

RESIDUOS AGROINDUSTRIALES GENERADOS EN ECUADOR PARA LA ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICOS

AGRO-INDUSTRIAL RESIDUES GENERATED IN ECUADOR FOR THE ELABORATION OF BIOPLASTICS

María Antonieta Riera^{1,2,*}, Silvina Maldonado³, Ricardo R. Palma⁴

RESUMEN

La agroindustria ecuatoriana representa un sector de participación importante para la economía. Su funcionamiento genera residuos que dada su composición y posibilidad de procesamiento, se convierte en un material de interés para ser aprovechado como materia prima en la elaboración de bioplásticos. La disponibilidad del residuo depende del volumen generado, razón por la cual se estimó la cantidad que produce la agroindustria del país, usando una metodología preestablecida que parte del promedio anual de cultivos, la porción de producción asignada al procesamiento industrial, la tasa de generación de residuos y otros usos competitivos. Se estimó que anualmente la agroindustria del país genera cerca de 2200 millones de kilogramos, los cuales en su mayoría están compuestos por almidón o recursos lignocelulosos, que con transformaciones físicas, químicas o biotecnológicas, pueden emplearse como materia prima, material de relleno o precursor de los bioplásticos.

Palabras Claves: Residuos agroindustriales, bioplásticos, bioresiduos, biodegradación, bioproducto, Ecuador.

ABSTRACT

The ecuadorian agroindustrial represents an important sector of participation for the economy. Its operation generates waste that, given its composition and processing possibility, becomes a material of interest to be used as a raw material in the production of bioplastics. The availability of the residue depends on the volume generated, which is why the amount produced by the agroindustrial country was estimated, using a pre-established methodology that starts from

¹Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas. Portoviejo, Ecuador. orcid.org/0000-0002-7195-2821

²Universidad Nacional de Cuyo. Doctorado en Ingeniería Industrial. Mendoza, Argentina.

³Universidad Nacional de Jujuy. Laboratorio IDeAR. Facultad de Ingeniería. Jujuy, Argentina. orcid.org/0000-0002-1864-7625

⁴Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ingeniería Industrial. Mendoza, Argentina. orcid.org/0000-0001-8026-6391

*Autor para correspondencia: mriera@utm.edu.ec

the annual average of crops, the portion of production allocated to industrial processing, the rate of generation of waste and other competitive uses. It was estimated that annually the agroindustrial generates about 2200 million kilograms, which are mostly composed of starch or lignocellulosic resources, which with physical, chemical or biotechnological transformations, can be used as raw material, filler material or precursor of bioplastics.

Keywords: Agroindustrial residue, bioplastics, bio residue, biodegradation, bioproduct, Ecuador.

INTRODUCCIÓN

La agricultura es una de las principales actividades de explotación económica que emergió en la época de la colonia para crear capital e incrementar el comercio, que aún se mantiene vigente (Abarca, 2006). Entre los años 1960 y 2009, la agricultura asumió un rol clave en los países de Latinoamérica y el Caribe al superar además del crecimiento global, la disponibilidad per cápita de calorías y proteínas en un 29% y 35% respectivamente. Aunque esta contribución para la última década es variada en algunos países, no deja de ser importante para las economías nacionales (Escobar, 2016).

En Ecuador el sector agrícola se considera uno de los principales de la economía, no sólo por lo que aporta en lo económico, sino en lo que respecta a seguridad alimentaria de la nación (Monteros *et al.*, 2014). Para el año 2018 se registraron más de 23000 millones de kilogramos (kg) en la producción de cultivos agrícolas, encontrándose entre los diez principales: La caña de azúcar, el banano, la palma aceitera, el maíz duro seco, el arroz, el plátano, la papa, el cacao, la naranja y el brócoli, con un total del 59,46% de la producción global (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) - ESPAC & Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), 2017).

El Ecuador se ha caracterizado por usar la actividad agrícola como base de la oferta exportable del país por más de dos siglos, sustentando así su estructura productiva sin abandonar el consumo interno (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca (MAGAP), 2016). En los últimos años la agroindustria también ha representado un lugar importante para el país, situación que se evidencia en la industria de alimentos y bebidas la cual ha presentado una tasa de crecimiento promedio del 4,3% durante los años 2007 al 2014, representando el 39% del PIB de la manufactura no petrolera (Cámara de Industriales de Guayaquil, 2016).

Pese a esta contribución por concepto de productos manufacturados, existe otra realidad y es la generación de residuos por parte de la agroindustria. Los residuos agroindustriales son materiales generados en el consumo directo o procesamiento de un producto primario, sin utilidad posterior para quien lo genera (Saval, 2012). Pueden presentarse en estado gaseoso, encontrándose en este caso emisiones de dióxido de carbono (CO₂) o gases con material particulado, estado líquido como aguas y lodos residuales, pero la mayoría son de naturaleza predominantemente sólida y orgánica, con alto contenido de material lignoceluloso (Vargas & Pérez, 2018).

Actualmente no se dispone en el país, de datos oficiales que indiquen la cantidad de residuos generados, ni las características que estos poseen. En una investigación donde se tomó

en cuenta las cantidades producidas para cada cultivo, junto con una relación producto-residuo previamente establecida, se estimó que para el año 2016 los mayores porcentajes de residuos de este tipo, fueron generados por las procesadoras de maíz (55%) y de arroz (44%) (Gavilanes-Terán, 2016).

La gestión de residuos de estas agroindustrias, no es adecuada respecto a las consecuencias ambientales que ocasionan. A menudo buena parte de estos, son quemados de manera descontrolada o dispuestos de forma inadecuada en botaderos a cielo abierto, superficies de terrenos secos o vacíos, que al ser arrastrados por la acción del viento contribuyen con el bloqueo de los cauces de los ríos y dañan visualmente el paisaje (Gavilanes-Terán *et al.*, 2015). Sin embargo, dada las características químicas y biológicas que estos poseen, hace que sean un recurso valioso para diferentes aplicaciones (Almendros *et al.*, 2015). Su potencial de valorización depende del tipo y cantidad de residuo, contándose para ello con alternativas de primera y segunda generación. La valorización de primera generación, se orienta a la obtención de productos de consumo: alimento para animales, compost, sustrato para cultivos de hongos, biogás, bioetanol, biohidrógeno; mientras que la de segunda generación, busca la extracción de componentes tales como fenoles, azúcares, almidón, ceras, resinas, pectina, celulosa, colágeno, quitosano, aminoácidos, etc., para la fabricación de productos básicos y especialidades químicas, a través de procesos de conversión química y catalítica, conversión biológica y síntesis limpia (Kusch-Brandt *et al.*, 2015). En ambos casos, aunque es posible obtener subproductos a partir de residuos, es indispensable incluir en cada proceso los pasos previos requeridos tales como higienización, pretratamiento, opciones de procesamiento: mecánico, térmico, químico, físico-mecánicas, para proveer un mayor rendimiento en el producto esperado (Kusch-Brandt *et al.*, 2015).

En investigaciones recientes se han utilizado distintos residuos agroindustriales para producir biodiesel (Monteros-Rodríguez, *et al.*, 2016), bioetanol (Sosa-Romero, *et al.*, 2016), biogás (López & Borzacconi, 2017), pellets sólidos como recurso energético (Valdés *et al.*, 2018). También se han usado con éxito en la obtención de alimentos para animales (Godoy *et al.*, 2018), abono orgánico (Gavilanes-Terán *et al.*, 2017, Giménez *et al.*, 2019, Morales *et al.*, 2016), enzimas (Bharathiraja, *et al.*, 2017, Pinotti *et al.*, 2017), bioadsorbentes (Furlan *et al.*, 2018, Almendros *et al.*, 2015), bioaceites (Bispo *et al.*, 2016), biosurfactantes (Magalhães *et al.*, 2018), materiales de construcción (Cravo *et al.*, 2017, Olajide, 2019), matrices poliméricas (Navas *et al.*, 2015), entre otros.

Los polímeros de base biológica han surgido como una alternativa viable a los polímeros convencionales basados en compuestos fósiles, principalmente debido a su biodegradabilidad y por utilizar materias primas renovables (Araújo *et al.*, 2019). Países miembros de la Comunidad Europea (Italia, España, Portugal, Suecia, Inglaterra, Suiza y Francia), han empleado residuos del sector agroalimentario para la producción de polímeros 100% biodegradables, como sustitutos de los materiales derivados del petróleo usados en la industria del packaging (European Commission, 2016).

En Ecuador no se registra que exista un aprovechamiento eficiente de los residuos generados tanto en procesos agroindustriales como los provenientes de pérdidas en postcosecha, debido a que se desconoce su valor y por la no disposición de métodos para su preparación y caracterización. Una estrategia para generar valor con estos residuos debe considerar aspectos como época del año en la que se producen, cantidades producidas, áreas geográficas de generación, relación con las zonas de mayor consumo y costo por concepto de transporte (Peñafiel *et al.*, 2015).

Bajo este contexto se planteó el objetivo de estimar residuos generados en la agroindustria de Ecuador potencialmente aptos, para utilizarlos en la elaboración de bioplásticos, sirviendo no sólo como una alternativa de solución a la problemática ambiental que estos representan, sino también la posibilidad de desarrollo de nuevos materiales y por ende del sector industrial del país.

METODOLOGÍA

Para estimar la cantidad de residuos generados por la agroindustria de Ecuador, se utilizó el procedimiento que siguió Araujo *et al.* (2017), al determinar la disponibilidad de residuos agroindustriales de Brazil para usarlos como celulosa. El mismo toma en cuenta la producción promedio de los cultivos permanentes en el país, la composición química de los residuos y su posibilidad de adecuación con el fin de ser utilizados.

Información del sector agroindustrial

Se recabó información del sector estudiado con la finalidad de identificar los principales cultivos existentes en el país, de acuerdo a las cantidades producidas para cada uno de ellos. También se indicaron los productos susceptibles a elaborar con cada cultivo y se cuantificó el número de empresas del sector manufacturero dedicadas a la agroindustria, con su respectiva ubicación geográfica. La información concerniente a la producción de los principales cultivos del país, se tomó del módulo de cifras agroproductivas del Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) para el año 2017 (última actualización presentada hasta la fecha en el portal). De la misma manera, los datos de exportación por rubro, fue extraída del módulo comercio exterior del SIPA – MAG.

En cuanto al campo empresarial, el número de empresas por actividad económica registradas en el país, fue tomado del módulo estadísticas económicas – estadísticas de las empresas, del banco de datos abiertos del INEC. La ubicación geográfica de algunas de ellas, fue incorporada a partir de lo presentado en el geoportal del agro ecuatoriano que dispone el MAG.

De cada cultivo producido se señalaron los posibles residuos generados. Para ello se consultó información publicada por organismos oficiales del Estado y artículos científicos.

Estimación de residuos

Se estimó la cantidad de residuos agroindustriales generados al año (AR) a través de la ecuación (1) planteada por Araujo *et al.* (2017). La misma consideró la producción promedio anual de cultivos (AAP), la porción de producción asignada al procesamiento industrial (IP), la tasa de generación de residuos (RGR) y otros usos competitivos (CU).

$$AR = AAP \times IP \times RGR \times (1 - CU) \quad (1)$$

El AAP se tomó de las bases de datos del módulo cifras agroproductivas del SIPA-MAG. Dado que el IP considera sólo la parte de la producción agrícola destinada a la agroindustria, se planteó una segunda ecuación (2) para su cálculo, la cual toma en cuenta el AAP, el consumo local (CL) para cada cultivo, la cantidad importada (CI) y exportada (CE).

$$IP = \frac{(AAP+CI)-(CL+CE)}{(AAP+CI)} \quad (2)$$

Los datos para CE y CI fueron tomados de los principales productos agropecuarios del SIPA, mientras que el CL se determinó con el consumo per cápita de cada rubro y la población total del año en el que se realizó el estudio. El RGR indica la tasa de residuo generado por unidad de cultivo producido y sus valores se tomaron de acuerdo a las consideraciones realizadas en investigaciones previas y los valores allí publicados (Roca-Pérez *et al.*, 2017, Araujo *et al.*, 2017).

El CU se refiere a las diversas aplicaciones que pueden darse a los residuos agroindustriales diferentes a la elaboración de bioplásticos y que compiten con este interfiriendo en su disponibilidad. Para los casos donde no se dispone de mucha información sobre los fines dados a los residuos de procesamiento industrial y en aquellos donde no se identifica ninguna otra ruta de valorización, se supone una disponibilidad del residuo de 50 y 75% respectivamente (Araujo *et al.*, 2017). En Ecuador no existe información publicada, de acuerdo a nuestro conocimiento, sobre el destino de los residuos de su agroindustria, se conoce que una parte de estos se descomponen y se adhieren al suelo, otros son utilizados en la ganadería como parte de abono, o se eliminan para que no interfieran con las labores agrícolas (Haro *et al.*, 2017). Bajo esta consideración se propuso un CU del 50% para cada rubro cultivado.

Composición de los residuos

El aprovechamiento de los residuos posterior a su generación, depende de las características físico-químicas que estos posean y su relación con la utilidad que se quiera dar. Por tal razón se realizó una revisión bibliográfica y basado en los resultados obtenidos en algunas investigaciones se identificaron los componentes presentes en los residuos agroindustriales generados en el procesamiento de los principales cultivos del país, para ser usados en función de su compatibilidad, como materia prima para la elaboración de bioplásticos (Martínez *et al.*, 2002, Parameswaran, 2009, Guarnizo & Martínez, 2011, Serrano, 1995, Córdoba *et al.*, 2013, Prado-Martínez *et al.*, 2013, Piñeros *et al.* 2011, Hernández, 1986, Ayala *et al.*, 2016, Cerón-Salazar & Cardona-Alzate, 2011, Van Atta & Dietrich, 1944).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Información del sector agroindustrial

El sector agroindustrial del país se encarga del procesamiento de los recursos agrarios, pecuarios y forestales de la nación. En el sector agrícola, se registraron 28 cultivos principales para el año 2017 con una producción total que superó los 23000 millones de kg (MAG, 2017a). Para fines de este estudio se consideraron sólo los diez primeros en cuanto a producción, para los cuales también se consultó la cantidad importada (CI) y exportada (CE) respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Principales cultivos registrados en el 2017

Cultivo	Producción (kg)	Importación (kg)	Exportación (kg)
Caña de azúcar para azúcar (tallo fresco)	9030074000	129429000	84075000
Banano (fruta fresca)	6282105000	0	6091645000
Palma aceitera (fruta fresca)	3275993000	863000	332724000
Maíz duro seco (grano fresco)	1474048000	93794000	34000
Arroz (en cáscara)	1440865000	149000	447000
Plátano (fruta fresca)	763820000	508000	161018000
Papa (tubérculo fresco)	377243000	10795000	459000
Cacao (almendra seca)	205955000	7087000	306814000
Naranja (fruta fresca)	142546000	14671000	0
Brócoli	114272000	ND	67234000

ND: No disponible.

Fuente: MAG (2017a)

Una parte de estos cultivos es consumida como fruta fresca, mientras que otra es destinada a su industrialización para la fabricación de distintos productos destinados al mercado tanto nacional como internacional. Considerando los datos de comercio exterior para el sector del agro (MAG, 2017b), los principales productos agrícolas fabricados por rubro son:

- Caña de azúcar: azúcar refinada, azúcar de caña, alcohol etílico y aguardiente.
- Banano: puré de banana, harina de banana.
- Palma aceitera: aceite de palma, grasas y aceites vegetales y fracciones, aceite de almendra de palma, mezcla de grasas o aceites vegetales, margarina.
- Maíz duro seco: granos de maíz trabajados, harina de maíz.
- Arroz: arroz descascarillado, arroz semiblanqueado o blanqueado.
- Plátano: plátano deshidratado, harina de plátano.
- Papa: papa en conserva congelada o sin congelar, fécula de papa, harina de papa, sémola, polvo, copos, gránulos y pellets.
- Cacao: chocolate, manteca de cacao, licor de cacao, cacao en polvo, grasa y aceite de cacao, pasta de cacao.
- Naranja: jugos, néctar, aceites esenciales.

El procesamiento de estos productos lo realiza una de las 2767 empresas manufactureras registradas en el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2017), que según su proceso de fabricación emplea como materia prima productos agrícolas (Tabla 2).

Tabla 2. Sector manufacturero dedicado a la agroindustria

Rubro	N° de empresas
Productos de molinería	1110
Conservación de frutas y hortalizas	666
Cacao, chocolate y confitería	482
Aceites y grasas	332
Azúcar	150
Almidones y derivados	27

Fuente: INEC (2017).

La mayor parte de las industrias extractoras de aceite están ubicadas en la región sierra, mientras que las empresas de ingenio azucarero y piladoras se encuentran en la región costa. La ubicación geográfica de las principales agroindustrias del país: extractoras de aceite, centros azucareros, molinos empresariales y piladoras (Figura 1), se hizo con la información satelital registrada en el geoportel del agro ecuatoriano (MAG, 2017c).

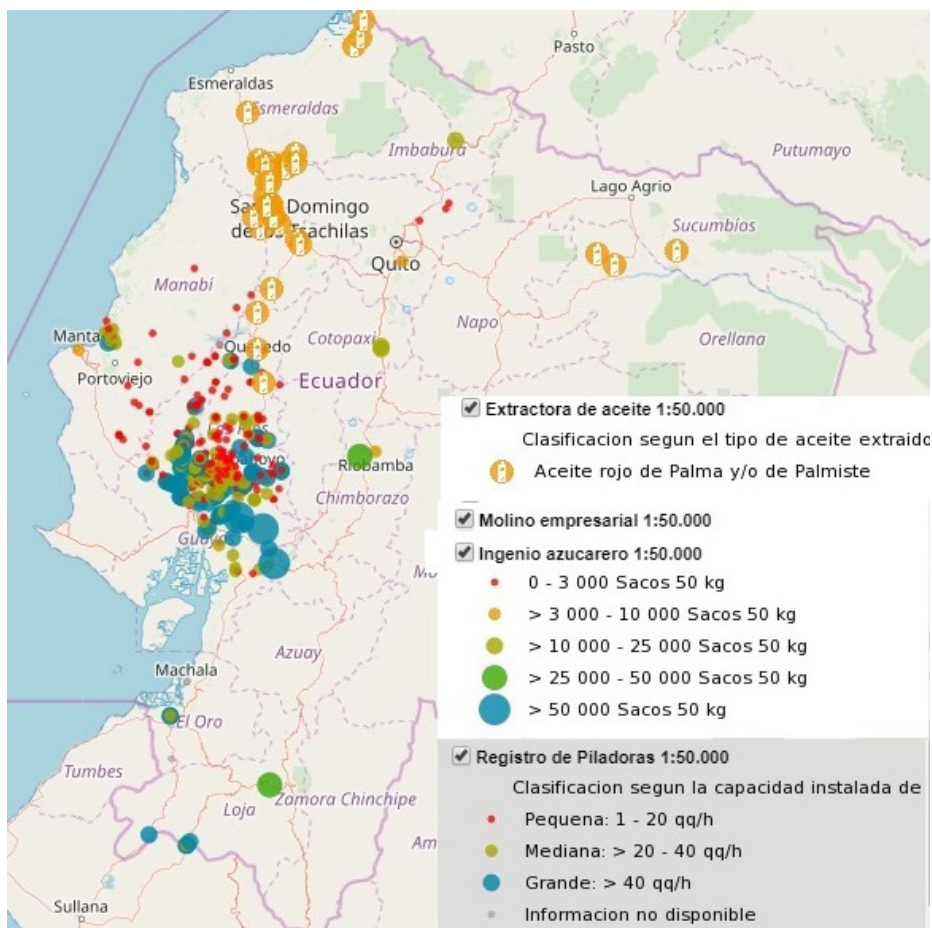


Figura 1. Ubicación de la agroindustria en Ecuador 2017.
 Fuente: MAG (2017c)

Los residuos generados para cada rubro, varían de acuerdo a las características que estos poseen:

- Caña de azúcar: En el procesamiento de la caña se genera principalmente el bagazo verde, el cual se ubica entre un 37 y 42%, dado que se obtienen entre 580 a 630 kg de jugo por tonelada procesada (Osorio, 2007).
- Banano y plátano: En la fábrica llega la materia prima en forma de racimos que llevan el fruto, unido al raquis. Un racimo consta de 60% de fruto, 25% cáscara y 15% raquis, del cual se utiliza el fruto. Aunque la planta del banano es más corpulenta que la del plátano, se consideran los mismos porcentajes para ambos (Cortés-Hernández *et al.*, 2011).
- Palma aceitera: Tomando como referencia el proceso de extracción de aceite de palma, se tiene que por cada tonelada de racimos de frutos frescos se generan cerca de 20 kg de lodo seco de lechos de secado, 220 kg de racimos vacíos y entre 0,8 a 1,0 m³ de efluente líquido. De este modo se aprovechan 760 kg por tonelada procesada, siendo un 24% de residuos (Cortés *et al.*, 2006).
- Maíz duro seco: El cultivo de maíz produce una gran biomasa, de la cual se utiliza un 50% de este constituido por el grano. En su procesamiento se generan residuos correspondientes al olote y las hojas que representan poco más del 11,8% de la planta de maíz (Red española de compostaje, 2014).
- Arroz: En la producción de este cultivo se produce paja de arroz entre un 30 y 45% y en particular se produce cascarilla de arroz durante su procesamiento la en grandes cantidades: 100 kg de arroz producen 20 kg de cascarilla (Red española de compostaje, 2014).
- Los residuos del procesamiento del arroz son en promedio 20% de su producción (Peñaranda *et al.*, 2017).
- Papa: De acuerdo al conocimiento y experiencia de los fabricantes, se estima una merma cercana al 30 % en el pelado de la papa, cuando se emplean equipos poco actualizados. Caso contrario, esta merma puede reducirse a valores entre el 5 al 10% (Prada, 2012).
- Cacao: En la industria del cacao se desperdician grandes cantidades de materiales diferenciados de manera significativa. En el residuo industrial se encuentra la cascarilla y en el residuo agrícola están la cáscara y el mucílago (Parra *et al.*, 2018). La cascarilla se obtiene después de secar, fermentar y tostar el grano y representa cerca del 12% de la semilla (Kalvathev *et al.*, 1998).
- Naranja: Se estima que entre un 40 y 45% de la fruta que ingresa a la fábrica, la conforma cáscara y semilla que luego pasa a ser residuo (Stechina *et al.*, 2017).

Estimación de residuos

Los valores usados para el cálculo de RGR fueron tomados de investigaciones previas (Tabla 3), seleccionando el menor valor para aquellos en los cuales existía más de uno. El CL requerido para encontrar IP, se calculó con la población total del Ecuador de 16624858 habitantes reportada para el año 2017 (Banco Mundial, 2017) y el respectivo consumo per

cápita de cada uno de ellos como fruta fresca (Tabla 4).

Tabla 3. Tasa de generación de residuos (RGR) por cultivo

Cultivo	Residuo	RGR	Fuente
Caña de azúcar (tallo fresco)	Bagazo	0,25	Lal (2005)
Banano (fruta fresca)	Cáscara, pinzote, médula	0,25	Wilaipon (2009)
Palma aceitera (fruta fresca)	Fibras	0,14 – 0,15	Koopmans y Koppejan (1997)
	Cáscara	0,06 – 0,07	
	Racimos vacíos	0,23	
Maíz duro seco (grano fresco)	Mazorca	0,27	Koopmans y Koppejan (1997)
	Cáscara	0,20	
Arroz (en cáscara)	Cascarilla	0,267	Koopmans y Koppejan (1997)
Plátano (fruta fresca)	Cáscara, pinzote, médula	0,25	Wilaipon (2009)
Papa (tubérculo fresco)	Piel	0,04	Schieber <i>et al.</i> , (2001), Arapoglou <i>et al.</i> , (2010)
Cacao (almendra seca)	Vaina	1,5	Araújo <i>et al.</i> , (2019)
Naranja (fruta fresca)	Cáscara	1,5 – 2,5	Esteban <i>et al.</i> , (2008)*
Brócoli	-	-	

*Estimación para cítricos.

Tabla 4. Consumo per cápita de los cultivos producidos en el 2017

Cultivo	Consumo Percápita (kg/año)	Consumo anual (kg/año)
Caña de azúcar para azúcar (tallo fresco)	-	-
Banano (fruta fresca)	7,81	129840140
Palma aceitera (fruta fresca)	-	-
Maíz duro seco (grano fresco)	-	0,00
Arroz (en cáscara)	46,50	773055900
Plátano (fruta fresca)	34,16	567905150
Papa (tubérculo fresco)	29,73	494257030
Cacao (almendra seca)	3,57	59350740
Naranja (fruta fresca)	9,00	149623720
Brócoli	7,00	116374010

*Incluye otras hortalizas.

Fuente: MAG (2017c)

Con los datos disponibles, CU fijado en 0,50 y las ecuaciones 1 y 2, se estimaron los residuos agroindustriales (AR) generados en el Ecuador para el año 2017 (Tabla 5). En dicha estimación se excluyó la papa, el cacao y el brócoli, pues al hacer los cálculos respectivos, se determinó que se destinó a exportación o consumo como fruta fresca.

Tabla 5. Datos empleados para el cálculo del AR

Cultivo	Residuo	AAP	IP	RGR	AR
Caña de azúcar (tallo fresco)	Bagazo	9030074000	0,991	0,25	1118600420
Banano (fruta fresca)	Cáscara, pinzote, médula	6282105000	0,009	0,25	7067370
	Fibras		0,898	0,14	205928920
Palma aceitera (fruta fresca)	Cáscara	3275993000	0,898	0,06	88255250
	Racimos vacíos		0,898	0,23	338311800
Maíz duro seco (grano fresco)	Mazorca	1474048000	0,999	0,27	198797480
	Cáscara		0,999	0,2	147257400
Arroz (en cáscara)	Cascarilla	1440865000	0,463	0,267	89060590
Plátano (fruta fresca)	Cáscara, pinzote, médula	763820000	0,046	0,25	4391970
Naranja (fruta fresca)	Cáscara	142546000	0,048	1,5	5131660

De acuerdo a los cálculos realizados, se estima un total de 2203 miles de TM de residuos agroindustriales en el Ecuador que podrían ser aprovechables en la producción de bioplásticos. El mayor volumen de residuos es generado por el ingenio azucarero (1119 miles TM), seguido de la industria aceitera (632 miles TM) y en menor proporción por las procesadoras de maíz y arroz (346 y 89 miles TM respectivamente).

Con el volumen de residuos estimados, valdría la pena considerar la instalación de un proceso de fabricación de bioplásticos. Es válido señalar que el establecimiento de un proceso a menor escala para el desarrollo de estos biomateriales, sería una oportunidad de negocio para el país que haría frente a las necesidades ambientales que reclama el mundo actual.

En un estudio de caso, se evaluó la cadena de producción de bioplástico obtenido de la caña de azúcar. Consistió en una planta piloto que comenzó con una capacidad de 2,5 kg/h y gracias a la simulación, se hicieron ajustes para aumentar la escala de producción del proceso. Orientaron su estudio a la promoción de la innovación hacia una mayor sostenibilidad, así como al estudio de la viabilidad existente en fusionar la cadena de suministro en una planta integrada responsable de todas las etapas de fabricación, desde la siembra del cultivo hasta la producción de biopolímeros (De Vargas *et al.*, 2018).

En Brasil por ejemplo, se estima en promedio 108 millones de TM anuales de residuos agroindustriales; encontrando la paja de soja, las hojas de la caña de azúcar, la cáscara de maíz y el bagazo de caña de azúcar, como fuente de celulosa más adecuada. Pese a este volumen, los autores comentan que la viabilidad del proceso estará dada no sólo por el rendimiento físico de los residuos, sino también por los aspectos ambientales y económicos asociados con la cadenas de producción, uso y post uso del producto, evaluadas a través del análisis de ciclo de vida y costo del mismo (Araújo *et al.*, 2019).

Al respecto Mohanty *et al.* (2002) industrial ecology, eco-efficiency, and green chemistry are guiding the development of the next generation of materials, products, and processes. Biodegradable plastics and bio-based polymer products based on annually renewable agricultural and biomass feedstock can form the basis for a portfolio of sustainable, eco-efficient products that can compete and capture markets currently dominated by products based exclusively on petroleum feedstock. Natural/Biofiber composites (Bio-Composites, señalan que los plásticos biodegradables elaborados en base a materias primas agrícolas y biomasa renovable, pueden formar parte de una cartera de productos sostenibles y ecoeficientes capaces de competir y capturar mercados actualmente dominados por productos provenientes exclusivamente del petróleo. Por otra parte, las empresas tienen la capacidad de desarrollar modelos de negocio que ofrezcan productos biodegradables al mercado de manera efectiva, cuando aprovechan idóneamente sus oportunidades y movilizan sus capacidades dinámicas en torno a la sostenibilidad (Iles & Martin, 2013).

Composición de los residuos

Los residuos generados en la agroindustria, se caracterizan por ser en su mayoría material lignoceluloso susceptible a ser pretratado por vía química o biológica, para posteriormente usarlo en la elaboración de bioplásticos (Tabla 4).

Tabla 4. Composición de los residuos agroindustriales.

Residuo	Composición
Bagazo de caña de azúcar	50% de celulosa, 25% de hemicelulosa y 25% de lignina (Martínez <i>et al.</i> , 2002; Parameswaran, 2009).
Cáscara y raquis de banano	3% de almidón, 1–2% de azúcares en la cáscara (Hernández, 1986). El raquis lo conforma 50% de la biomasa seca recurso lignoceluloso (Guarnizo & Martínez, 2011).
Racimos vacíos de palma aceitera	El racimo vacío después del prensado está compuesto de agua 29,95%, aceite residual 2,41% y fibra (lignoceluloso) 67,74% (Serrano, 1995).
Olote y hojas de maíz duro seco	El olote de maíz lo constituye la hemicelulosa 31,1-41,2%, celulosa 30-50% y lignina 4,5-18,8% (Córdoba <i>et al.</i> , 2013). Las hojas de la mazorca de maíz poseen holocelulosa 78,86%, celulosa 43,14%, lignina 23,00% y cenizas 0,76% (Prado-Martínez <i>et al.</i> , 2013).
Cascarilla de arroz	Compuesta principalmente por celulosa 33,81%, lignina 20,78% y hemicelulosa 15,94% (Piñeros <i>et al.</i> , 2011).
Cáscara y raquis de plátano	La cáscara de plátano verde posee glucosa, 1,6%, sacarosa 0,7%, fructosa 0,6%, almidón 50,0%, celulosa 9,0% y hemicelulosa 12,4%. La cáscara madura contiene glucosa 9,0%, fructosa 19,0%, sacarosa 2,2%, almidón 35%, celulosa 10,5% y hemicelulosa 14% (Hernández, 1986). El raquis contiene aproximadamente celulosa 28% y lignina 61% (Ayala <i>et al.</i> , 2016).
Cáscara y semilla de naranja	La cáscara posee 1,55% de grasa, 17% de pectina y 3,8% de azúcares neutrales (Cerón-Salazar & Cardona-Alzate, 2011). Las semillas contienen un 35,9% de aceite (Van Atta & Dietrich, 1944).

La celulosa es un polisacárido biodegradable a partir del cual se puede formar películas de celofán (Jabeen *et al.*, 2015). Se purifica para eliminar la mayor parte de la hemicelulosa, lignina, pectina y otros compuestos asociados en su estado natural (Van beilen & Poirier, 2007), que por ser materiales fibrosos dificultan la formación de biopelículas o genera materiales grumosos. Se clasifica como material de relleno y refuerzo adicionado a las mezclas poliméricas para dar cuerpo, consistencia o volumen al bioplástico (Enriquez *et al.*, 2012).

El almidón es un carbohidrato cuyos gránulos están formados por dos polímeros (amilosa y amilopectina), constituidos a su vez por enlaces glucosídicos (Villada *et al.*, 2008). Tiene alto potencial para formar películas biodegradables, debido a su naturaleza gelatinosa causado por el hinchamiento de la amilopectina bajo ciertas condiciones y usualmente en las mezclas poliméricas elaboradas para la obtención de bioplásticos, está presente en un 40 a 60% (Rubio-Anaya & Guerrero-Beltrán, 2012).

La pectina es un polisacárido de origen vegetal con características de gelificación (Mamani *et al.*, 2012), considerado también como un polímero natural con aplicación en la elaboración de bioplásticos (Rubio-Anaya & Guerrero-Beltrán, 2012). Asimismo la biomasa lignocelulosa es promisorio para la producción de azúcares fermentables, la cual a través de procesos hidrolíticos permite obtener compuestos como el ácido láctico (González *et al.*, 2015), que es polimerizable para la obtención del ácido poliláctico (Medina *et al.*, 2014).

En función de la composición que posean los residuos agroindustriales, se define el tratamiento que debe dársele a cada uno de ellos, para aprovecharlos en la elaboración de bioplásticos. El bagazo de caña de azúcar rico en lignocelulosa, puede usarse como sustrato para la producción de ácido láctico por medio de sacarificación y fermentación simultáneamente (SSF), el cual es un precursor de los bioplásticos renovables. (Van der Pol *et al.*, 2016; Wischral *et al.*, 2018).

El almidón presente en la cáscara de plátano o el maíz, es una fuente de provecho para la obtención de bioplástico a través de la extracción y molienda por método seco o húmedo. Sus cáscaras también se han utilizado para extraer pectina y evaluar su efecto en la calidad de películas biodegradable obtenidas con almidón y plastificante (Chodijah *et al.*, 2019). De la misma manera el raquis del plátano, puede emplearse para extraer celulosa y usarlo como material de refuerzo en la preparación de bionanocompuestos (Ramos *et al.*, 2018).

El almidón presente en algunos residuos también puede procesarse bioquímicamente en ácido láctico y luego convertirse químicamente en ácido poliláctico, para su uso en la producción de bioplásticos (Popa & Volf, 2018). Otra aplicación de las mazorcas de maíz es el de emplearlo como material de relleno (Yeng *et al.*, 2013).

La cascarilla de arroz puede utilizarse como sustrato de la fermentación láctica, para la conversión de azúcares en ácido láctico y posteriormente a poliláctico (Proaños & Piñeros, 2014). Igualmente la cáscara de arroz puede emplearse como material de relleno en materiales plásticos biodegradables (Sánchez-Safont *et al.*, 2018). En otros casos se ha probado la capacidad de gelificación de la pectina y la resistencia de las fibras celulósicas de los residuos de naranja para la producción de biopelículas (Bátori *et al.*, 2017).

CONCLUSIONES

La metodología aplicada en este trabajo permitió estimar la cantidad de residuos anuales generados por la agroindustria de Ecuador teniendo como resultado un poco más de 2200 millones de kg, siendo los principales el bagazo de la caña de azúcar y racimos de palma aceitera, provenientes del ingenio azucarero e industria extractora de aceite respectivamente.

De acuerdo a investigaciones previas, se determinó que la composición de estos residuos se caracteriza por ser material lignoceluloso o con presencia de almidón, los cuales disponen un gran contenido de azúcares, susceptibles de ser tratados con métodos físicos, químicos o biotecnológicos para la producción de plásticos biodegradables.

Los residuos de la agroindustria han sido empleados como materia prima, material precursor o de relleno para la obtención de bioplásticos, siendo una oportunidad de negocio sustentable que pueda competir en el mercado actual del plástico.

REFERENCIAS

- ABARCA, K. (2006). Economía agraria en América Latina: del ecologismo prehispánico a la modernidad globalizadora. *Revista venezolana de análisis de coyuntura* [en línea]. 12(1). 195-206. ISSN 1315-3617. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36412109>.
- ALMENDROS, A. I., MARTÍN-LARA, M. A., RONDA, A., PÉREZ, A., BLÁZQUEZ, G. y CALERO, M. (2015). Physico-chemical characterization of pine cone shell and its use as biosorbent and fuel. *Bioresource Technology* [en línea]. 196, 406-412. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.07.109>
- ARAPOGLOU, D., VARZAKAS, T., VLYSSIDES, A. y ISRAILIDES, C. (2010). Ethanol production from potato peel waste (PPW). *Waste Management* [en línea]. 30(10), 1898–1902. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.04.017>
- ARAÚJO, D. J. C., MACHADO, A. V. y VILARINHO, M. C. L. G. (2019). Availability and Suitability of Agroindustrial Residues as Feedstock for Cellulose-Based Materials: Brazil Case Study. *Waste and Biomass Valorization*. *Waste and Biomass Valorization* [en línea]. 1-16. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12649-018-0291-0>
- AYALA, L., MARTÍNEZ, M., CASTRO, M., GARCÍA, A., DELGADO, E. J., CARO, Y. y LY, J. (2016). Composición química del raquis de racimos de plátano (*Musa paradisiaca*) y aceptabilidad como alimento para cerdos en ceba. *Revista Computadorizada de Producción Porcina* [en línea]. 23(2), 79-86. Disponible en: <http://www.iip.co.cu/RCPP/232/2321artLAYala.pdf>
- Banco Mundial. *Población total. Ecuador, 2017*. [en línea]. Disponible en: <https://data.worldbank.org/indicador/SP.POP.TOTL>
- BÁTORI, V., JABBARI, M., ÅKESSON, D., LENNARTSSON, P. R., TAHERZADEH, M. J. y ZAMANI, A. (2017). Production of Pectin-Cellulose Biofilms: A New Approach for Citrus Waste Recycling. *International Journal of Polymer Science* [en línea]. 1-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2017/9732329>
- BHARATHIRAJA, S., SURIYA, J., KRISHNAN, M., MANIVASAGAN, P., y KIM, S.K. (2017). Production of enzymes from agricultural wastes and their potential industrial applications. *En: Advances in Food and Nutrition Research. Volume 80* [en línea]. US: Elsevier, 2017, 125-148. ISBN: 978-0-12-809587-4. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2016.11.003>

BISPO, M. D., SANTOS B., J. A., TOMASINI, D., PRIMAZ, C., CARAMÃO, E. B., DARIVA, C. y KRAUSE, L. C. (2016). Pyrolysis of Agroindustrial Residues of Coffee, Sugarcane Straw and Coconut-Fibers in a Semi-pilot Plant for Production of Bio-oils: Gas Chromatographic Characterization. *Journal of Earth Science and Engineering* [en línea]. 6, 235-244. Disponible en: <https://doi.org/10.17265/2159-581X/2016.05.001>

Cámara de Industriales de Guayaquil. Alimentos y bebidas: Industrialización y crecimiento económico. *INDUSTRIAS*. 2016. [en línea]. 2. 14-22. Disponible en: <http://www.industrias.ec/revindustrias.php>

CERÓN-SALAZAR, I. y CARDONA-ALZATE, C. (2011). Integral evaluation process for obtaining pectin and essential oil. *Ingeniería y ciencia* [en línea]. 7(13), 65-86. Disponible en: <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ingciencia/article/view/401/401>

CHODIJAH, S., HUSAINI, A., ZAMAN, M. y HILWATULISAN. (2019). Extraction of Pectin from Banana Peels (*Musa Paradisiaca* Fomatypica) for Biodegradable Plastic Films. *Journal of Physics: Conference Series* [en línea]. 1167, 012061. Disponible en: doi:10.1088/1742-6596/1167/1/012061

CÓRDOBA, J. A., SALCEDO, E., RODRÍGUEZ, R., ZAMORA, J. F., MANRÍQUEZ, R., CONTRERAS, H., ROBLEDO, J. y DELGADO, E. (2013). Caracterización y valoración química del olote: degradación hidrotérmica bajo condiciones subcríticas. *Revista latinoamericana de química* [en línea]. 41(3). 171-184. Disponible en: www.scielo.org.mx/pdf/rlq/v41n3/v41n3a4.pdf

CORTÉS, C. A., CAYÓN, D. G., AGUIRRE, V. H. y CHAVES, B. (2006). Respuestas de palmas de vivero a la aplicación de residuos de la planta extractora: I. Desarrollo vegetativo y distribución de materia seca. *Palmas* [en línea]. 27(3), 23-32. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1186>

CORTÉS-HERNÁNDEZ, H. F., MARTÍNEZ-YEPES, P. N., GUARNIZO-FRANCO, A. y RODRÍGUEZ-ESPINOSA, J. A. *Aprovechamiento integral de la planta del plátano*. Quindío: Editorial Ediciones Elizcom S.A.S., 2011.

CRAVO, J.C.M., SARTORI, D.L. y FIORELLI, J. Agro-industrial waste composites as components for rural buildings. En: *Lignocellulosic Fibre and Biomass-Based Composite Materials: Processing, Properties and Applications*. 2017. [en línea]. Reino Unido: Woodhead Publishing, 13-25. ISBN 978-0-08-100959-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100959-8.00002-0>

DE VARGAS MORES, G., FINOCCHIO, C. P. S., BARICHELLO, R. y PEDROZO, E. A. Sustainability and innovation in the Brazilian supply chain of green plastic. *Journal of Cleaner Production*, 2018. [en línea]. 177, 12-18. ISSN 0959-6526. [consulta: 18 noviembre 2018]. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.138>

ENRIQUEZ, M., VELASCO, R. y ORTÍZ, V. (2012). Composición y Procesamiento de películas biodegradables basadas en almidón. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [en línea]. 10(1), 182-192. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n1/v10n1a21.pdf>

ESCOBAR, G. La relevancia de la agricultura en América Latina y el Caribe. *Nueva Sociedad*.

2016 [en línea]. 1-22 Disponible en: <http://nuso.org/media/documents/agricultura.pdf>

ESTEBAN, L. S., CIRIA, P. y CARRASCO, J. E. An assessment of relevant methodological elements and criteria for surveying sustainable agricultural and forestry biomass by-products for energy purposes. *BioResources* 2008 [en línea], 3(3). 910-928. Disponible en: http://ojs.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/bioRes_03_3_0910_Esteban_CC_Surveying_sustainable_biomass

European Commission. *Novel technology to boost the European Bioeconomy: reducing the production costs of PHA biopolymer and expanding its applications as 100% compostable food packaging bioplastic*. 2016. [en línea]. CORDIS, Septiembre Disponible en: <https://cordis.europa.eu/project/rcn/110340/factsheet/en>

GAVILANES TERÁN, I. del C. *Sostenibilidad del sector agroindustrial de Ecuador mediante el compostaje de sus residuos y el uso agrícola de los materiales obtenidos* [en línea]. Tesis doctoral. Universidad Miguel Hernández de Elche, 2016. Disponible en: <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/2575>

GAVILANES-TERÁN, I., JARA-SAMANIEGO, J., IDROVO-NOVILLO, J., BUSTAMANTE, M. A., MORAL, R. y PAREDES, C. (2015). Windrow composting as horticultural waste management strategy. A case study in Ecuador. *Waste Management* [en línea]. 48. 127-134, Disponible en: <http://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.11.026>.

GAVILANES-TERÁN, I., JARA-SAMANIEGO, J., IDROVO-NOVILLO, J., BUSTAMANTE, M. A., PÉREZ-MURCIA, M. A., PÉREZ-ESPINOSA, A., LÓPEZ, M. y PAREDES, C. (2017). Agroindustrial compost as a peat alternative in the horticultural industry of Ecuador. *Journal of Environmental Management* [en línea]. 186(15), 79-87. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.10.045>

GIMÉNEZ, A., FERNÁNDEZ, J. A., PASCUAL, J. A., ROS, M., LÓPEZ-SERRANO, M. y EGEEA-GILABERT, C. (2019). An agroindustrial compost as alternative to peat for production of baby leaf red lettuce in a floating system. *Scientia Horticulturae* [en línea]. 246. 907-915. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.11.080>

GODOY, M. G., AMORIM, G. M., BARRETO, M. S. y FREIRE, D. M. G. Agricultural Residues as Animal Feed: Protein Enrichment and Detoxification Using Solid-State Fermentation. En: *Current developments in biotechnology and bioengineering. Current advances in solid-state fermentation* [en línea]. Oxford: Elsevier, 2018, 235-256. ISBN: 978-0-444-63990-5. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63990-5.00012-8>

GONZÁLEZ, Y., MEZA, J. C., HERNÁNDEZ, J. y SANJUÁN, R. (2015). Obtención de azúcares fermentables desde residuos de cartón para cultivar levaduras de interés biotecnológico. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* [en línea]. 6(28), 88-105. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322015000200007

GUARNIZO FA. y MARTÍNEZ Y, PN. (2011). Estudio de la hidrólisis ácida del raquis del banano. *Revista de Investigaciones de la Universidad del Quindío* [en línea]. 22(1), 83-91. Disponible en: <http://blade1.uniquindio.edu.co/uniquindio/revistainvestigaciones/revista.php?id=6>

HARO, A., BORJA, A. y TRIVIÑO, S. (2017). Análisis sobre el aprovechamiento de los residuos

del plátano, como materia prima para la producción de materiales plásticos biodegradables. *Dominio de las Ciencias* [en línea]. 3(2), 506-525. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6325873>

HERNÁNDEZ, E. (1986). Cambios físicos y químicos durante la maduración de cambures y plátanos. *Revista de la Facultad de Agronomía* [en línea]. 7(1), 7-19 Disponible en: <http://agronomiamjournal.com/index.php/path/article/download/315/310>

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (INEC). [en línea]. *Banco de datos abiertos. Estadísticas de las empresas. Directorio de empresas y establecimientos, 2017* Disponible en: <http://aplicaciones3.ecuadorencifras.gob.ec/BIINEC-war/index.xhtml>

KALVATCHEV, Z., GARZARO, G. y GUERRA CEDEZO, F. (1998). Theobroma Cacao L.: Un nuevo enfoque para nutrición y salud. *AGROALIMENTARI* [en línea]. Junio (6). 23-25. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3233588.pdf>

KOOPMANS, A. y KOPPEJAN, J. (1997). *Agricultural and forest residues generation, utilization and availability*. En: *Regional consultation on modern applications of biomass energy* [en línea]. Kuala Lumpur, Malaysia, 1997. Disponible en: www.fao.org/DOCREP/006/AD576E/ad576e00.pdf

KUSCH-BRANDT, S., UDENIGWE, C., CAVINATO, C., GOTTARDO, M. y MICOLUCCI, F. *Value-Added Utilization of Agro-Industrial Residues*. En: *Advances in Food Biotechnology* [en línea]. Oxford: Wiley Blackwell, 2015, 415-426. ISBN: 978-1-118-86455-5 Disponible en: <https://doi.org/10.1002/9781118864463.ch25>

LAL, R. (2005). World crop residues production and implications of its use as a biofuel. *Environment International* [en línea]. 31(4), 575- 584. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2004.09.005>

LÓPEZ, I. y BORZACCONI, L. Anaerobic Digestion for Agro-industrial Wastes: a Latin American perspective. *International Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2017. [en línea]. 4(8). 71-76. [consulta: 19 abril 2019]. ISSN 2394-3661. Disponible en: <https://www.neliti.com/publications/257390/anaerobic-digestion-for-agro-industrial-wastes-a-latin-american-perspective>

MAGALHÃES, E.R. B., SILVA, F. L., SOUSA, M.A.D.S. B. y SANTOS, E.S.D. (2018). Use of Different Agroindustrial Waste and Produced Water for Biosurfactant Production. *Biosciences Biotechnology Research Asia* [en línea]. 15(1), 17-26. ISSN 2456-2602. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.13005/bbra/2604>

MAMANI, C. P. L., RUIZ, C. R. y OCHOA, V. M. D. (2012). Pectina: Usos Farmacéuticos y Aplicaciones Terapéuticas. *Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia* [en línea]. 78(1), 82-97. Disponible en: <https://www.analesranf.com/index.php/aranf/article/view/1165/1338>

MARTÍNEZ, E., VILLARREAL, M., ALMEIDA, J., SOLENZAL, A., CANILHA, L. y MUSSATTO, S. (2002). Uso de diferentes materias primas para la producción biotecnológica de xilitol. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* [en línea]. 3(5), 295-301. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/11358120209487742>

MEDINA, J., GARCÍA, F., PARICAGUÁN, B., ROJAS, J., CASTRO, X. y LUGO, F. (2014).

Obtención de ácido láctico por fermentación del mosto del fruto de cují (*prosopis juliflora*) y su posterior poli-condensación con zinc metálico a poli (ácido láctico) (pla). *Revista INGENIERÍA UC* [en línea]. 21(2), 52-59. [Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/707/70732656007.pdf>]

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (MAG) [en línea]. *Sistema de información pública agropecuaria. Cifras agroproductivas. Principales cultivos 2017*, 2017a. Disponible en: <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) [en línea]. *Sistema de información pública agropecuaria. Comercio exterior. Principales cultivos 2017*, 2017b. Disponible en: <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/comercio-exterior>

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) [en línea]. *Sistema de información pública agropecuaria. Geoportal del Agro ecuatoriano*, 2017c [consulta: 23 febrero 2019]. Disponible en: <http://geoportal.agricultura.gob.ec/>

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). *La política agropecuaria ecuatoriana: hacia el desarrollo territorial rural sostenible: 2015-2025. I Parte* [en línea]. MAGAP 2016, Quito, Ecuador. Disponible en: <http://servicios.agricultura.gob.ec/politicas>

MOHANTY, A. K., MISRA, M. y DRZAL, L. T. (2002). Sustainable Bio-Composites from renewable resources: Opportunities and challenges in the green materials world. *Journal of Polymers and the Environment*. [en línea]. 10(1-2), 19-26. Disponible en: <https://doi.org/10.1023/A:1021013921916>

MONTEROS-RODRÍGUEZ, D., ANDRADE, R. F. S., LIMA, R. A., SILVA, G. K. B. RUBIO-RIBEAUXA, D., SILVA, T. A., ARAÚJO, H. W. C. y CAMPOS-TAKAKI, G. M. (2016). Conversion of Agro-industrial Wastes by *Serratia marcescens* UCP/WFCC 1549 into Lipids Suitable for Biodiesel Production. *Chemical Engineering Transactions* [en línea]. 49, 307-312. Disponible en: <https://doi.org/10.3303/CET1649052>

MONTEROS, A., SUMBA, E. y SALVADOR, S. *Productividad agrícola en el Ecuador*. , Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). Quito: Ecuador, 2014.

MORALES, A. B., ROS, M., AYUSO, L. M., BUSTAMANTE, M. A., MORAL, R. y PASCUAL, J. A. (2016). Agroindustrial composts to reduce the use of peat and fungicides in the cultivation of muskmelon seedlings. *Science of food and agriculture* [en línea]. 97, 875-881. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/jsfa.7809>

NAVAS, C. S., REBOREDO, M .M. y GRANADOS D. L. (2015). Comparative Study of Agroindustrial Wastes for their use in Polymer Matrix Composites. *Procedia Materials Science* [en línea]. 8, 778 – 785. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.mspro.2015.04.135>

OLAJIDE, OA. Development of sustainable building materials from agro-industrial wastes in Nigeria. En: *Sustainable construction and building materials* [en línea]. London: IntechOpen, 2019, 55-74. ISBN: 978-1-78985-750-4. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.81662>

OSORIO, G. *Buenas Prácticas Agrícolas -BPA- y Buenas Prácticas de Manufactura -BPM- en la Producción de Caña y Panela* [en línea]. Medellín: FAO, 2007. Disponible en: <http://>

www.fao.org/3/a-a1525s.pdf

PARAMESWARAN, B. Sugarcane Bagasse. En: *Singh nee' Nigam P., Pandey A. (eds) Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilisation* [en línea]. Países Bajos: Springer, Dordrecht, 2009, 239-252. ISBN 978-1-4020-9942-7. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9942-7_12.

PARRA, N., HENRÍQUEZ, M. y VILLANUEVA, S. Utilización de los subproductos del cultivo y procesamiento del cacao. En: 23ª Jornadas de Investigación de la Facultad de Ingeniería UCV, Caracas, Venezuela, 2018.

PEÑAFIEL A., S., BRITO Z, G., MUÑOZ S., G., ZABALA P., A y CHAFLA M.A. (2015). Utilización de residuos agroindustriales para la producción de proteína microbiana. *European Scientific Journal* [en línea]. 11(27), 199-208. Disponible en: <https://ejournal.org/index.php/esj/article/download/6270/6042>

PEÑARANDA GONZÁLEZ, L. V., MONTENEGRO GÓMEZ, S. P. y GIRALDO ABAD, P. (2017). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* [en línea]. 8(2), 141-150. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6285350.pdf>

PINOTTI, L. M., LACERDA, J. X., OLIVEIRA, M. M., TEIXEIRA, R. D., RODRIGUES, C. y CASSINI, S. T. A. (2017). Production of Lipolytic Enzymes Using Agro-Industrial Residues. *Chemical Engineering Transactions* [en línea]. 56, 1897-1902. Disponible en: <https://doi.org/10.3303/CET1756317>

PIÑEROS CASTRO, Y., OTÁLVARO A., A. M., CAMPOS, A. M., CORTÉS, W., PROAÑOS, J. y VELASCO, G. A. (2011). *Aplicación de tecnologías para el aprovechamiento de la cascarilla de arroz*. [en línea]. Universidad de Bogotá. Bogotá, [consulta: 24 febrero 2019]. Disponible en: https://www.utadeo.edu.co/files/node/publication/field_attached_file/pdf-cascarilla_de_arroz-_pag-web_0.pdf

POPA, V. y VOLF, I. Biomass for Fuels and Biomaterials. En: *Biomass as Renewable Raw Material to Obtain Bioproducts of High-Tech Value* [en línea]. Países Bajos: Elsevier, 2018, 1-37. ISBN 978-0-444-63774-1. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63774-1.00001-6>

PRADA, O.R. (2012). Alternativa de aprovechamiento eficiente de residuos biodegradables: el caso del almidón residual derivado de la industrialización de la papa. *Revista Escuela de Administración de Negocios* [en línea]. 72, 180-192. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n72/n72a12.pdf>

PRADO-MARTÍNEZ, M., ANZALDO-HERNÁNDEZ, J., BECERRA-AGUILAR, B., PALACIOS-JUÁREZ, H., VARGAS-RADILLO, J. y RENTERÍA-URQUIZA, M. (2013). Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta. *Madera y bosques* [en línea]. 18(3), 37-51. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v18n3/v18n3a4.pdf>

PROAÑOS, J. y PIÑEROS, C. Y. (2014). Evaluación de la producción de ácido láctico a partir de cascarilla de arroz por *Lactobacillus delbrueckii. Mutis* [en línea]. 4(1), 33-39 Disponible en: <https://doi.org/10.21789/22561498.908>

RAMOS, O. L., PEREIRA, R. N., CERQUEIRA, M. A., MARTINS, J. R., TEIXEIRA, J. A., MALCATA, F. X. y VICENTE, A. A. Bio-Based Nanocomposites for Food Packaging and Their Effect in Food Quality and Safety. En: *Food Packaging and Preservation. Volumen 9* (1ª ed.) [en línea]. Rumania: Academic Press, 2018, 271-306. ISBN: 9780128115169. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/C2016-0-00427-8>

Red española de compostaje. *Residuos agrícolas I.1. De residuo a recurso. El camino hacia la sostenibilidad*. MORENO, J., MORAL, R., GARCÍA-MORALES, J.L., PASCUAL, J.A. y BERNAL, M.P. (Edit. Cient.). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa libros s.a., 2014. ISBN 13: 9788484766988.

ROCA-PÉREZ, L., LEÓN T., D., ANDRADE C., J. V. y BOLUDAH., R. (2017). Aprovechamiento de residuos orgánicos en distintos cultivos de Ecuador. *Axioma*. 2017. [en línea]. 16, 84-95. Disponible en: <http://axioma.pucesi.edu.ec/index.php/axioma/article/view/486>

RUBIO-ANAYA, M. y GUERRERO-BELTRÁN, J. A. (2012). Polímeros utilizados para la elaboración de películas biodegradables. *Temas selectos de ingeniería de alimentos* [en línea]. 6(2), 173-181. Disponible en: <http://web.udlap.mx/tsia/files/2013/12/TSIA-62Rubio-Anaya-et-al-2012.pdf>

SÁNCHEZ-SAFONT, E. L., ALDUREID, A., LAGARÓN, J. M., GÁMEZ-PÉREZ, J. y CABEDO, L. (2018). Biocomposites of different lignocellulosic wastes for sustainable food packaging applications. *Composites Part B: Engineering* [en línea]. 145, 215-225. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.03.037>

SAVAL, S. (2012). Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro. *Revista de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería A.C* [en línea]. 16(2), 14-46. Disponible en: <https://smbb.mx/revista-biotecnologia-2012-vol-16-no2/>

SCHIEBER, A., STINTZING, F. y CARLE, R. (2001). By-products of plant food processing as a source of functional compounds - recent developments. *Trends in Food Science & Technology* [en línea]. 12(11), 401-413. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(02\)00012-2](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(02)00012-2)

SOSA-ROMERO, W., BENAVIDES, D. y PANTOJA, R. (2016). Evaluación de biomasa residual de papa (*solanum tuberosum*) como sustrato para la producción de etanol hidratado. *Vitae* [en línea]. 23(1), S643-S646. Disponible en: <https://search.proquest.com/openview/f7758be687adb6c95f9f510da56fc121/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1806352>

STECHINA, D., PAULETTI, M., CIVES, H., MAFFIOLY, R., LESA, C., BOG-DANOFF, N., OLIVA, L., KULCZYCKI, C., SOSA, A. y IRIBARREN, O. (2017). Estudios de aprovechamiento integral de cáscara de naranja. *Ciencia, docencia y tecnología. Suplemento* [en línea]. 7(7), 59-73. Disponible en: www.pcient.uner.edu.ar/index.php/Scdyt/article/download/393/311.

VALDÉS, C. F., MARRUGO, G., CHEJNE, F., COGOLLO, K. y VALLEJOS, D. (2018). Pelletization of Agroindustrial Biomasses from the Tropics as an Energy Resource: Implications of Pellet Quality. *Energy Fuel* [en línea]. 32(11), 11489-11501. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.8b01673>

VAN ATTA, G. R. y DIETRICH, W. C. (1944). Valencia Orange-Seed Oil. *Oil Soap*, v. 21, n.1, pp. 19-22.

VAN DER POL, E. C., EGGINK, G. y WEUSTHUIS, R. A. (2016). Production of L(+)-lactic acid from acid pretreated sugarcane bagasse using *Bacillus coagulans* DSM2314 in a simultaneous saccharification and fermentation strategy. *Biotechnology for Biofuels* [en línea]. 9(1), 248-260. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13068-016-0646-3>.

VAN BEILEN, J. B. y POIRIER, Y. (2007). Prospects for biopolymer production in plants. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology* [en línea]. 107, 133–151. Disponible en: https://doi.org/10.1007/10_2007_056

VARGAS, C. Y. A. y PÉREZ P., L.I. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas* [en línea]. 14(1), 59-72. Disponible en: <https://doi.org/10.18359/rfcb.3108>

VILLADA, H. S., ACOSTA, H. A. y VELASCO, R. J. (2008). Investigación de almidones termoplásticos, precursores de productos biodegradables. *Informacion Tecnologica* [en línea]. 19(2), 3-14. Disponible en: <https://doi.org/10.4067/s0718-07642008000200002>

WILAIPOON, P. (2009). The Effects of Briquetting Pressure on Banana-Peel Briquette and the Banana Waste in Northern Thailand. *American Journal of Applied Sciences* [en línea]. 6(1), 167-171. Disponible en: <https://doi.org/10.3844 / ajassp.2009.167.171>

WISCHRAL, D., MÉNDEZ, A., J., MODESTO, L. F., DE FRANÇA P., D. y PEREIRA Jr, N. (2018). Lactic acid production from sugarcane bagasse hydrolysates by *Lactobacillus pentosus*: Integrating xylose and glucose fermentation. *Biotechnology progress* [en línea]. 35(1), e2718. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/btpr.2718>

YENG, C. M. HUSSEINSYAH, S. y TING, S. S. (2013). Modified Corn Cob Filled Chitosan Biocomposite Films. *Polymer-Plastics Technology and Engineering* [en línea]. 52(14), 1496-1502. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/03602559.2013.820752>

