

Fuentes de Energía

Capítulo 13: Biomasa. Clasificación y usos. Transformaciones

Autores:

- Mathieu Legrand. Prof. Titular. Ahora en la UPM.
- Antonio Lecuona. Catedrático.

Dpto. De Ingeniería Térmica y de Fluidos, [Grupo ITEA](#), [Universidad Carlos III de Madrid](#), Leganés, España.

2019

La información contenida en este documento sirve de propósito exclusivo como apuntes para alumnos en la enseñanza de la asignatura indicada y ha sido obtenida de las mejores fuentes que se han podido encontrar, generalmente de reconocido prestigio. No obstante el/los autor/es no garantizan la exactitud, exhaustividad, actualización o perfección de su contenido. Por ello no será/n responsable/s de cualquier error, omisión o daño causado por el uso de la información contenida, no tratando con este documento prestar ninguna clase de servicio profesional o técnico; antes bien, se ofrece como simple guía general de apoyo a la docencia. En caso de detectar algún error, rogamos nos lo comunique e intentaremos corregirlo. Puede contener material con copyright © por lo que su reproducción puede no estar permitida.

Introducción al capítulo 13: Biomasa. Clasificación y usos. Transformaciones.

Capítulo de carácter informativo y cualitativo. La parte cuantitativa se basa en los Caps. 1 y 2.

La biomasa, en forma de leña y similares propulsó el inicio de la civilización y actualmente es la base de muchas sociedades rurales en países en vías de desarrollo. Por ello, **es la fuente de energía renovable más usada actualmente a nivel mundial**. Su potencial teórico es enorme y sus emisiones de CO₂ pueden ser neutras.

Sin embargo, puede originar deforestación y su uso directo puede ser bastante contaminante. Por ello, se desarrollan formas avanzadas de obtención (cultivos energéticos) así como la producción de combustibles derivados, sólidos (como los pellets), líquidos (los biocombustibles), y gaseosos (biogases), de uso más conveniente y limpio, que se analizan en este capítulo. Su competencia con los cultivos alimentarios limita su desarrollo actualmente, así como por su posible efecto reductor de la biodiversidad, y por el elevado consumo energético de su producción, procesado y transporte, hasta un 50% de su *PCI*, como se expone.

- Se analiza la composición básica de la biomasa, caracterizada por un contenido en oxígeno y agua mayor que en los fósiles, lo cual limita su *PCI* en base seca y en base húmeda a valores de 1/3 a 1/4 del petróleo. También las cenizas, al igual que con el carbón, que además dificultan su uso y originan un residuo.
- Se presentan los distintos usos de la biomasa, así como la limitación en el tamaño de las centrales, por el coste del transporte desde el origen hasta ella.

Los **residuos orgánicos** de la industria agrícola, ganadera, alimentaria, industrial, y urbanos, son una fuente de biomasa no competidora con otros usos esenciales, que además eliminarlos está primado económicamente, lo cual fue presentado en el [Cap. 1](#).

La materia se compone del núcleo expositivo, lo complementan temas recordatorios y de ampliación (señalados como ex cursus), cuestiones de autoevaluación y un ejercicio propuesto.

Índice

13.1.- Introducción. Composición.

13.2.- Fuentes de biomasa. Clasificación

13.3.- Transformaciones, biocombustibles y generación de energía

13.4.- Usos y aplicaciones de la biomasa

13.5.- Recursos energéticos de la biomasa

13.6.- Cuestiones de autoevaluación

13.7.- Ejercicios propuestos

13.8.- Bibliografía



Biomasa forestal, CC BY 3.0,
<http://www.energiasrenovablesinfo.com/>



Panicum virgatum.jpg, United States
Department of Energy, Dominio público.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Panicum_virgatum.jpg



Pellets II, Christian Schnettelker, CC BY 2.0,
<https://flic.kr/p/qxNWUR>

Objetivos: Dar a conocer la biomasa primaria y derivada como fuente de energía eventualmente renovable, distinto del uso alimentario. Distinguir entre un uso primario en el tercer mundo, de bajo coste al uso industrial en el primer mundo, costoso.

Una [noticia](#) de central de distrito para calefacción de viviendas con biomasa en Aranda de Duero.

13.1.- Biomasa. Introducción

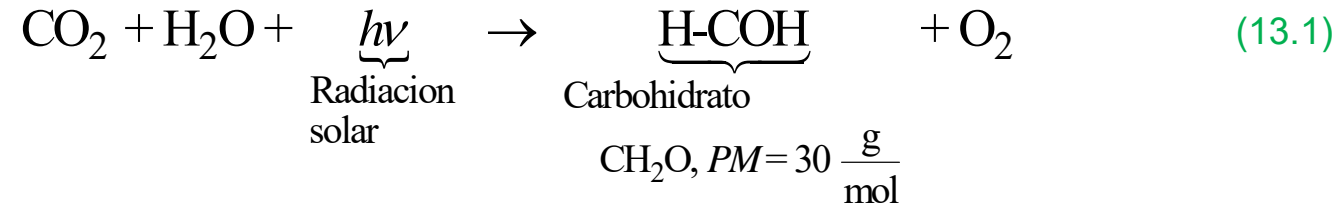
- Definición de la biomasa según las Especificación Técnica Europea (CEN/TS 14588):

“Todo material de origen biológico excluyendo aquellos que han sido englobados en formaciones geológicas sufriendo un proceso de mineralización”

- Es materia vegetal que fija la energía solar por fotosíntesis y materia animal.
- La biomasa es la única energía renovable que puede no resultar gratuita ni instantánea en su fuente.
- No sufre tanto de las intermitencias del resto de fuentes renovables pues generalmente **se encuentra almacenada**, proporcionando continuidad.
- **Requiere de un ciclo productivo** que toma meses o años (plantación, cultivo, recolección, tratamiento, transporte, distribución y conversión).
- Actualmente es la fuente de energía renovable más empleada en muchas regiones del planeta. A nivel mundial, **es la fuente de energía primaria renovable más empleada**.
- Generalmente es sólida, por lo que es muy interesante transformarla en un líquido (biocarburantes) o en un gas (biogases).

13.1- Biomasa. Composición.

Reacción básica global de la fotosíntesis:



Este **carbohidrato** simple tendría una composición elemental en peso de:

$$\left. \begin{aligned} y_C &= \frac{m_C}{m_C + m_H + m_O} = \frac{1 \cdot PM_C}{1 \cdot PM_C + 2 \cdot PM_H + 1 \cdot PM_O} = \frac{12}{30} = 40\% \text{ de carbono ;} \\ y_H &= \frac{m_H}{m_C + m_H + m_O} = \frac{2 \cdot PM_H}{1 \cdot PM_C + 2 \cdot PM_H + 1 \cdot PM_O} = \frac{2}{30} = 6,7\% \text{ de hidrógeno ;} \\ y_O &= \frac{m_O}{m_C + m_H + m_O} = \frac{1 \cdot PM_O}{1 \cdot PM_C + 2 \cdot PM_H + 1 \cdot PM_O} = \frac{16}{30} = 53,3\% \text{ de oxígeno} \end{aligned} \right\} (13.2)$$

Los carbohidratos superiores (mayor peso molecular) tienen una proporción de carbono superior, al perder agua en su formación. Poseen compuestos adicionales y humedad.

13.1- Composición en base seca y base húmeda de la biomasa.

- La composición de la biomasa (y de otros combustible) se da en **base seca** s o bs , (ausencia de humedad) o en **base húmeda** bh , conteniendo un $hu\%$ de humedad en peso en base húmeda o seca y correspondientemente la fracción seca en base húmeda, pues en base seca es el 100%.

Principio de conservación de la masa, total m :

$$\left. \begin{aligned} m &= \overbrace{m_{hu}}^{\text{Humedad}} + \overbrace{m_s}^{\text{Seca}} \\ hu_{bh} \% &= \frac{m_{hu}}{m} 100 \\ s_{bh} \% &= \frac{m_s}{m} 100 \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

De donde, relación entre humedad en **base seca** y en **base húmeda**:

$$\left\{ \begin{aligned} 100 &= hu_{bh} \% + s_{bh} \% \\ hu_{bs} &= \frac{m_{hu}}{m - m_{hu}} = \frac{hu_{bh}}{1 - hu_{bh}} \end{aligned} \right. \quad (13.3)$$

Proporción en **base seca** de una cierta magnitud y :

$$\left. \begin{aligned} y_{bs} &= \frac{m}{m_s} \\ m_s &= m - m_{hu} \end{aligned} \right\} \rightarrow y_{bs} = \frac{m}{m - m_{hu}} = \frac{m / m}{1 - m_{hu} / m} = \left\{ \begin{aligned} &\frac{y_{bh}}{1 - hu_{bh}} \\ &\frac{y_{bh}}{1 - m_{hu} / (m_s + m_{hu})} = (1 + hu_{bs}) y_{bh} \end{aligned} \right. \quad (13.4)$$

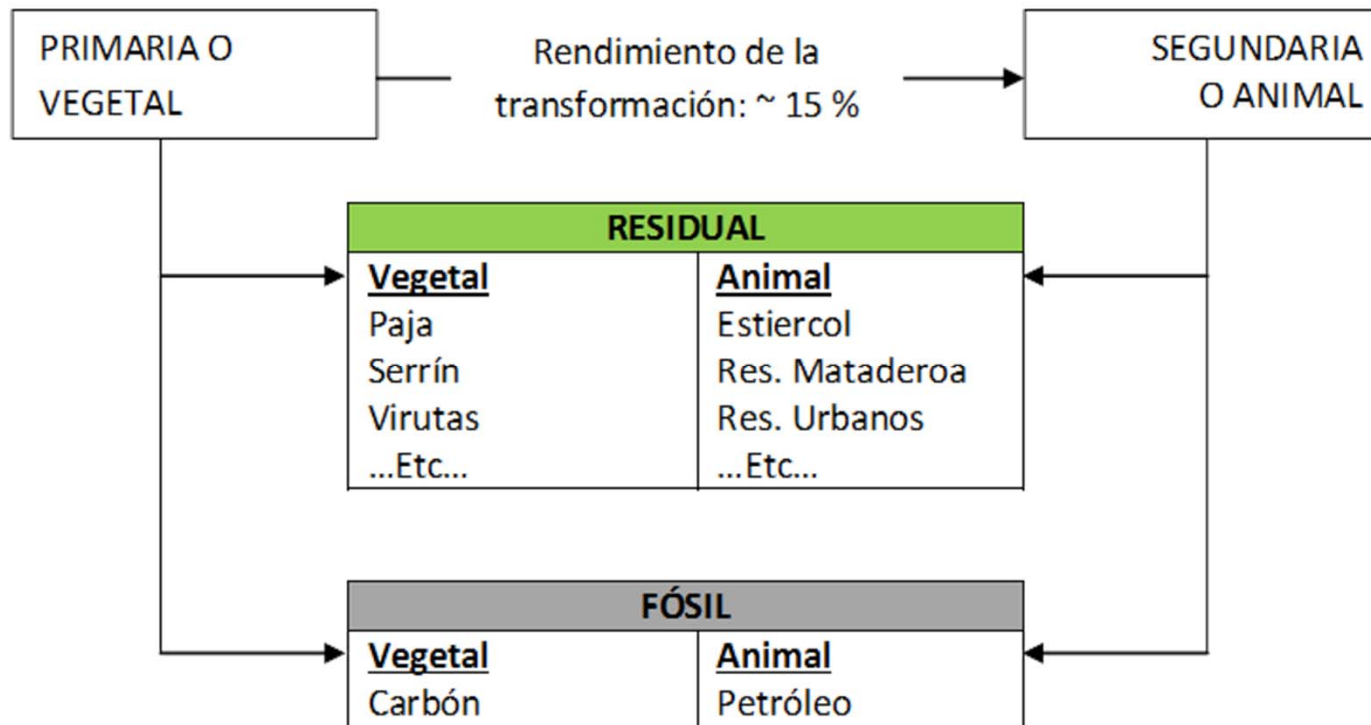
- Valores típicos de la biomasa natural:**

Humedad $hu_{bh}\%$	Materia combustible	Cenizas	Total base húmeda
20% a 60%	80% a 40%	1% a 2%	100%

13.1- Biomasa y cenizas

- La ceniza se forma a base de ciertos compuestos minoritarios en la biomasa. Son inalterables, sílice y silicatos, carbonatos, etc.
- Otros compuestos se oxidan o descomponen al arder, originando un residuo inerte: fosfatos, nitratos, sulfatos, etc.
- Todos ellos forman la ceniza que tiene carácter álcali, generalmente por la presencia de Na, Ca, K por lo que es corrosiva.
- Las cenizas forman partículas de pequeño tamaño que pueden ser arrastradas por los humos de la combustión, formando **cenizas volantes**. Contaminante para la atmósfera.
- Si la biomasa está compactada, estas partículas se aglomeran formando un sólido poroso fácilmente disgregable:
 - Puede ocasionar **atoramientos** y dificulta su retirada.
 - Las cenizas duras son **abrasivas**, destacando en ello la sílice.
 - Las cenizas recubren las superficies formando una capa aislante que **dificulta la transferencia de calor**.
 - Las cenizas pueden resultar **muy corrosivas**, si tienen cloro.

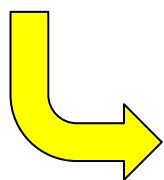
13.2- Biomasa. Fuentes y transformaciones (*ex cursus*)



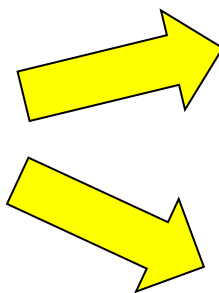
Elemento % (en masa)	C	H	O	N	P	S	Ca	Na
Animales	62	9	21	3	1	0,2	2	0,1
Plantas	53	7	38	0,3	0,05	0,05	0,01	0,001

13.2- Biomasa. Composición y clasificación (*ex cursus*)

- Biomasa primaria
- La **biomasa leñosa** (lignocelulósica) constituida por aproximadamente un 75% de celulosa (fibra) y un 25% de lignina (cemento entre las fibras). La celulosa es un polímero de la glucosa, tiene una fórmula $C_6H_{10}O_5$, luego ha perdido una molécula de agua c. r. al carbohidrato elemental.
 - La **biomasa amilácea**, es aquella en la que los hidratos de carbono se encuentran predominantemente en forma de polisacáridos de reserva, como el almidón o inulina. El almidón es un polímero de la glucosa.
 - La **biomasa azucarada** es aquella en la que el componente hidrocarbonado se encuentra primordialmente como azúcares monosacáridos (glucosa o fructosa).



Transformaciones
posteriores naturales



Compuestos orgánicos: glúcidos,
proteínas y lípidos

Nitrógeno, azufre, fósforo, cloro.
Sales inorgánicas: carbonato cálcico, sílice,
sales de sodio y potasio,
según origen.

Biomasa secundaria

13.2- Fuentes de biomasa

- 1. Residuos agrícolas** (cáscaras, pulpa, ramaje, restos de poda, tallos, rastrojo, bagazo de la caña de azúcar, etc.). El poder calorífico una vez secos es próximo al de la madera, típicamente 15 MJ/kg b.s. El aprovechamiento de los residuos agrícolas es pequeño. La mayor dificultad para la valorización energética de los residuos agrícolas radica en el coste de la recolección y transporte a la central. [Centrales de biomasa sólida eléctrica.](#)
- 2. Residuos de ganadería: Deyecciones animales** Actualmente está restringido su vertido, por ser contaminantes. Tal es el caso de los purines del ganado porcino y las gallinazas del ganado avícola. Se secan y queman en centrales de cogeneración. **Residuos de mataderos.**
- 3. Residuos industriales** (papel, lodos de depuradora de aguas residuales, lejía de obtención de papel, aceites, recortes...). La materia biológica seca resultante, sin inertes, tiene un poder calorífico similar al de la madera, salvo los aceites que lo tienen similar al petróleo por ser hidrocarburos. Las industrias más productoras y más concentradoras, como la del papel, actualmente utilizan autoconsumo. Entre ellos destacan los residuos de la industria agrícola y alimentaria. Recortes, cáscaras, matas, lodos, envases, restos, residuos hospitalarios...



13.2- Fuentes de biomasa

4. Residuos sólidos urbanos (RSU), ~1 kg/habitante y día en España.

Producción localizada y recogida obligatoria → permite su uso a gran escala.

Puede contener sustancias tóxicas y contaminantes. Muy bajo *PCI* en b.s., entre 3,4 y 6,7 MJ/kg.

Fracción fermentable	Papel y cartón	Plásticos (si cloro → dioxinas)	Vidrio	Metales	Otros
55%	18%	4%	3%	4%	16%

o **Gran parte es de origen biológico:** madera, cartones, papeles, cáscaras, restos de comida, textiles, etc...

o Fracción fermentable (residuos, restos de comida...) muy húmeda

o Fracción no fermentable, bastante seca (madera, cartón, plásticos...)

o **Parte inerte:** vidrio, cerámica, metales, escorias y cenizas.

5. **Bosques** (naturales y de cultivo para producir madera). La limpieza del monte para reducir el peligro de incendio y maximizar su producción maderera genera residuos utilizables. La tala y poda de árboles genera residuos de madera utilizables también.

6. **Cultivos energéticos.** Su objetivo es producir energía. Forestal (Sauce, chopo, eucalipto) u otros cultivos (aceites de colza y ricino)

13.3- Biomasa sólida

Un **biocombustible** es biomasa homogeneizada y preparada para su uso en el mercado. Puede ser sólido, líquido o gaseoso.

I. SÓLIDOS

La **biomasa sólida** es densificada, convertida en astillas o aserrín o formando granulados, pellets, o briquetas (biomasa prensada). Se utilizan como combustible en los hogares con calderas especiales.

Ejemplos: Poda y limpia del monte o parques, orujillo seco, pellets... etc.
Densidad aparente: $\sim 670 \text{ kg/m}^3$, PCI: 18 MJ/kg (b.s.), precio: 160-180 €/Tm
Poder calorífico similar al de la madera $\cong \frac{1}{3}$ del gas natural.

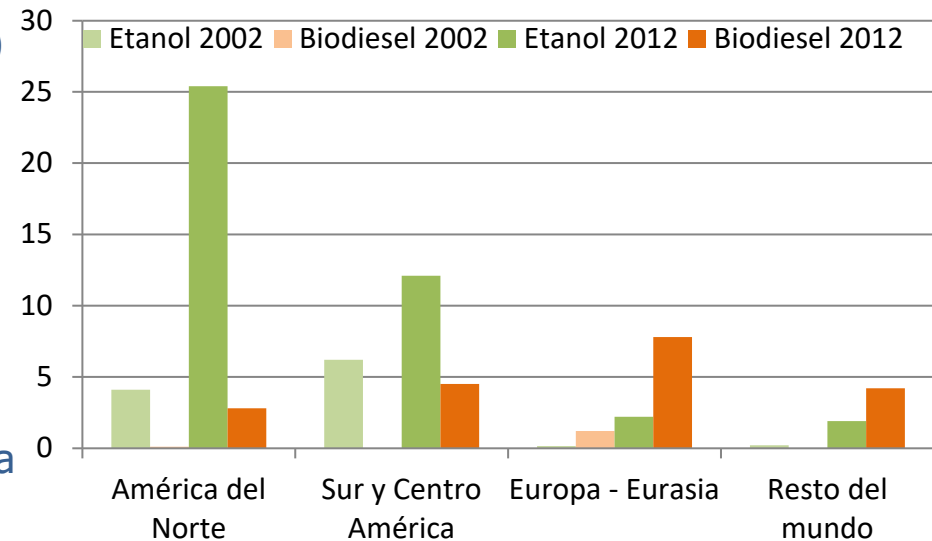
Combustibles	PCI b.s. [MJ/kg]	Humedad b.h. [%]	Usos
Astillas	14.4 – 16.2	20 – 60	Doméstico, Residencial, Industrial
Pelets	18.0 – 19.5	< 12	Doméstico, Residencial,
Huesos de aceituna	18	12 – 60	Doméstico, Residencial, Industrial
Cáscara de frutos secos	16.7	8 – 15	Doméstico, Residencial, Industrial
Poda de olivar	17.2	20 – 60	Doméstico, Residencial, Industrial
Poda de vid	16.7	20 – 60	Doméstico, Residencial, Industrial

13.3- Biomasa. Biocombustible líquidos y gaseosos

II. LÍQUIDOS (derivados de la biomasa primaria) biocarburantes:

- El **alcohol metílico (venenoso y corrosivo) y etílico (etanol)** que en grandes cantidades se producen en Brasil para usarlo puro o bien mezclado con gasolina (gasohol).
- **Su obtención significa un consumo energético importante (destilación). PCI ~ 0.6 PCI de la gasolina.**
- Actualmente se añaden a las gasolinas (E5 a E25) y gasóleos de automoción (Biodiesel B5 a B100) en proporción variable. (La cifra representa el % de la parte bio).

Producción de biocombustibles líquidos en Mega tep



[Elaborado por el autor]

- El **aceite pirolítico** o crudo biológico, es el resultado líquido de la pirolisis o de la gasificación de biomasa, generalmente leñosa. Es una sustancia ácida y con un contenido en agua alto, así como conteniendo partículas carbonosas y de cenizas. Se le denomina también alquitrán.

III. GASEOSOS

El **biogás** generado por varios procedimientos: Pirólisis, Gasificación, y Fermentación húmeda. Generalmente no se comercializa, como mucho se distribuye por tubería en un barrio o poblado

13.3- Generación de energía con biomasa

1. Generación por vía seca

- o **Incineración** tras secado, llamada combustión directa. Es una combustión de la biomasa sólida que suele ser en lecho fijo, móvil (parrilla), o fluidizado. Se trabaja en mejorar los quemadores de biomasa pulverizada. **Co-combustión** en calderas de gas natural o de carbón pulverizado, es la mejor opción, aporte de hasta un 30% en peso de biomasa. Permite una combustión más limpia ya que la biomasa carece de azufre y metales pesados.
- o **Gasificación** es una descomposición por acción de un agente gasificante, generalmente un gas, oxígeno, aire, vapor de agua y/o hidrógeno. Es autógena y a alta temperatura. Origina un combustible gaseoso.

Si se usa oxígeno o aire se produce una combustión parcial deficitaria en O_2 , la cual provoca la descomposición de la biomasa. Genera CO , H_2 , HCs , más N_2 del aire y el H_2O que no haya reaccionado, cenizas y alquitrán en pequeña cantidad.

13.3- Generación de energía con biomasa

2. Generación por vía húmeda (de combustibles)

- o **Fermentación anaeróbica en digestores** producen el [biogás](#), formando en su mayoría (60% en vol.) metano, resto CO₂. Los [digestores](#) son grandes tanques, donde en un medio acuoso se hace reaccionar la biomasa, tardando varios días. Es adecuado para emplear los residuos ganaderos y lodos de depuradora de aguas residuales ("[sewage gas](#)"), por su alto contenido en humedad, que haría su combustión directa o gasificación seca poco eficiente y dificultosa. Solo un 10% es digerible, quedando un abono ([compost](#)), que se puede usar in-situ. De alguna manera puede pensarse que la fermentación anaeróbica busca más la neutralización del residuo que la producción del gas.
- o **Fermentación alcohólica** biomasa azucarada o biomasa no azucarada que previamente ha de hidrolizarse. Se produce alcohol metílico y etílico, que es necesario destilar para separarlo del agua, lo cual consume energía. De ellos se obtienen el [MTBE](#) y el [ETBE](#).
- o **Fermentación anaeróbica espontánea** en vertederos de residuos, para producir **gas de vertedero** ("[landfill gas](#)"). Formado por $\approx 50\%$ CH₄, 45% CO₂ y 5% (vol.) y otros gases. A lo largo de 10 a 30 años, lográndose en ese periodo un 40% de la masa del residuo en forma de gas combustible. Se utiliza in situ para cogeneración con motores alternativos de gas o TGs especialmente adaptados.

13.4- Biomasa. Usos y aplicaciones

Más
sencillo y
económico

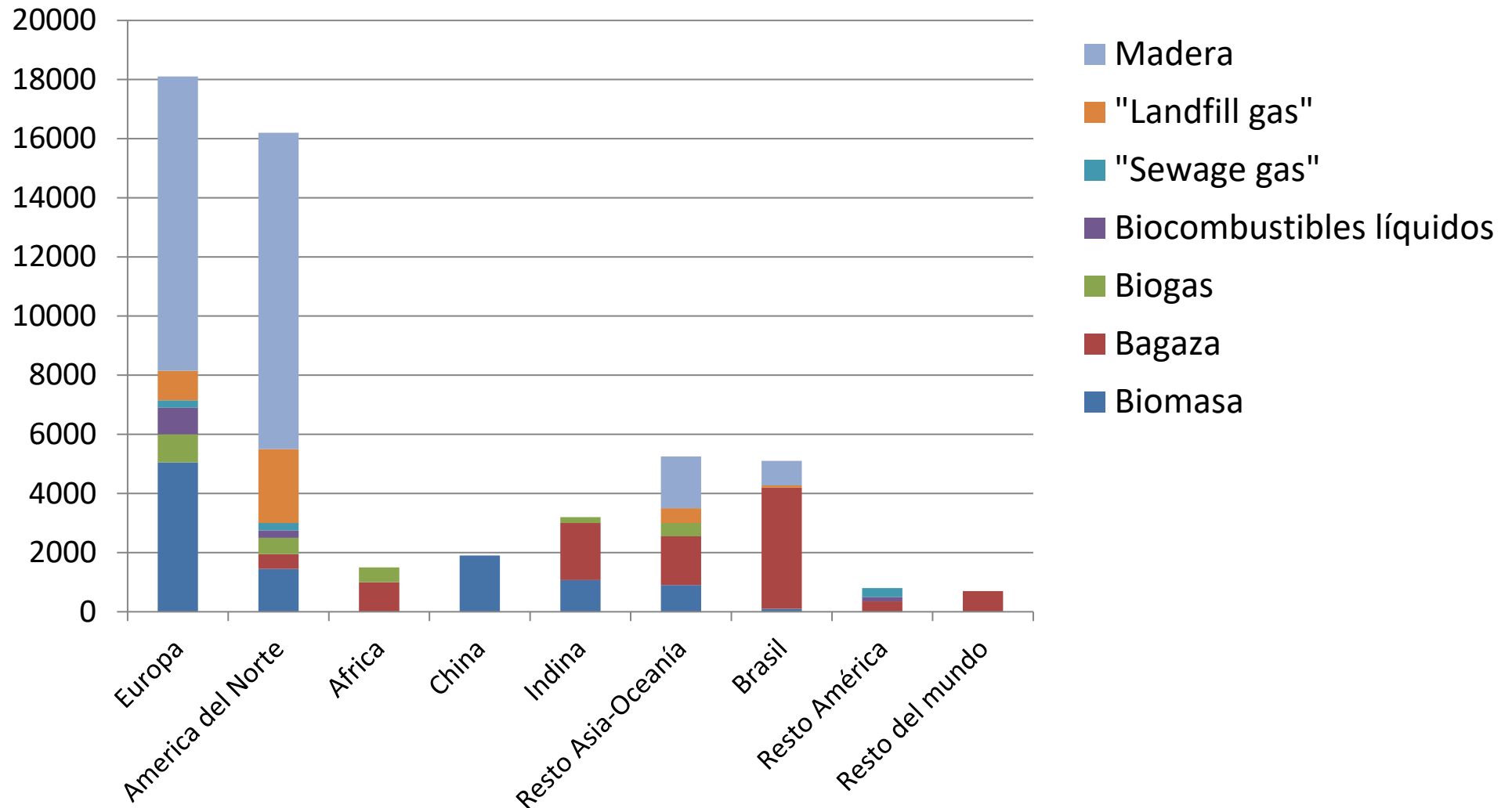
- o **Biocalfacción.** Calefacción y ACS de la madera y residuos. La manera más cómoda para su comercialización es a través de la fabricación de granulados, pellets de madera. Se venden en sacos o a granel.
- o **Biocombustibles** para el transporte. Tras el procesado de cereal, azúcar y semillas oleaginosas, además de aceites residuales.
- o **Electricidad verde.** Electricidad y calor con la madera, paja y residuos de la industria.

Se reconoce que la biomasa no es competitiva, salvo en el mercado doméstico de calefacción y ACS, individual o por central de distrito, y en el de la cogeneración industrial con residuos (antiguo régimen especial, Caps. 1 y 2).

Debido a la diversidad de los productos posibles de la biomasa, actualmente se conciben bio-refinerías de cara al futuro. Unidades de ingeniería química capaces de consumir varios tipos de biomasa y producir: energía de autoconsumo, electricidad, biocombustibles y productos químicos para la industria, eventualmente biomateriales (p. e. plásticos biodegradables).

13.4- Generación de electricidad con biomasa (*ex cursus*)

Generación de electricidad con biomasa. Potencia instalada en 2011 [MW]



Elaborado con datos de Platts, 2011

13.4- Costes de la bio-electricidad (*ex cursus*)

- ♣ La producción eléctrica en plantas específicas de biomasa está caracterizada por costes totales de generación entre 50-200 €/MWh, frente a los 30-100 €/MWh de los combustibles convencionales o nuclear.
- ♣ Existe una incompatibilidad entre a) los costes de la planta por unidad de energía producida, tanto menores cuanto mayor es ésta, pues se usa casi universalmente el ciclo de Rankine y b) los costes de transporte de la biomasa, tanto mayores cuanto mayor es la planta, pues la distancia a recorrer para hacerla llegar es mayor.
- ♣ Esto hace que hoy en día no se considere viable una planta de menos de 5 MW_e, ni mayor que aquel tamaño tal que la distancia de transporte sea superior a unos 30 km.
- ♣ La gasificación de la biomasa, con combustión posterior del gas en un ciclo Brayton actualmente no ha logrado resolver el problema del coste además de estar plagada de dificultades técnicas.
- ♣ Otro problema lo constituye la continuidad del abastecimiento de biomasa (cantidad, composición y precio), por lo que un combustible fósil de respaldo es siempre necesario.

13.4- Costes producción de la bio-electricidad (*ex cursus*)

Fuente: IRENA: "[Renewable Power Generation Costs in 2012: An Overview](#)"

13.5- Contaminación atmosférica por combustión de biomasa.

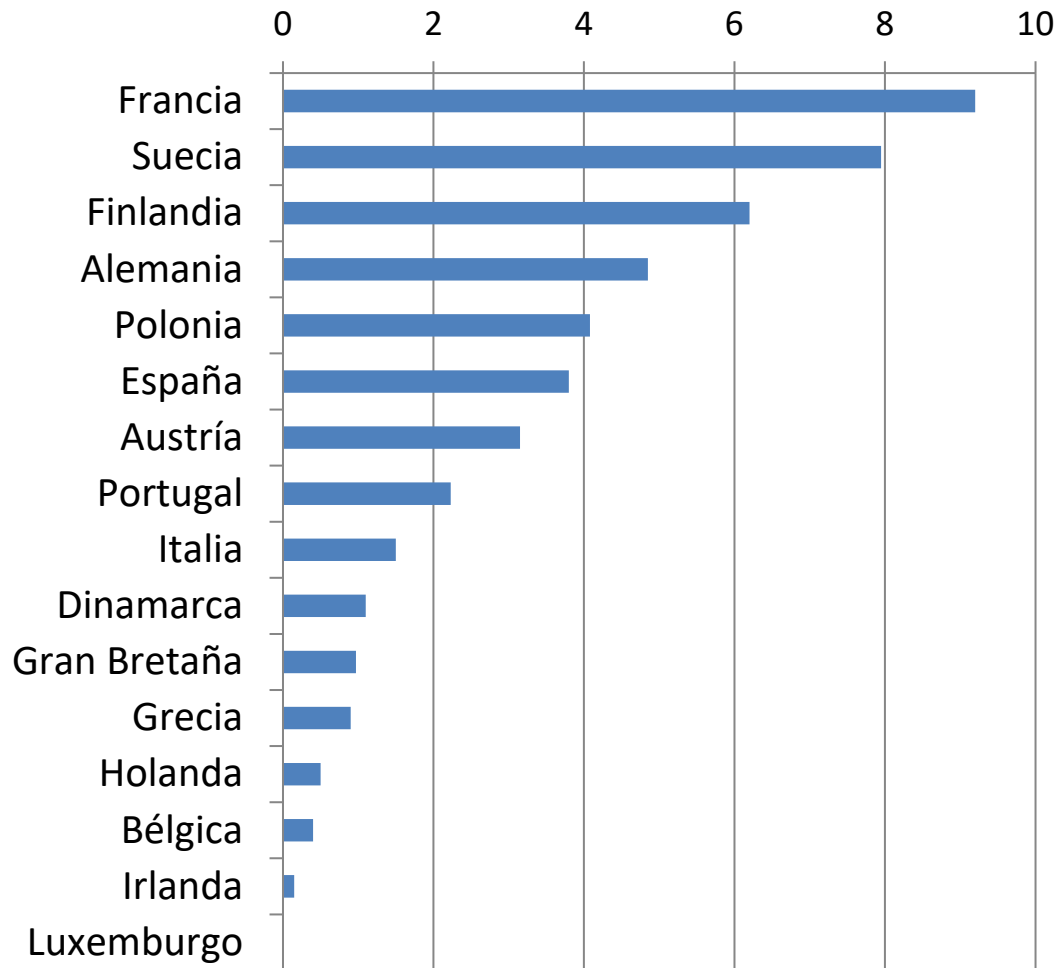
- ▶ La biomasa extraída de la naturaleza de forma sostenible, es **neutra en cuanto a emisiones directas de CO₂**. Esto quiere decir que la cantidad emitida a la atmósfera por su empleo es fijada por la fotosíntesis al año siguiente. Sin embargo **hay emisiones indirectas** asociadas a cultivo, elaboración, procesamiento y transporte (difíciles de evaluar).
- ▶ La biomasa contiene muy poco azufre.
- ▶ La formación de óxidos de nitrógeno al arder es similar a la de los fósiles. La combustión de biomasa sólida está en desventaja frente a los combustibles líquidos, fósiles o biológicos. La llama de difusión origina elevadas emisiones.
- ▶ Es necesario evitar el empleo de biomasa rica en nitrógeno, forma óxidos de nitrógeno NOx.
- ▶ La formación de cenizas volantes ha de vigilarse. Actualmente se trabaja en separadores electrostáticos de ceniza, entre otras tecnologías.
- ▶ Las partículas volantes carbonosas contienen hidrocarburos aromáticos policíclicos (cancerígenos). El contenido de oxígeno en la biomasa hace que la formación de estas partículas sea menor, pues el carbono pasa fácilmente a CO.
- ▶ El CO es un gas extremadamente venenoso. Los niveles en los humos son similares a los de los combustibles fósiles.
- ▶ Los hidrocarburos inquemados HCs son resultado de una mala combustión, la cual ha de evitarse.
- ▶ La combinación de CO, HCs, PM y NO_x resulta fatal para 2 mil millones de seres humanos que queman biomasa en el interior de las viviendas para cocinar y calefacción, con tecnología primitiva, en el tercer mundo. Ocasiona entre 2 y 4 millones de muertes prematuras/año.

13.5- Recursos energéticos de la biomasa

- ♣ El contenido calórico de la biomasa producida anualmente en toda la Biosfera es seis veces superior al consumo energético mundial.
- ♣ Las estimaciones rinden resultados que muestran que la biomasa podría asumir por sí sola el consumo energético del planeta, aunque para ello medien barrera enormes.
- ♣ Las necesidades alimenticias de la humanidad representan entre un 1-2% de la producción fotosintética mundial.
- ♣ Las tierras cultivadas ocupan en la actualidad un 10% de las tierras emergidas y contribuyen a la producción de la Biosfera en un 5% solamente
- ♣ Una cuarta parte de la biomasa producida es usada como alimento. El resto lo constituyen productos industriales y biomasa residual.
- ♣ Muchos cultivos son esenciales para la supervivencia de comunidades muy amplias y el modo de llevarlos está muy imbricado con la cultura y con la climatología. La proliferación del uso energético de la biomasa **podría afectar gravemente a estas comunidades**.

13.5- Recursos energéticos de la biomasa. Situación española (*ex cursus*)

Consumo general de biomasa de la Unión Europea, en Mega Tep anuales



Elaborado a partir de datos de [EUROBSERVER](#) 2003

SECTOR	Tep	%
Doméstico	2,056,508	49.4%
Pasta y papel	734,851	17.6%
Madera, muebles y corcho	487,539	11.7%
Alimentación, bebidas y tabaco	337,998	8.1%
Centrales de energía eléctrica (no CHP)	254,876	6.1%
Cerámica, cemento y yesos	129,013	3.1%
Otros usos industriales	57,135	1.4%
Hostelería	30,408	0.7%
Agrícola y ganadero	21,407	0.5%
Servicios	19,634	0.5%
Productos químicos	16,772	0.4%
Captación, depuración y distribución de agua	15,642	0.4%
Textil y cuero	5,252	0.1%
Total	4,167,035	100%

13.5- Recursos energéticos de la biomasa (*ex cursus*) es un repaso.

- 👉 A escala mundial bastaría para todo el consumo energético, preservando la biodiversidad, pero las barreras técnicas, económicas y sociales son inabordables actualmente.
- 👉 Se estima que con tecnologías actuales y sin recurrir a recursos muy costosos, se podría satisfacer un 40% del consumo mundial. Sin embargo, la biodiversidad se quedaría comprometida.
- 👉 En España, teóricamente podría sustituir completamente al carbón y a la generación nuclear y parte de las importaciones de petróleo.
- 👉 El desarrollo actual de la biomasa no es muy alto, datos:

Actualmente, la participación de la biomasa en el consumo total de energía en España ha sido un 3 %. **Esto supone un 45 % de todas las renovables**, si excluimos de ellas a la hidráulica.

- 👉 El mayor problema en el uso de la biomasa está en su eventual cultivo, recogida, transporte, procesado y almacenamiento, procesos que encarecen su uso y consumen energía.

13.6.- Cuestiones de autoevaluación

La biomasa constituye la primera fuente de energía renovable usada en el mundo	SI
La producción de electricidad a partir de biomasa es muy relevante en España	NO
La biomasa está constituida por hidrocarburos	NO
En general, el poder calorífico de la biomasa sólida en base seca es inferior al del carbón de alto rango (hulla)	SI
Comparado al carbón, los biocombustibles sólidos tienen un alto contenido en cenizas	NO
La producción de electricidad a partir de biomasa es poco costosa comparada a otras tecnologías convencionales	NO
La producción de electricidad a partir de biomasa es mucho menos costosa que otras tecnologías renovables	NO
En aplicaciones de generación de electricidad con biomasa, la más usada actualmente es la de co-combustión con carbón.	SI
El elemento más abundante (en peso) en la biomasa vegetal es el carbono	SI
El poder calorífico del etanol es del orden del 120 % del de la gasolina convencional	NO
La mayor aplicación de la biomasa en España es la generación de electricidad en redes aisladas	NO
La combustión de los biomasa solida no produce cenizas	NO
La biomasa sólida es mayoritariamente usada en el sector doméstico	SI
Actualmente en la UE es posible añadir biocombustibles a los carburantes de automoción	SI

13.6.- Cuestiones de autoevaluación (cont.)

En general, el bajo contenido en azufre de la biomasa entraña menos problemas de acidez de los gases de escape que con tecnologías usando carbón como combustible.	SI
La biomasa se usa principalmente para generación de electricidad utilizando generalmente para ello la tecnología de co-combustión	NO
Los residuos sólidos urbanos (RSU) constituyen una biomasa de alta calidad (poca humedad y un gran poder calorífico).	NO
Quitando los RSU, las fuentes de biomasa suelen ser dispersas, dificultando su recolección	SI
Los bio-combustibles sólidos no generan cenizas	NO
Los bio-combustibles líquidos, como los derivados del etanol y metanol, tienen más poder calorífico que la gasolina y el gasóleo, y por ello se mezclan a los combustible convencionales	NO
La quema de biomasa en el interior de los hogares del tercer mundo ocasiona un grave problema de salud, por los humos	SI
La energía renovable más usada actualmente en el mundo es la biomasa	SI
Existen diseños de combustión del carbón en lecho fluido, e incluso de co-combustión con biomasa	SI
En los hogares de co-combustión, el porcentaje de biomasa respecto al carbón es alto (más de un 50%).	NO
La biomasa sólida puede ser no comercial	SI

13.7.- Ejercicios propuestos

Ejercicio 13.1: Se quiere dar suministro de calefacción a una vivienda de $A = 100 \text{ m}^2$. Se considera que se necesitan $e_m = 0,1 \text{ kW}_T/\text{m}^2$ de vivienda. La temporada de calefacción dura $t_t = 100$ días y se calienta la vivienda $f = 10$ horas día^{-1} . Expresar analíticamente y calcular la demanda de calefacción: **Solución:**

$$\dot{E} [\text{kWh}_t] = Ae_m t_t f = 100 \text{ m}^2 \times 0,1 \frac{\text{kW}_T}{\text{m}^2} 100 \frac{\text{día}}{\text{año}} 24 \frac{\text{h}}{\text{día}} \frac{10 \text{ h}}{24 \text{ h}} = \frac{10^4 \text{kW}_T \text{h}}{\text{año}}$$

Se decide emplear una caldera de biomasa presentando una eficiencia $\eta = 70 \%$. La biomasa sólida tiene un precio $c_{bio} = 205 \text{ €/tonelada métrica}$. Su contenido en humedad h es el 19% en masa y en base húmeda. Su poder calorífico PCS en base seca es $13,2 \text{ MJ/kg}$. Obtener una **expresión analítica** del coste c_e del combustible por unidad de energía y calcular dicho coste. Según (13.4), con $y_{bs} \equiv PCS_{bs}$:

$$c_e \left[\frac{\text{€}}{\text{MW}_t \text{ h}} \right] = \frac{c_{bio}}{\underbrace{PCS_{bs}(1-h_{bh})\eta}_{PCS_{bh}}} = 0,205 \frac{\text{€}}{\text{kg}} \frac{1}{13,2(1-0,19)} \frac{\text{kg}}{\text{MJ}} \frac{\text{MJ}}{\text{MWs}} \frac{3600 \text{ s}}{\text{h} \times 0,7} = 98,6 \frac{\text{€}}{\text{MW}_t \text{ h}}$$

Determinar el coste anual de la calefacción con biomasa:

$$c [\text{€ año}^{-1}] = \dot{E} c_e = \frac{10^4 \text{kW}_t \text{h}}{\text{año}} \times 98,6 \frac{\text{€}}{\text{kW}_t \text{h}} = 986 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$

Teniendo en cuenta que en este caso concreto el cultivo, acondicionamiento y transporte de la biomasa tienen unas emisiones indirectas de $e_{bio} = 0,3 \text{ kg}_{\text{CO}_2}/\text{kg}$ de biomasa, determinar las emisiones de CO_2 anuales asociadas a esta aplicación de calefacción:

$$E [\text{kg año}^{-1}] = e_{bio} \frac{\overbrace{\dot{E}}^{\dot{m}}}{PCS_{bs}(1-h_{bh})\eta} = \frac{0,3 \text{ kg}_{\text{CO}_2}}{\text{kg}} \frac{\overbrace{10 \text{ MWh/año}}^{4.810 \text{ kg/año}}}{13,2(1-0,19)0,7 \text{ MJ/kg}} \frac{3600 \text{ s}}{\text{h}} = 1.443 \frac{\text{kg}_{\text{CO}_2}}{\text{año}}$$

13.8.- Bibliografía

[1] A. Damien. La biomasa: fundamentos, tecnologías y aplicaciones. Madrid 2009. Editor Antonio Madrid Vicente. ISBN 9788496709171. [Referencia](#).

[2] Renovetec. Centrales termoeléctricas de biomasa. Madrid 2013. ISBN: 9788461615575. [Referencia](#).

[3] Shearly, P. La Biomasa como Alternativa Ecológica y Tecnológica. Decargable como pdf ttribution Non-Commercial (BY-NC). [Referencia](#).

Aunque se use información de años pasados, el panorama a menudo no ha cambiado mucho hasta el presente. Se sugieren fuentes de información para actualizar los datos y ampliar el conocimiento:

- [Biomasa](#)
- [Bioenergy Europe](#).
- [Bioenergy](#).
- [European Pellets Council](#).
- [AEBIOM](#).
- [IDAE. Cultivos Energéticos](#).
- [IEA Bioenergy](#).

Como puede apreciarse, algunas de estas informaciones tampoco están actualizadas.