

JORNADA BIOMASA en GENERA 2014

MADRID, 7 de MAYO de 2014

EL PAPEL DE LA BIOMASA EN EL MIX ENERGÉTICO NACIONAL, EN EL MARCO DE LA UNIÓN EUROPEA

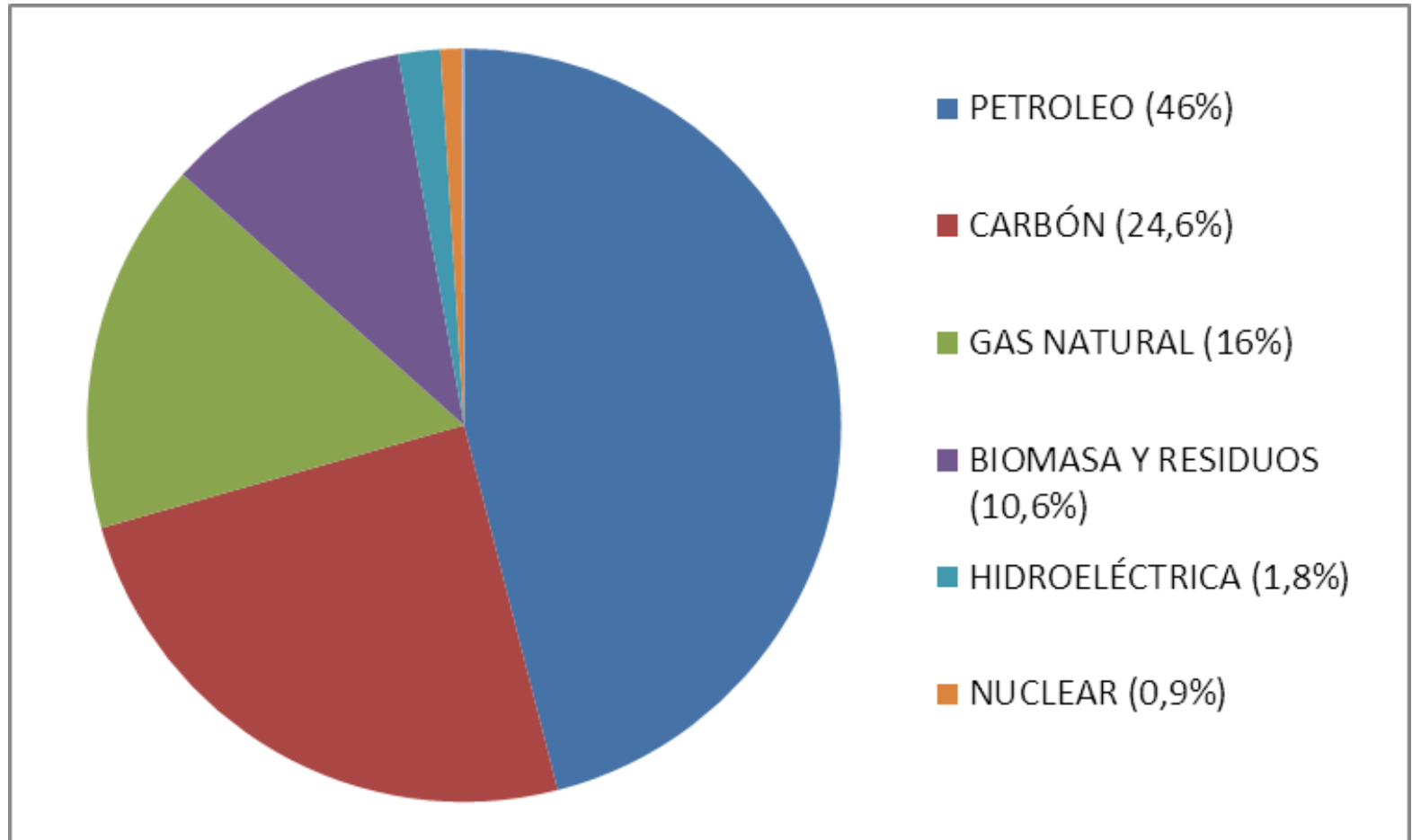
Emilio Cerdá Tena

AERNA

y

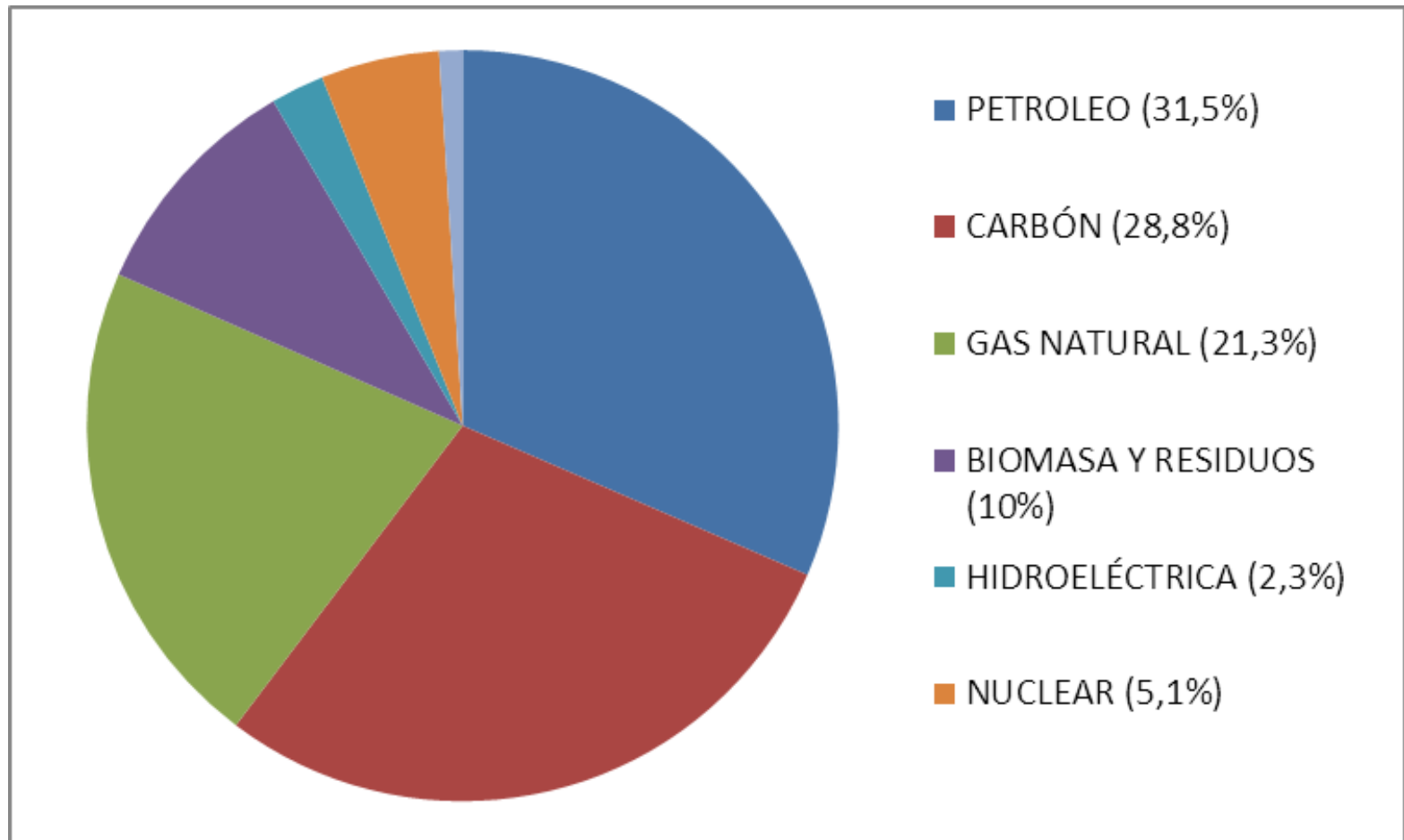
Universidad Complutense de Madrid

SUMINISTRO DE ENERGÍA PRIMARIA EN EL MUNDO EN 1973: 6.109 Mtep



FUENTE: *INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA)*

SUMINISTRO DE ENERGÍA PRIMARIA EN EL MUNDO EN 2011: 13.113 Mtep

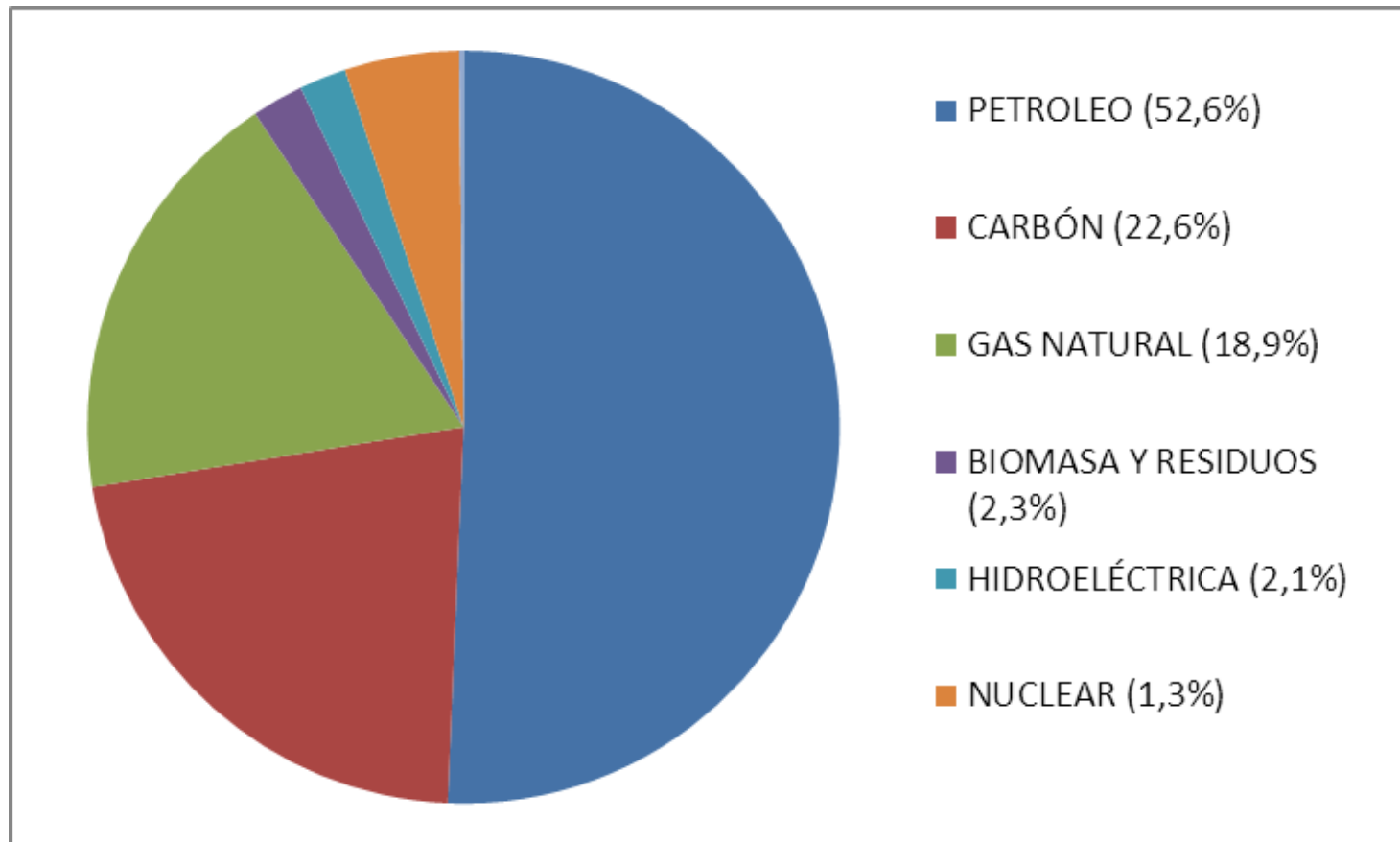


FUENTE: IEA

Comparando los datos de energía primaria en todo el mundo entre 1973 y 2011 se observa que:

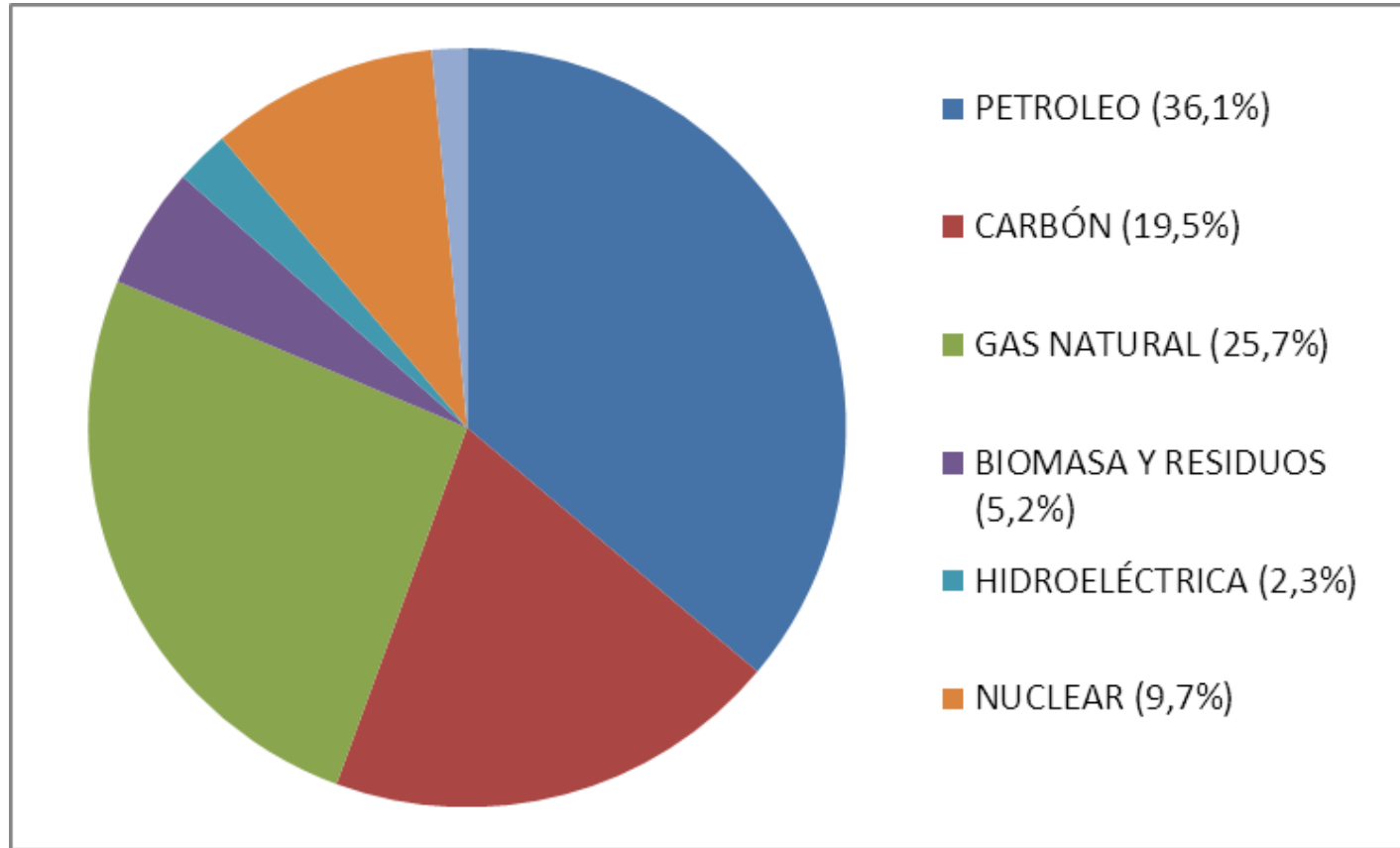
- El suministro total de energía primaria ha crecido el 115% , pasando de 6.109 en 1973 a 13.113 Mtep en 2011.
- Se ha reducido de manera significativa la aportación del petróleo, pasando de un 46% en 1973 al 31,5% en 2008.
- El peso del grupo biomasa y residuos desciende muy ligeramente, pasando del 10,6% al 10%.
- Aumenta la aportación de la energía nuclear, gas natural, carbón, hidroeléctrica y geotérmica/eólica/solar.

SUMINISTRO DE ENERGÍA PRIMARIA EN LA OCDE EN 1973: 3.740 Mtep



Fuente: IEA

SUMINISTRO DE ENERGÍA PRIMARIA EN LA OCDE EN 2012: 5.239 Mtep



FUENTE: IEA

Comparando los datos de energía primaria en el conjunto de países de la OCDE entre 1973 y 2012 se observa que:

- El suministro total de energía primaria ha crecido un 40% en el periodo analizado, bastante menos que a nivel mundial.
- Se ha reducido mucho la aportación del petróleo, pasando de un 52,6% en 1973 al 36,1% en 2008. Disminuye el peso del carbón.
- Aumenta la aportación de la energía nuclear, gas natural, y geotérmica/eólica/solar.
- El porcentaje correspondiente al grupo de biomasa y residuos es bastante menor a nivel de OCDE que a nivel mundial. En cambio, su peso en la OCDE ha crecido de manera considerable, pasando del 2,3% en 1973 al 5,2% en 2012.

Usos tradicionales y usos modernos de la biomasa

- Los usos tradicionales de la biomasa se identifican principalmente, aunque no exclusivamente, con la biomasa que se obtiene sin mediar una transacción comercial. Esta biomasa es la leña tradicionalmente usada para cocción de alimentos y proporcionar calor en el hogar. Problemas: baja eficiencia y ocasiona dificultades para la salud.
- La biomasa moderna se caracteriza por las transacciones en el mercado y se utiliza para generación de energía eléctrica, para producción de calor tanto en la industria como en los hogares y para la producción de biocarburantes

Algunas reflexiones de la IEA en el *World Energy Outlook 2013*

- El centro de la demanda de energía está cambiando de manera decisiva hacia las economías emergentes, sobre todo China, India y Oriente Próximo, que están empujando en un tercio, hacia arriba, el uso de energía global.
- Como la energía es la causa de 2/3 de las emisiones de gases de efecto invernadero, el sector de la energía será fundamental para determinar si los objetivos de cambio climático son alcanzados.

Algunas reflexiones de la IEA en el *World Energy Outlook 2013* (2)

- Teniendo en cuenta el impacto de medidas ya anunciadas por los gobiernos para mejorarla eficiencia energética, el apoyo a las renovables, reducción de los subsidios a los combustibles fósiles y, en algunos casos, la incorporación de un precio al carbono, las emisiones de CO₂, aumentarán un 20% hasta 2035, lo cual implica un incremento medio de la temperatura de **3,6°C** , siendo el acuerdo mundial de 2°C.

Algunas reflexiones de la IEA en el *World Energy Outlook 2013* (3)

- Se insiste en que hay que eliminar gradualmente los subsidios a las energías fósiles, que estima alcanzaron en el mundo en 2012 los 544 mil millones de dólares.
- En 2012 las ayudas a las energías renovables en el mundo estuvieron en torno a 110 mil millones de \$ y estima en 220 mil millones en 2035.
- Los precios del crudo (en torno a 110 \$ el barril en términos reales desde 2011), son relativamente uniformes en el mundo. No ocurre lo mismo con el gas ni con la electricidad. Los consumidores industriales en Europa y Japón pagan por la electricidad más del doble que sus colegas de Estados Unidos. Estas variaciones en los precios de la energía afectan a la competitividad.

Clasificación según EurObserv'ER BAROMETER

EurObserv'ERBarometer distingue dentro de la BIOENERGÍA, o BIOMASA (EN SENTIDO AMPLIO), cuatro fuentes energéticas diferentes:

- 1) biomasa sólida,
- 2) biogás,
- 3) residuos municipales renovables (o fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos),
- 4) biocarburentes (también llamados biocombustibles líquidos).

PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA EN LA UNIÓN EUROPEA

Utilizando datos de Eurostat, la producción de energía primaria disminuyó el 14,2% en la UE (UE-27) entre los años 2000 y 2011, pasando de 941 a 807,2 Mtep. Sin embargo, en dicho periodo la producción de energía primaria a partir de energías renovables aumentó el 68,2% en la UE-27, pasando de 96,5 a 162,3 Mtep, lo que supuso pasar del 10,3% al 20,1% de la energía producida en la UE entre los años 2000 y 2011.

En la UE, a lo largo de los años transcurridos del siglo XXI la producción de petróleo, gas natural y carbón ha disminuido de manera considerable, la de energía nuclear prácticamente se ha mantenido y sólo ha aumentado la de energías renovables. Los países que más energía produjeron en la UE, en el año 2011, fueron Francia (135,40 Mtep), Reino Unido (129,16), Alemania (124,90), Polonia (68,87) y Holanda (64,69). En cuanto a energía procedente de fuentes renovables, los países más productores en la UE fueron Alemania (31,29 Mtep), Francia (17,90), Italia (17,87), Suecia (15,75) y España (13,76).

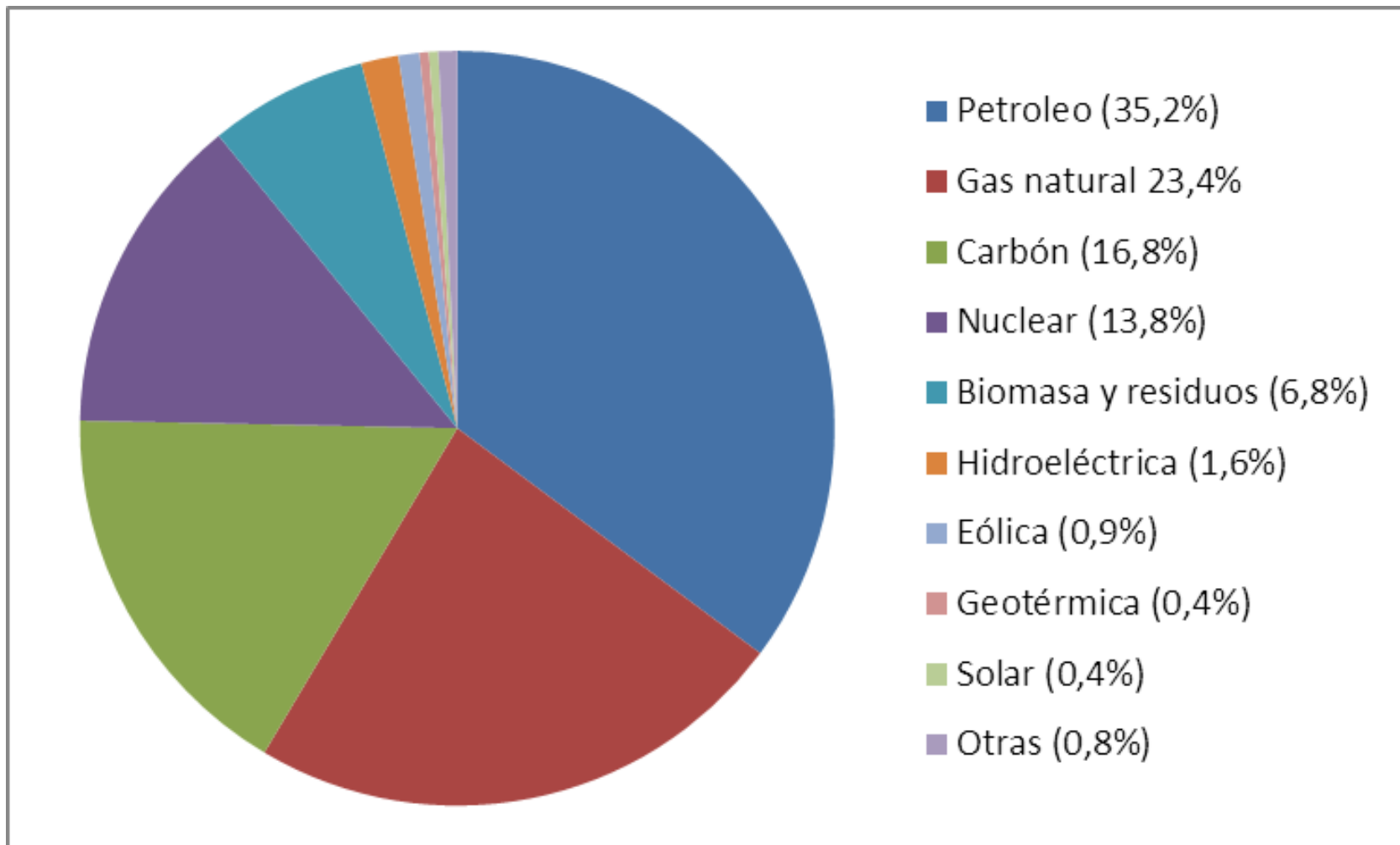
CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA EN LA UNIÓN EUROPEA

La UE consume más energía de la que produce. El consumo interior bruto de energía primaria disminuyó sólo en 1,6% en la UE entre los años 2000 y 2011, pasando de 1725 a 1697,7 Mtep. Los países que más energía consumieron en la UE en el año 2011 fueron Alemania (316,31 Mtep), Francia (259,33), Reino Unido (198,78), Italia (172,94) y España (128,54).

DEPENDENCIA ENERGÉTICA

La UE es importadora de energía. La dependencia energética se ha incrementado en los últimos años, pasando del 46,7% en el año 2000 al 53,8% en el año 2011. De la energía importada por la UE en el año 2011 el 58% correspondió a petróleo, el 28% a gas natural, el 13% a carbón y el 1% a energías renovables.

Consumo de energía primaria en la Unión Europea en 2011



FUENTE: *EUROSTAT*

PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA RENOVABLE EN LA UNIÓN EUROPEA

En la UE hay poca diferencia entre las cantidades que se producen y las que se consumen de energía primaria procedente de fuentes renovables. Así, en 2011 la producción de energía primaria procedente de fuentes renovables fue de 162,3 Mtep, siendo el consumo bruto de 169 Mtep y, por tanto, las importaciones netas fueron 6,7 Mtep.

Producción de energía primaria renovable en la UE, por tecnología en Mtep (porcentaje entre paréntesis)

	AÑO 2000	AÑO 2011
BIOENERGÍA	59,2 (61,3%)	108,2 (66,65%)
HIDROELÉCTRICA	30,2 (31,3%)	26,4 (16,25%)
EÓLICA	1,9 (2%)	15,4 (9,5%)
GEOTÉRMICA	4,7 (4,8%)	6,2 (3,8%)
SOLAR	0,5 (0,5%)	6,1 (3,8%)
TOTAL	96,5 (100%)	162,3 (100%)

Fuente: Eurostat

Producción de cada uno de los tipos de bioenergía en la UE en 2011, en Mtep (porcentaje entre paréntesis)

BIOMASA SÓLIDA	78,8 (72,8%)	82,2*
BIOGÁS	10,1 (9,3%)	12*
RESIDUOS MUNICIPALES RENOVABLES	8,2 (7,6%)	8,75*
BIOCARBURANTES	11,1 (10,3%)	
TOTAL	108,2 (100%)	

Fuente: Eurobserv'ER

(* , estimación de Eurobserv'ER para 2012)

Consumo bruto de electricidad renovable en la UE, en TWh (porcentaje entre paréntesis)

	AÑO 2011
HIDRÁULICA	311 (46%)
EÓLICA	179,2 (26,5%)
BIOENERGÍA	133 (19,7%)
SOLAR	46,3 (6,9%)
GEOTÉRMICA	5,9 (0,9%)
ENERGÍAS OCEÁNICAS	0,5 (0,1%)
TOTAL	676 (100%)

Fuente: Euroobserv'ER

Producción de electricidad por tipo de bioenergía en la UE en 2012 (en Twh) (porcentaje entre paréntesis)

	AÑO 2012
BIOMASA SÓLIDA	80 (55,2%)
BIOGÁS	46 (31,7%)
RESIDUOS MUNICIPALES RENOVABLES	19 (13,1%)
TOTAL	145 (100%)

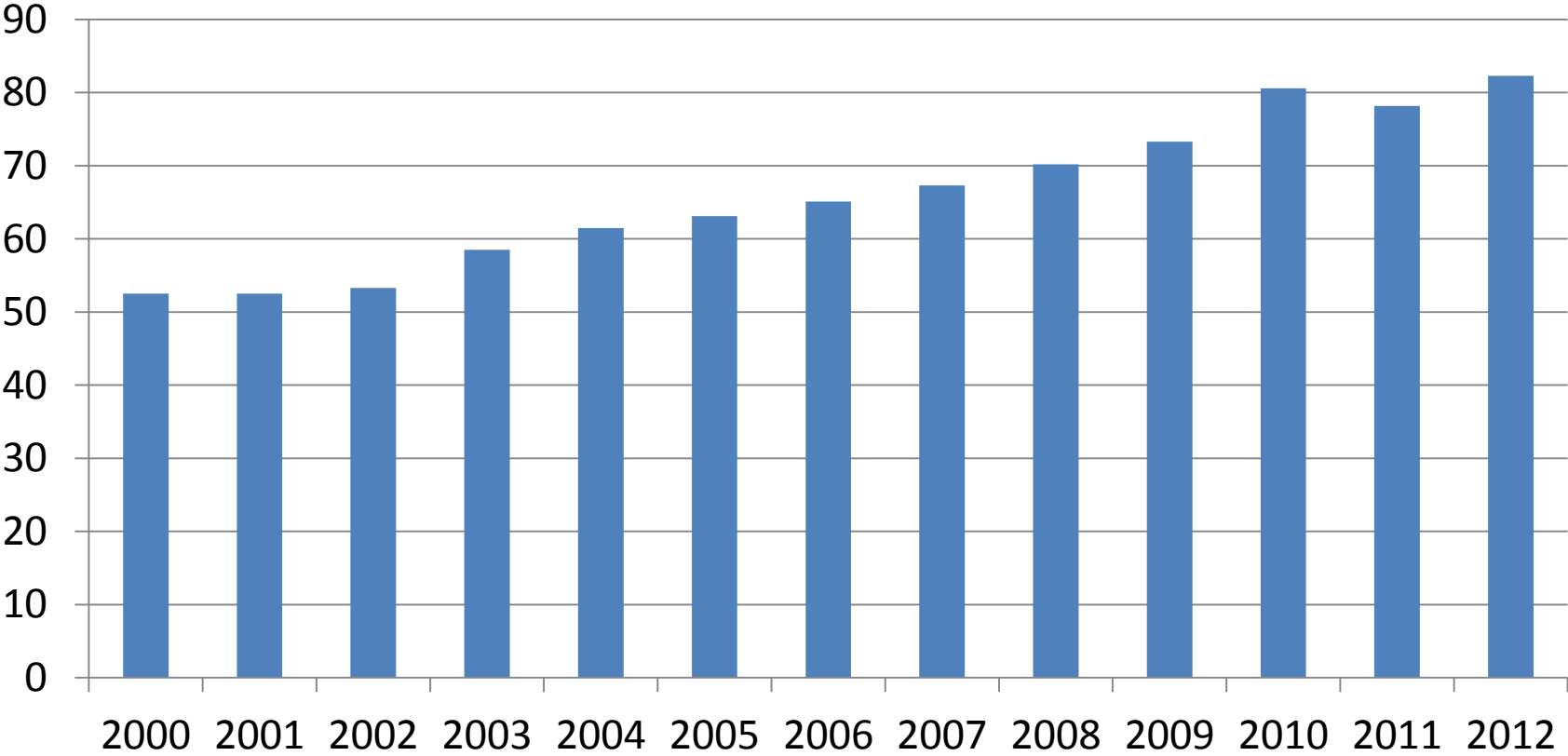
Fuente: Euroserv'ER

BIOMASA SÓLIDA

Los países con mayor producción en la UE (con indicación de las cantidades producidas en el año 2011) son Alemania (11,69 Mtep), Francia (9,22), Suecia (8,16), Finlandia (7,48) y Polonia (6,75). El ranking cambia al considerar la producción por habitante (en tep/habitante): Finlandia (1,39), Suecia (0,88), Letonia (0,78), Austria (0,56) y Lituania (0,30).

Producción de energía primaria a partir de biomasa sólida en la UE

Mtep



Biomasa sólida

La mayor parte de la biomasa sólida utilizada para usos energéticos se dedica en la UE a la producción de calor, el resto a la generación de electricidad. En el año 2011, de los 78,8 Mtep de energía primaria a partir de biomasa sólida que se produjeron en la UE, 64,9 fueron para usos térmicos, lo cual supuso el 82,4%. El resto se dedicaron a la producción de electricidad (72,8 TWh, en 2011).

En 2011 los países de la UE con mayor producción bruta de electricidad a partir de biomasa sólida fueron Alemania (11,5 TWh), Finlandia (10), Suecia (9,6), Polonia (7,1) y Reino Unido (6,1). El 57,8% de la electricidad producida lo fue en plantas de cogeneración.

Biogás

- La UE ejerce el liderazgo mundial en la producción de biogás. Los países de la UE con mayor producción en el año 2011 fueron Alemania (5,1 Mtep), Reino Unido (1,8), Italia (1,1), Francia (0,35) y Holanda (0,3).
- Los tres canales principales de producción de biogás en la UE son los siguientes: desgasificación de vertederos (31,3% de la producción en 2011), plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas y efluentes industriales (12% de la producción en 2011) y otras plantas diseñadas expresamente para conversión energética a través de metanización (56,7% de la producción en 2011). Mientras Alemania ha optado por promover el desarrollo de plantas que traten residuos agroindustriales y cultivos energéticos, Reino Unido se ha centrado en la producción de biogás a partir de la desgasificación de vertederos.

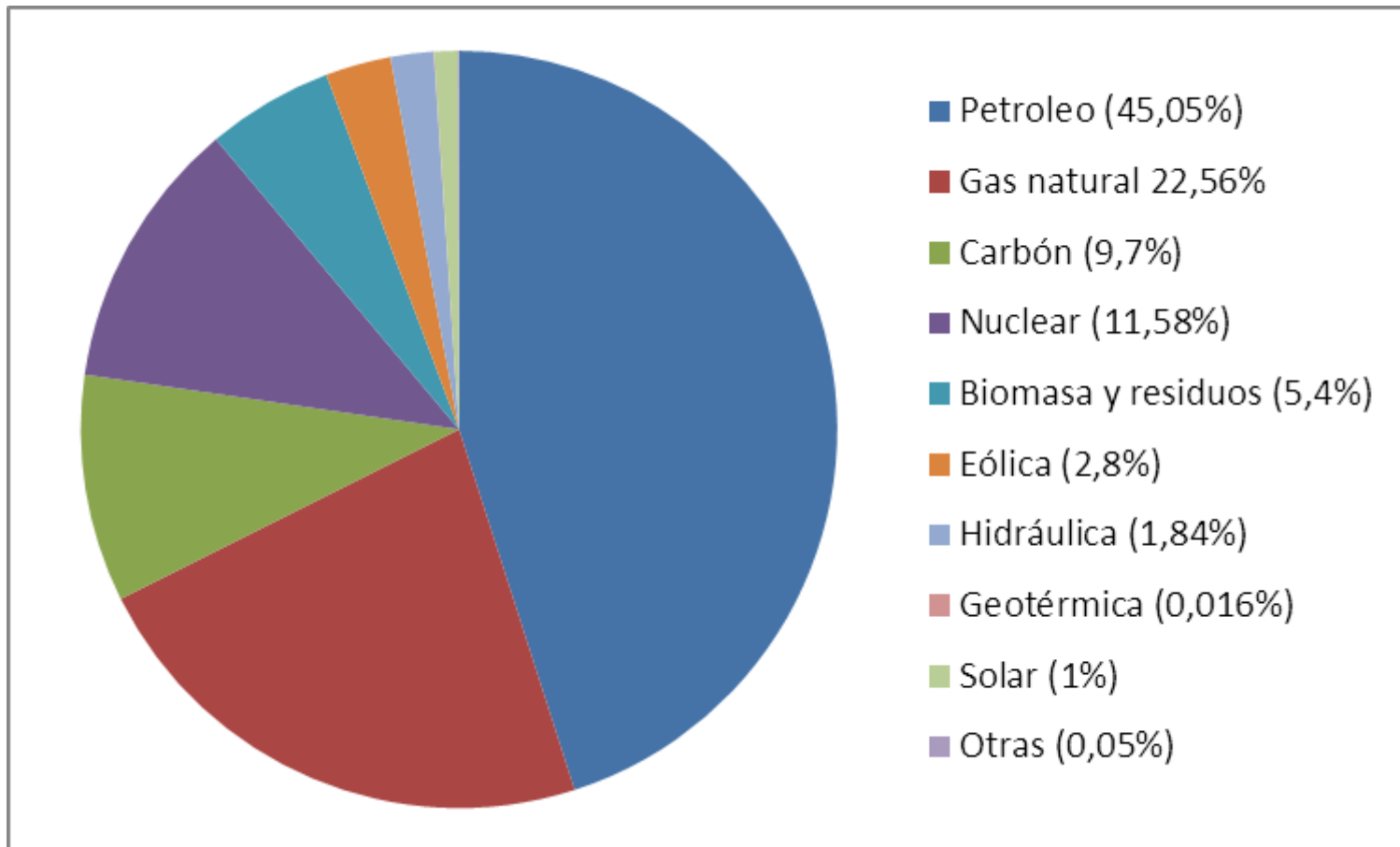
Biogás

- La mayor parte del biogás se destina a la producción de electricidad. Sólo un 2% se dedicó en el año 2011 a la producción de calor. La producción bruta de electricidad en la UE en el año 2011 a partir de biogás fue de 35,9 TWh, siendo los mayores productores Alemania (19,4 TWh), Reino Unido (5,7), Italia (3,4), Francia (1,1) y Holanda (1,0). El 40,6% de la electricidad fue producida en plantas de cogeneración.
- En algunos países, como Alemania, Suecia y Holanda, el biogás se introduce también en las redes de transporte de gas natural previa purificación y agregación de los aditivos necesarios.

Residuos municipales renovables

- La producción de energía primaria en la UE a partir de residuos municipales renovables fue en el año 2011 de 8,2 Mtep (2,5% más que en 2010). Los países con mayor producción en dicho año fueron Alemania (2,4 Mtep), Francia (1,3), Holanda (0,9), Italia (0,74) y Suecia (0,71). En cuatro de estos países (Alemania, Holanda, Italia y Suecia) está prohibido el vertido de residuos, al igual que lo está en Dinamarca y Bélgica (que ocupan los puestos 7º y 8º en la producción de energía primaria a partir de residuos municipales renovables).
- La electricidad es el canal más importante de aprovechamiento de esta fuente de energía en la UE, con una producción de 18,2 TWh en 2011 (5,8% más que en 2010). Los países con mayor producción fueron Alemania (4,76 TWh), Italia (2,2), Francia (2,2), Holanda (2) y Suecia (1,9). La producción de calor fue de 2,04 Mtep (el 24,75% de la producción total).

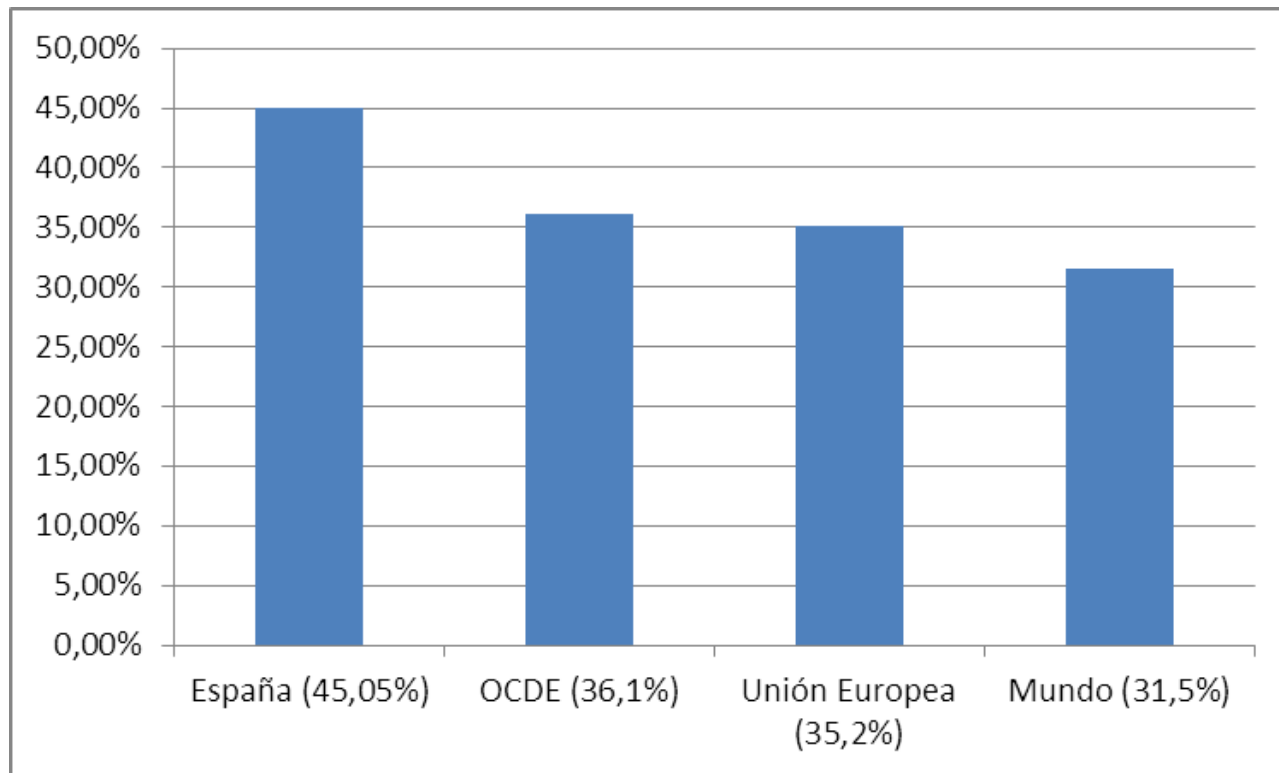
Consumo de energía primaria en España en 2011



FUENTE: *EUROSTAT*

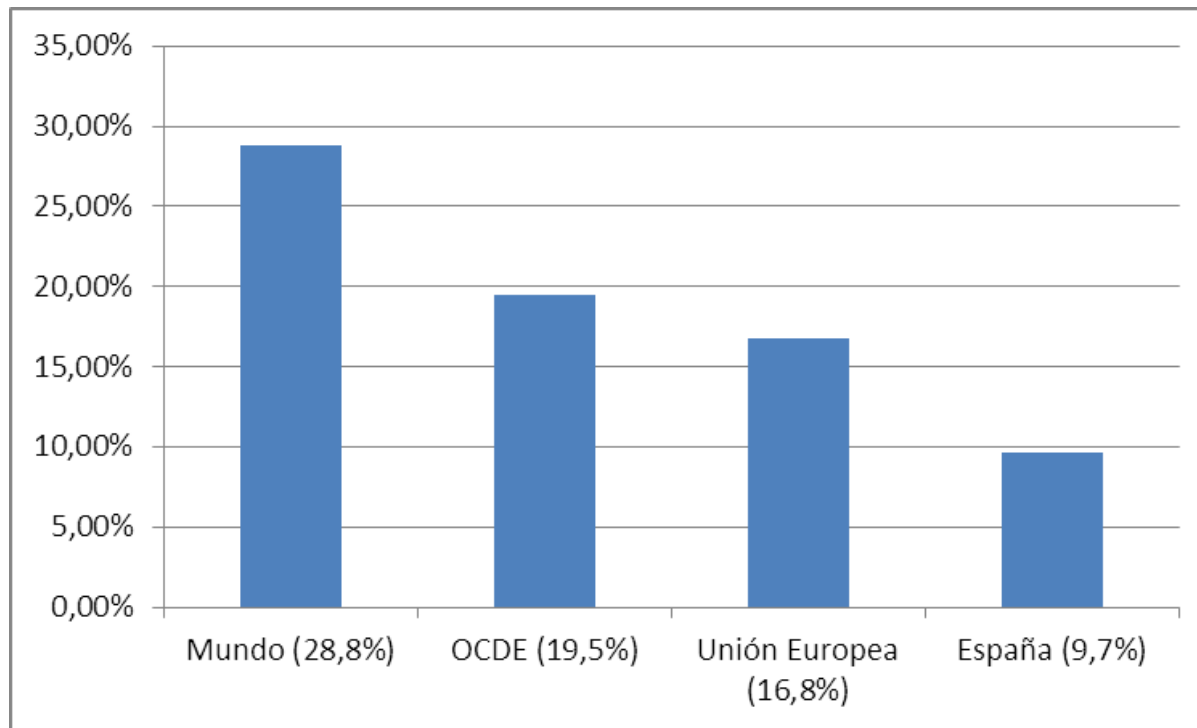
COMPARACIÓN DEL MIX ENERGÉTICO DE ESPAÑA CON LOS DE LA UE, OCDE Y MUNDO

- PETROLEO



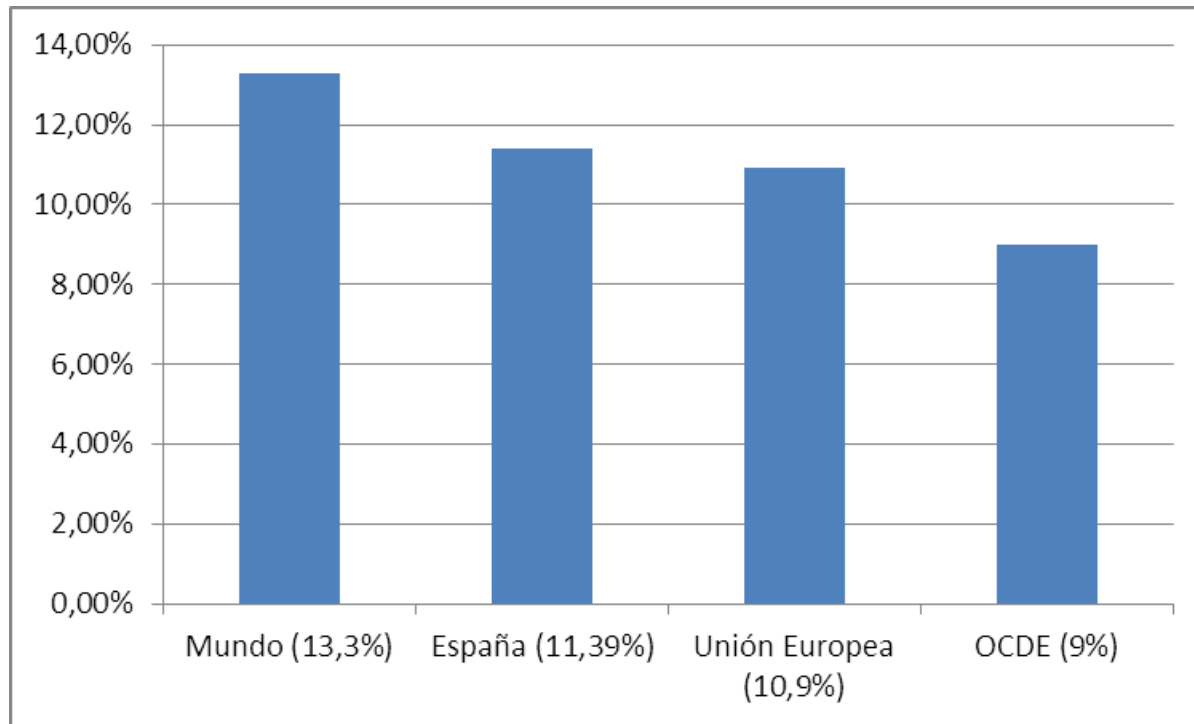
COMPARACIÓN DEL MIX ENERGÉTICO DE ESPAÑA CON LOS DE LA UE, OCDE Y MUNDO (2)

- **CARBON**



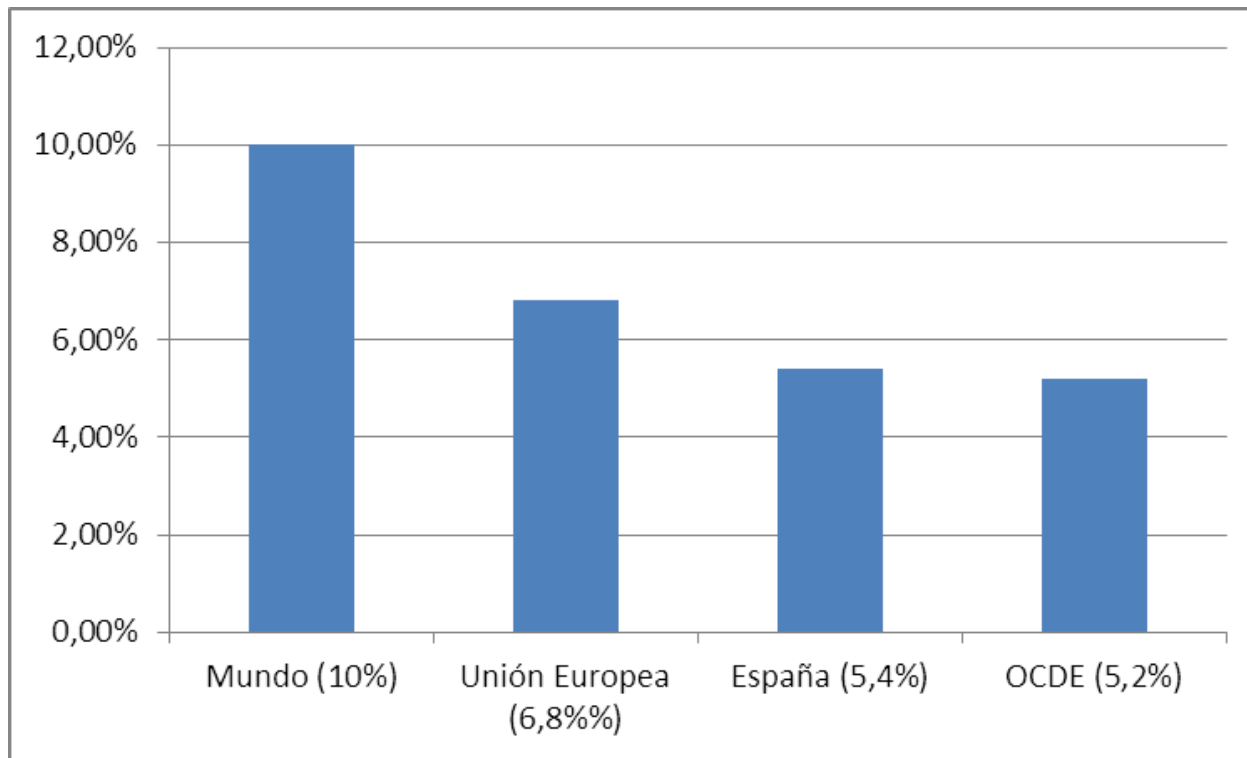
COMPARACIÓN DEL MIX ENERGÉTICO DE ESPAÑA CON LOS DE LA UE, OCDE Y MUNDO (3)

- **ENERGÍAS RENOVABLES**



COMPARACIÓN DEL MIX ENERGÉTICO DE ESPAÑA CON LOS DE LA UE, OCDE Y MUNDO (3)

- **BIOENERGÍA**



Producción de energía primaria renovable en España

Producción de energía primaria renovable en España, por tecnología, en Mtep (porcentaje entre paréntesis).

	Año 2000	Año 2011
Bioenergía	3,94 (57,7%)	6,12 (44,4%)
Hidroeléctrica	2,43 (35,6%)	2,63 (19,1%)
Eólica	0,41 (6,2%)	3,65 (26,5%)
Geotérmica	0,01 (0,1%)	0,02 (0,2%)
Solar	0,03(0,4%)	1,35 (9,8%)
TOTAL	6,82 (100%)	13,77 (100%)

Fuente: Eurostat.

Producción de cada uno de los tipos de bioenergía en España en 2011

Producción de cada uno de los tipos de bioenergía en España, en el año 2011, en Mtep (porcentaje entre paréntesis)

	Año 2011
Biomasa sólida	4,81 (78,6%)
Biogás	0,25 (4,1%)
Residuos municipales renovables	0,17 (2,8%)
Biocarburantes	0,89 (14,5%)
TOTAL	6,12 (100%)

Fuente: Euroserv´ER

Biomasa sólida

- España fue en 2011 el sexto país de la UE con mayor producción de energía primaria a partir de biomasa sólida. Sin embargo, si se considera dicha producción por habitante España ocupa el puesto 18, con una producción de 0,104 tep por habitante, inferior al valor obtenido para el conjunto de la UE (0,157) y muy por debajo de los ratios de los países que ocupan los primeros lugares: Finlandia (1,391), Suecia (0,867) y Letonia (0,784).
- De los 4,81 Mtep de energía primaria a partir de biomasa sólida que se produjeron en España en el año 2011, 3,776 Mtep se dedicaron a usos térmicos, lo cual supuso el 78,5%. El resto se dedicó a la producción de electricidad (2,937TWh en 2011). España ocupó el 8º lugar, entre los países de la UE, en consumo de calor y el 9º lugar en producción bruta de electricidad a partir de biomasa sólida, en el año 2011, con sólo el 46,5% obtenida en centrales de cogeneración (el 58% en el conjunto de la UE).

Biogás

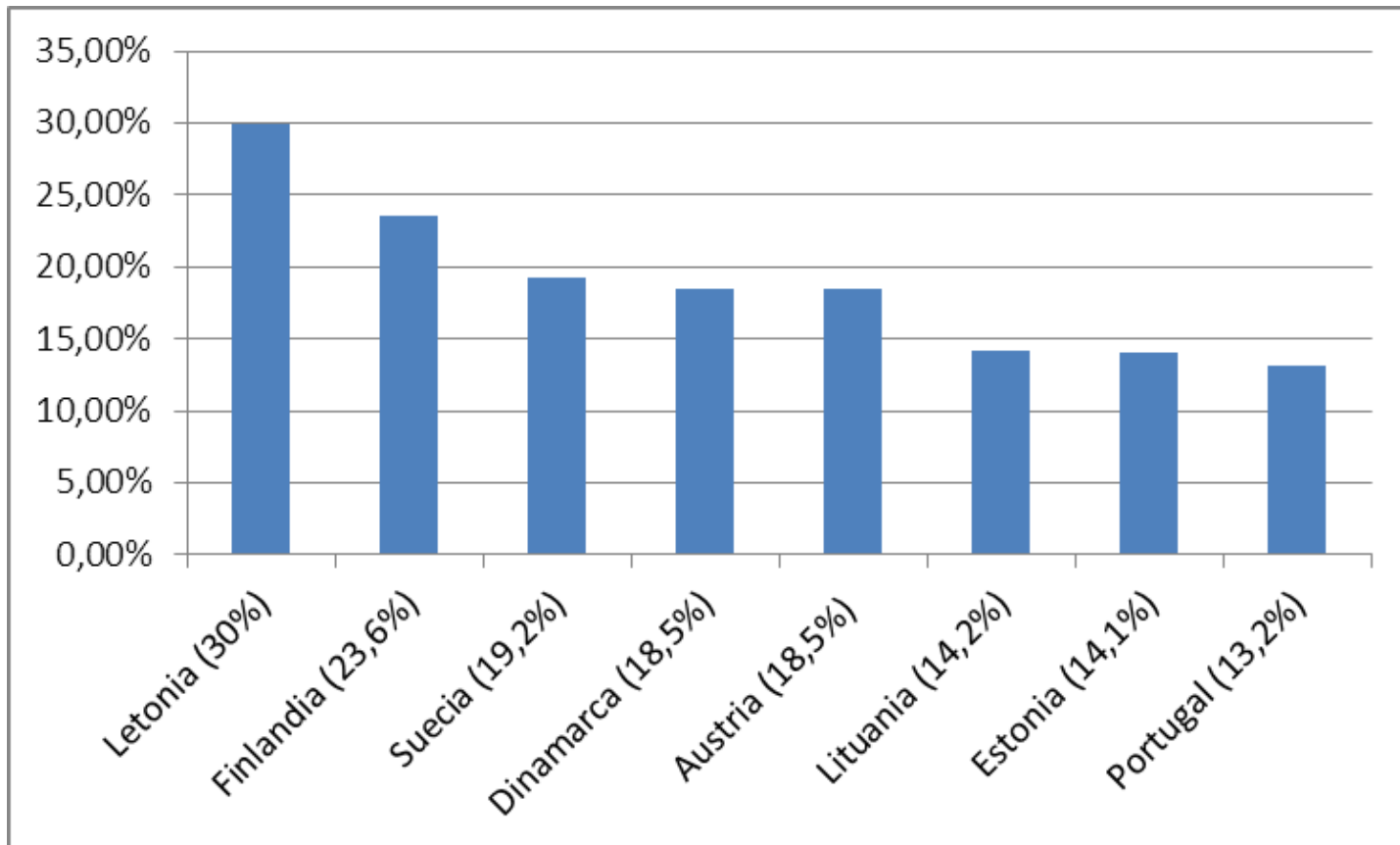
- De los 246ktep de energía primaria de biogás que se produjeron en España en 2011, 148,1 (el 60,2%) corresponden a desgasificación de vertederos, 15,3 (el 6,2%) a estaciones de depuración y 82,6 (el 33,6%) a otras plantas diseñadas expresamente para la conversión energética a través de metanización. España fue en 2011 el 7º país de la UE en producción de energía primaria a partir de biogás (el 5º en la modalidad de gas obtenido en vertederos).
- La producción bruta de electricidad a partir de biogás, en España, en el año 2011 fue de 875 GWh, el 19% de la cual fue obtenida en plantas de cogeneración (el 40,6% en el conjunto de la UE). España fue el 7º país de la UE con mayor producción de electricidad a partir de biogás en 2011 (en el año 2010 había sido el 6º).

Residuos municipales renovables

España, con 174 ktep, fue en el año 2011 el 9º país de la UE en producción de energía primaria y el 8º país en producción bruta de electricidad, a partir de residuos municipales renovables (703 GWh, ninguno de ellos obtenido en plantas de cogeneración).

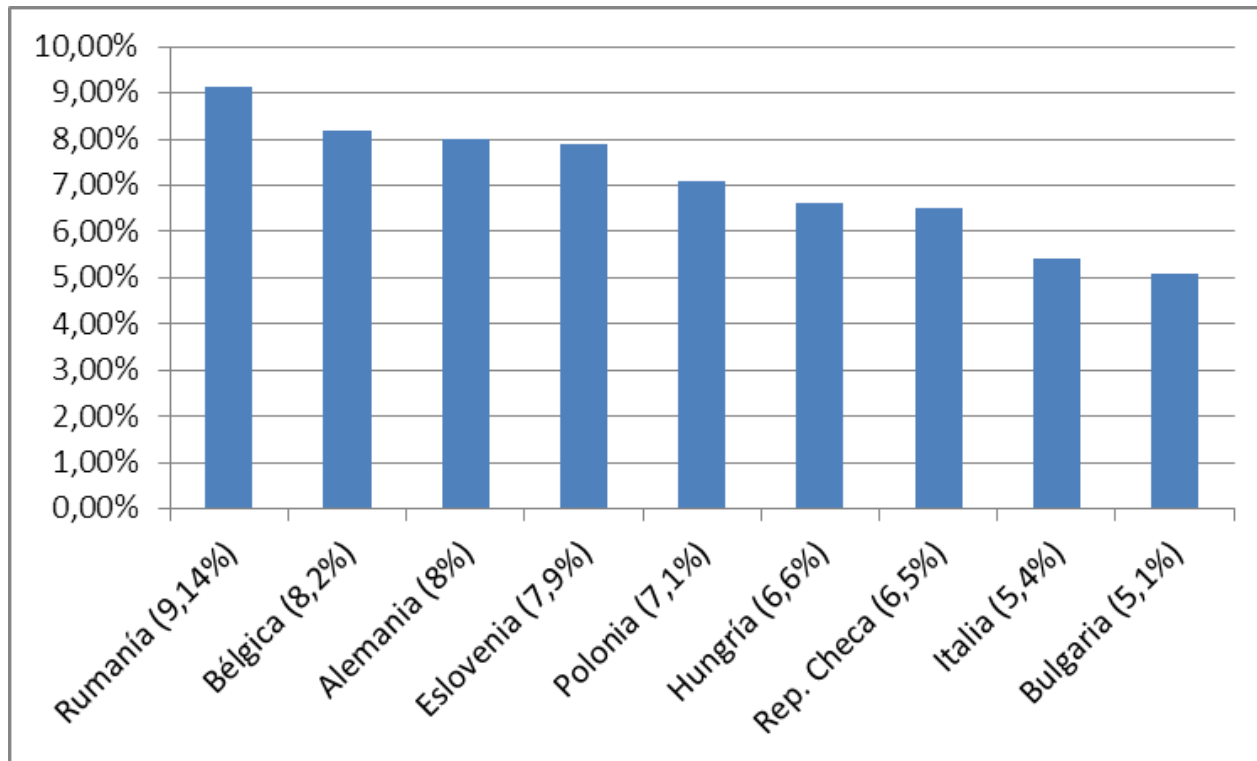
Ranking UE por % de BIOMASA (BS+BIOGAS+RESREN) en el mix energético

- PAISES CON % SUPERIOR AL 10%



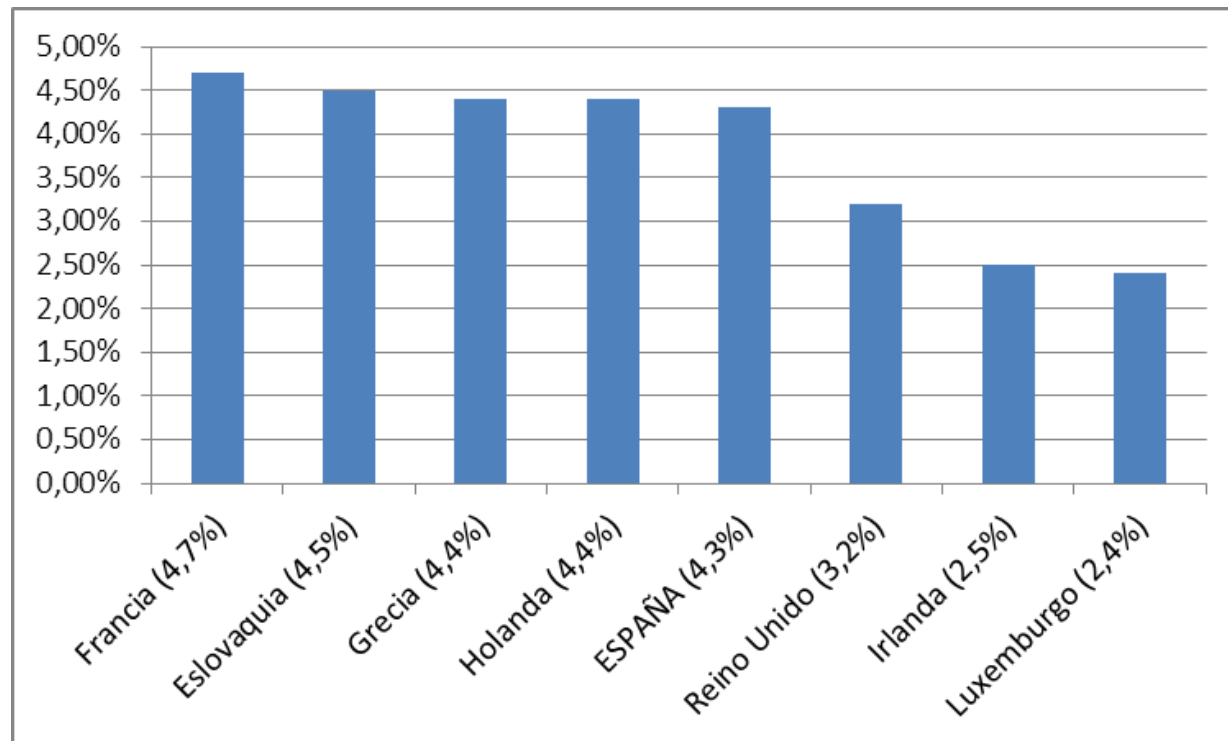
Ranking UE por % de BIOMASA (BS+BIOGAS+RESREN) en el mix energético (2)

- PAISES CON % ENTRE EL 5% y el 10%



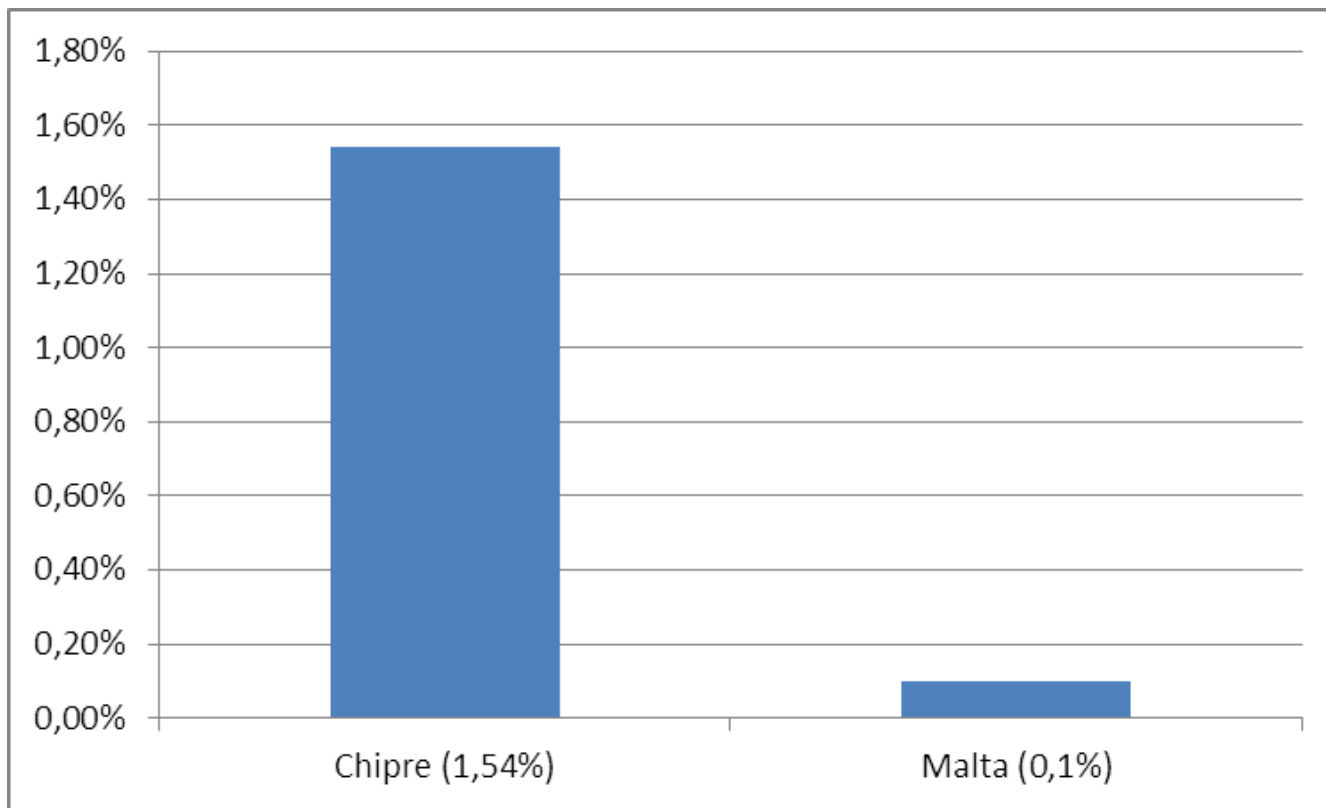
Ranking UE por % de BIOMASA (BS+BIOGAS+RESREN) en el mix energético (3)

- PAISES CON % ENTRE EL 2% y el 5%



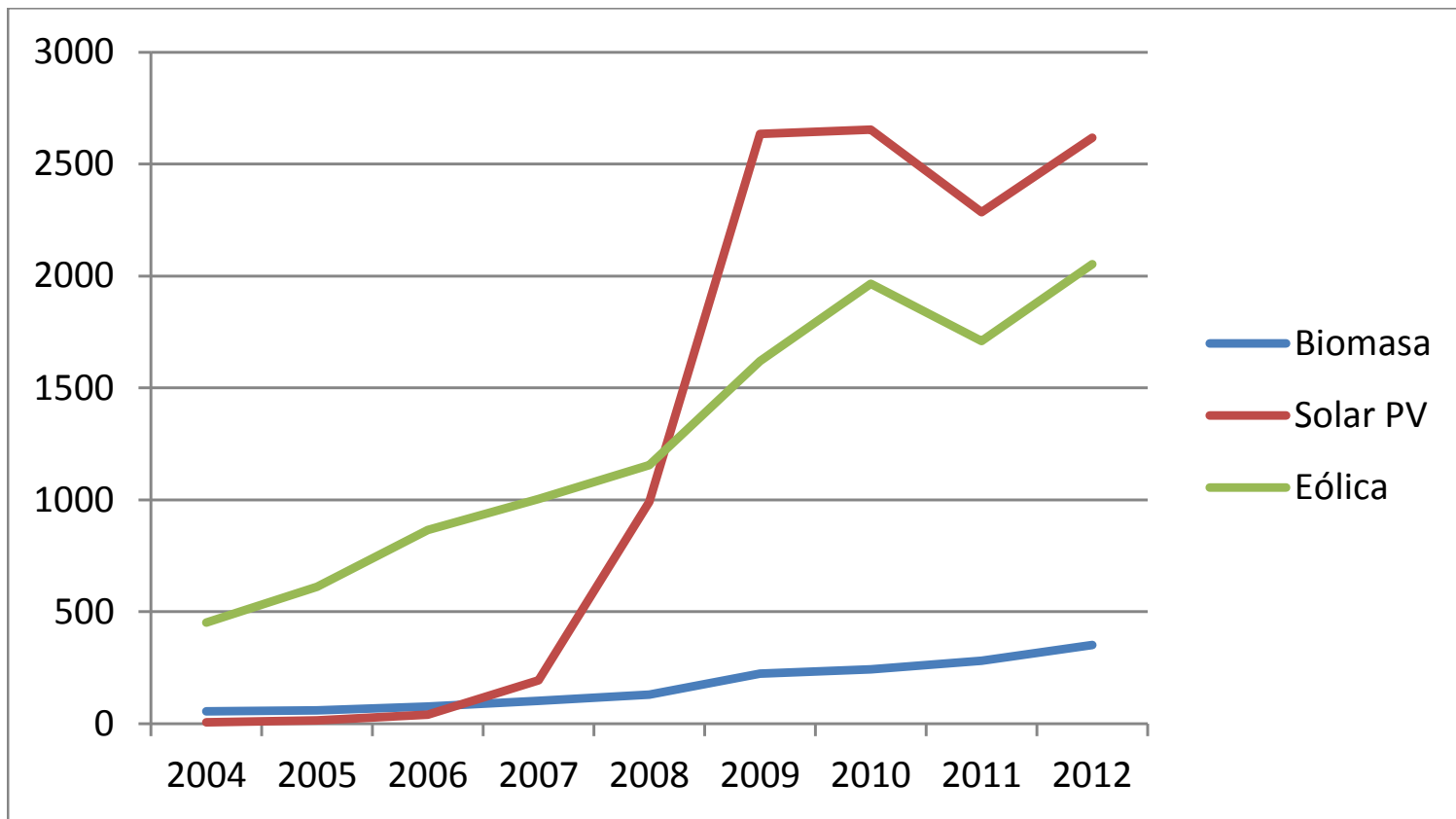
Ranking UE por % de BIOMASA (BS+BIOGAS+RESREN) en el mix energético (3)

- PAISES CON % INFERIOR AL 2%



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA, CON DATOS DE IRENA

Evolución de los costes de promoción de las renovables (prima equivalente, millones de euros).



Fuente: elaboración propia a partir de datos de la CNE (www.cne.es).

DISPOSICIÓN DE RECURSO

- EN EL MUNDO:

Diferentes estudios apuntan a flujos de residuos procedentes de la agricultura y la silvicultura y a tierras agrícolas no utilizadas como una base importante para la expansión de la producción de biomasa para energía, tanto en el corto como en el largo plazo. La consideración que se dé a la biodiversidad y la necesidad de asegurar el mantenimiento de ecosistemas sanos así como de evitar la degradación del suelo, ponen cotas a la extracción de residuos de las tierras agrícolas y forestales.

En el trabajo del IPCC (2011), y basándose en una revisión de la literatura especializada, se concluye que los niveles de despliegue de la biomasa para energía podría alcanzar un rango de 100 a 300 EJ/año, frente a la cantidad actual de 50 EJ/año.

DISPOSICIÓN DE RECURSO (EN LA UE)

En los escenarios publicados por la Comisión Europea referentes a cómo la UE podría alcanzar las metas fijadas para 2020 en cuanto al peso de las energías renovables, el consumo anual de biomasa para calor y electricidad pasaría de los 800 TWh en 2007 a 1650 TWh en 2020, lo cual supone un incremento de 850 TWh, el mismo incremento que para el resto de las energías renovables (Capros et al, 2008)

Para alcanzar 1650 TWh, el suministro de energía primaria por biomasa tiene que estar entre 1850 y 3400 TWh, dependiendo de cómo la biomasa vaya a ser utilizada (para producir calor o electricidad). En el trabajo de la European Climate Foundation (2010) se lleva a cabo un estudio sobre la cantidad de biomasa que se podría obtener domésticamente en la UE en un escenario de movilización “dinámica” de biomasa, teniendo en cuenta la tierra disponible, los diferentes tipos de combustible a partir de biomasa, la sostenibilidad y el tiempo necesario para incrementar la oferta. Se llega a la conclusión de que se puede alcanzar una oferta adicional de 1000 TWh de energía renovable por biomasa doméstica. Dos tercios de tal incremento potencial procedería de cultivos energéticos y residuos agrícolas y el resto de incrementos en la extracción de residuos forestales y de mayor uso de residuos sólidos urbanos e industriales para propósitos de energía. Con ello se llegaría a una oferta aproximada de 2000 TWh al año de biomasa producida en la UE. Para satisfacer una demanda de 2300 TWh al año habrá que importar biomasa para cubrir unos 300 TWh al año.

Potencial de expansión disponible para la biomasa en España

Procedencia		Biomasa potencial disponible ton/año	Coste medio €/ton	Consumo biomasa 2006
Masas forestales existentes	Restos de aprovechamientos forestales	2.984.243	26,59	5.545.287
	Aprovechamiento del árbol completo	15.731.116	43,16	
Restos agrícolas	Herbáceos	13.586.759	19,98	478.011
	Leñosos	18.605.756	19,98	1.912.046
Masas herbáceas susceptibles de implantación en terreno agrícola		15.874.572	45,62	0
Masas leñosas susceptibles de implantación en terreno agrícola		5.457.812	34,73	0
Masas leñosas susceptibles de implantación en terreno forestal		15.072.320	42,14	0
Total biomasa potencial en España		87.312.398		7.912.046

Datos en toneladas en verde (45% de humedad). Fuente: Informe de Sostenibilidad Ambiental del Plan de Energías Renovables 2011-2020.

De acuerdo con las estimaciones obtenidas en dicho estudio, la biomasa potencial disponible en España para uso energético (en toneladas/año), de origen no industrial, es del orden de 11 veces la que se utilizó en el año 2006. Dicho potencial disponible se reparte, en cuanto a su origen, de la siguiente forma:

- Biomasa agrícola: 36,9%.
- Implantación de biomasa en terreno agrícola: 24,4%.
- Biomasa forestal: 21,4%.
- Implantación de biomasa en terreno forestal: 17,3%.

COSTES

- El coste de la materia prima normalmente representa entre el 40 y el 50% del coste total de producción de una unidad de calor o electricidad, por lo que la evolución del coste de la materia prima es un componente esencial para comprender cuál será el coste competitivo en el futuro de la biomasa, en comparación con vías alternativas de producir calor y electricidad (European Climate Foundation, 2010).
- Tanto el informe del IPCC como el de la European Climate Foundation señalan que existe un potencial significativo en cuanto a reducción de costes en muchas de las fases clave de las diferentes cadenas de suministro de la biomasa, principalmente por efecto escala y por efecto aprendizaje.

COSTES

- Los residuos forestales se vienen utilizando en Finlandia y Suecia desde hace muchos años. En dichos países, entre 1975 y 2003 los costes de recogida de residuos forestales disminuyeron un 15% cada vez que se doblaba la capacidad de producción acumulada. En 2003 los costes eran la tercera parte de dichos costes en 1975.
- La mitad de los residuos agrícolas que se utilizan en la Unión Europea para producir energía se recogen en Dinamarca, donde se aprovecha para uso energético entre el 30% y el 50% de sus residuos agrícolas, lo cual supone para dicho país la total utilización pues el resto debe dejarse en los campos como nutriente o para ser utilizado por el ganado.

COMPETITIVIDAD DE LA ENERGÍA PRODUCIDA POR LA BIOMASA

- Según European Climate Foundation (2010), al potencial de reducción de costes del combustible en cada etapa de la cadena de suministro, se le añade la evolución previsible del coste en la etapa de conversión de biomasa en calor o electricidad, llegándose a la conclusión de que el potencial en cuanto a reducción de costes de producción de calor y electricidad a partir de biomasa se estima que está entre el 15% y el 40% para el año 2020. Con estos valores, muchas plantas de generación de electricidad alimentadas por biomasa podrían competir con plantas alimentadas por combustibles fósiles si el precio de las emisiones de CO₂ se situara entre los 30 y los 50 euros por tonelada

COMPETITIVIDAD

- De acuerdo con estas previsiones, varias de las más importantes aplicaciones energéticas de la biomasa podrían ser competitivas en costes sin incentivos específicos, en un horizonte temporal de 6 a 11 años, lo cual significa que los incentivos que se necesitan son transitorios y no permanentes.
- A la vista del importante potencial en cuanto a mejora en costes, cabe considerar a la biomasa como una fuente renovable de producción de energía, probada pero todavía con importante margen de mayor desarrollo, más que una tecnología madura (European Climate Foundation, 2010).
- Si se añade el supuesto de que en 2020 está introducido en la industria el proceso de torrefacción, los costes aún se reducen un 12,5% más.

Rendimientos y costes de producción y recolección de diferentes materias primas de biomasa en el mundo:

Materia prima	Región	Rendimiento GJ/ha/año	Coste US\$₂₀₀₅/GJ
Cultivos energéticos			
<i>Miscanthus</i>	Europa	190-280	4,8-16
<i>Paricum virgatum</i> (Switchgrass)	Europa	120-225	2,4-3,2
<i>Paricum virgatum</i> (Switchgrass)	Norte de América	103-150	4,4
<i>Árboles rotación corta</i>	Sur de Europa	90-225	2,9-4
<i>Eucaliptus</i>	Sur de América	150-415	2,7
<i>Sauce (rotación corta)</i>	Europa	140	4,4
<i>Astillas madera</i>	Europa	110	3,4-13,6
<i>Astillas madera</i>	Centro de América	80-150	1,8-2
Residuos primarios			
<i>Paja de trigo</i>	Europa	60	1,9
<i>Paja de trigo</i>	USA	7-75	N.D.
<i>Paja de azúcar de caña</i>	Brasil	90-126	N.D.
<i>Cañote de maíz</i>	Norte de América	15-155	N.D.
<i>Cañote de maíz</i>	India	22-30	0,9
<i>Rastrojo de sorgo</i>	Mundo	85	N.D.
<i>Residuos forestales</i>	Europa	2-15	1-7,7

Fuente: IPCC (2011)

Niveles de eficiencia y costes de inversión y de operación y mantenimiento de plantas de conversión de biomasa a energía

<i>Tipo de biomasa</i>	<i>Especificación de planta</i>	<i>Costes de inversión</i>	<i>Costes de O&M</i>	<i>Eficiencia (electricidad)</i>	<i>Eficiencia (calor)</i>	<i>Tiempo de vida (media)</i>	<i>Tamaño típico planta</i>
		[€/kW _{el}]	[€/kW _{el} /año]	[1]	[1]	[Años]	[MW _{el}]
Biomasa sólida	Biomasa	2225-2995	84-146	0,26-0,3	-	30	1-25
	Co-combust.	450-650	65-95	0,37	-	30	-
	Biom. Co-gen	2600-4375	86-176	0,22-0,27	0,63-0,66	30	1-25
	Co-com co-ge	450-650	85-125	0,2	0,6	30	-
Biogás	Agricultura	2550-4290	115-140	0,28-0,34	-	25	0,1-0,5
	Agric. Co-gen	2765-4525	120-145	0,27-0,33	0,55-0,59	25	0,1-0,5
	Vertedero	1350-1950	50-80	0,32-0,36	-	25	0,75-8
	Vert co-gen	1500-2100	55-85	0,31-0,35	0,5-0,54	25	0,75-8
	Aguas resid.	2300-3400	115-165	0,28-0,32	-	25	0,1-0,6
	Ag res co-gen	2400-3550	125-175	0,26-0,3	0,54-0,58	25	0,1-0,6
Fracción orgánica de RSU	Incin. RSU	5500-7125	145-249	0,18-0,22	-	30	2-50
	In RSU co-ge	5800-7425	172-258	0,14-0,16	0,64-0,66	30	2-50

Fuente: De Jager et al (2011)

Coste normalizado de energía (LCOE)

<i>Tecnología</i>	<i>cUS\$₂₀₀₅/kWh</i>
Electricidad (combustión directa, CFB), 25-100 MW	6,9-15
Electricidad (combustión directa, Stoker), 25-100 MW	6,7-15
Electricidad. Co-combustión (co-alimentación), 20-100 MW	2,2-6,2
Electricidad. Co-combustión (alimentación separada), 20-100 MW	2,6-6,7
Co-generación calor y electricidad (Stoker), 25-100 MW	6,3-15
Co-generación calor y electricidad (ORC), 0,65-1,6 MW	12-32
Co-generación calor y electricidad (Turbina de vapor), 2,5-10 MW	8,3-22
Co-generación calor y electricidad (Gasificación, motor de comb. Int.), 2,2-13 MW	3-13
Calor. Calefacción doméstica por pellets, 5-100 kW	5,2-26,8
Co-generación calor y electricidad (Residuos sólidos urbanos), 1-10 MW	0,6-13,2
Co-generación calor y electricidad (Turbina de vapor), 12-14 MW	3,8-24,4
Co-generación calor y electricidad (Digestión anaerobia), 0,5-5 MW	3,5-10,5

Fuente: IPCC (2011)