

RCS

Depósito legal ppi 201502ZU4662

Esta publicación científica en formato digital es continuidad de la revista impresa
Depósito Legal: pp 197402ZU789
ISSN: 1315-9518

Universidad del Zulia. Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales
Vol. XXVI. Número especial 2

Número especial 2020

Revista de Ciencias Sociales

Esta publicación científica en formato digital es continuidad de la revista impresa
Depósito Legal: pp 197402ZU789
ISSN: 1315-9518



Revista de Ciencias Sociales (RCS). FCES - LUZ
Vol. XXVI, Número especial 2, 2020, 401-413

• ISSN: 1315-9518 • ISSN-E: 2477-9431

Como citar APA: Peña, S. y López, J. (2020). Desarrollo sostenible y oportunidad de aprendizaje de las biorrefinerías: Una alternativa de la biomasa. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXVI((Número especial 2), 401-413.

Desarrollo sostenible y oportunidad de aprendizaje de las biorrefinerías: Una alternativa de la biomasa

Peña Murillo, Sandra Emperatriz*
López Galán, Jorge Enrique**

Resumen

En este siglo, los derivados del petróleo son cada vez más escasos y el perjuicio ambiental hace cuestionable su uso, la comunidad científica afronta desafíos y retos tecnológicos y económicos sobre la explotación de los recursos renovables como plataforma productiva de los países. El objetivo de esta investigación es analizar el desarrollo sostenible de las biorrefinerías, particularmente la biomasa como alternativa de aprendizaje. La metodología es descriptiva de campo. Los resultados dan cuenta de la existencia de estrategias para mitigar el riesgo y enfrentar problemáticas inherentes al desarrollo sostenible de las biorrefinerías, existiendo una oportunidad desde los recursos agroindustriales y su capacidad de aprendizaje desde la innovación tecnológica además en el uso de todo tipo de biomasa como materia prima para producir una amplia gama de productos como combustibles, químicos de plataforma, derivados y energía utilizable. La proliferación de este tipo de instalaciones favorecerá la paulatina transición de una petroeconomía (basada en el petróleo) a una bioeconomía (basada en recursos renovables de origen biológico). Se concluye, que el desarrollo sostenible y las oportunidades de aprendizaje son obtenidas a partir del conocimiento que se genere desde las biorrefinerías, y la biomasa forma parte de esa alternativa de aprendizaje y conocimiento producido.

Palabras clave: Desarrollo sostenible; aprendizaje; biorrefinería; biomasa; recursos.

* Aspirante a Doctor en Universidad del Valle. Magister Scientiae en Ingeniería Química. Docente de la Facultad y Carrera de Ingeniería Química, Universidad de Guayaquil, Ecuador. E-mail: sandra.penam@ug.edu.ec; pena.sandra@correounivalle.edu.co  ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7848-8021>

** Doctor Sci. Docente de la Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química, Universidad del Valle, Cali, Colombia. E-mail: jorge.lopez@correounivalle.edu.co

Recibido: 2020-03-07 • Aceptado: 2020-05-23

Disponible en: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/rcs/index>

Sustainable development and learning opportunity of biorefineries: A biomass alternative

Abstract

In this century, petroleum derivatives are increasingly scarce and the environmental damage makes their use questionable, the scientific community faces technological and economic challenges and challenges regarding the exploitation of renewable resources as a productive platform of the countries. The objective of this research is to analyze the sustainable development of biorefineries, particularly biomass as a learning alternative. The methodology is descriptive in the field. The results show the existence of strategies to mitigate risk and face problems inherent to the sustainable development of biorefineries, there is an opportunity from agro-industrial resources and their ability to learn from technological innovation in addition to the use of all types of biomass such as raw material to produce a wide range of products such as fuels, platform chemicals, derivatives and usable energy. The proliferation of these types of facilities will favor the gradual transition from a petroeconomy (based on oil) to a bioeconomy (based on renewable resources of biological origin). It is concluded that sustainable development and learning opportunities are obtained from the knowledge generated from biorefineries, and biomass is part of that alternative of learning and knowledge produced.

Keywords: Sustainable development; learning; biorefinery; biomass; resources.

Introducción

La utilización de los combustibles fósiles ha sido un gran motor para el desarrollo de la sociedad. A medida que este recurso se agota, la importancia de hacer una transición hacia un esquema energético sustentable, se hace más evidente. En la constante búsqueda de otras alternativas para frenar el calentamiento global que ayude a reducir las emisiones de CO₂, aparecieron los biocombustibles a partir de los residuos lignocelulósicos, y entre los cultivos energéticos están el maíz, la caña de azúcar, el sorgo o soya; siendo éstos una fuente de energía alternativa cuyo uso contribuyen a la utilización de la biomasa, para obtener productos de alto valor agregado, desarrollando las biorrefinerías.

En ese sentido, las biomasa están asociadas a desechos agroindustriales para la producción de biocombustibles y productos de valor agregado. Se destacan las biomasa lignocelulósicas; y herbáceas y leñosas, como fuentes de materias primas con ventajas

respecto a residuos agroindustriales. De entre su clasificación está la biomasa lignocelulósica, que es una importante fuente de energía renovable con potencial en la producción de biocombustibles, cogeneración de energía eléctrica y generación de compuestos químicos, entre otras aplicaciones.

Es decir, que la gestión de estrategias de producción de energía renovable a partir de las biorrefinerías, contribuye a la conservación de la naturaleza y la salud humana, siendo un aspecto central que justifica el aprendizaje en el desarrollo sostenible de biorrefinerías, y aporta en la realización de trabajos de investigación que aborden ciencia, tecnología e innovación (Piña y Senior, 2020). Además, los diferentes tipos de procesamientos de los residuos lignocelulósicos que se describen, resulta de gran ayuda a la búsqueda de los conceptos de biomasa, puesto que permiten incrementar el conocimiento de las biorrefinerías.

A tenor de lo anterior, el uso de la biomasa con la finalidad de obtener productos de alto valor agregado, desarrollando las biorrefinerías, merece una importante atención

en las mismas y genera el objetivo de esta investigación que es el de analizar el desarrollo sostenible de las biorrefinerías, particularmente de la biomasa como alternativa de aprendizaje. La metodología utilizada es descriptiva, documental y de campo.

1. El concepto biorrefinería: Diversos ámbitos

El concepto biorrefinería no es reciente; con frecuencia, y en diversos ámbitos, como la agricultura, la industria alimenticia y la obtención de las materias primas, se observa que muchos artículos son convertidos en una variada serie de productos, cada uno con una aplicación final diferente. En la explotación de este potencial, se requiere la combinación de proyectos industriales piloto, así como demostraciones industriales; y una de las principales estrategias que las biorrefinerías tratan de potencializar, es el no utilizar como materia prima cultivos susceptibles de convertirse en alimentos, sino residuos de las industrias alimenticias, papeleras, forestales y agrícola.

Una biorrefinería es un sistema en el que se integran distintos procesos para la conversión de biomasa en combustibles, energía, productos químicos y alimentos. Al respecto sostienen González, et al. (2014) “El esquema de biorrefinería se basa en el uso eficiente de la biomasa lignocelulósica como materia prima” (p.275), y por lo tanto, manifiestan que:

La integración de procesos debe conducir a una mejor utilización de la materia prima, una eficiencia energética mayor, menor uso de agua fresca y vertido de residuos, favoreciendo la obtención de procesos más sostenibles desde el punto de vista ambiental; también la integración de procesos conduce a menores costos de producción lo que implica sostenibilidad económica. (p.277)

En ese sentido, este concepto de biorrefinería es análogo al de refinerías de

petróleo, sólo que en la primera la materia prima principal de la que se derivan los diferentes productos es biomasa en lugar de petróleo. Dicha biomasa puede ser de desecho de algún proceso industrial o natural o puede ser obtenida a partir del procesamiento de especies animales o vegetales (por ejemplo, algas, maíz, entre otros); por lo tanto, a diferencia del petróleo, la biomasa es una materia prima renovable. Debido a esto las biorrefinerías ofrecen un camino prometedor para enfrentar la crisis energética y el cambio climático, puesto que con el uso de biocombustibles se reducen las emisiones de dióxido de carbono. Además, ciertos organismos de los que se obtiene la biomasa usan como nutriente CO₂, con lo que se podría cerrar el ciclo de generación y consumo de este gas. Al respecto, Sacramento-Rivero, et al. (2010) sostienen que:

Para hacer económicamente viable la producción de los biocombustibles, es necesario darle valor agregado a los subproductos que de esta actividad se generen. La mejor manera de hacer esto es convirtiendo estos subproductos en químicos novedosos (con nuevas aplicaciones) y en químicos de plataforma o base (bloques básicos de los que se desprenden cadenas de producción de muchos otros químicos). (p262)

2. Sistemas de biorrefinerías

Siguiendo la metodología de la presente investigación se analizan distintos documentos en relación a los diversos sistemas de biorrefinerías. Existen tres sistemas al respecto, que se persiguen en la investigación y su desarrollo. En primer lugar, la biorrefinería de residuo de cultivo (de naturaleza húmeda), con materia prima tales como cereales o maíz. En segundo lugar, la biorrefinería verde, usando biomasa tales como la hierba verde, alfalfa, trébol, o cereal inmaduro. En tercer lugar, la biorrefinería de residuo lignocelulósico, usando materia prima de naturaleza seca,

tal como biomasa y residuos que contienen celulosa (Kamm, y Kamm, 2004).

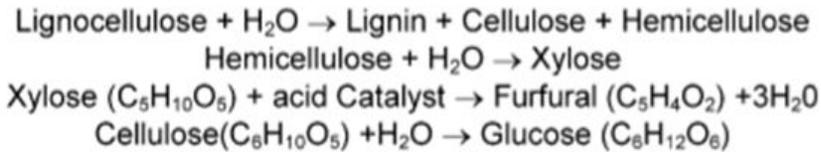
Además, se añaden investigaciones en otros tipos de obtención de productos de valor agregado a partir de los residuos lignocelulósicos, puesto que influyen en el desarrollo de las biorrefinerías; por tanto, es necesario conocer este tipo de sistemas, porque si no, se puede aplicar el postulado que nadie puede participar en la transformación de su entorno en tanto lo desconozca (Suárez, Suárez y Zambrano, 2017).

2.1. Biorrefinería de residuos lignocelulósicos

Entre las potenciales biorrefinerías

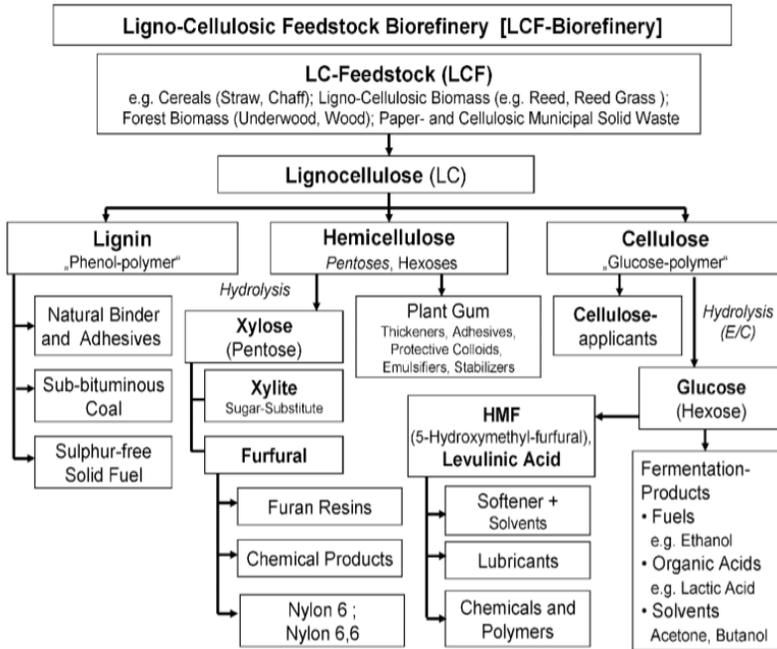
industriales a gran escala de la materia prima lignocelulosa, o material de alimentación, se encuentran: Por un lado, la situación óptima de materia prima (paja, caña, hierba, madera, papel, residuos, entre otras); por otro lado, los otros productos de conversión tienen una buena posición, en la petroquímica tradicional, así como sobre el futuro de base biológica en el mercado de productos (Reith, et al., 2009).

Los materiales de lignocelulosa consisten en tres fracciones químicas primarias o precursores de: a) Hemicelulosa/poliosas, un azúcar-polímero de pentosas predominantemente; b) celulosa, un polímero de glucosa; y c) la lignina, un polímero de fenoles. En ese sentido, la ecuación general de la conversión de la materia prima lignocelulósica, es la siguiente:



Cabe hacer notar, que obviamente no hay enzimas naturales para dividir la lignina, formado naturalmente en monómeros básicos, por lo que no resulta fácil como si es posible para los hidratos de carbono o proteínas poliméricas, también formados naturalmente.

Un proceso que resulta atractivo para el nylon-proceso de la biomasa, es la ya mencionada hidrólisis de la celulosa a glucosa y la producción de etanol, tal como me muestra en la Figura I.



Fuente: Kamm y Kamm (2003).

Figura 1: Biorrefinería a partir de residuos lignocelulósicos

Ciertas levaduras dan una desproporción de la glucosa-molécula durante su generación de etanol a la glucosa, que prácticamente desplaza su capacidad de reducción entero en el etanol y hace que sea obtenible en 90% de rendimiento (w / w; con respecto al volumen de negocios).

En particular, furfural e hidroximetilfurfural son productos interesantes. Furfural, es el material de partida para la producción de Nylon 6,6 y Nylon 6. La última de estas plantas de producción se cerró en 1961 en los EE.UU., debido a razones económicas (la baja de los premios artificial de petróleo). Sin embargo, el mercado de Nylon 6 es enorme.

No obstante, todavía hay algunas partes

no satisfactorias dentro de la biorrefinería, como la utilización de la lignina como combustible, adhesivo o aglutinante, debido a que la estructura de la lignina contiene cantidades considerables de hidrocarburos mono-aromático, que, si se aísla de una manera económicamente eficiente, podría añadir un aumento de valor significativo a los procesos primarios.

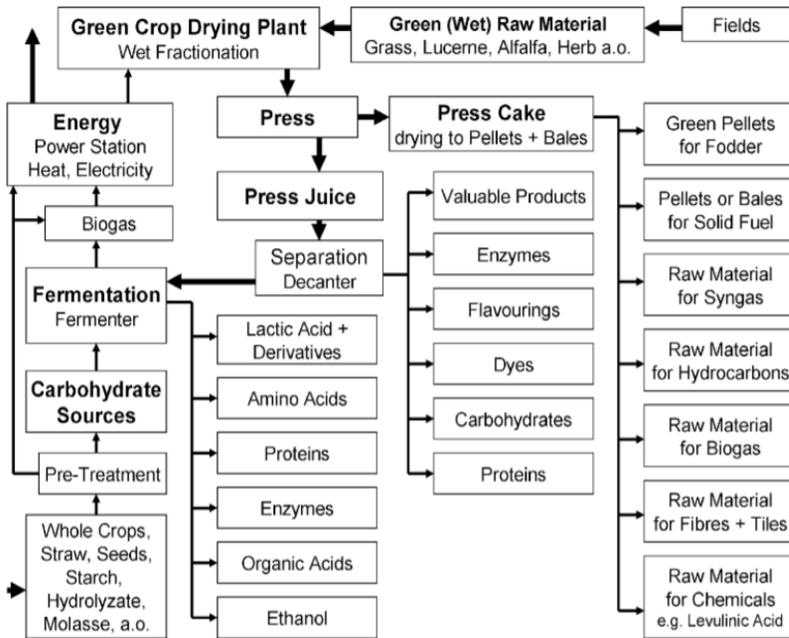
2.2. La biorrefinería de residuos de cultivos

Existen varios productos como materias primas para la biorrefinería de residuos de cultivos de naturaleza húmeda, como son los

cereales, tales como centeno, trigo, cebada, así como maíz. El primer paso, es la separación mecánica en el maíz y paja, que se obtienen en casi la misma cantidad. La paja, representa una materia prima y puede además ser procesada en un régimen de Biorrefinería. Por un lado, existe la posibilidad de separación en celulosa, hemicelulosa, lignina y su posterior conversión dentro de las líneas de productos separados que se muestran en la biorrefinería. Además, por otro, la paja es un material de partida para la producción de gas de síntesis a través de tecnologías de pirólisis. El gas de síntesis, es el material básico para la síntesis de combustibles y metanol.

De igual manera, el maíz puede ser convertido en almidón o directamente utilizado después de la molienda a comida, como se observa en la Figura II. El

procesamiento adicional puede llevarse a cabo en cuatro direcciones: a) Fraccionamiento, b) plastificación, c) modificación química, o d) la conversión biotecnológica a través de la glucosa. La comida, puede ser tratada y terminada por extrusión en aglutinantes, adhesivos y de relleno. El almidón, se puede acabar por medio de plastificación (co- y mezclar polimerización, la composición con otros polímeros); modificación química (eterificación en carboxi-metil almidón; división de aminación reductora en etileno diamina; esterificación y re-esterificación en ésteres de ácidos grasos a través de almidón acético, la división hidrogenante en sorbitol, etilenglicol, propilenglicol, glicerina); y, la conversión biotecnológica a poli-3-hidroxibutírico.



Fuente: Muñoz-Muñoz, Pantoja-Matta y Cautin-Guarin (2014).

Figura II: La biorrefinería de residuos de cultivo

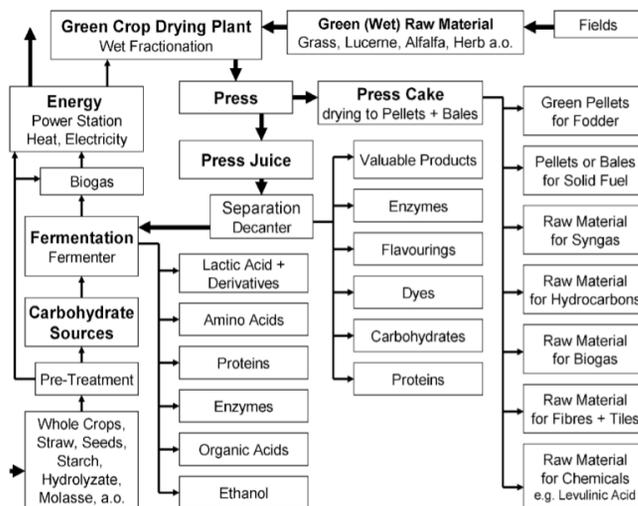
De igual manera, Kaparaju, et al. (2009), investigó dentro de un marco de biorrefinería, la producción de bioetanol, biohidrógeno y biogás a partir de paja de trigo. Inicialmente, esta última se liberó hidrotérmicamente a una fracción de fibra rica en celulosa y una fracción líquida rica en hemicelulosa (hidrolizado). La hidrólisis enzimática y la fermentación subsiguiente de celulosa produjeron 0,41 g-etanol / g-glucosa, mientras que la fermentación oscura del hidrolizado produjo 178,0 ml-H₂ / g-azúcares. Los efluentes de los procesos de bioetanol y biohidrógeno se utilizaron además para producir metano con rendimientos de 0.324 y 0.381 m³ / kg de sólidos volátiles (VS) agregados, respectivamente.

Además, Kaparaju, et al. (2009) mostró que el uso de paja de trigo para la producción de biogás o la producción de múltiples combustibles eran los procesos energéticamente más eficientes en comparación con la producción de monocombustibles como el bioetanol cuando se fermentan azúcares C6

solos. Por lo tanto, la producción de múltiples biocombustibles a partir de paja de trigo puede aumentar la eficiencia de material y energía así como presumiblemente puede ser un proceso más económico para la utilización de biomasa.

2.3. La biorrefinería verde

Las biorrefinerías verdes, son también sistemas de multiproductos, en las cuales es necesario verificar sus cortes, fracciones y productos, de acuerdo con la fisiología del material vegetal correspondiente, es decir, el mantenimiento y la utilización de la diversidad de síntesis obtenidos por naturaleza, como se muestra en la Figura III. En ese sentido, la biomasa verde comprende: La hierba de cultivo de pastos permanentes, campos de cierre, reservas naturales o de cultivos verdes, tales como alfalfa, trébol, cereales inmaduros de cultivo extensivo de la tierra, entre otros.



Fuente: Kamm y Kamm (2003).

Figura III: Biorrefinería Verde

Así, las plantas verdes representan una fábrica química natural y planta de alimentos. La tecnología de fraccionamiento húmedo cuidado, se utiliza como primera etapa (refinería primaria), para aislar el contenido de sustancias en su forma natural. Por lo tanto, los productos de cultivo verde (o bienes de residuos orgánicos húmedos) se separan en una torta rica en fibra de prensa y un jugo verde rico en nutrientes. Al lado de la celulosa y el almidón, la torta de prensa contiene colorantes valiosos y pigmentos, fármacos brutos y otros compuestos orgánicos. El jugo verde contiene proteínas, aminoácidos libres, ácidos orgánicos, colorantes, enzimas, hormonas, otras sustancias orgánicas y minerales.

En particular, la aplicación de los métodos de biotecnología está predestinado para las conversiones, debido a que el agua de la planta al mismo tiempo se puede utilizar para otros tratamientos. Además, por el compuesto de lignina-celulosa no son fuertes como en los materiales de lignocelulosa de materia prima. A partir de jugo verde, el foco principal se dirige a productos tales como ácido láctico y derivados correspondientes, los aminoácidos, etanol, y las proteínas.

La torta de prensa, puede ser utilizado para la producción de gránulos de pienso verdes, como materia prima para la producción de productos químicos, tales como ácido levulínico, así como para la conversión a gas de síntesis e hidrocarburos (biocombustibles sintéticos). Los residuos de conversión sustancial son apropiados para la producción de biogás, combinadas con la generación de calor y electricidad.

Las consideraciones para el análisis de riesgo para una biorrefinería, una de las principales barreras económicas para el desarrollo de la “biorrefinería lignocelulósica” es la resistencia de la matriz lignocelulósica a su degradación. La investigación en este campo es muy amplia y diversa así como se genera con rapidez, pero suele centrarse en aspectos particulares, aunque diversos autores postulan esquemas más o menos complejos para fraccionamientos por etapas de distintos tipos de biomasa, como González,

et al. (2014). Cuando se trata la temática de la biorrefinería existen varios elementos que deben considerarse y que guardan una estrecha relación con las oportunidades de integración de procesos que pueden identificarse en cualquier caso de estudio. Estos elementos se muestran a continuación en la Figura IV, en la cual se resumen de forma esquemática las posibilidades de una biorrefinería.

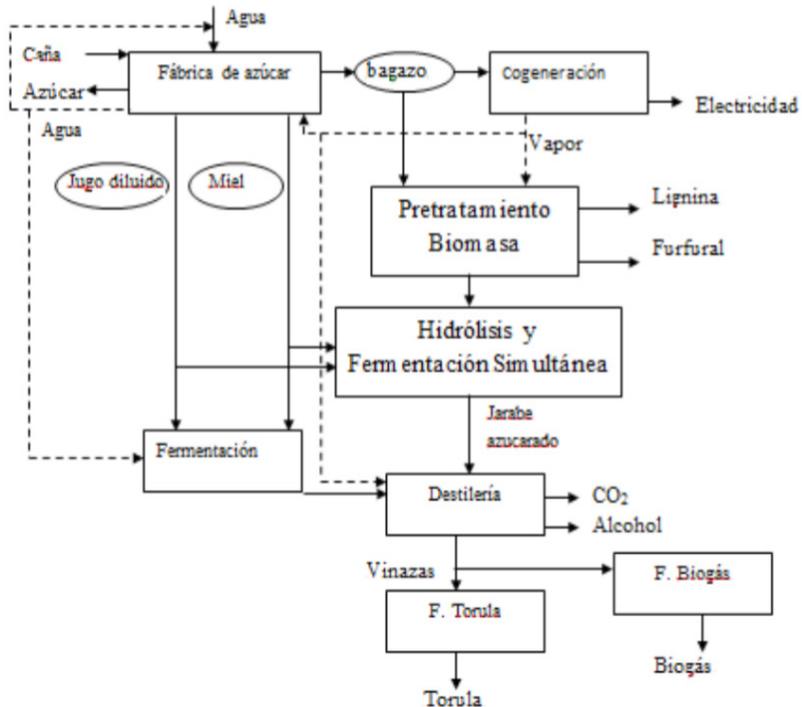
En este sentido, los elementos son los siguientes:

a) Biomasa como materia prima: Puede ser diversa la materia prima empleada, entre las que se encuentran biomasa forestal, residuos agrícolas y orgánicos, flujos de residuos agrícolas como algas, plantas lignocelulósicas, árboles de madera blanda y dura.

b) Procesos de conversión: El proceso de conversión de la biomasa a producto final, involucra varios pasos y tecnologías que hacen de la biorrefinería a gran escala una industria en sí misma. Como ejemplos se pueden citar la gasificación, fermentación, hidrólisis, evaporación, destilación, catálisis, pirólisis, torrefacción y secado. Esto significa que el diseño y optimización de una biorrefinería tiene un alto impacto en las características energéticas y por ende en las oportunidades para la integración de procesos.

c) Producto final: Como se explicó anteriormente, existe una gran variedad de productos que pueden obtenerse en una biorrefinería. Algunos son nuevos productos para los cuales el mercado futuro es aún desconocido. A su vez, pueden obtenerse productos en grandes cantidades o en pequeña escala (productos de alto valor agregado o productos químicos especiales). Ejemplos de productos que se obtienen en grandes cantidades son el metanol, hidrógeno, etanol, furfural, fibras de carbón, polietileno, electricidad y calor.

La selección de la materia prima, así como el proceso de conversión y los productos finales tampoco pueden ser evaluados de forma separada. Estos tres elementos deben ser estudiados de conjunto (González, et al. 2014). Algunas alimentaciones son sostenibles solo para algunos productos, y algunas



Fuente: Gordis, et al. (2014).

Figura IV: Esquema de biorrefinería que produce azúcar, etanol, electricidad y otros productos a partir de la biomasa

tecnologías y procesos de conversión pueden ser usados solo o preferiblemente para algunos tipos de alimentaciones y/o productos finales. Todos los esquemas de biorrefinería que resulten interesantes, deben ser evaluados en términos de oportunidades y posibilidades de integración, con el fin de mejorar las características energéticas en ésta.

De experiencias de estudios de integración realizados se ha comprobado que su aplicación en biorrefinerías, donde los procesos que la componen no han sido integrados, pueden convertirse en métodos con mayores aptitudes para la integración,

que un proceso que ya haya sido integrado previamente de forma individual. Lo anterior significa que, si una industria en un futuro cercano tiene posibilidades de convertirse en una biorrefinería, cualquier medida o plan de ahorro de energía debe ser pospuesta o cuidadosamente evaluada, puesto que podrían perderse las posibilidades de una buena integración en el complejo total.

Es importante resaltar que en muchos casos en este tipo de estudio, las restricciones prácticas pueden complejizar las soluciones, pero no pueden perderse de vista los objetivos de la integración de una Biorrefinería que

muchas veces dependen de los resultados que se presentan en situaciones de intercambio de calor y niveles de temperatura, así como, finalmente verificar si un proceso es eficiente desde el punto de vista energético (Gordis, et al., 2014)

3. Producción de sustancias químicas de base biológica

La producción biológica de productos químicos no es una nueva tecnología, aunque es uno que es fundamental para el desarrollo sostenido de las tecnologías de biorrefinerías, que se define debido al alto valor y demandas materiales relativamente bajos de esta industria. En la primera mitad del siglo 20, varios productos de materias primas fueron producidas por fermentación que incluye ácido acético, cítrico, láctico, y ácido itacónico. Al respecto, el Centro Tecnológico de España FEDIT (2008), sostiene que:

Hasta la primera mitad del siglo XX aproximadamente, diversos compuestos químicos tales como etanol, butanol y acetona, eran producidos principalmente mediante fermentación a partir de materias primas de biomasa (melazas y almidón). Sin embargo, a partir de ese momento el incremento de los precios de las materias primas de biomasa y la reducción del coste del petróleo hizo que se produjera un desplazamiento hacia la utilización de éste último como materia prima prácticamente exclusiva para la obtención de la mayoría de los productos químicos, quedando abandonados los procesos biotecnológicos basados en biomasa (salvo casos puntuales como el etanol). (p.11)

Entre 1945 y 1950, una décima parte de la acetona y dos tercios de la nortebutanol en los Estados Unidos, se produce a través de la fermentación de la melaza y almidón, respectivamente (Dodds y Gross, 2007). También hay una larga historia de producción

de sustancias químicas de base biológica en la industria automotriz. Este plan implicaba la producción de fabricación original de Henry Ford de los coches que incluían materiales y aceites vegetales para combustible, neumáticos de automóvil fabricado de látex a base *Goldenrod*, y un cuerpo de coche que incluye el lino, harina de soja, y la resina.

La tendencia en el uso de biomasa como materia prima en la fabricación de piezas de automóviles continúa. Por ejemplo, el Grupo *Woodbridge*, utiliza espumas de polioles bioderivados como componentes clave en la fabricación de una gama de partes interiores de automóviles, incluyendo sombrillas, cojines de asiento, espumas estructurales, absorbancia energía, base de alfombra, y reposabrazos.

4. Métodos químicos clásicos

Una variedad de polímeros de bloques de construcción se ha procesado a partir de fuentes de biomasa, utilizando enfoques más químicos clásicos y, como tales estas tecnologías clásicas jugarán un papel en el desarrollo de futuras biorrefinerías. Uno de los más comúnmente conocidos métodos químicos clásicos, para derivar polímeros a partir de biomasa, implica la conversión de ácidos grasos biológicos a polímero bloques de construcción, a través de:

a. Catálisis

Los catalizadores, se han empleado para permitir la transformación de la biomasa y su rango de uso de los combustibles a alto valor químicos, los hacen muy adecuado para maximizar el valor de una biorrefinería elegido materia prima. Uno de los procesos más conocidos implica el uso de la química de Fischer-Tropsch en biomasa pirolizada. Los catalizadores, incluyendo la síntesis de Fischer-Tropsch, se han utilizado en la producción de biocombustible de palma.

b. Polimerización por condensación

Catalizadores enzimáticos inmovilizados, se han usado para polimerizar monómeros bio-derivado a través de polimerizaciones de condensación. Esto se ha realizado a través del uso de un catalizador de lipasa disponible comercialmente para lograr policondensaciones directas en sorbitol o glicerol con di ácidos que pueden ser ya sea química o biológicamente derivados.

Esta técnica se ha demostrado para reducir las temperaturas de reacción y el consumo de energía, en relación con el procesamiento de polimerización química tradicional, mientras que también el control de la ramificación durante la polimerización. La reducción de temperatura y aumento del control son especialmente importantes en el desarrollo de las tecnologías de biorrefinación, destinadas a competir con refinería de petróleo tradicional.

c. Fermentación

La fermentación ha sido ampliamente utilizada, tanto en el ámbito académico e industrial, para producir algunos de los más buscados polímeros a partir de biomasa, después de la construcción de bloques químicos. Como tal, su integración en los esquemas de biorrefinerías es esencial en el avance de esta tecnología. Por ejemplo, el ácido succínico, es uno de los productos químicos en gran demanda en Estados Unidos, y puede ser producido por fermentación.

Las sales de ácido succínico se pueden derivar a través de la fermentación de la glucosa, CO_2 y es por tanto una tecnología verde. Como la mayoría de los microorganismos utilizados en la fermentación industrial no son tolerantes a las condiciones ácidas, el proceso se neutraliza. Estas sales a continuación se someten a procesamiento químico más convencional, tal como separación y recuperación en el que se separan de los microorganismos y después se disuelve

en una solución de ácido para formar ácido succínico. En la naturaleza, 1,3-propanodiol es producido a través de la fermentación de glicerol.

Du Pont de Nemours y Compañía, así como *Genencor* International, han desarrollado una ruta de bajo costo de producción de 1,3-propanodiol (1,3PDO) modificando rutas naturales. 1,3-propanodiol, es un elemento clave para el tereftalato de polipropileno, que no está disponible de fuentes petroquímicas, además de ser utilizado como fibra en las industrias de prendas de vestir y la alfombra. En concreto, de acuerdo con Montouto (2010), se trata de “la transformación por vía microbiológica del glicerol crudo subproducto de la producción de biodiesel en 1,3-propanodiol” (p.1), para lo cual diseñó una planta piloto, estableciendo y delineando todos los equipos, medidas, condiciones y presupuesto necesarios para llevarla a cabo.

5. Conversión biológica directa

5.1. Extracción directa

Las tecnologías de extracción eficiente, necesitan ser implementadas en Biorrefinerías desde el inicio, con el fin de realizar un beneficio de su producción. Por ejemplo, los productos químicos básicos se han extraído directamente de la biomasa a través de técnicas de extracción química convencionales. Uno de los productos químicos más notables derivados de esta manera es el ácido ferúlico, en investigaciones se reportan altos rendimientos porcentuales de fibra de maíz.

El ácido ferúlico, es un material de alimentación de producto químico utilizado en la producción de sustancias químicas finas, tales como vainillina y guayacol. Este monómero podría reemplazar algunos monómeros de metacrilato a base de petróleo, para productos tales como molduras. Por lo tanto, un mercado para la extracción de productos de valor añadido en Biorrefinería debe aprovechar al máximo esta oportunidad.

5.2. Transformación enzimática

Los polímeros son los mejores ejemplos de conversión biológico directo, se han producido por completo dentro de las células microbianas, en particular la familia de polihidroxicanoatos (PHAs). Esta tecnología se puede incorporar en una nueva biorrefinería como una corriente de procesamiento separado, puesto que las bacterias que producen PHAs han demostrado ser susceptibles a la alimentación de entre una amplia gama de fuentes de carbono y energía.

Las aguas residuales industriales a partir de pulpa de metanol-enriquecido y molino de papel falta condensado, fermentados sólidos primarios municipales, y biodiesel, han demostrado el rendimiento PHAs cuando se pasa a través de biorreactores de lotes que contienen un lodo mezclado, en microbiana municipal de consorcio activado. En este sentido, el análisis del sistema reveló diferentes comunidades microbianas presentes, pero la estabilidad funcional se mantuvo a pesar de las poblaciones contrastantes. La amplia gama de fuentes de carbono potenciales para la producción de PHA se presta a la inclusión de esta tecnología en Biorrefinerías (FitzPatrick, et al., 2010).

Conclusiones

Se concluye que los documentos científicos analizados indican sobre las tecnologías utilizadas acerca de las biorrefinerías, los cuales utilizan distintas materias primas como son celulosa, almidón, algunos azúcares liberados de paja de trigo, bagazo de caña, entre otros. Los mismos pueden ser base orgánica para ser procesadas en una Biorrefinería, lo que aporta una oportunidad para el aprendizaje de cada uno de los procesos que se generan en estos sistemas.

El conocimiento así como la oportunidad del aprendizaje sobre estos temas de las materias primas de base lignocelulósica, permiten mejorar los sistemas sostenibles para el desarrollo, tanto en la cosecha como en el

procesamiento de los recursos de biomasa; además, mejorar la eficiencia y el rendimiento de los procesos así como las tecnologías de conversión y distribución, de una serie de desarrollo de productos de base biológica, al igual que la creación del entorno regulatorio y de mercado, necesarios para un mayor crecimiento.

Finalmente, es necesario la comparación y aprovechamiento de las materias primas o residuos de base biológica, con la finalidad de consolidar los conceptos de sistemas de biorrefinerías y lograr con este aprendizaje el desarrollo sostenible de las mismas, puesto que el desarrollo de una industria de biocombustibles ha dejado de ser opcional y se ha convertido en una necesidad.

Referencias bibliográficas

- Centro Tecnológico de España FEDIT (2008). *Tendencias en el uso de la biotecnología en el sector químico*. Observatorio Químico del MITYC. FEDIT-LEIA-CIDEMCO. https://marinponasociados.com/PDFINDUSTRIA/Tendencias_en_el_Uso_de_Biotecnologia.pdf
- Dodds, D. R., y Gross, R. A. (2007). Chemicals from Biomass. *Science*, 318(5854), 1250-1251. <https://doi.org/10.1126/science.1146356>
- FitzPatrick, M., Champagne, P., Cunningham, M. F., y Whitney, R. A. (2010). A biorefinery processing perspective: Treatment of lignocellulosic materials for the production of value-added products. *Bioresource Technology*, 101(23), 8915-8922. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.06.125>
- González, M., Castellanos, L., Albernas, Y., y González, E. (2014). La integración de procesos en el esquema de una biorrefinería. *AFINIDAD*, LXXII(568), 274-278.

- Gordis, C. E., Gonzáles, M., Albornas, Y., Espinosa, R., Quintero, V., y González, E. (2014). Consideraciones para el análisis de riesgo en la integración de procesos para la conversión de fábricas de azúcar en biorefinerías. *Revista Centro Azúcar*, 41, 41-49.
- Kamm, B., y Kamm, M. (2003). Biorefinery-Systems. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, 18(1), 1-6.
- Kamm, B., y Kamm, M. (2004). Principles of biorefineries. *Applied Microbiology Biotechnology*, 64(2), 137-145. <https://doi.org/10.1007/s00253-003-1537-7>
- Kaparaju, P., Serrano, M., Thomsen, A. B., Kongjan, P., y Angelidaki, I. (2009). Bioethanol, biohydrogen and biogas production from wheat straw in a biorefinery concept. *Bioresource Technology*, 100(9), 2562-2568. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.011>
- Montouto, A. (2010). *Diseño de una planta piloto para la bioconversión del glicerol procedente de la industria de los biocombustibles* (Tesis de pregrado). Universidad de Cádiz, Puerto Real, España.
- Muñoz-Muñoz, D., Pantoja-Matta, A. J., y Cuatin-Guarín, M. F. (2014). Aprovechamiento de residuos agroindustriales como biocombustible y biorefinería. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(2), 10-19.
- Piña, L. E., y Senior, A. (2020). Estudio de la ciencia, tecnología e innovación desde perspectivas multitécnicas. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXVI(3), 312-326. <http://dx.doi.org/10.31876/rcs.v26i3.33251>
- Reith, J. H., Van Ree, R., Capote, R., Bakker, R. R., De Wild, P. J., Monot, F., Estrine, B., Bridgwater, A. V., y Agostini, A. (Junio de 2009). Lignocellulosic feedstock biorefinery for co-production of chemicals, transportation fuels, electricity and heat. *International Workshop on Biorefinery*, Madrid, España.
- Sacramento-Rivero, J. C., Romero, G., Cortés-Rodríguez, E., Pech, E., y Blanco-Rosete, S. (2010). Diagnóstico del desarrollo de biorrefinerías en México. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 9(3), 261-283.
- Suárez, M., Suárez, L., y Zambrano, S. M. (2017). Emprendimiento de jóvenes rurales en Boyacá Colombia: Un compromiso de la educación y los gobiernos locales. *Revista de Ciencias Sociales, (Ve)*, XXIII(4), 23-32.