



Biomasa y Biotecnología

José Luis García y María Jesús Martínez

Dpto. Biología Medioambiental. Centro de Investigaciones Biológicas del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid

El concepto de biomasa nos resulta muy familiar aunque posiblemente no todo el mundo lo defina de la misma manera. El glosario de términos de la OCDE define la biomasa como «la cantidad de materia viva de origen vegetal o animal presente en un momento dado en un área determinada». Pero la definición de biomasa que se utiliza en las directivas de la Unión Europea (UE) es diferente ya que se define como «la fracción biodegradable de productos, desechos y residuos de la agricultura (incluyendo sustancias vegetales y animales), silvicultura e industrias relacionadas, así como la fracción biodegradable de los residuos municipales e industriales». Finalmente, otras definiciones inciden en su valor energético y consideran que la biomasa es «la materia orgánica que puede ser convertida en combustible y es por lo tanto considerada como una fuente potencial de energía».

Independientemente de que la biomasa proceda de seres vivos o muertos recientemente, o sea más o menos biodegradable, o derive de residuos de diferentes actividades industriales o urbanas, es evidente que en estos momentos existe un enorme interés por la utilización sostenible de toda la biomasa que se genera continuamente en el planeta. En primera instancia gran parte de esta biomasa la utilizamos para alimentarnos, para mantener nuestra salud o para otros muchos fines industriales, pero en todos estos procesos se generan una gran cantidad de residuos, susceptibles de un mayor aprovechamiento mediante el uso de la biotecnología. Por esto aparece en los años 80 el concepto de biorrefinería, que implica la utilización completa de toda

la materia prima de partida y la integración de procesos tradicionales con procesos nuevos, incluyendo los bioprocesos que permitan la optimización de los rendimientos y uso de toda la materia prima (Figura 1).

Actualmente existen muchas maneras de utilizar esta biomasa residual, pero su destino y transformación están en gran medida ligados a la complejidad de su composición y a su origen (primario, secundario o terciario). La manera más sencilla de utilizar y rentabilizar la biomasa residual es usarla como fuente de energía mediante su combustión y para esto obviamente no hay que utilizar la biotecnología. Sin embargo, otras opciones, algunas clásicas y relativamente sencillas, como el uso directo como materiales de construcción o su transformación en abono orgánico mediante su compostaje, y otras más sofisticadas, como la utilización de residuos agrícolas para la producción de biocombustibles, requieren procesos biotecnológicos para su tratamiento y transformación (Johnson, 2007).

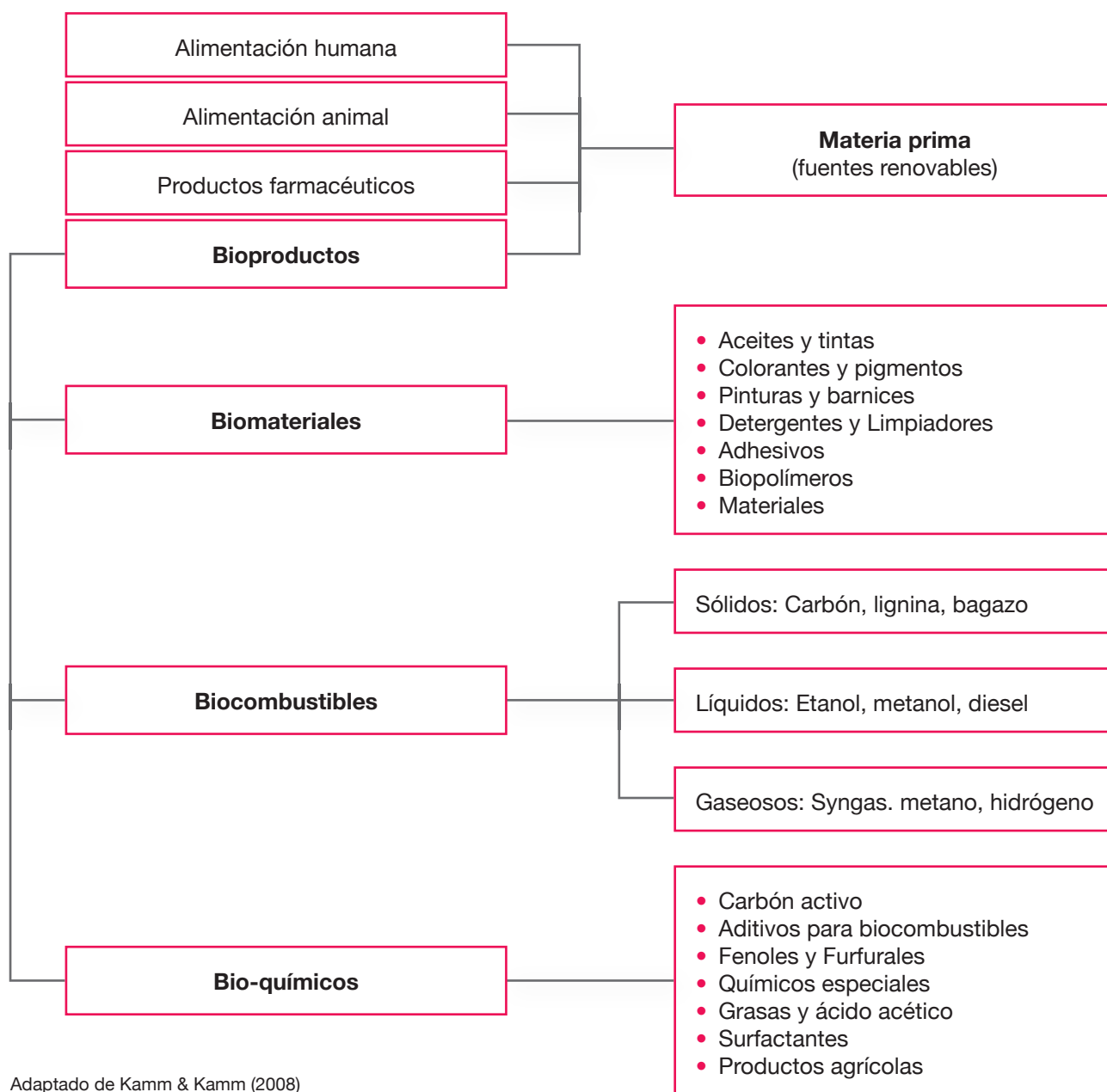
En lo que se refiere a los grandes retos que el reciclado de la biomasa residual plantea hay que ser conscientes de que la mayor fracción de la biomasa residual está constituida por materiales lignocelulósicos derivados de los residuos generados por las actividades agrícolas y forestales. Por consiguiente, una gran parte de los esfuerzos actuales se destinan a encontrar soluciones biotecnológicas para el reciclado de estos residuos. El concepto de biorrefinería de la lignocelulosa surge con fuerza los últimos años (Himmel y Bayer, 2009), especialmente por la necesidad de conseguir bioetanol de segunda generación (2G), ya que

su producción a partir de sacarosa o almidón (bioetanol de primera generación, 1G) ha generado intensos debates porque podría causar disfunciones comerciales en el sector alimentario.

Para utilizar los azúcares de la lignocelulosa en los procesos de producción de etanol 2G es necesario eliminar la lignina y para ello actualmente se utilizan procesos físicos, químicos o una mezcla de ambos (Alvira *et al.*, 2010). Sin embargo, la biotecnología puede aportar soluciones específicas para los distintos pasos del proceso, ya que por ejemplo existen hongos capaces de degradar preferentemente

la lignina (Salvachúa *et al.*, 2011) y otros que secretan enzimas que la despolimerizan (Martínez *et al.*, 2009) o que contribuyen a aumentar el rendimiento del proceso (Jurado *et al.*, 2009; Salvachúa *et al.*, 2013). Para hidrolizar la celulosa y la hemicelulosa de la lignocelulosa existen muchos cócteles enzimáticos comerciales procedentes de hongos y bacterias, varios de ellos de origen recombinante (Mohanram *et al.*, 2013; Bornscheuer *et al.*, 2014).

También la biotecnología es necesaria para optimizar la etapa de fermentación, ya que la levadura *Saccharomyces cerevisiae* puede fermentar la glucosa procedente de la



Adaptado de Kamm & Kamm (2008)

Figura 1.

hidrólisis de la celulosa pero no las pentosas (15-30%) procedentes de la hemicelulosa y por eso se han introducido en esta levadura los genes de la degradación de las pentosas de otros organismos (Matsushika *et al*, 2009; Van Vleet y Jeffries, 2009; Kim *et al*, 2012).

Por otro lado, las denominadas microalgas (eucarioatas y procariotas) son también una fuente de biomasa muy importante. Actualmente se utilizan casi exclusivamente para alimentación (*Artrospira platensis* o espirulina) (Hosseini *et al*, 2013), pero se está trabajando intensamente con ellas para solucionar el debate sobre el uso de azúcares alimentarios para la producción de etanol, ya que se ha propuesto el uso de tierras no cultivables para el cultivo de algas para la generación de biodiesel y bioteanol de tercera generación (3G) (Singh *et al*, 2011; Larkum *et al*, 2012). De todas formas estos procesos aún no están resueltos a escala industrial.

La complejidad de algunos residuos orgánicos, sobre todo los residuos urbanos, hacen difícil su uso sin procesos previos de separación muy costosos y por eso se ha propuesto resolver la complejidad de esta biomasa residual mediante su pirólisis y transformación en gas de síntesis (syngas, $\text{CO} + \text{H}_2 + \text{CO}_2$) que posteriormente se transforma mediante catálisis química o por fermentación bacteriana en etanol u otros productos (bioplásticos, reactivos químicos) (Liu *et al*, 2014; Choi *et al*, 2010).

Por último, señalar que en España se están desarrollando diferentes acciones estrategias en Biotecnología, a nivel regional y nacional, para conseguir el aprovechamiento sostenible de la biomasa, independientemente de cuál sea su origen, en las que cooperan distintos grupos de investigación y empresas, y que hay grupos españoles y empresas que lideran y coordinan estas iniciativas en Europa. En este sentido, destacar en España distintas Plataformas Tecnológicas (e.g., BioPlat, SusCHEM, PLANETA, BIOVEGEN), Asociaciones (e.g., APPA, AVEBIOM, COSE) y Redes Temáticas (e.g., LIGNOCEL, SELVIREN), que agrupan un gran número investigadores de centros de investigación, universidades y empresas, con carácter multidisciplinar, para contribuir al aprovechamiento integral de la biomasa, convirtiendo residuos en productos de alto valor añadido y contribuir al desarrollo de nuevas empresas de base tecnológica.

REFERENCIAS

- Alvira P, Tomas-Pejo E, Ballesteros M and Negro MJ. (2010). Pretreatment technologies for an efficient bioethanol production process based on enzymatic hydrolysis: A review. *Bioresour. Technol.* 101:4851-4861.
- Bornscheuer U, Buchholz K, and Seibel J. (2014). Enzymatic Degradation of (Ligno)cellulose. *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 53:10876-10893.
- Choi D, Chipman DC, Bents SC and Brown RC. (2010). A techno-economic analysis of polyhydroxyalkanoate and hydrogen production from syngas fermentation of gasified biomass. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 160:1032-1046.
- Himmel ME and Bayer EA. (2009). Lignocellulose conversion to bio-fuels: current challenges, global perspectives. *Curr. Opin. Biotechnol.* 20:316-317.
- Hosseini SM, Khosravi-Darani K and Mozafari MR. (2013). Nutritional and medical applications of spirulina microalgae. *Mini. Rev. Med. Chem.* 13:1231-1237.
- Johnson FX. (2007). Industrial Biotechnology and Biomass utilization: Prospects and challenges for the developing world. United Nations Industrial Development Organization. Vienna.
- Jurado M, Prieto A, Martínez-Alcalá MA, Martínez AT and Martínez M J. (2009). Laccase detoxification of steam-exploded wheat straw for second generation bioethanol. *Bioresour. Technol.* 100:6378-6384.
- Kamm B and Kamm M. (2004). Principles of biorefineries. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 64:137-145.
- Kim SR, Ha SJ, Wei N, Oh EJ and Jin YS. (2012). Simultaneous co-fermentation of mixed sugars: a promising strategy for producing cellulosic ethanol. *Trends Biotechnol.* 30:274-282.
- Larkum AW, Ross IL, Kruse O and Hankamer B. (2012). Selection, breeding and engineering of microalgae for bioenergy and biofuel production. *Trends Biotechnol.* 30:198-205.
- Liu K, Atiyeh HK, Stevenson BS, Tanner RS, Wilkins MR and Huhnke RL. (2014). Continuous syngas fermentation for the production of ethanol, n-propanol and n-butanol. *Bioresour. Technol.* 151:69-77.
- Martínez A T, Ruiz-Dueñas F J, Martínez M J, del Río J C and Gutiérrez A. (2009). Enzymatic delignification of plant cell wall: from nature to mill. *Curr. Opin. Biotechnol.* 20:348-357.
- Matsushika A, Inoue H, Kodaki T and Sawayama S. (2009). Ethanol production from xylose in engineered *Saccharomyces cerevisiae* strains: current state and perspectives. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 84:37-53.
- Mohanram S, Amat D, Choudhary J, Arora A and Nain L. (2013). Novel perspectives for evolving enzyme cocktails for lignocellulose hydrolysis in biorefineries. *Sus. Chem. Proc.* 1:15.
- Salvachúa D, Prieto A, Lopez-Abelairas M, Lú-Chau T, Martínez A T and Martínez M J. (2011). Fungal pretreatment: An alternative in second-generation ethanol from wheat straw. *Bioresour. Technol.* 102:7500-7506.
- Salvachúa D, Prieto A, Martínez A T and Martínez M J. (2013). Characterization of a novel DyP-type peroxidase from *Irpex lacteus* and its application in the enzymatic hydrolysis of wheat straw. *Appl. Environ. Microbiol.* 79:4316-4324.
- Singh A, Nigam PS, and Murphy JD. (2011). Renewable fuels from algae: an answer to debatable land based fuels. *Bioresour. Technol.* 102:10-16.
- Van Vleet JH and Jeffries TW. (2009). Yeast metabolic engineering for hemicellulosic ethanol production. *Curr. Opin. Biotechnol.* 2009 20:300-306.