

Bioplásticos a partir de residuos del cacao, una alternativa para mitigar la contaminación por plástico

Bioplastics from cocoa waste, an alternative to mitigate plastic pollution

Lema Vera Eduardo¹ * 

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Manzo Escobar Najary² 

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Baque Mite Leonardo³ 

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Moreira Menéndez Mercedes⁴ 

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Fecha recepción: 15 de junio de 2020

Fecha aceptación: 16 de julio de 2020

© 2020 Universidad de Córdoba. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License, que permite el uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que el autor original y la fuente se acreditan.

¹ Estudiante, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Quevedo, Ecuador, eduardo.lema2015@uteq.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0002-6035-4922>

² Estudiante, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Quevedo, Ecuador, najary.manzo2015@uteq.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0001-9568-0130>

³ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Quevedo, Ecuador, lbaque@uteq.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0003-3079-4617>

⁴ Magister, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Quevedo, Ecuador, mmoreira@uteq.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0003-2031-7673>

RESUMEN

El plástico es un material derivado del petróleo, surgió en la década de los 50, su producción creció por su versatilidad en productos y bajo costo, el impacto fue tan grande que en los 80 rebasó el consumo de otros materiales, luego de utilizarse terminaban en vertederos y podían ser incinerados o reciclados, sin embargo por acción del viento o lluvias estos desechos plásticos llegaron al mar, las altas concentraciones afectaron la vida marina y generaron islas de plásticos flotantes con superficies superiores a 1000000 de km², las fuentes terrestres son causantes del 80% de dicha problemática, para mitigarla se han emprendido prácticas artesanales y técnicas que generaron productos bioplásticos (polímeros de origen natural degradable) y redujeron la emisión de CO₂ entre 0.8 y 3.2 toneladas, se ha empleado como materia prima residuos agrícolas provenientes de la cosecha del cacao para analizar la posibilidad de producir bioplásticos mediante su aprovechamiento, se determinó que la cáscara de la mazorca (70-75% de la fruta) es el principal residuo seguido de cascarilla o endocarpio, ambos son fuentes de relleno o de extracción de fibras, celulosa, pectina y lignina, estas oscilan entre el 14,7% a 35,4% en el valor agregado al diseño de productos biodegradables con aplicación en envasado de tipo recipientes o películas que contienen almidón y glicerina como plastificadores.

Mediante los métodos de investigación inductivo, deductivo y descriptivo se concluye que en Ecuador es posible producir envases bioplásticos con los residuos de cacao por la abundancia de plantaciones (601.954 hectáreas en 2019).

ABSTRACT

The plastic is a material derived from petroleum, it emerged in the 50s, its production grew due to its versatility in products and low cost, the impact was so great that in the 80s it exceeded the consumption of other materials, after they continue to end in landfills and could be incinerated or recycled, however due to the action of the wind or rain, these plastic waste reached the sea, the high concentrations affected marine life and generated floating plastic islands with surfaces greater than 1,000,000 km², land sources are the cause of the 80% of this problem, to mitigate it, artisanal and technical practices have been undertaken that generated bioplastic products (polymers of degradable natural origin) and reduced the emission of CO₂ between 0.8 and 3.2 tons, agricultural residues from post-harvest have been used as raw material of cocoa to analyze the possibility of producing bioplastics through its use, it was determined that the face of the cob (70-75% of the fruit) is the main residue followed by husk or endocarp, both are sources of filler or extraction of fibers, cellulose, pectin and lignin, these range between 14.7% to 35,4% in the value added to the design of biodegradable products with application in container-type packaging or films that contain starch and glycerin as plasticizers. Through inductive, deductive and descriptive research methods, it is concluded that in Ecuador it is possible to produce bioplastic containers with cocoa residues due to the abundance of plantations (601,954 hectares in 2019).

KEYWORDS: renewable resource, waste,

PALABRAS CLAVE: Pronósticos, metaheurísticas, series de tiempo.

biodegradable, container, sustainable..

INTRODUCCIÓN

El 80% de la contaminación por plásticos en el mar proviene de fuentes terrestres; el 20% restante es de origen marino. (Elías, 2015). Debido que el plástico apareció en la década de los 50's y desde esa fecha hasta nuestros días se ha expandido tanto debido a su facilidad para moldearse y su bajo costo, se puede señalar que muchos investigadores han mencionado que la tierra vive hoy una Edad del Plástico, dado que este material abunda en el entorno por la composición de la mayoría de objetos o artículos que se utilizan a diario. Sin embargo, nadie en esa época pensó que este material podía resultar altamente contaminante y que a la larga se convertiría en una pesadilla para las especies marinas que son quienes reciben el impacto directo de un pésimo sistema de tratamiento de basura. Entre 2010 y 2013 científicos que estudiaban el cambio climático en los océanos detectaron 5 islas formadas por basura plástica (2 en el Pacífico, 2 en el Atlántico y 1 en el Índico). (Carriel, 2018).

Según (Boix, 2016) la isla que flota en el norte del océano Pacífico como resultado de la creciente contaminación marina, actualmente cubre una

superficie superior a un millón de kilómetros cuadrados (km²), es decir representa un territorio 3 veces mayor al de Ecuador.

A pesar de que es en la década de los 30 del siglo pasado cuando los plásticos empezaron a generarse, no fue sino hasta dos décadas después que su uso empezó a permear en todos los ámbitos de nuestra vida. (Santillán, 2018).

En otras palabras, las adaptaciones que este material iba permitiendo en las industrias, el uso en la sociedad fue masivo y se ha mantenido en constante crecimiento pues se aprecia en envases, embalajes, automoción, hogar y menaje, juguetes, agricultura y jardinería, calzado, electrodomésticos, materiales de oficina o escolar, médico sanitario, náutico, aeronáutico, textil, etc. (Elías, 2015) alude que el aumento de los restos plásticos en los océanos está directamente relacionado con el consumo y la falta de concientización de la población. (Santillán, 2018) Resalta que este impacto fue tan grande que para la mitad de la década de los 80 su consumo ya había rebasado al de otros materiales como los metales, por esta razón no es raro encontrarse con imágenes dramáticas que muestran inmensas islas de plástico en el océano

o fotos de animales que mueren a causa de la ingesta de dicho material. Un estudio realizado por (Oropeza González, Montes Hernández, & Padrón Pereira, 2016) revela que la principal fuente de desechos plásticos contaminantes es el envasado y que la mayor parte corresponde a envase de alimentos.

(El Telégrafo, 2020) Informa que, en Ecuador, tan solo en las Islas Galápagos, se recogieron 9.533 kilogramos de desechos entre Enero y Abril de 2019. Esta es probablemente una de las razones por las que el país debería emprender prácticas para generar productos con características similares a de los plásticos como una alternativa para disminuir mucho o poco la contaminación que genera este material. Aunque (El Comercio, 2018) indicaba que la industria plástica provee a sectores como el automotriz, el comercio, el sector agrícola y bananero, alimentos pañales, entre otros. También se exporta a Colombia, Perú, Bolivia, Centro América y EE.UU., en los productos que acompañan racimos de banano, film de leche, film de detergente, fundas tipo camiseta y empaques de alimentos, en otras palabras, ha extendido tanto en los diferentes sectores económicos y países, abasteciéndolos de suficientes productos para satisfacer necesidades de los consumidores.

En Ecuador la región Insular es la que mayor

tendencia muestra en la utilización de fundas plásticas amigables con el ambiente, mientras que en la Costa, Sierra y Amazonía más del 90% de las fundas plásticas utilizadas son derivadas del petróleo. (Lucero, 2020). Es así como industria del plástico trata de innovar, investigar, generar empleo y exportar en medio de desafíos productos que sean amigables con el ambiente. De acuerdo con estadísticas de la Asociación Ecuatoriana de Plásticos (Aseplas), el sector está compuesto por unas 600 empresas, de las cuales 120 pertenecen a la Asociación. Las empresas productoras se ubican en su mayoría en Guayaquil según artículo de (El Comercio, 2018).

(El Telégrafo, 2020). Señala que el bioplástico es una de las alternativas de polímeros de origen natural biodegradable, compostable que se hallan en frutas y vegetales. Además (EcoInventos green technology, 2016) indica la existencia de varios tipos de bioplásticos, uno de ellos son los que se derivan de cultivos como el almidón. A diferencia del plástico que actualmente se produce, este sería completamente degradable y no tóxico fundamentan (Castillo, y otros, 2015). Así mismo (Phang, Tee, Lee, & Soo, 2015) sugieren el uso de estos recursos renovables agrícolas debido que sus compuestos pueden ser mezclados y servir de relleno para mejorar propiedades mecánicas de los bioplásticos. De modo similar (Samaniego, 2019) explica que un negocio de plásticos

sustentable sería aquel cuya materia prima sea renovable y que busque que el consumo de estos productos se convierta en hábito, por lo consiguiente disminuiría el uso de plásticos para usos desechables. (Revista de Logística, 2018) Comparte estos criterios y destaca que la materia prima debe contener almidón y celulosa.

(Riera, Maldonado, & Palma, 2018) afirman que el sector agroindustrial Ecuatoriano genera residuos de interés que son útiles dada su composición y posibilidad de procesamiento para darles valor agregado, la mayoría contienen almidón o compuesto lignocelulosos que al aplicarse transformaciones físicas, químicas o biotecnológicas, pueden emplearse como materia prima, material de relleno o precursor de los bioplásticos concordando con (Phang, Tee, Lee, & Soo, 2015) y (Oropeza González, Montes Hernández, & Padrón Pereira, 2016) quienes evaluaron la mezcla de almidón con diversos componentes en el desarrollo de películas biodegradables para generar un material para envasado proveniente de fuentes renovables.

(Castillo, y otros, 2015) afirman que El bioplástico tiene su apuesta en el desarrollo sostenible, pues las grandes emisiones de dióxido de carbono durante la producción del plástico convencional se reducen con la producción de bioplásticos entre 0.8 y 3.2 toneladas, es decir esta alternativa contribuye al cuidado del planeta

porque genera menos contaminantes. En efecto “Hay productos en los que el plástico biodegradable tiene sentido”, afirma Franziska Krüger, de la Agencia Alemana de Medio Ambiente (UBA, por sus siglas en alemán), pero “no debe llevarnos a pensar que podemos simplemente dejar los envases tirados por ahí después de una barbacoa porque se desintegrarán solos” (Therre, 2018). Por esta razón es importante que la sociedad ecuatoriana continúe y fortalezca prácticas sostenibles. (El Telégrafo, 2020).

(Siedentopp, 2009) El cacao es la materia prima con la que se fabrica el chocolate. Los granos del cacao son las semillas crudas sin la carne del árbol del cacao (Theobroma). (Ávila Acosta, Guzmán Pacheco, & García, 2018). Sostienen que en los procesos agroindustriales del sector cacaotero se hayan residuos que pueden servir de base para la elaboración de productos novedosos; entre ellos se encuentra la cascarilla o endocarpio, también el mucílago y mazorca añade (SENA, 2017).

De las evidencias anteriores (Lu, y otros, 2018) determinan que los residuos del cacao que dan pauta a generar alternativas en la producción de bioplásticos son la cáscara de la mazorca del cacao, que es el principal y representa aproximadamente el 70- 75% de la fruta entera, la obtención de celulosa (35.4%) y lignina (14.7%) (Zawawi , y otros, 2013).

Ecuador forma parte de los países líderes productores de cacao, dado que en 23 de sus 24 provincias se sitúan plantaciones solas o asociadas de varias especies. Hace 5 años alcanzo una participación del 62% del mercado mundial (Vicepresidencia de la República del Ecuador, 2015). En 2016 se mantuvo como uno de los primeros eslabones de la cadena agroindustrial mundial generando más de 120 mil millones de dólares, pero también con grandes aportes al desecho agrícola (Arvelo et al., 2016). Aunque dos años después (Quintana Lombeida & Aguilar, 2018) dieron a conocer la reducción al 60% de dicha participación. Según (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2020) en el 2019, la superficie plantada de cacao a nivel nacional fue de 601.954 hectáreas. Al mismo tiempo (Anecacao, 2019) indica que la estratificación del cultivo está regida por pequeños productores en un 70%, seguido por productores medianos con un 20% y grandes productores que representan aproximadamente un 10% de la producción nacional. En tal sentido (Parra, Henríquez, & Villanueva, 2018) aluden que en la industria del cacao se desperdician toneladas de materias que pueden servir de base para la elaboración de productos novedosos; entre ellas se encuentran la cascarilla de cacao, la cáscara y el mucilago, concordando con (Ávila Acosta, Guzmán Pacheco, & García, 2018) y (SENA, 2017) .

Hace un par de décadas se caracterizó una mezcla a partir de residuos vegetales, fibras de plantas, adhesivo, almidón y agua calentándolos para la obtención de un recipiente desechable y biodegradable para alimentos o medicinas mediante procesos de prensado de la mezcla en moldes, secado del mismo y recubrimiento de la superficie del recipiente con una capa de cera de parafina de grado alimenticio. (China Patente n° WO/1999/035049, 1999).

Por otra parte hace pocos años una invención referente a la obtención de celulosa mediante el aprovechamiento de la cascarilla de cacao se caracterizó sometiendo el residuo a vapor sobrecalentado y otros procesos como: cocción en solución alcalina, clasificación, lavado, blanqueo y secado de la pasta celulósica obtenida, con este material se fabrican artículos laminados para ser utilizado en aplicaciones de empaques biodegradables y biocompostable que permiten la impresión en su superficie externa. (Colombia Patente n° WO2017221055A1, 2016).

En un artículo de (Énfasis Packaging, 2014) se dio a conocer el desarrollo de un envase hecho de cáscaras de cacao por James Cropper y Barry Callebaut, que consistió en el aprovechamiento del residuo constituyendo una masa de fibra de celulosa sin blanquear y gracias a la tonalidad de color marrón que tiene por naturaleza, omitieron

el uso de colorantes, esta idea surgió bajo el enfoque de que si la cáscara protege al fruto también puede servir para proteger el producto final.

(Harahap, Ginting, Maysarah, Gana, & Maulida, 2018). Utilizaron la cáscara de la mazorca de cacao como fuente de relleno, previo a un tratamiento alcalino, blanqueo e hidrólisis con ácido clorhídrico adicionalmente usaron glicerol como plastificante y almidón para proporcionar más resistencia, dichos elementos determinaron una masa para producir bioplástico. A diferencia de (FAO, 1993) que alude la producción de bioplástico mediante 2 métodos como la molienda seca de forma artesanal y la molienda húmeda con procedimientos técnicos para refinar y mejorar el producto, el fin de ambos es la extracción de almidón proveniente de frutas o vegetales.

A parte de las fibras y otros agentes naturales que se hayan en la cáscara de la mazorca de cacao, esta también es una fuente potencial de pectina, que puede ser extraída mediante procesos de molienda, secado y extracciones acuosas en temperaturas entre 50 y 100°C en un tiempo de 90min según indica (Vriesmann, de Mello Castanho Amboni, & De Oliveira Petkowicz, 2011). En virtud de esto, se hace necesario resaltar que (Alata Mayhuire, Cuadros Huamaní, Miranda Zanardi, & Medina de Miranda, 2019)

elaboraron biopelículas a partir de otro fruto y en el desarrollo utilizaron pectina en calidad de reticulante y glicerina como actuador plastificante.

Esta revisión bibliográfica pretende analizar la posibilidad que Ecuador tiene para producir bioplásticos a partir de los residuos del cacao mediante el aprovechamiento de la cáscara de la mazorca o cascarilla, a través de los métodos o procesos que han efectuado diversos autores para generar un envase bioplástico, pues son una opción favorable para sustituir plásticos tradicionales de un solo uso, pese a que no es la salvación al problema mundial de la contaminación que ha generado en los océanos desde su auge, sí representaría una alternativa más para mejorar y rectificar la conducta consumista en la sociedad, al tomar la iniciativa de elaborar un producto con aplicación en envasado biodegradable cuya materia prima es lo que simplemente se etiqueta como desecho dado que Ecuador es uno de los países líderes en el mundo en la producción de cacao por consiguiente es una fuente con alta cantidad de residuos del cacao y su eficiente aprovechamiento permitiría al sector agrícola desarrollar nuevos negocios productivos con la generación de líneas de producción sustentables y puestos de trabajo.

1. MATERIALES Y MÉTODOS.

Se emplearon recursos bibliográficos tales como: artículos científicos de revistas, artículos de periódicos, documentos de sitios web y patentes de invenciones, impulsados por el método de investigación deductivo, porque se recopiló de información acerca de los procesos a efectuar para dar valor agregado mediante el aprovechamiento de residuos y el método inductivo en la búsqueda de sustentos teóricos acerca de la obtención de bioplástico a partir de residuos que provee el cacao que avalan la posibilidad producir productos amigables con el ambiente.

2. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Se emplearon recursos bibliográficos tales como: artículos científicos de revistas, artículos de periódicos, documentos de sitios web y patentes de invenciones, impulsados por el método de investigación deductivo, porque se recopiló de información acerca de los procesos a efectuar para dar valor agregado mediante el aprovechamiento de residuos y el método inductivo en la búsqueda de sustentos teóricos acerca de la obtención de bioplástico a partir de residuos que provee el cacao que avalan la posibilidad producir productos amigables con el ambiente.

Tabla 1: Porcentaje de representación de residuos del cacao

Residuos	% de Representación	Componentes
Cáscara de la mazorca	70-75	Fibras Pectina
Cascarilla o endocarpio	14,7 35,4	Lignina Celulosa

Fuente: (Lu, y otros, 2018) y (Zawawi , y otros, 2013).

3. CONCLUSIONES

En Ecuador es posible emprender la producción de envases bioplásticos a partir de residuos del cacao como de la cáscara de la mazorca o cascarilla debido a las abundantes plantaciones del fruto, pues las composiciones de sus residuos permiten el aprovechamiento en la obtención de bioplástico donde se prevé menor costo de materia, dicha producción es una alternativa para incentivar una mejor conducta consumista que contribuirá al desarrollo sustentable por ser biodegradable.

REFERENCIAS

1. LIBRO

1.1. Libro Electrónico

- [1]. FAO. (1993). *El maíz en la nutrición humana*. Obtenido de FAO-Food and Agriculture Organization: <http://www.fao.org/3/t0395s/T0395S06.htm#Molienda>
- [2]. Cen, W., Li, Y., & Zhu, Q. (1999). *China Patente n° WO/1999/035049*.
- [3]. Posada Correa, J. C., Jaramillo Zapata, L. Y., & Ruiz Saldarriaga, J. D. (2016). *Colombia Patente n° WO2017221055A1*.

2. REVISTA

2.1. Artículo de revista impresa

- [4]. Alata Mayhuire, E., Cuadros Huamaní, Y., Miranda Zanardi, L., & Medina de Miranda, E. (2019). Biopelículas producidas con cáscara de naranja y reforzadas con celulosa bacteriana. *Sociedad Química del Perú*, 231-241. Obtenido de Scielo.org.pe.
- [5]. Phang, S., Tee, T., Lee, T., & Soo, T. (Julio de 2015). *Preliminary Study of Mechanical Properties in Thermoplastic Starch (TPS) / Coffee-Waste-Derived Fillers Composites*. Obtenido de researchgate.net: https://www.researchgate.net/publication/286162140_Preliminary_Study_of_Mechanical_Properties_in_Thermoplastic_Starch_TPS_Coffee-Waste-Derived_Fillers_Composites
- [6]. Santillán, M. (27 de Julio de 2018). *CienciaUNAM*. Obtenido de Una vida de plástico:

<http://ciencia.unam.mx/leer/766/una-vida-de-plastico>

2.2. Artículo de revista en línea sin DOI

- [7]. Ariosti, A. (04 de Octubre de 2019). *elcomercio*. Obtenido de elcomercio: <https://www.elcomercio.com/tendencias/plasticos-biodegradables-compostables-medioambiente-costos.html>
- [8]. Boix, L. (7 de Octubre de 2016). Isla de basura del Pacífico cubre un millón de km². *El Telégrafo*.
- [9]. Carriel, M. (21 de 09 de 2018). *Plásticos en el mar... NO MÁS*. Obtenido de Instituto Nacional de Pesca: <http://www.institutopesca.gob.ec/plasticos-en-el-mar-no-mas/>
- [10]. El Comercio. (2018). La industria del plástico se mueve al ritmo de unas 600 empresas. *Revista Líderes*, 0-1.
- [11]. El Telégrafo. (27 de Enero de 2020). Reducir el uso de plásticos, la apuesta ambiental de Ecuador en los próximos años. *El Telégrafo*.
- [12]. Harahap, M., Ginting, M., Maysarah, S., Gana, A., & Maulida, L. (1 de Marzo de 2018). *Production of bioplastic from jackfruit seed starch (Artocarpus heterophyllus) reinforced with microcrystalline cellulose from cocoa pod husk (Theobroma cacao L.) using glycerol as plasticizer*. Obtenido de Scopus: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85043599021&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=cocoa+bioplastic&nlo=&nlr=&nls=&sid=2683054589fa29aa9decdbae190bc082&sot=b&sdt=sisr&sl=31&s=TITLE-ABS->

- KEY%28cocoa+bioplastic%29&ref=%28%28bioplastic+c
- [13]. Maulida, L., & Maysarah, S. (1 de Junio de 2020). *Utilization of Cocoa (Theobroma cacao L.) pod husk as fillers for bioplastic from Jackfruit (Artocarpus heterophyllus) seed starch with Ethylene Glycol Plasticizer*. Obtenido de Scopus: [https://www.forbes.com.mx/bioplasticos-una-gran-esperanza-verde-o-una-falsa-promesa/](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85086438662&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=cocoa+bioplastic&st2=&sid=d6f3ad27b52e89fbae436d93e13e35fe&sot=b&sdt=b&sl=31&s=TITLE-ABS-KEY%28cocoa+bioplastic%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=https://www.forbes.com.mx/bioplasticos-una-gran-esperanza-verde-o-una-falsa-promesa/)
- [14]. Oropeza González, R. A., Montes Hernández, A. I., & Padrón Pereira, C. A. (2016). Películas biodegradables a base de almidón: propiedades mecánicas. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 65-93.
- [15]. Parra, N., Henriquez, M., & Villanueva, S. (2018). *Utilización de los subproductos del cultivo y procesamiento del cacao*. Obtenido de [ing.ucv.ve: http://www.ing.ucv.ve/jifi2018/documentos/ambiente/AIS003.pdf](http://www.ing.ucv.ve/jifi2018/documentos/ambiente/AIS003.pdf)
- [16]. Revista de Logística. (16 de Enero de 2018). *Los bioplásticos ya cuidar el planeta!* Obtenido de [revistadelogistica.com: https://revistadelogistica.com/empaques-bioplasticos-a-cuidar-el-planeta/](https://revistadelogistica.com/empaques-bioplasticos-a-cuidar-el-planeta/)
- [17]. Samaniego, M. (26 de 04 de 2019). *culturacientífica UTPL*. Obtenido de [culturacientifica.utpl.edu.ec: https://culturacientifica.utpl.edu.ec/2019/04/biopolimeros-una-alternativa-a-los-plasticos-derivados-del-petroleo/](https://culturacientifica.utpl.edu.ec/2019/04/biopolimeros-una-alternativa-a-los-plasticos-derivados-del-petroleo/)
- [18]. Therre, D. (19 de Noviembre de 2018). *Forbes*. Obtenido de Forbes: <https://www.forbes.com.mx/bioplasticos-una-gran-esperanza-verde-o-una-falsa-promesa/>
- [19]. Vriesmann, L., de Mello Castanho Amboni, R., & De Oliveira Petkowicz, L. (2011). Cacao pod husks (Theobroma cacao L.): Composition and hot-water-soluble pectins. *Industrial Crops and Products*, 1173-1181.
- [20]. Zawawi, D., Kassim, M., Sari, A., Mohd, A., Ashuvila, Awang, . . . Mohd, Z. (2013). Chemical composition and morphological of cocoa pod husks and cassava peels for pulp and paper production. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 406-411.

2.4. Artículo d revista en línea con DOI

- [21]. Ávila Acosta, Á., Guzmán Pacheco, K., & García, J. (2018). Obtención de papel a partir del endocarpio seco del cacao. *Investigaciones Agroempresariales*, 97-102.
- [22]. Castillo, R., Escobar, E., Fernández, D., Gutiérrez, R., Morcillo, J., Núñez, N., & Peñaloza, S. (2015). Bioplástico a base de la cáscara del plátano. *Revista de Iniciación Científica*, 34-37.
- [23]. Elías, R. (2015). Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero. *Mar del Plástico: Una revisión del plástico en el mar*, 83-105.
- [24]. Lu, F., Rodriguez Garcia, J., Van Damme, I., Westwood, N., Shaw, L., Robinson, J., . . . Charalampopoulos, D. (2018). Valorisation strategies for cocoa pod husk and its fractions. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 80-88.

- [25]. Quintana Lombeida, M. D., & Aguilar, J. (2018). Denominación de origen de cacao ecuatoriano: ¿Un aporte de marketing global? *INNOVA Research Journal*, 68-76.
- [26]. Riera, M. A., Maldonado, S., & Palma, R. R. (2018). Residuos agroindustriales generados en Ecuador para la elaboración de bioplásticos. *Ingeniería Industrial*, 227-247.
- [27]. Siedentopp, U. (2009). El cacao, planta medicinal y de deleite. *Acupuntura*, 197-200.

3. PÁGINA WEB

- [1]. Anecacao. (2019). *Sector Exportador de Cacao 2019*. Obtenido de <http://www.anecacao.com/>: <http://www.anecacao.com/uploads/estadistica/cacao-ecuador-2019-4.pdf>
- [2]. Cerda Solís, I. P. (12 de Junio de 2020). *ánalisis de la huella hídrica a lo largo del ciclo de vida de producción de bioplásticos*. Obtenido de Biblioteca Digital de Minerva: <https://repository.ean.edu.co/handle/10882/9874>
- [3]. EcoInventos green technology. (29 de Septiembre de 2016). *Bioplásticos: La única alternativa para el futuro*. Obtenido de Ecoinventos.com: <https://ecoinventos.com/bioplasticos/>
- [4]. Énfasis Packaging. (2014). Crean envase hecho de cáscaras de cacao. *Énfasis*.
- [5]. Instituto Nacional de Estadística y Censos. (Mayo de 2020). *Ecuadorencifras.gob.ec*. Obtenido de Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) 2019: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2019/Presentacion%20de%20los%20principales%20resultados%20ESPAC%202019.pdf
- [6]. Lucero, K. (2020). Los hábitos ambientales mejoran, pero no lo suficiente. *Revista Gestión*.
- [7]. SENA. (18-21 de Septiembre de 2017). *Congreso Internacional Ambiental Manizales: Transformación Agroindustrial de subproductos del cacao*. Obtenido de idea.manizales.unal.edu.co: <http://idea.manizales.unal.edu.co/publicaciones/eventos/CongresoInternacionalAmbiental/dia4/A101/5.pdf>
- [8]. Vicepresidencia de la República del Ecuador. (Julio de 2015). *Diagnóstico de la Cadena Productiva del Cacao en el Ecuador*. Obtenido de vicepresidencia.gob.ec: <https://www.vicepresidencia.gob.ec/wp-content/uploads/2015/07/Resumen-Cadena-de-Cacao-rev.pdf>