ello se aspira a potenciar el cambio de estructura económica de la zona, centrada en actividades económicas hoy en declive.

El futuro del carbón aragonés puede mejorar con la aplicación de tecnologías eficientes, como la desulfuración, o de nuevas formas de extracción, como la gasificación subterránea: se trata, esta última, de un procedimiento consistente en inyectar oxígeno y agua a presión en la veta (a unos 600 m de profundidad)



y, provocando la ignición localizada del carbón, generar gas metano que se extrae a la superficie para ser utilizado como combustible. El aprovechamiento comercial de la gasificación subterránea de carbón puede ser una solución en muchas comarcas donde la minería tradicional está siendo abandonada o como materia prima para la industria petroquímica, que sería capaz de atraer a empresas de distintos sectores.

Por lo que respecta a la cogeneración, el Plan Energético de Aragón (1996) estima que, para el año 2006, la capacidad instalada alcanzará entre 3.500 y 6.600 MW, lo que supondrá ahorros anuales equivalentes a 30-53 millones de barriles de petróleo. Y ello, sin considerar los ahorros indirectos que se obtendrán por la disminución de otros consumos y gastos en extracción, refinación, transporte y almacenamiento, entre otros.

Las energías renovables en Aragón se han desarrollado notablemente, en sintonía con lo ocurrido tanto a nivel nacional como del conjunto de la Unión Europea. El marco institucional favorece su fomento, se está realizando un destacado esfuerzo tecnológico y Aragón cuenta con los suficientes recursos como para prever un incremento significativo de la aportación de estas modalidades energéticas a corto plazo.

El objetivo del Plan de Acción de las Energías Renovables de Aragón para el periodo 1998-2005 es impulsar su

producción y su consumo en la región, lo que deberá traducirse en un uso menor de las convencionales. Se prevé que la contribución de las renovables aumente en 318.433 tep anuales en el año 2005; sumada esa producción a la existente en 1997, se alcanzaría una contribución total de 520.212 tep al año, esto es, se pasaría del 11,4 al 20% de la producción total de energía. La distribución del incremento previsto por fuentes se indica en el cuadro siguiente.

OBJETIVOS DEL PLAN DE ACCIÓN DE LAS ENERGÍAS
RENOVABLES DE ARAGÓN

Área	Energía (tep/año) 1997-2000	Energía (tep/año) 1997-2005	Participación de las áreas en el aumento total
Eólica	65.317	151.704	47,6
Minihidráulica	6.579	26.909	8,5
Biomasa total	42.800	127.200	39,9
RSU	4.200	10.500	3,3
Solar térmica	270	888	0,3
Solar fotovoltaica	62	232	0,1
Geotérmica	100	1.000	0,3
TOTAL	119.328	318.433	—

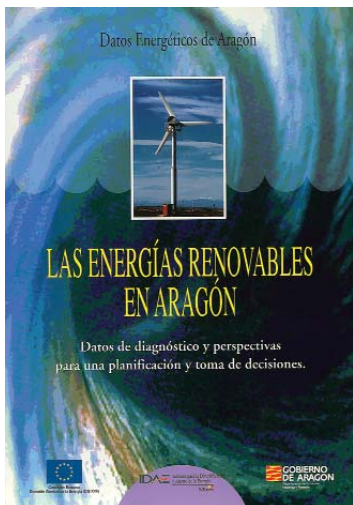
Fuente: Plan de Acción de Energías renovables.

A corto y medio plazo, su aprovechamiento energético se destinará fundamentalmente a las aplicaciones en el

ámbito doméstico (calefacción) y a instalaciones agrícolas, aunque también hay elevadas posibilidades de producción eléctrica derivada de su utilización.

Otro aspecto importante que habría que tener en cuenta es el de los beneficios que se derivarían de la aplicación energética de los residuos agrícolas que actualmente quedan en el campo como desechos. Los que poseen un mayor potencial aprovechable son los del ganado y los lodos de las depuradoras de aguas. La producción anual de residuos en los sectores vacuno y porcino se estima en unos 6,5 millones de toneladas, lo que supone unas posibilidades de conversión en energía de 100.389 tep al año. Además, la instalación de plantas centralizadas de tratamiento en las explotaciones ganaderas contribuiría a eliminar los problemas medioambientales derivados de su acumulación.

En cuanto a los lodos de las depuradoras, las directivas comunitarias imponen a los lugares de más de 15.000 habitantes unos niveles de depuración de sus aguas que implican, en algunos casos, la creación de nuevas instalaciones y, en otros, la modificación de las existentes. El potencial energético de los residuos sólidos urbanos y de los industriales es, asimismo, elevado: alcanza casi los 100.000 tep por año. En general, resulta viable establecer plantas de producción de energía térmica, eléctrica o de cogeneración que utilicen estos residuos como combustible.



La extracción de biogás de los vertederos para su aprovechamiento energético se realiza en estos momentos de forma aislada. Sin embargo, está en estudio el desarrollo tecnológico para su explotación, dado que tiene un importante potencial.

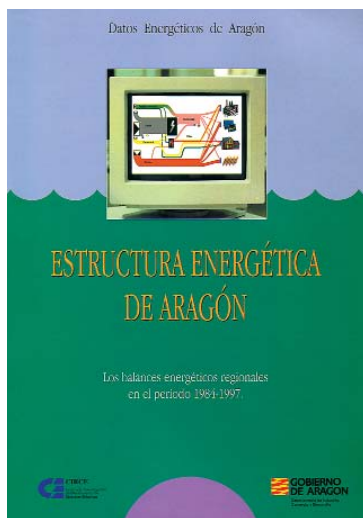
Por lo que respecta a las minicentrales hidroeléctricas, en el Plan de Acción de Energías Renovables se preveía la puesta en marcha de nuevas

centrales entre los años 1998 y 2005, lo que supondría una potencia instalada de 89,5 MW y una producción eléctrica de 314 GWh.

A corto y medio plazo, las instalaciones eólicas consistirán fundamentalmente en grandes parques dedicados a la generación de energía eléctrica para su suministro a las redes de transporte; y, también, en instalaciones menores de 5 MW conectadas con otras redes de distribución pequeñas, locales o propias de cada consumidor. Sin embargo, hay algunas barreras para el desarrollo de la energía eólica;

en primer lugar, una parte del territorio que se prevé ocupar no dispone de líneas eléctricas suficientes; en segundo lugar, en algunas zonas hay limitaciones medioambientales, por lo que deberá plantearse una adecuada convivencia entre el hábitat y las instalaciones eólicas. Y, además, hay muchas solicitudes para unos mismos emplazamientos, lo que produce problemas en su aprovechamiento.

En cuanto a las infraestructuras de transporte energético, en Aragón la red eléctrica se está desarrollando ampliamente y se encuentra en extensión en áreas con insuficiente suministro o en aquellas donde se pretende instalar una actividad económica en concreto, especialmente en determinadas zonas rurales de Huesca y Teruel.



ENERGÍA: LA OTRA CARA DE LA MONEDA

Miguel Ángel Hidalgo

El consumo de energía no sólo es el indicador más ajustado del nivel de vida de una sociedad, sino que la disponibilidad de energía en cantidad creciente es la condición indispensable para su progreso material. Pero en esa carrera tan lógica como imparable para impulsar el crecimiento de la producción de bienes y servicios en la que compiten todos los países, no es oro todo lo que reluce.

La producción de energía por su carácter masivo, al igual que la mayoría de los procesos que necesitan economías de escala para ser rentables, no está libre de inconvenientes. Es más, comparada con otros procesos de producción masiva, es quizás uno de los que más dificultades encuentra para ajustarse a los requerimientos medioambientales que hoy exige la sociedad al mundo industrial.

Junto a ello, aún es más importante la conciencia de rechazo en las zonas productoras de energía, como es el caso de ciertas comarcas en Aragón, a soportar más instalaciones. Tras acoger en el pasado embalses o plantas de generación con la alegría con que se recibía entonces al progreso, las gentes constatan que esa riqueza no ha servido para desarrollar sus territorios en la medida esperada, teniendo empero que pechar con los inconvenientes que en la mayoría de los casos han forzado a la emigración y abandono de los valles acompañados por el olvido social más flagrante.

En este ambiente social de descontento, los movimientos ecologistas han hallado en la población local el mejor aliado para dar resonancia a sus planteamientos, tanto justificados como, a veces, de obstruccionismo radical, de forma que hoy el verdadero problema, que es el humano, ha pasado a segundo o tercer plano y sólo se habla del medioambiental.

La provincia de Huesca, con sus ibones y valles del Pirineo, propició la industrialización de otras regiones españolas. Fue “descubierta” por el Estado a principios del siglo XX en función de la utilidad de su orografía, antes que por el imperativo de librar a sus habitantes del abandono secular e integrarlos en el conjunto de España. Valles enteros e ibones paradisíacos se inundaron y entubaron en bien de un progreso vendido a granel como panacea contra la miseria. Aun hoy, el excursionista encuentra en las alturas restos de vagonetas, cables, pilonas, ruinas de cobertizos, palas y azadones, abandonados desde hace ochenta años, que denuncian la paternidad escasamente responsable de las compañías productoras de electricidad.

Qué decir de las poblaciones que en aras del progreso fueron expropiadas por “interés general” de su valle y sus casas teniendo que llevarse hasta los muertos para luego cobrar tarde y mal un justiprecio. Y ver con el tiempo que el interés general por el que se sacrificaron no ha sido otro, con las privatizaciones, que el particular de los accionistas de las compañías.

Años atrás, en los inicios de la generación eléctrica pirenaica, hubo tarifas diferenciales y las zonas sacrificadas por el bien general contaron con una compensación para impulsar su

desarrollo. Así crecieron núcleos industriales como Sabiñánigo o Monzón, donde acudieron empresas con gran consumo de electricidad, iniciándose una industrialización avanzada de zonas antes semidesérticas que fijó población y comenzó a vertebrar el territorio. Sin más explicaciones, la concepción centralista de España impuso a mitad de los setenta una sola tarifa eléctrica en todo el país. De repente, la única compensación a esos lugares desaparecía y, además, sus habitantes veían encarecido el recibo al tener que pagar obligadamente el transporte de la energía producida en sus valles para que se aprovechara en otras regiones. De un plumazo de Boletín Oficial, la situación estratégica para asentamiento industrial de las zonas productoras quedaba anulada en favor de las regiones que no poseían ese valor energético pero sí, como Barcelona o Madrid, el geográfico.

Así, no es de extrañar el radical rechazo con que ahora tropieza toda propuesta, sea el paso de un gasoducto, un tendido eléctrico internacional o un embalse para riegos o abastecimiento en la propia Comunidad Autónoma. Todas son iniciativas de trascendencia, para España o para zonas de Aragón, pero, a los ojos de la experiencia de las poblaciones de la montaña, tras el trato recibido en provecho ajeno, no se puede sino decir que es una situación tan justificada como indeseable, y que la hemos generado todos, en España, por acción o por omisión. Una situación que hoy, con motivo del trasvase previsto en el Plan Hidrológico Nacional, vive todo Aragón, al ver que el Estado dispone sin contemplaciones de una riqueza natural regulada con el sacrificio de muchos pueblos de toda la geografía aragonesa y la subordina a la creación de riqueza en otras regiones.

La comunicación gasística por excelencia con el resto de Europa —un gasoducto— hubiera dado a Aragón una posición de privilegio en lo que hoy es uno de los recursos energéticos más apreciados. La excesiva obcecación y la falta de un mínimo de reflexión que preside ya la reacción aragonesa ante estos temas hicieron que, de la noche a la mañana, la compañía promotora cambiara sus planes llevándolo por Navarra. El daño fue doble, pues el gasoducto no revaloriza el territorio y pone en valor el del vecino.

Al caso siguió con gran controversia social la conexión eléctrica internacional Aragón-Cazaril. Finalmente no se hizo porque la crisis internacional de los noventa alejó a un horizonte remoto las expectativas de consumo. Hoy, tras el crecimiento económico sostenido del último lustro y, sobre todo, tras el proceso liberalizador del sector en Europa, la Península Ibérica comprueba que, eléctricamente, es una isla y que por falta de capacidad de líneas con Francia, es imposible hacer efectiva la posibilidad de suministrarse de productores europeos alternativos, e incluso de atender a una emergencia puntual.

Es una carta importantísima que Aragón debe saber jugar a cambio de las compensaciones oportunas, evitando que de nuevo el futuro —la puesta en valor territorial que suponen estas infraestructuras— se vaya a los vecinos.

Lo mismo ocurre en el interior de Aragón en cuanto se habla de embalses para riego. El valle del Ebro necesita agua regulada para riego y para abastecimiento y la despensa está en la montaña. La insensibilidad de la Administración central hacia las

zonas sacrificadas de la montaña en aras del progreso, ha creado en Aragón una paralizante dicotomía entre montaña y valle. Anegar pueblos, inutilizar valles enteros a cambio de abalorios, mientras la riqueza se crea a diario en otras zonas, reproduce y realimenta el mal en el tema de riegos. Ahora que el valle ve con temor las consecuencias de un posible trasvase, reacciona contra el Estado con los mismos argumentos que la montaña y la comprende del todo.

Esta cruz de la moneda no estaría concluida sin hablar de Teruel. La presencia de las productoras de energía supuso una salida para el aprovechamiento minero. Pero, como en Asturias, lo que fue en un momento una ventaja ha sido inconveniente para el desarrollo equilibrado y la vertebración del territorio. El monocultivo energético, por ser un modo de producción muy sindicalizado, conlleva necesariamente con el tiempo un “efecto expulsión” de actividades que no pueden competir en salarios o ventajas extrasalariales con la actividad minero-energética. Así, conforme ha ido decayendo y la necesidad reconversora ha generado licenciamiento de personal, la consecuencia ha sido la despoblación por falta de actividades alternativas para absorberlo y por falta de capacidad de iniciativa en las personas licenciadas ante la oportunidad de vivir de la renta de una crecida indemnización.

Distinto aspecto presenta la producción de energía eólica. Una característica esencial es que esta tecnología permite instalar una elevada potencia por unidad de superficie ocupada y facilita el uso de terreno mediante modalidades contractuales, como el alquiler, más asumibles por los propietarios que la

expropiación forzosa, pues significa participar en el beneficio obtenido mediante una renta permanente y sin perder el dominio. No obstante, a pesar de esta “facilidad”, que evita el problema de las grandes instalaciones, la capacidad de respuesta de la energía eólica al problema medioambiental es limitada.

Su limitación viene dada por ser una producción de energía efectivamente “alternativa” en el peor sentido de la palabra, pues es impredecible por depender de la meteorología. Este funcionamiento aleatorio origina problemas de estabilidad en las redes de transporte y limita su extensión. Por otro lado, la potencia eólica instalada no sustituye a otros sistemas menos ventajosos para el medio ambiente, ya que necesita siempre instalación de generación eléctrica redundante que garantice el suministro en caso de meteorología desfavorable. Finalmente, y no es lo de menos, el impacto paisajístico no desdeñable, y la necesaria subvención de unos costes que duplican los de la energía convencional, dejan por el momento a la aerogeneración muy lejos de las entusiastas expectativas con que fue promovida por algunos sectores. Son hechos desafortunados para Aragón, dadas las inmejorables cualidades climáticas que presenta.

De lo dicho puede concluirse que producción de energía y territorio están íntimamente ligados y que Aragón posee gran potencialidad en este campo. Tal es así que “exporta” el 70% de su producción, siendo su consumo del 30% de la energía eléctrica que produce. La cruz de la moneda es que el sacrificio de población y territorio que conlleva no ha servido para equilibrar y vertebrar sus comarcas, la riqueza se ha ido fuera y el saldo resultante dista mucho de ser positivo.

MARCO NORMATIVO: LA LIBERALIZACIÓN Y REORDENACIÓN DEL SECTOR ENERGÉTICO



Al igual que ha ocurrido en el contexto europeo, la legislación que afecta al sector energético español ha cambiado sustancialmente en los últimos años.

La Ley 49/1984, de 26 de diciembre, sobre Explotación Unificada del Sistema Eléctrico Nacional, declaró servicio público de titularidad estatal la explotación unificada del sistema eléctrico a través de redes de alta tensión, y supuso la nacionalización de la misma. La aprobación de la LOSEN (Ley de Ordenación del Sistema Eléctrico Nacional), diez años después, introdujo sin embargo elementos de concurrencia y competitividad, de acuerdo con los criterios de convergencia de las iniciativas comunitarias.

De acuerdo con estas nuevas tendencias de la Unión Europea, la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico (en vigor desde el 1 de enero de 1998) marcó el inicio del proceso liberalizador, con el establecimiento de los plazos y medidas que debían llevarse a cabo para alcanzar los objetivos de la libre competencia. El nuevo marco legal establecido por esta ley persigue dos metas: implantar un sistema en el que haya una mayor competen-

cia entre las empresas eléctricas y permitir al consumidor que elija a su suministrador. Se trata, en definitiva, de obtener tarifas y precios más competitivos y, a la vez, una mayor calidad en el suministro.

La nueva ley sustituye el sistema de determinación de la tarifa eléctrica vigente desde 1988 (regulada por la Administración) por otro que introduce progresivamente la existencia de clientes denominados “cualificados”, esto es, que acceden a un nuevo mercado liberalizado pagando los correspondientes peajes por el uso de las redes que llevan la energía hasta el punto de consumo.

La liberalización del mercado eléctrico va acompañada de la del mercado de hidrocarburos: la Ley 34/1998, de 7 de octubre, tuvo por objeto renovar, integrar y homogeneizar la normativa legal vigente en materia de hidrocarburos, y limitar la actuación de los poderes públicos, pues, entre otras cosas, hizo desaparecer el monopolio estatal en la distribución de los productos petrolíferos. Esta ley trataba de liberalizar los precios de los combustibles, de modo que las compañías petroleras quedaban autorizadas a fijarlos libremente y se suprimía el poder del Gobierno para establecer tarifas máximas y mínimas.

En Aragón, la entrada en vigor de estas normativas y el comienzo de la liberalización del mercado energético han supuesto una reorganización del sector, en la que destacan dos elementos: en primer lugar, la unificación de la dis-

tribución de gas natural en una sola empresa, Gas Aragón, propiedad de ENDESA; en segundo lugar, la absorción por parte de ENDESA de todas sus empresas participadas, entre ellas, ERZ y ENHER, con lo que se adapta a la separación de los negocios eléctricos prevista por la LOSEN en cada uno de los ámbitos territoriales. En la práctica supone una reordenación de los activos (de las instalaciones) tanto en la producción como en la distribución. La liberalización obliga a las empresas del sector a separar sus diferentes actividades, diferenciando las liberalizadas (la generación, la comercialización) de las que permanecen reguladas (el transporte, la distribución). Con esta nueva reestructuración se crearon ERZ I (dependiente de ENDESA Distribución) y ERZ II (dependiente de ENDESA Generación).

Para velar por la libre competencia entre las empresas que operan en el sector del gas y la electricidad, se creó en España la Comisión Nacional de la Energía, siguiendo el modelo de otros organismos similares con el mismo cometido, como, por ejemplo, la Comisión Nacional del Mercado de Valores para las empresas que cotizan en bolsa.

En 1999 se avanzó en el proceso de liberalización del sector eléctrico: se dio libertad de acceso a la red eléctrica para el mercado mayorista frente al regulado y se disminuyó el requerimiento de consumo para los consumidores cualificados, que en octubre de ese año eran los que superaban 1 GWh/año.

CONCLUSIONES



El grado de bienestar y desarrollo que una sociedad alcanza está determinado, en gran medida, por los recursos energéticos de que dispone. Aunque los economistas utilizan una medida más sintética para valorar el nivel de riqueza de un territorio, el PIB por habitante, también es posible obtener información comparando esta última medida con las tasas de consumo de energía.

Las zonas económica y socialmente más desarrolladas, entre las que se cuenta Aragón, evidencian una utilización intensa de la energía en la realización de sus actividades. De hecho, el adecuado suministro a la demanda energética es una de las principales preocupaciones de cualquier gobierno.

En la actualidad surge, además, el interés por que estas actividades eviten dañar el medio ambiente, de modo que es preciso hacer compatibles las necesidades de producción energética con el respeto a la Naturaleza. En este contexto, con unas necesidades crecientes de energía y las limitaciones autoimpuestas, habría que procurar una utilización más racional de los recursos energéticos, la mejora de la eficiencia de los sistemas de producción en este sector y la búsqueda de alternativas más respetuosas con el entorno natural.

Aragón, pese a que no cuenta con algunas de las principales materias primas para producción de energía (explotaciones petrolíferas ni refinerías), ha participado tradicionalmente en este sector a través de la producción hidroeléctrica, la minería energética y la generación termoeléctrica. Además, cuenta con otros recursos naturales en su territorio susceptibles de ser utilizados como nuevas fuentes de energía más respetuosas con el medio ambiente. Seguramente, a largo plazo estas nuevas fuentes irán adquiriendo mayor relevancia en todo el mundo. Sin embargo, en un futuro próximo es difícil que las crecientes necesidades de energía de las economías desarrolladas puedan ser cubiertas con estas fuentes, dado su nivel tecnológico actual. Precisamente por ello es preciso que las medidas de innovación contemplen de forma prioritaria la mejora de todas ellas.

Aragón, que participa de estas inquietudes, está prestando una atención creciente a las iniciativas de implantación de nuevas tecnologías en el ámbito energético, tanto por parte de las empresas privadas como de las administraciones públicas y la comunidad científica e investigadora.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



Atlas de recursos hidroeléctricos de Aragón, Departamento de Economía, Hacienda y Fomento del Gobierno de Aragón y Centro de Investigación del Rendimiento de Centrales Eléctricas, Zaragoza, 1998.

Boletín de Coyuntura Energética en Aragón. Primer semestre 1998, Departamento de Industria, Comercio y Desarrollo del Gobierno de Aragón, Zaragoza, 1999.

Boletín de Coyuntura Energética en Aragón. Segundo semestre 1998, Departamento de Industria, Comercio y Desarrollo del Gobierno de Aragón, Zaragoza, 2000.

CERROLAZA, J. A.: *El libro de la energía*, Forum Atómico Español, Madrid, 1987.

Estructura energética de Aragón. Los balances energéticos regionales en el periodo 1985-1997, Departamento de Industria, Comercio y Desarrollo del Gobierno de Aragón y Centro de Investigación del Rendimiento de Centrales Eléctricas, Zaragoza, 2000.

GERMÁN, L.: *ERZ (1910-1990). El desarrollo del sector eléctrico en Aragón*, Institución «Fernando el Católico» y Eléctricas Reunidas de Zaragoza, Zaragoza, 1990.

La Minería de Aragón, Dirección General de Industria, Energía y Minas del Gobierno de Aragón, Zaragoza, 1994.

Las energías renovables en Aragón, Departamento de Economía, Hacienda y Fomento del Gobierno de Aragón e Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Zaragoza, 1997.

Plan energético de Aragón, Departamento de Economía, Hacienda y Fomento del Gobierno de Aragón, Zaragoza, 1996.

PUIG, J. y COROMINAS, J.: *La ruta de la energía*. Anthropos, Barcelona, 1990.

Situación Económica y Social de Aragón en 1998. Informe Anual, Consejo Económico y Social de Aragón, Zaragoza, 1999.

VELARDE, J., GARCÍA DELGADO, J. L. y PEDREÑO, A. (directores): *Ejes territoriales de desarrollo: España en la Europa de los noventa*, Colegio de Economistas de Madrid, Madrid, 1992.



56. **El arte rupestre en Aragón** • M^a Pilar Utrilla Miranda
57. **Los ferrocarriles en Aragón** • Santiago Parra de Mas
58. **La Semana Santa en Aragón** • Equipo de Redacción CAI100
59. **San Jorge** • Equipo de Redacción CAI100
60. **Los Sitios. Zaragoza en la Guerra de la Independencia (1808-1809)** • Herminio Lafoz
61. **Los compositores aragoneses** • José Ignacio Palacios
62. **Los primeros cristianos en Aragón** • Francisco Beltrán
63. **El Estatuto de Autonomía de Aragón** • José Bermejo Vera
64. **El Rey de Aragón** • Domingo Buesa Conde
65. **Las catedrales en Aragón** • Equipo de Redacción CAI100
66. **La Diputación del Reino de Aragón** • José Antonio Armillas
67. **Miguel Servet. Sabio, hereje, mártir** • Ángel Alcalá
68. **Los juegos tradicionales en Aragón** • José Luis Acín Fanlo
69. **La Campana de Huesca** • Carlos Laliena
70. **El sistema financiero en Aragón** • Área de Planificación y Estudios - CAI
71. **Miguel de Molinos** • Jorge Ayala
72. **El sistema productivo en Aragón** • Departamento de Economía - CREA
73. **El Justicia de Aragón** • Luis González Antón
74. **Roldán en Zaragoza** • Carlos Alvar
75. **La ganadería aragonesa y sus productos de calidad** • Isidro Sierra
76. **La fauna de Aragón** • César Pedrocchi Renault
77. **Opel España** • Antonio Aznar y M^a Teresa Aparicio
78. **La Feria de Muestras de Zaragoza** • Javier Rico Gambarte

79. **La jota aragonesa** • Javier Barreiro
80. **Los humedales en Aragón** • Jorge Abad y José Luis Burrel
81. **Los iberos en Aragón** • Francisco Burillo
82. **La salud en Aragón** • Luis I. Gómez, M. J. Rabanaque y C. Aibar
83. **Félix de Azara** • María-Dolores Albiac Blanco
84. **Las iglesias de Serrablo** • Equipo de Redacción CAI100
85. **La nieve en Aragón** • Salvador Domingo
86. **El aceite de oliva en Aragón** • Ángel Bonilla y Miguel Lorente
87. **El cuento oriental en Aragón** • M^a Jesús Lacarra
88. **Los Fueros de Aragón** • Jesús Delgado y M^a Carmen Bayod
89. **Aragón y los Fondos Europeos** • Elías Maza
90. **Las lenguas de Aragón** • M^a A. Martín Zorraquino y José M^a Enguita
91. **Cómo Teruel fue ciudad** • Equipo de Redacción CAI100
92. **Benjamín Jarnés** • José-Carlos Mainer
93. **José de Calasanz** • Asunción Urgel
94. **La imprenta en Aragón** • Miguel Ángel Pallarés y Esperanza Velasco
95. **La energía. Usos y aplicaciones en Aragón** • Departamento de Economía - CREA



96. **Los Pirineos** • Equipo de Redacción CAI100
97. **Los celtas** • Álvaro Capalvo
98. **Ingenios, máquinas y navegación en el Renacimiento** • Equipo de Redacción CAI100
99. **Breviario de historia de Aragón** • Equipo de Redacción CAI100
100. **La Corona de Aragón** • Esteban Sarasa