REVISTA CIENTÍFICA DYNAMIKOS

EXTRACCIÓN DE ÁCIDO ANACÁRDICO Y CARDANOL A PARTIR DE ACEITE DE CASCARA DE NUEZ DE MARAÑÓN

(*Anacardium occidentale L.*)

ARTÍCULO CIENTÍFICO

RECIBIDO: 15/07/2019 ACEPTADO: 15/09/2019 ÚLTIMA VERSIÓN: 15/02/2020

[1] Jorge Alberto Ducuara Hernández

[2] Alvaro Angel Arrieta Almario

Como citar este artículo: Ducuara, J; Arrieta, A, (2020) Extracción de ácido anacárdico y cardanol a partir de aceite de cascara de nuez de marañon, revista científica Dynamikos 1 (1). Recuperado de: https://teinco.edu.co/revistas-2-2/

RESUMEN

La ciencia y tecnología junto a las políticas públicas gubernamentales, se están proyectando las investigaciones a la invención y descubrimiento de nuevos materiales que sean renovables y degradables, sobretodo que en algunos sectores económicos puedan reemplazarse los polímeros derivados del petróleo; por lo cual este estudio tiene como objetivo la extracción de ácido anacárdico y cardanol con el fin de dar paso para realizar trabajos posteriores; Metodología: las cáscaras de la nuez de marañón de la microempresa ASOPROMARSAB; para la extracción del aceite inicialmente se realizó una limpieza de las cascaras con agua destilada y secado a temperatura ambiente, se molieron las cascaras para luego prensarse; posteriormente se realizó la extracción el ácido anacárdico y cardanol a partir de una extracción química; resultados: se obtuvo 5 gramos de ácido anacárdico a partir de 6 gramos de muestra de anacardato de calcio del total de 40 gramos obtenidos a partir 50 gramos de aceite, las características de este subproducto fue un polvo fino de color rojizo y 10 gramos de cardanol a partir de 50 gramos de aceite, este subproducto fue líquido de color marrón rojizo; el rendimiento de obtención de ácido anacárdico respecto al aceite fue del 66.6 % y del cardanol fue del 49%; discusión: estos resultados fueron menores a los planteados en la metodología, posiblemente por errores procedimentales, estos resultados permitirán realizar trabajos para la elaboración de biopolímeros compuestos biodegradables que impacten en el sector industrial reemplazando algunos polímeros convencionales, y potencializando el uso de residuos agrícolas.

ABSTRACT

Introduction: Science and technology together with government public policies, research is being projected to the invention and discovery of new materials that are renewable and degradable, especially that in some economic sectors, polymers derived from petroleum can be replaced; For this reason, this study aims to extract anacardial acid and cardanol in order to make way for further work; Methodology: cashew nut shells from ASOPROMARSAB microenterprise; To extract the oil, the shells were initially cleaned with distilled water and dried at room temperature, the shells were ground and then pressed; Subsequently, the anacardic acid and cardanol were extracted from a chemical extraction; Results: 5 grams of anacardial acid were obtained from 6 grams of calcium cashew sample from the total of 40 grams obtained from 50 grams of oil, the characteristics of this by-product were a fine reddish powder and 10 grams of cardanol from 50 grams of oil, this by-product was a reddish-brown liquid; the yield to obtain anacardial acid with respect to the oil was 66.6% and that of cardanol was 49%; discussion: these results were lower than those raised in the methodology, possibly due to procedural errors, these results will allow carrying out work for the elaboration of biodegradable composite biopolymers that impact the industrial sector by replacing some conventional polymers, and potentiating the use of agricultural residues.

1 Estudiante de pregrado - Universidad de Sucre, UDS, Colombia - jaducuarah@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5310-9443 Estudiante de Universidad Departamento de Biología y Química, Universidad de Sucre
Facultad de Educación y Ciencias Cra. 28 #5-267, Puerta Roja, Sincelejo, Sucre
Tel. 3014550716 aducuarah@gmail.com

2 Profesor de planta del Departamento de Biología y Química - Universidad de Sucre, UDS, Colombia – Alvaro.arrieta@unisucre.edu.co

RESUMO

Introdução: Ciência e tecnologia juntamente com políticas públicas governamentais, pesquisas estão sendo projetadas para a invenção e descoberta de novos materiais renováveis e degradáveis, especialmente que em alguns setores econômicos, polímeros derivados do petróleo podem ser substituídos; Por esse motivo, este estudo tem como objetivo extrair o ácido anacárdico e o cardanol a fim de abrir caminho para trabalhos futuros; Metodologia: cascas de castanha de caju da microempresa ASOPROMARSAB; Para a extração do óleo, as cascas foram inicialmente limpas com água destilada e secas em temperatura ambiente, as cascas foram moídas e depois prensadas; Posteriormente, o ácido anacárdico e o cardanol foram extraídos por extração química; Resultados: 5 gramas de ácido anacárdico foram obtidos a partir de 6 gramas de amostra de cálcio de caju do total de 40 gramas obtidos a partir de 50 gramas de óleo, as características deste subproduto foram um pó fino avermelhado e 10 gramas de cardanol de 50 gramas de óleo, este subproduto era um líquido marrom avermelhado; o rendimento de obtenção do ácido anacárdico em relação ao óleo foi de 66,6% e o do cardanol de 49%; discussão: esses resultados foram inferiores aos levantados na metodologia, possivelmente por erros de procedimento, esses resultados permitirão a realização de trabalhos para a elaboração de biopolímeros compósitos biodegradáveis que impactam o setor industrial, substituindo alguns polímeros convencionais, e potencializando o uso de resíduos agrícolas.

PALABRAS CLAVE: Extracción química, Ácido anacárdico, Cardanol, Biopolímeros.

KEYWORDS: Chemycal extraction, Anacardic acid, Cardanol, Biopolymers.

PALAVRAS-CHAVE: Extração química, Ácido anacárdico, Cardanol, Biopolímeros.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente muchos centros de investigación y la industria buscan desarrollar nuevos materiales para reemplazar los productos no renovables y no degradables por materiales amigables con el medio ambiente que puedan ser funcionales, biodegradados y de bajo costo (Arrieta et al, 2011; Valencia, 2015). Además, que puedan ser elaborados a partir de productos o subproductos agroindustriales, lo que impactaría la economía de las regiones y la reducción de los residuos post cosecha en el caso de ser originados a partir de residuos (Cereda et al, 2000).

Con el fin de satisfacer sus necesidades, el hombre ha fabricado un sin número de materiales que ayuden a mejorar la calidad de vida y proveer algunas comodidades, la mayoría de estos productos son de un único uso que como bolsas plásticas, envases plásticos, biofilms, pitillos, isopos, que es de uso diario y exceden en el caso de las bolsas plásticas, más de 1 millon de bolsas son compradas en todo el mundo cada minuto, siendo innecesario el uso desmedido de estos materiales. La materia prima utilizada para la producción de esos materiales proviene mayormente de recursos no renovables como fuentes fósiles que generan impactos ambientales negativos, provocando cada vez más, un gran deterioro ambiental y la escasez de dichas fuentes, entre estos materiales destacan los plásticos, a partir de los cuales se fabrican productos tecnológicos de primera necesidad. Este tipo de material dura en promedio 500 años para "degradarse", en realidad el plástico se convierte en partículas más pequeñas por acción de la degradación ambiental donde influyen los efectos combinados y acumulados de la luz, el calor, el oxígeno, el agua, la contaminación química, y en condiciones especiales los microorganismos, por lo cual los ecosistemas empiezan a acumular y lógicamente no existe una biodegradación porque no hay transformación química y eventualmente una asimilación de las sustancias simples o componentes menores en este proceso por parte de los microorganismos (Frias et al, 2003; Bustamante, 2012).

Globalmente existe una problemática referente a la contaminación del agua, aire y suelo, que ha sido ocasionada en gran medida por las grandes cantidades y volúmenes de residuos sólidos que se generan diariamente y que en muy pocas ocasiones reciben tratamiento adecuado, pero casi siempre su tratamiento es nulo, la situación es más agravante porque la basura, está conformada por residuos de composición muy variada, generalmente se junta y mezcla durante las labores de recolección lo que dificulta su manejo final, esto es debido a una falta también de concienciación social y falta de control y políticas públicas que le exijan a la población el tratamiento de estas basuras. La mayoría por su composición no representan un mayor riesgo para el ambiente sí son un problema mayor porque no pueden ser degradados por el entorno como otros materiales como la madera, el papel, las fibras naturales e incluso el metal y el vidrio, los plásticos no se oxidan ni se descomponen con el tiempo. La síntesis de plásticos degradables se ha priorizado para mitigar el negativo impacto ambiental, pero ninguno ha demostrado ser válido para las condiciones requeridas en la mayoría de los vertederos de basura.

Estados Unidos es el principal país en consumo de petróleo y también uno de los primeros en producir polímeros de esta fuente, en el año 2009 se generaron 13 millones de toneladas de plásticos en envases y embalajes; más de 11 millones de toneladas en objetos de duración prolongada y alrededor de 7 millones de toneladas en objetos de duración corta (Serrano, 2010). Como alternativa a esta situación, se ha promovido el aprovechamiento de recursos naturales renovables para la producción de materiales biodegradables que en realidad puedan ser asimilados, que sean amigables con el ambiente y ayuden a mitigar los altos niveles de contaminación, debido a que la acumulación de materiales a base de petróleo está provocando un gran deterioro ambiental, sobre todo cuando estos son desechados en la naturaleza, lo cual obliga a los investigadores y gobiernos a buscar alternativas de fuentes renovables que sean viables comercialmente.

Uno de los principales problemas de los ecosistemas son los plásticos de un solo uso, sobre todo en los cuerpos de agua(Ilustración 1) que anualmente son arrojados 8 millones de toneladas de este mismo afectando la vida marina, cada minuto se están comprando un millón de botellas de

plástico en todo el mundo, y anualmente 500.000 millones de bolsas, la tercera parte de estos plásticos salen de los sistemas de alcantarillado y terminan las toneladas en el óceano, ríos, arroyos, según la ONU para el 2050 habrán 12mil millones de toneladas de desechos plásticos en la naturaleza y en los basureros, esto implica que hay una crisis a nivel global con los plásticos destinados a un solo uso, que en realidad son usado una o dos veces y son desechados sin ningún tipo de reciclaje o tratamiento especial, esto se relaciona a un problema de conciencia social, no existe directrices ni controles a los deberes sociales de separación de los plásticos para reciclaje, es increíble que se desechen tantas toneladas de plástico al óceano anualmente y que la dimensión del problema es totalmente inmedible; en Colombia por medio de un proyecto de ley se busca prohibir la fabricación, importación, venta y distribución de estos materiales, el objeto de ley es prohibir en el territorio nacional a partir del año 2030, la fabricación, importación, venta y distribución de plásticos de un solo uso y se dictan otras disposiciones que permitan su sustitución y cierre de ciclos, para controlar la contaminación y proteger el medio ambiente y la salud de los seres vivos, contemplando la prohibición de aquellos plásticos a partir de Tereftalato de Polietileno (PET), Polietileno de Baja Densidad (LDPE), Polietileno de Alta Densidad (HDPE), Poliestireno (PS), Polipropileno (PP) y Poliestireno Expandido, que son usados por una sola vez y cuya vida útil es muy corta, inclusive de minutos, para luego ser desechados; Aunque este proyecto no fue aprobado en el congreso porque contemplaba de manera muy general los productos comerciales y cabe destacar que muchas familias dependen de esta actividad comercial, por lo cual, el congreso de la república abrió la posibilidad de presentar un proyecto de ley que permita regular y realizar una transición para abrir las puertas al reciclaje y a la inversión en productos naturales que puedan reemplazar los plásticos de un solo uso, aparte de ser el plástico un problema, la concientización sobre el problema que genera no hacer un uso adecuado del plástico, reutilizarlo y reciclarlo, ha sido el mayor problema que ha tenido el hombre.

Las materias primas de bajo costo despiertan interés para la elaboración de nuevos materiales y más si estas materias son originadas a partir de subproductos que tengan estructuras químicas viables, muchas investigaciones han demostrado que se pueden sintetizar nuevos materiales con propiedades que permitan ser asimilados por el ambiente y puedan ser degradados sin ningún problema, los gobiernos internacionales han propuesto estar a la vanguardia para el uso de material vegetal que pueda reemplazar los derivados del petróleo, debido a que primeramente la explotación de este hidrocarburo por medio de fracking por ejemplo, compromete el uso de hasta 500 sustancias entre las que figuran 17 tóxicos para organismos acuáticos, 38 tóxicos agudos, 8 cancerígenos probados, 7 elementos mutagénicos, etc. (ácidos, antioxidantes, biocidas, benceno, xileno, disulfuro de carbono, compuestos de piridina, etc.), y normalmente cada perforación, se necesitan unos 200.000 m3 de agua para la fracturación hidráulica, se necesitan toneladas de las sustancias toxicas para la explotación y una gestión para poder extraerla del pozo cavado, pero es una falacia admitir que todos estos compuestos son extraídos, siempre cierta cantidad queda atrapada y puede contaminar cuerpos de agua aledaños al pozo de excavación (The Tyndall Center, 2011), a medida que avance la explotación del petróleo, seguirán aumentando la contaminación, la destrucción de bosques, páramos y cuerpos de agua con el fin de extraer el hidrocarburo, agregando que se necesita un alto costo para la extracción y la transformación del crudo en productos comerciales también debe pasar por un proceso que necesita agentes contaminantes generando así una contaminación desenfrenada; por eso es imperante que los gobiernos opten por hacer una transición de políticas de financiamiento y apoyar iniciativas que represente una alternativa para poder disminuir la explotación petrolera, que finalmente los productos son de difícil degradación o duran miles de años en degradarse y sobretodo que para poder obtener el petróleo en muchos casos deben “desplazar” cobertura vegetal provocando un daño ecológico en bosques nativos afectando el ciclo normal del agua que será contraproducente tanto para los ecosistemas como también para el mimo hombre.

La capacidad mundial de producción de polímeros biobasados creció un 4 % y alcanzó los 6,6 millones de toneladas en 2016, las proyecciones se esperan que continúen, pero solamente en Italia y Francia han recibido apoyo político por parte del gobierno, influyendo así que haya una educación ambiental para poder reemplazar los plásticos de un solo uso y preservar los ecosistemas y la vida; los expertos en biopolímeros han resaltado que está en aumento la producción de este material y que posiblemente para 2021 las proyecciones sean muy positivas, dependiendo de los gobiernos nacionales como operan para apoyar la comercialización de éstos, permitiendo que se adopte un nuevo estilo de vida de manejo de polímeros biodegradables.

El Marañón (Anacardium occidentale L.), es un árbol silvestre que pertenece a la familia Anacardiaceae, originario de las zonas tropicales de América y del noroeste brasileño que presenta excelentes propiedades medicinales y nutricionales (Ofusori et al, 2008), antifúngicas y antibacterianas, por lo cual cobra un gran interés en las áreas como productos naturales, medicina, biología y química. El fruto se compone de dos partes: el pseudofruto (fruto falso) y la nuez y esta consta de varias partes como la cascara, el tegumento y la almendra (Peso, 1994), esta planta ha sido un cultivo de potencial exportación en países como Vietnam, India y Nigeria los cuales comercializan solamente la almendra de la nuez siendo este el 24% del fruto, mientras que la cascara es un 49% - 50%, los aceites un 23% y humedad entre 3% y 4%; en Colombia este fruto está causando un impacto en el producto interno bruto (PIB) debido a su incremento en las exportaciones, las ventas han sido destinada hacia los Estados Unidos, India y Vietnam, según Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), en el país hay aproximadamente 6000 hectáreas destinadas para la producción de Marañón, con unas proyecciones de triplicarse la producción en los próximos 10 años y llegar a las 20.000 hectáreas, este fruto se convertiría con el paso del tiempo y el aumento de las exportaciones en un nuevo producto estrella de la canasta exportadora colombiana, siendo este nativo de la Orinoquía, el mantenimiento del cultivo es de bajo costo y no se requiere un gran conocimiento agrícola para cosecharlo; en la Costa Caribe este cultivo mueve aproximadamente 8.000 millones de dólares al año; en Córdoba y Sucre hay diferentes empresas productoras de este fruto, las cuales importan para otros departamentos más que todo la almendra, el vino, Marañón en polvo o la pulpa, aunque también este producto sea exportado; los productores de este fruto en estos departamento desechan las cáscaras de la nuez, las cuales contienen el aceite que es corrosivo por su contenido de fenoles y ácidos, al momento de ser desechado en grandes cantidades suele alterar el suelo provocando disminución del pH y perdida de fertilidad de éste, lo cual lo convierte en un desecho agroindustrial peligroso en grandes cantidades, y teniendo en cuenta

las proyecciones ante la comercialización de este fruto, se triplicarían los residuos de cáscara. En algunos países utilizan la cascara para la extracción de aceite enfocando su uso en la farmacología, medicina, etnomedicina y la investigación con diferentes fines comerciales (Leitao et al, 2013); el aceite de este residuo agrícola (que es un material renovable de base biológica), está compuestas por estructuras químicas fenólicas que han despertado interés en el campo de los biomateriales y se ha descubierto que tiene el potencial de ser útil para sintetizar biopolímeros y productos agroquímicos (Leitao et al, 2013). Actualmente se ha estudiado la biodegradabilidad de materiales a base de este subproducto, más que todo del cardanol, ya que puede ser fabricado, envasado, usado y desechado, se ha comprobado que los materiales a base de aceite de cascara de marañón pueden ser biodegradados por microorganismos, pero hace falta más estudios en síntesis de materiales biopolímeros para un sector industrial determinado y la precisión de estudios sobre su biodegradabilidad, debido a que no todos los biopolímeros biobasados son biodegradables, porque en muchos productos hay componentes que no permiten la asimilación por parte de los microorganismos en el suelo; la funcionalidad de un biopolímero a partir de este subproducto podría darle un valor agregado a la comercialización del marañón y se aprovecharía la cascara, disminuyendo el deterioro de los suelos donde es actualmente depositado como residuo sólido, sería aún más favorable que pueda tener un proceso asimilación y biodegradación para poder ser un reemplazante de productos plástico en todo sentido.

El aceite de la cascara de la nuez de marañón químicamente está compuesto en un 70% de ácido anacárdico, 5% de cardanol y 18% de cardol, la presencia de la cadena lateral alifática proporciona una hidrofobicidad pronunciada, propiedad importante para varias aplicaciones, la insaturación de esta cadena es la base de la polimerización por adición, utilizando radicales libres o iniciadores iónicos, se pueden usar H2SO4, HCl o ácido paratoluenosulfónico (PTSA) para polimerizar; una de las características comparables de este aceite es que es similar al caucho y tiene baja susceptibilidad a la oxidación (Lubi y tachil, 2000; Machado et al, 2010; Rwahwire et al, 2019).

El ácido anacárdico constituye el 70 - 80% del aceite de marañón, está compuesto por cuatro monofenoles que difieren entre sí solo en el nivel de insaturación de su cadena lateral alifática (C15H31–n)(Ilustración 2). los dobles enlaces presentes en la cadena lateral en los componentes mono, di y triinsaturados junto a la estructura aromática que contienen grupos de ácido fenólico y carboxílico, confieren propiedades químicas interesantes que generan la búsqueda de estrategias para sintetizar polímeros (Philip et al, 2007), además de las ya descritas múltiples aplicaciones como acción antiinflamatoria(Falcão et al, 2005; Andrade, 2011) acción antidiabética (Olajide et al, 2004; Kamtchouing et al, 1998); acción inhibitoria de la enzima acetilcolinesterasa(Agra et al, 2007) y sustancias derivadas del fruto demostraron ser antagonistas de la enzima tirosinasa(Agra et al, 2007). También es útil como antioxidante para la estabilización de la gasolina (Carvalho, 2011).

El Cardanol tiene alrededor del 30–41% de fenoles con cadenas de hidrocarburos C15 con tres enlaces dobles (C8–C9, C11–C12 y C14–C15), 16–22% de fenoles con cadenas de hidrocarburos con dos enlaces dobles (C8–C9 y C11– C12), 25–36% de fenoles con cadenas de hidrocarburos con un doble enlace (C8–C9) y alrededor de 4% de cardol, un fenol que tiene dos hidroxilos en las posiciones 1 y 5 y una cadena de hidrocarburos de 15 átomos de carbono en la posición 3 (Fiore y Valenza, 2013) su estructura fenólica lo hace atractivo para estudios de nuevos envases y biopolímeros por lo cual ya se han elaborado diferentes productos biodegradables (Da Silva, 2016) (Ilustración 2).

El aceite de marañón ha llamado el interés de los investigadores porque ha sido eje de estudio en diferentes trabajos investigativos. Bhunia y colabores en 1997 sintetizan un poliuretano a partir de monómeros del cardanol extraído del aceite de la cáscara de la nuez de marañón, para la síntesis primeramente extrajeron los monómeros de 4 - [(4 – Hydroxy – 2 -- pentadecenylphenyl) diazenyl] phenol, que se obtuvieron y con una reacción de policondensación a temperatura elevada según el método descrito por Stenhouse et al, 1989. Los resultados demostraron que gracias a la presencia de anillos aromáticos en la estructura de los polioles de Mannich de anacardo mejoró las propiedades de resistencia al fuego de las espumas rígidas de poliuretano. Después de la prueba de fuego, la muestra perdió solo un 6.2–6.6% del peso inicial, los autores concluyeron que el líquido de cáscara de la nuez de marañón fue usado con éxito para sintetizar los nuevos polioles de Mannich de base biológica utilizando una ruta de oxazolidina. A comparación de los polioles petroquímicos de Mannich de fenol y nonilfenol, los polioles de Mannich de aceite de la cáscara de la nuez de marañón tienen una viscosidad mucho menor y, por supuesto, un alto contenido de renovación. Los nuevos polioles de Mannich se utilizaron con éxito para obtener espumas rígidas de poliuretano con buenas propiedades físico - mecánicas y retardantes del fuego, estos polioles de base biológica pueden ser usados en diferentes campos de la industria, pero aún faltan pruebas de biodegradabilidad y de tratamiento para poder establecer su impacto en la mitigación de la degradación ambiental.

Lubi y Tachil en el 2000, que el aceite de la nuez de marañón puede ser base para síntesis de materiales en materiales de fricción, automóviles, recubrimientos de superficie, adhesivos, laminados, compuestos de caucho, y tienen varias aplicaciones diversas, según los autores, los polímeros muestran flexibilidad por la composición de una cadena alifática lateral larga que también le confiere resistencia al agua.

Edoga y colaboradores en el 2006 realizaron la extracción de polifenoles y concluyen en su trabajo que esta materia prima es potencial para sustituir ciertos materiales que son producidos a partir del fenol del petróleo, resaltan la importancia que al ser un producto que es desecho de la agroindustria y de bajo costo puede potencializar económicamente los productores de este producto alimenticio, además que el marañón es comercializado en muchas partes del mundo y también aquí en Colombia y aquellas empresas que tienen problema de poscosecha junto a que no aprovechan los subproductos, pueden dinamizarse con la investigación para el aprovechamiento y pueda tener uso para posteriores investigaciones y pruebas.

Ionescu y colaboradores en el 2012 realizaron la síntesis de nuevos polioles de Mannich de base biológica para la elaboración de espumas rígidas de poliuretano, su metodología consistió en dos pasos: síntesis de bases de Mannich aprovechando la propiedad del anillo fenólico de cardanol con N - (2-hidroxietil) - 1, 3 - oxazolidina seguido la reacción de alcoxilación. Los polioles de Mannich del cardanol son excelentes reemplazos para los que son derivados de petroquímicos basados en nonilfenol. Estos polioles se utilizaron para las preparaciones exitosas de espumas de poliuretano rígidas con propiedades físico - mecánicas y de resistencia al fuego, en estos estudios los autores no hicieron

pruebas de biodegradabilidad que puedan indicar su impacto ambiental.

Más reciente da Silva et al, 2016 usaron al cardanol como bloque de construcción para el desarrollo de una matriz termoreducible la cual reforzaron con fibras de calabaza (Luffa cylindrica) crudas y modificadas, los biocompuestos que fueron reforzados con fibras de calabaza fueron con NaOH al 10% en peso tenían la mayor estabilidad térmica, además tenían el mejor rendimiento en prueba de tracción mostrando resultados positivos en incorporación, adheción y dispersión al polímero, la presencia de las fibras de calabaza en el biocompuesto permitía una mejor biodegradabilidad, y estos materiales son potenciales para varias aplicaciones como la fabricación de artículos para la industria del mueble y automotriz, en este estudio los autores realizaron una prueba de biodegradabilidad con suelo simulado preparado con 23% de limo limoso, 23% de materia orgánica (estiércol de vaca), 23% de arena y 31% de agua destilada (todo en peso / peso), las muestras se expusieron en el suelo simulado: se pesaron 10 a 20 gramos y se enterraron a 10 cm de profundidad a 25 ± 3 ° C. La biodegradación se controló durante 80 días midiendo la variación de masa, las muestras enterradas se recuperaron, posteriormente se lavaron con agua destilada y se secaron a temperatura ambiente hasta que no hubo más variación de peso, y luego se pesaron; después de pesar, los especímenes fueron enterrados nuevamente. Los experimentos se realizaron por cuadruplicado; los resultados obtenidos es que hubo una variabilidad de peso, indicando que en los 80 días que estuvieron enterrados, Se descubrió que la presencia de fibra tratada permitió un mejor comportamiento de biodegradabilidad a los biocompuestos.
A nivel industrial es de suma importancia el mejoramiento de las resinas epoxi, con agentes curado, Wazarkar et al, 2018 realizaron la síntesis de un compuesto dianhídrido a partir de cardanol, para ser utilizado como agente de curado. Para confirmar la estructura del compuesto generado fue comprobado usando análisis químico, espectroscópico y cromatográfico, por estas investigaciones el marañón cada vez despierta más interés y el uso de los subproductos del aceite han sido indispensables para mejorar polímeros convencionales que se encuentran en el mercado.

Actualmente muy pocos son los estudios del potencial biodegradabilidad de materiales a base de subproductos del aceite de marañón ya que podría ser fabricado, envasado, usado y desechado, en los escasos estudios se han comprobado que los materiales de este aceite pueden ser biodegradados por microorganismos, pero hace falta estudios en síntesis de materiales biopolímeros para un sector industrial determinado y la precisión de estudios sobre su biodegradabilidad; la funcionalidad de un biopolímero a partir de este subproducto podría darle un valor agregado a la comercialización del marañón y se aprovecharía la cascara.

Estos estudios han permitido abrir la posibilidad de investigar más a fondo la síntesis de biopolímero a partir del aceite de la nuez, es muy importante resaltar que hoy en día existen biobasados o biopolímeros como solución para reemplazar los derivados del petróleo, la alineación de políticas públicas para estas actividades generará mayores expectativas y posibles resultados en los países que adopten la transición de polímeros derivados del petróleo a biopolímeros degradables, todo depende de la voluntad política que tengan los gobiernos para poder abrir paso a una transformación industrial, científica y social.

Los polímeros son materiales de mucha importancia en el quehacer cotidiano, gran parte de lo que usamos para el desarrollo de nuestro día a día requiere de estos materiales derivados del petróleo, que hoy en día son un problema debido a la acumulación de éstos y sobre todo, su impacto ambiental negativo. El desarrollo de biopolímeros para la elaboración de utensilios y dispositivos ha sido un tema muy relevante para disminuir el impacto ambiental de los polímeros, por ser estos de origen biológico se pueden degradar a corto plazo por la acción de microorganismos. Según la International Standard Organization (ISO) los bioplásticos o biopolímeros mantienen su integridad física desde su manufactura, almacenamiento, envasado, vida en estanterías y uso por el consumidor, al terminar su vida útil y posterior desecho, sufren cambios químicos por agentes ambientales y microorganismos, que transforman estos polímeros en estructuras simples que serán asimilados por el medio ambiente (Rodríguez, 2012).

Las biopelículas son una matriz de biopolímeros construidos a partir de una o más bases macromoleculares biológicas, los biopolímeros comúnmente usados para realizar biopelículas son almidón, pectina, celulosa y sus derivados, colágeno, gelatina y proteínas miofibrilares, y una propiedad muy fundamental es la biodegradabilidad de estos materiales (Cereda et al, 2000). Aun no existen estudios de biopelículas basadas en ácido anacárdico ni cardanol y han sido usados mayormente para mejorar polímeros que se encuentran en el mercado.

El objetivo de esta investigación es realizar la extracción del aceite de la cáscara de la nuez de marañón por método físico y posteriormente la extracción de cardanol y ácido anacárdico, con el fin de determinar su rendimiento en el proceso y proyectar su uso para las futuras investigaciones en síntesis de biopolímeros compuestos o aditivos de productos comerciales que puedan ser funcionales y generar un impacto positivo en la mitigación del deterioro medio ambiente aprovechando las potencialidades que tiene la cáscara de marañón como desecho agrícola.

2. MÉTODO

Estrategias metodológicas

En la planificación del experimento se recopiló información del aceite de la nuez de marañón y de los subproductos cardanol y ácido anacárdico, en cuanto a su extracción e investigaciones que estén relacionadas del uso de estos subproductos en la síntesis de biopolímeros; para la extracción del aceite de la cáscara se puede realizar a través del equipo Soxhlet, rotaevaporación, o extracción mecánica con el uso de una prensa hidráulica pero primeramente se hace una respectiva molienda de las cáscaras, para ello se optó por este último debido a que se obtiene el ácido sin ninguna impureza de los solventes orgánicos usados, cabe resaltar que el rendimiento es menor que las extracciones químicas, pero esto permitirá realizar pruebas en investigaciones futuras para la síntesis y producción de biopolímeros; para la extracción del cardanol se utilizó el método establecido por Kumar por la practicidad, rendimiento reportado y disponibilidad de reactivos, al igual que el método propuesto para la extracción de ácido anacárdico.

PROCEDIMIENTO

Obtención de la materia prima:

Las cáscaras de la nuez de marañón se obtendrán de la microempresa ASOPROMARSAB ubicada en el corregimiento Pisabonito - Chinú- Córdoba (Ilustración 3), por ser un material de desecho, estas fueron obsequiadas por los trabajadores de la empresa.

EXTRACCIÓN DEL ACEITE.

La extracción del aceite de las cascaras de nuez de marañón (Ilustración 4) se realiza mediante el método mecánico, se pesó 800 gramos de muestra en una balanza analítica Sartorius AX224; antes de iniciar el proceso se lavó con abundante agua destilada y se secó a temperatura de 30°C en un horno de secado Memmert por 120 minutos, con el fin de eliminar las impurezas que puedan alterar la composición del aceite. Posteriormente las cascaras pasaron por un proceso de molienda usando un molino para granos Corona, el producto de la molienda se introdujo en un cilindro de acero (Ilustración 5) para ser prensadas mediante fuerza de compresión con la prensa hidráulica (Ilustración 6); el aceite extraído se recogió en un beaker de 250ml. Para extraer mayor cantidad de aceite, se reprensó la torta de prensado contenida en el cilindro para obtener mayor líquido.

Al cilindro de metal se le hicieron unas aberturas en la zona inferior con el fin de aprovechar el prensado y no se desperdicie aceite, también se hizo una muesca para que el aceite saliera por este lugar y poder depositarlo en el beaker.

EXTRACCIÓN DEL ÁCIDO ANACÁRDICO.

Se disolvió 50 gramos de aceite en 400 ml de metanol y agua al 5%, se añadió lentamente 25 gramos de hidróxido de calcio (Ilustración 7); se formó un precipitado de anacardato de calcio (Ilustración 8), este se filtró, se lavó, se calentó a 45-50 °C durante 3 h, y luego se suspendió en agua destilada y HCl 11 M, se extrajo el ácido (Ilustración 9) con acetato de etilo y se secó con sulfato de sodio seco; el ácido se lavó repetidamente con agua para retirar desechos, el disolvente y el agua restante se evaporaron en horno de secado Memmert a 60°C durante 24 h (Morais et al, 2017).

EXTRACCIÓN DEL CARDANOL

El CNSL técnico (100 g) se disolvió en metanol (Ilustración 10) (320 ml) y se añadió hidróxido de amonio (25%, 200 ml): Se agitó durante 15 minutos, esta solución se extrajo luego con hexano (4200 ml), la capa orgánica se lavó con HCl al 5% (100 ml) seguido de agua destilada (100 ml) (Ilustración 11), se añadió carbón activado (10 g) a la capa orgánica, se agitó durante 10 minutos y se filtró a través de Celite (15 g). El filtrado se secó sobre sulfato de sodio anhidro y se concentró para obtener cardanol puro.

3.RESULTADOS

OBTENCIÓN DE LAS CÁSCARAS DE LA NUEZ DE MARAÑON

Las cáscaras de la nuez de marañón se obtuvo de la microempresa ASOPROMARSAB ubicada en el corregimiento Pisabonito – Chinú - Córdoba, es un producto de desecho con un terreno específico cercado para su destino, la nuez(fruto) era separado de su pedúnculo el cual es rojizo cuando está maduro (pseudofruto) y era cortado por la mitad para la extracción de la almendra.

EXTRACCIÓN DEL ACEITE

El aceite es de color marrón oscuro (casi negro), cáustico y viscoso, con un olor característico, este se suspendía en la superficie de la prensa y por medio de las aberturas y muescas del cilindro, finalmente era almacenado en un beaker de 250 mililitros para así posteriormente realizar las siguientes extracciones.

ÁCIDO ANACÁRDICO

La extracción de este ácido se hace directamente del aceite, pero primeramente debe formarse el anacardato de calcio (20g), el cual es un polvo solido compacto de color marrón rojizo, para posteriormente mediante la extracción con acetato de etilo y el secado con sulfato de sodio seco se obtenga el ácido anacárdico, las características físicas es que es un polvo fino de color marrón claro; se realizó varios lavados con agua destilada debido a que luego del proceso de extracción quedó con impurezas del sulfato de sodio seco y es muy importante tener la alícuota lo más limpia posible para lograr resultados positivos en el análisis infrarrojo.

CARDANOL

El cardanol es un líquido viscoso color marrón rojizo, en la obtención hubo variación en la metodologías propuestas para la extracción, debido a que luego que se realizara el lavado de HCl 5% pasaron aproximadamente una hora y media para la separación del ácido de la capa orgánica, luego se lavó con 50ml de agua y se esperó hasta que se separara las fases, en este punto no hubo separación de fases para lo cual se debió agregar nuevamente HCl al 5%, esto permitió la separación de fases y lavado de la capa orgánica; el cardanol se extrajo finalmente con carbón activado, y para separar estos compuestos se hizo una filtración con piedra celite.

4.DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Sucre y Cordoba son departamentos que se reconocen por ser de economía agrícola, se encuentran diferentes empresas encargadas de la producción de productos de la canasta familiar y que su producción genera residuos que pueden ser aprovechados para la biotecnología, entre ellos se encuentran las asociaciones productoras de yuca, ñame, maíz como también empresas grandes como Almidones de Sucre, entre otros; para la producción de marañón se encuentran diferentes microempresas como Bendito Marañon en el municipio de San Benito Abad en Sucre y la microempresa ASOPROMARSAB que se dedica a la comercialización de productos de consumo alimenticio como nuez tostada, pulpa del pseudofruto y vino obtenidos del marañón (Anacardium occidentale L.), anualmente establece convenios con diferentes empresas e instituciones con la finalidad de comercializar sus productos, principalmente su producción se basa más que todo en la obtención de la almendra, para lo cual deben con un máquina cortar en dos la nuez, al obtener el producto final se genera el desecho que son las cáscaras de la nuez; los productores destinan este desecho a un terreno específico, la explicación dada por estos indican que la cascara contiene un aceite que en grandes cantidades es corrosivo y que puede infertilizar el suelo donde se está sembrando los diferentes cultivos que se relacionan a la actividad económica del corregimiento donde se encuentra ubicada; la importancia del aprovechamiento de las cáscaras como desechos es que no tiene costo de obtención y es una materia prima para la extracción de diferentes subproductos del aceite de la nuez, que hoy en día es eje de investigación para la elaboración de polímeros que tengan alto impacto en la industria en general.

La prensa hidráulica es una herramienta muy útil para la obtención de aceites por medio de prensado que se encuentran en cáscaras y semillas, otros métodos pueden ser útiles para la obtención directa, como por ejemplo la extracción por solvente como el hexano que por su fácil recuperación gracias a su bajo punto de ebullición (63 - 69) y su gran capacidad de solubilizar la fase oleosa, permite ser eficaz en la extracción, pero este método no es tan popular debido a que este reactivo aun siendo por excelencia un extractor de aceite, le preceden cuestionamientos vinculados a la salud, seguridad e impacto ambiental, siendo así que se optan por otros métodos ya sean físicos o químicos; aunque los métodos químicos han demostrado en algunos casos ser más eficientes para la extracción en cuanto a tiempo y rendimiento, ha comprometido también cambios en la estructura principal de los aceites, o cambios en las propiedades físico - químicas como en el pH, mayor presencia de peróxidos, entre otros desechos orgánicos del solvente que pueden afectar el fin específico del aceite; es por ello que la obtención por prensado fue el procedimiento en esta investigación, evitando así cambios en la estructura y que los componentes no hayan sido afectados ni por calor, ni por solvente, tal cual lo recomienda la literatura, promoviendo el menor uso posible de reactivos contaminantes para la extracción, exceptuando los casos donde es indispensable por medio de extracciones químicas y uso de equipos específicos.

El uso del molino es esencial para realizar el prensado, debido a que se tritura la semilla en partículas más pequeñas que quedarán más susceptibles a la presión de la prensa hidráulica, generando un mejor rendimiento a comparación de cuando se prensa las cascaras enteras, en la cual gran parte del aceite queda entre los espacios de las cascaras provocando así menor rendimiento de extracción y mayor tiempo de trabajo; agregando que el proceso de molienda también provoca un triturado de las paredes celulares liberando pequeñas cantidades de aceite, por lo cual por rendimiento, tiempo de trabajo y practicidad, la molienda se convierte en una parte esencial para la extracción del aceite como método mecánico.

Para poder obtener 100 gramos de aceite de la cáscara de la nuez de marañón fue necesario pesar 800 gramos de triturado de cáscara, obteniendo como resultado un rendimiento del 12,5% de aceite respecto al peso de la cáscara, la composición de la cáscara de la nuez de marañón contiene en su peso total un 23% de aceite, resultando que posiblemente no hubo un rendimiento mayor porque al prensar no hay rompimiento de gran parte de las paredes celulares de la cáscara, además, es posible que gran parte del aceite también quede atrapado entre la masa resultado del prensado; los métodos químicos demuestran un mayor rendimiento de extracción pero la finalidad de la extracción física es obtener el aceite lo más impoluto posible, evitando así contaminantes como se mencionó anteriormente que puedan alterar la estructura química o interferir en procesos posteriores como la polimerización.

En otros estudios se realizaron extracciones y purificación del aceite de la almendra del Marañón, como objetivo de escala piloto, en este proceso se realizó la extracción por medio de un equipo Sohxlet, en el cual tuvieron como resultado un rendimiento del 28% para 1 kg de semillas y 6,0 L de solvente (n - hexano), en cuanto a la cascara de la nuez se realiza el proceso de extracción sometiendo a la oscuridad y sumergirlo en ciclohexano durante 24 horas, posteriormente tamizan las cáscaras y filtran la solución, para someterse a un rotaevaporador a 40° C obteniendo así el aceite; cabe resaltar que el resultado obtenido es ampliamente mayor y viable que el método mecánico, pero el uso de n – Hexano implica tanto riesgos para la salud como mayor inversión económica aunque en función del tiempo es menor; para evitar el uso de reactivos que puedan ser un riesgo para la salud o los ecosistemas, se ha probado con éxito para la extracción de aceites en otras especies vegetales con enzimas, comprendiendo una operación simple y fácil, un menor consumo de energía y es económicamente viable, generando también así porcentajes de rendimiento elevado, en cuanto al marañón el obstáculo ha sido la dureza de la cáscara lo cual genera rendimientos bajos durante la extracción; cabe resaltar que los rendimientos aunque sean mayores en los métodos químicos, la diferencia no es tan marcada respecto al método físico como se evidencia en la extracción realizada.

El cultivo de Marañón se ha convertido en una alternativa viable, ha despertado el interés de los investigadores, por sus constituyentes que son el cardanol, el cardol y el ácido anacárdico, estos han sido ejes de estudio por su composición química, ya que son bases para la síntesis de biopolímeros que hoy en día están presente en algunos productos cotidianos o están en fase de estudio o prueba, además, que este cultivo está teniendo relevancia económica en Colombia en cuanto a importación y exportación, siendo en muchas ocasiones la cáscara de la nuez desechada y que podría tener un uso científico e industrial que impactará positivamente para la el aprovechamiento de la cascara y de residuos post cosechas, en este caso las cascaras que emanan el aceite y pueden infertilizar el suelo, la generación de valor agregado a la comercialización y un plus a la economía de los productores, teniendo en cuenta que la producción de este fruto está en constante aumento en el territorio colombiano.

Los principales componentes del aceite son compuestos fenólicos con sustitución de cadena larga en la posición meta permitiendo así que se den la mayoría de las reacciones de los fenoles y pueden aprovecharse como bases para la producción de polímeros que pueden ser ampliamente usados en la industria, la importancia para los investigadores es que la cascara de la nuez de marañón es un desecho agrícola que puede ser utilizado para la elaboración de materiales poliméricos que pueden reemplazar a los de origen petroquímico por la naturaleza renovable y ser amigables con el medio ambiente (Lubi y tachil, 2000).

El ácido anacárdico tuvo que ser lavado en distintas ocasiones con agua destilada, debido a que quedaban impurezas de color blanco, estos son residuos de sulfato de sodio seco con el que se realizó la extracción del ácido, es conveniente el lavado hasta que quede de color rojo, simultáneamente se agregaba agua destilada y se retiraba el sobrenadante, esto permitirá que haya más pureza del ácido y no existan futuros problemas en el momento de realizar las pruebas de infrarrojo para la posterior polimerización con diferentes monómeros, para la extracción se tomó una muestra de 6 gramos del anacardato de calcio obtenido para obtener 5 gramos de ácido anacárdico, indicando que hay un porcentaje de rendimiento del 66,6%

La relevancia de este subproducto del aceite ha sido versátilmente enfocado porque de este mismo se extrae el cardanol y también puede polimerizarse con otras bases poliméricas, permitiendo ser un aditivo para diferentes productos químicos, antes de ser objeto de estudio para la síntesis de biopolímeros, ha sido investigado en áreas de la medicina, siendo estudiado como antioxidante ante agentes tumorales, teniendo excelentes resultados disminuyendo la actividad microbiana por las cadenas hidrocarbonadas de la estructura química; la estructura favorece al ácido como un antioxidante de combustibles como el biodiesel convirtiéndose en una alternativa para el reemplazo de otros compuestos químicos que son de mayor costo de obtención tanto económicamente como ambientalmente; la versatilidad de esta estructura es el atractivo de los investigadores para la síntesis de biopolímeros, puede ser aditivo para la síntesis de poliuretanos o materia prima para la obtención de diferentes monómeros como el Metacrilato de anacardanilo, que se obtiene directamente del ácido anacárdico disolviéndose en piridina y anhídrido metilacrílico, este monómero se obtiene de color amarillo pardo; el Acrilato de anacardanilo es otro monómero del ácido anarcárdico que se obtiene transfiriendo este último a un matraz de reacción con cloroformo y Trietilamina (0,42 ml, 3,6 mmol) y cloruro de acriloilo (0,40 ml, 3,6 mmol), este también es un aceite amarillo pardo; el ácido anarcárdico en algunos casos no es capaz de polimerizar por el grupo fenol, es por ello que diferentes estudios sugieren que se bloquee este grupo a partir de la acrilación y metacrilación, esto permitirá que los monómeros resultantes actuarán como buenos monómeros funcionales; se debe tener en cuenta que los trabajos de biopolímeros funcionales en ácido anacárdico son muy escasos, aunque cuente con una estructura favorable y ya se hayan realizado investigaciones sobre monómeros, pero específicamente en el campo de los biomateriales no ha tenido prioridad o relevancia que indique que pueda ser una alternativa viable, a futuro es recomendable explorar las posibilidades y beneficios que este ácido puede obtener, porque su investigación y uso ha sido enfocado en la medicina, en la tecnología de combustibles y no en los nuevos materiales; la síntesis de biopolímeros compuestos a partir de este producto puede generar nuevas oportunidades y rutas de investigación y conocimiento, además, las propiedades que puedan ser aprovechables permitirá amplios estudios en su estructura y función como base de polímeros, consecutivamente, tendrá relevancia en el área ambiental, primero por la reducción de los residuos, residuos post cosecha del marañón que se sabe que su aceite se compone del 70% de ácido anacárdico y fenoles, dándole propiedades causticas y también por la versatilidad en el campo de la biotecnología, con altas probabilidades de ser un punto objetivo para iniciar la síntesis y producción que pueda reemplazar los plásticos convencionales.

El Cardanol tuvo un rendimiento del 49%, menor que los resultados obtenidos en los estudios que proponen la metodología para la extracción, en el que obtuvieron un 65% de rendimiento, probablemente se haya obtenido menor por algún error procedimental; este producto a comparación con el ácido anacárdico, representa una mayor importancia para la elaboración de biopolímeros, se han realizado trabajos investigativos exitosos como la elaboración de una resina biodegradable, ser aditivo en poliuretanos, nuevos polioles de Mannich los cuales son poliéteres aminados y aromáticos, con una muy buena compatibilidad, se obtuvo como resultado una alta reactividad que permite bajos niveles de catálisis y su estructura aromática da espumas con muy buena resistencia al fuego; al sintetizar biopolímeros compuestos con resina y reforzado con esponja (Luffa cilyndrica) se pueden obtener un material biodegradable que por sus propiedades puedan ser usados en el sector de la industria automotriz, de muebles, de empaques y demás; también se destaca en diferentes investigaciones el uso del cardanol para mostrar, sintetizar o mejorar, algunos elementos o propiedades de resinas y aditivos para polímeros, uno de ellos son las resinas epoxi son uno de los materiales termoestables más utilizados comercialmente, las mismas poseen excelente adhesión, resistencia química, con buenas propiedades mecánicas y resistencia anticorrosiva (Herrera et al, 2019).

El cardanol posee una estructura química en la que se presencia un grupo no saturado en posición meta del anillo, esto permite la posibilidad de generar nuevos compuestos basados en el cardanol, ya que son susceptibles a reacciones de sulfonación, nitración, esterificación, halogenación, eterificación, epoxidación, y otras más.

Las extracciones de estos dos compuestos proyecta a futuras investigaciones con el objetivo de elaborar polímeros compuestos, a parte que estos materiales son recursos vegetales, son renovables y biodegradables, orientar nuevos estudios con la síntesis compuestas con materiales como el almidón, el quitosano, entre otros biopolímeros que han sido estudiados, son el atractivo para esta línea temática; entre más la investigación esté orientada a generar nuevas alternativas que ayuden a disminuir los impactos ambientales negativos, mayores serán las posibilidades de reemplazar los materiales que no son degradables y que su extracción y transformación repercute a los ecosistemas de manera agresiva; hoy en día existen trabajos con otros productos vegetales como el almidón de yuca que generan residuos poscosecha al momento de cosechar la yuca, esto generaría un valor agregado a los residuos y así disminuir las pérdidas de los productores que se dedican a esta actividad económica y que se han visto afectados por este problema, por la existencia de productos biodegradables en el mercado, los productores se han beneficiándo de los residuos que se generan convirtiendo este en un plus agroindustrial para mejorar la economía generando ingresos adicionales por el valor agregado sumado, el almidón como polímero tiene las propiedades para realizar la síntesis de biopelículas conductoras de electricidad o incluso productos que se usan en la agricultura como el Solanyl BP, el cual es un polímero biodegradable al 100% que utiliza el almidón como materia prima y cuyas propiedades mecánicas son similares a las del polietileno o poliestireno, también se pueden encontrar en el mercado marcas comerciales como bolsas biodegradables, entre otros productos de investigaciones realizadas en este campo, han dado como resultado, materiales poliméricos biodegradables que ya se utilizan comercialmente, este es el caso del Mater-Bi, una mezcla de almidón y PVA (acetato de polivinilo); a comparación del ácido anacárdico y el cardanol que no han generado productos con un valor comercial y que las investigaciones podrían ser dirigidas a la elaboración de empaques, plásticos de forrar, vasos, pitillos, entre otros objetos que están elaborados a base de petróleo y que no son biodegradables, puesto que su degradación suele tardar más de 100 años.

Es válido afirmar que los subcompuestos del aceite de la cáscara de la nuez de marañón por ser un material de origen vegetal puede ser biodegradado, pero hay muy escasos estudios en biopolímeros de esta naturaleza que permita dilucidar si efectivamente son biodegradables, lo cual sería impactante en la industria, abriendo las posibilidades de una mayor confianza en el uso de estos subproductos y que los productos tanto de desecho como poscosecha no sean pérdidas para los pequeños productores, sino, un potencializador de su economía, porque el problema que existe es que los cultivadores de Marañón subaprovechan la producción como resultado de un sistema productivo direccionado a un sólo producto, en consecuencia no se aprovechan otros componentes esenciales asociados con la biomasa residual, su contenido metabolómico, o componentes del fruto.

Actualmente en Colombia existe una apertura económica que permite y estimula la comercialización de biopolímeros importados y el gobierno nacional a través del ministerio de Ciencia y Tecnología ha promovido programas para impulsar el desarrollo de proyectos sostenibles, sin embargo estos recursos no tiene un gran presupuesto asignado, pero la importancia que cobra los biopolímeros a medida del tiempo permitirán que se fortalezcan las políticas públicas que se encaminen en el aprovechamiento de residuos agrícolas para la elaboración de biopolímeros y reemplazar productos plásticos a base de petróleo, porque la producción de este último en masa implica que tengan que destruirse ecosistemas marinos y terrestres con el fin de obtener el hidrocarburo para así transformarlo en el producto final, hoy en día hay en curso diferentes proyectos de ley que proponen medidas tendientes a la reducción de la producción y el consumo, de los plásticos de un solo uso en el territorio nacional, se regula un régimen de transición para reemplazar progresivamente por alternativas reutilizables, biodegradables u otras cuya degradación no genere contaminación, en la cual destaca que se deben adoptar materiales reutilizables o biodegradables, reglamentados para el reemplazo progresivo de plásticos de un solo uso, esto indica la gran posibilidad de establecer políticas progresivas para la exploración de biopolímeros que cumplan con los estándares para poder reemplazar a los plásticos derivados del petróleo como de un solo uso, para ello se busca que haya un “Fomento de la investigación científica y social para la sustitución de productos plásticos de un solo uso por alternativas renovables, compostables y sostenibles.

Las entidades del Sistema Ambiental Colombiano, y demás entidades de apoyo técnico y científico, el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología y Educación (Colciencias), las asociaciones de profesionales de las distintas disciplinas científicas y sociales, y las instancias de participación del sector educativo, promoverán la educación, y la investigación científica y social en las instituciones educativas para la sustitución de productos plásticos de un solo uso por alternativas renovables, compostables y sostenibles. Dicha educación e investigación tendrá en cuenta la importancia de proteger las comunidades, los ecosistemas y los animales afectados por la contaminación de plásticos y basura marina de origen plástico, con observancia de los principios de justicia ambiental además de los incluidos en la presente ley”, la aprobación de este tipo de propuesta generará mayor interés gubernamental para el fortalecimiento de las capacidades tecnológicas de los centros tecnológicos, institutos de educación superior y laboratorios con el fin de impulsar progresivamente la elaboración de nuevos materiales, sobre todo de aquellos que pueden ser elaborados con productos de desecho agrícola o agroindustrial que permita dinamizar la economía con los diferentes productores debido a que la cantidad de residuos agrícolas y agroindustriales generados en Colombia, tienen como destino en su gran mayoría a los rellenos sanitarios y fuentes hídricas, generando así un impacto ambiental negativo. Cabe destacar que estos residuos tienen una gran potencial, que por faltas de políticas no se han convertido en una fuente de producción científica y tecnológica que brinde soluciones y oportunidades a los problemas que enfrenta el país, dentro de los sectores en los cuales se pueden usar los diferentes residuos agrícolas o agropecuarios se encuentran: el farmacéutico, construcción, cosméticos, nutricionales, entre otros.

Cabe mencionar que las políticas ambientales mundiales están dirigidas a la conservación del medio ambiente y mitigación de los efectos del cambio climático, en donde se proponen el uso productos biodegradables, que generen el más mínimo impacto ambiental, ya que hoy en día muchos de los ecosistemas tanto terrestres como marinos se han visto degradados, en el caso del bosque seco tropical, ha sido fragmentado también por actividades mineras; es por ello que las distintas investigaciones científicas han de estar enfocadas a la producción de este tipo de materiales, como por ejemplo los productores de papa que proveen almidón, al igual que productores de yuca que proveen almidón y desechos postcosecha, los productores de mariscos en el caso de la quitina del exoesqueleto del camarón, en este caso los productores de Marañon que generan la cascara como desecho por la economía monótona que puede fortalecerse con el desarrollo de la industrialización de biopolímeros de Ácido anacárdico y Cardanol; no solamente en Colombia busca la regulación de la producción y comercio de plástico de un solo uso, internacionalmente en algunos países ya han avanzado significativamente prohibiendo la producción y buscando alternativas que puedan reemplazar estos productos por medio de polímeros biodegradables; los biopolímeros merecen mayor atención por parte de los entes gubernamentales, estos han sido foco de desarrollo e industrialización con una economía circular más sana que permita en el hecho preservar el medio ambiente, dinamizar la economía, aprovechar de los residuos de los productos agrícolas y que finalmente generen valor agregado y se sustituyan los productos plásticos y demás derivados petroquímicos.

Uno de los principales obstáculos que presenta el reemplazo de aditivos de origen vegetal o en algunos casos animal, es el alto costo de extracción, en el caso del cardanol y el ácido anacárdico, aunque se obtenga como residuo agrícola, postcosecha o agroindustrial, los reactivos que se necesitan son de regulado acceso, pueden ser tóxicos como el n – hexano, pero se puede estandarizar como prueba piloto para su extracción en masa, comparado con los petroquímicos, la materia prima no tendría un costo ambiental para su obtención, además que está siendo desechada; en ese sentido acorde a los resultados del rendimiento, las futuras investigaciones en este campo deben apuntar a la extracción en masa de aceite de la cáscara de la nuez de Marañón, del cardanol y del ácido anacárdico para así producir en masa la síntesis de biopolímeros compuestos con otros polímeros de origen vegetal, sujeto a que se realicen pruebas de biodegradabilidad y sea un potencial para poder impactar en el mercado y mitigar en parte el gran impacto ambiental negativo.

Mediante más se proyecten estudios enfocados en la síntesis de estos materiales avanzados, podría ser posible que puedan iniciar la fabricación o mejorar nuevos empaques biodegradables para diferentes productos de la industria, que pueda mitigar y reducir el impacto ambiental que ha generado la explotación del petróleo, la producción y envasado de productos plásticos de un solo uso; esto ayudaría a generar alternativas para el tratado y desecho de estos materiales que no son posibles con los derivados del petróleo. Es posible que ante la transición del plástico a polímeros biodegradables de origen natural, los pequeños y medianos productores agricultores tengan mayor importancia en la participación de la economía y desarrollo tecnológico ya que han sido rezagados, sobre todo cuando pequeñas localidades subsisten de esta actividad económica; en países como Italia y Francia donde las políticas públicas han apoyado y afianzado el reemplazo de plásticos convencionales, ha tenido que pasar por una transición de concientización social para poder hacer uso correcto de los nuevos productos que entraron al mercado para poder reemplazar y subsanar el daño que ha realizado el plástico; se ha marcado la prioridad de salvarguardar la integridad de los ecosistemas que han sido afectado severamente.

Finalmente se concluye que se extrajo aceite de la cáscara de la nuez de marañón con un procedimiento de extracción mecánica con un rendimiento por debajo del reportado en las extracciones químicas, pero la implicación es que este aceite no tendrá desechos ni riesgos para la salud al momento de extraerse; el ácido anacárdico y cardanol se extrajeron con un rendimiento por debajo del reportado en las investigaciones que proponen la metodología, esto es debido a posibles errores de cuantificación o procedimentales; las investigaciones actuales de estos productos indican que tienen potencial para la elaboración de biopolímeros biodegradables que puedan impactar en el mercado gracias a su estructura química, sobre todo los estudios del cardanol, pero hace falta más investigaciones en el área que pueda definir la biodegradabilidad y posibles usos en la vida cotidiana e industria; los estudios posteriores se enfocarán en la extracción en masa y uso de estos monómeros para la síntesis de polímeros compuestos con el objetivo de generar atracción al eje de estudio que permita a futuro la obtención de un polímero que impacten en la investigación, economía y sociedad, como ya han impactado otros polímeros de origen natural que son obtenidos de desechos agrícolas permitiendo también generar un valor agregado a los productos y engranar el desarrollo de nuevos productos con los productores de materia prima del campo; esto permitiría que hayan nuevos biopolímeros en el mercado reemplazando más productos derivados del petróleo.

REFERENCIAS

- Aristizabal, J., y Sanchez, T. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Issn 1020-4334
- Arrieta, A., Gañán, F., Márquez, E., y Zuluaga, R. (2011). Electrically conductive bioplastics from cassava starch. Journal of the Brazilian Chemical Society. 22(6), 1170-1176.
- Bhunia, H., Jana, R., Basak, A., Lenka, S., y Nando, G. (1997). Synthesis of Polyurethane from Cashew Nut Shell Liquid (CNSL), a Renewable Resource. Journal of Polymer Science: Part A: Polymer Chemistry. 36, 391–400.
- Bustamante, B. (2012) La degradación de los plásticos. Revista Universidad EAFIT. 30(94), 67-86.
- Conesa, V. (2010). Guía metodológica para la evaluación el impacto ambiental, Bilbao, Ediciones Mundi Prensa.
- Cereda, M., Henrique, C., Oliveira, M., Ferraz, M., y Vicentini, N. (2000). Characterization of Edible Films of Cassava Starch by Electron Microscopy.
- Brazilian journal of food technology. 3, 91-95.
- Da Silva, A., Da Silva, L., Camargo, I., Da Silva, D., Dos Santos, D., Vasconcelos, L., Almeida, O., y Mazzeto, S. (2016). Cardanol-based thermoset plastic reinforced by sponge gourd fibers (Luffa cylindrica). Polímeros, 26(1), 21-29.
- Ionescu, M., Wan, X., Bilié, N., y Petrovic, Z. (2012). Polyols and Rigid Polyurethane Foams from Cashew Nut Shell Liquid. J Polym Environ. 20, 647–658.
- Fiore, V., & Valenza, A. (2013). Epoxy resins as a matrix material in advanced fiber-reinforced polymer (FRP) composites. Advanced Fibre-Reinforced Polymer (FRP) Composites for Structural Applications, 88–121.
- Frias, A., Lema, I., y Gavilan, A. (2003). La Situación de los envases plásticos en México. Gaceta ecológica. 69, 67-82.
- Kumar, P., Paramashivappa, R., Vithayathil, P., Subba, P., y Srinivasa, A. (2002). Process for Isolation of Cardanol from Technical Cashew (Anacardium occidentale L.) Nut Shell Liquid. J. Agric. Food chem. 50, 4705-4708.
- Leitao, N., Prado, G., Veggi, P., Meireles, M. y Pereira, C. (2013). Anacardium occidentale L. leaves extraction via SFE: Global yields, extraction kinetics, mathematical modeling and economic evaluation. The Journal of Supercritical Fluids. 78, 114-123.
- Lubi, M. y Thachil, E. (2000). Cashew nut shell liquid (CNSL) — a versatile monomer for polymer synthesis. Designed Monomers and Polymers, 3(2),123–153.
- Machado, A., Oliveira, E., Santos, E., y Oliveira., A. (2010). Estudio del Secado de Anacardo (Anacardium occidentale L.) mediante Secador Solar de Radiación Directa. Inf. tecnol. 21 (1), 31-37.
- Morais, S., Silva, K., Araujo, S., Vieira, I., Alves, D., Fontenelle, R., ySilva, M. (2017). Anacardic Acid Constituents from Cashew Nut Shell Liquid: NMR Characterization and the Effect of Unsaturation on Its Biological Activities. Journals Pharmaceuticals. 10 (31), 1-10.
- Philip. J., Buchweishaija. J., Mkayula, L. Y Ye. L. (2007). Preparation of Molecularly Imprinted Polymers Using Anacardic Acid Monomers Derived from Cashew Nut Shell Liquid. J. Agric. Food Chem, 55, 8870–8876.
- Herrera, B., Vargas, C., Herrera, M., y Vega, J. (2019). Cardanol: una alternativa ecológica para potenciales aplicaciones en la industria de los polímeros.
- Revista Iberoamericana de Polímeros, 20(6), 262-278.
- Rodríguez, A. (2012). Biodegradabilidad De Materiales Bioplásticos. Ciencia y Tecnología de Alimentos. 22, (3), 69-72.
- Rwahwire, S., Tomkova, B., Periyasamy, A. P., & Kale, B. M. (2019). Green thermoset reinforced biocomposites. Green Composites for Automotive Applications, 61–80. doi:10.1016/b978-0-08-102177-4.00003-3
- Serrano, J. (2010). Polihidroxialcanoatos (PHAs): Biopolímeros producidos por microorganismos. Una solución frente a la contaminación del medio ambiente. Revista Teoría Y Praxis Investigativa. 5 (2), 79-84.
- Silva, A., Rocha, L., Camargo, I., Silva, D., Dos Santos, D., Vasconcelos, O., Almeida, P., y Mazzetto, S. (2016). Cardanol-based thermoset plastic reinforced by sponge gourd fibers (Luffa cylindrica). Polímeros. 26(1), 21-19.
- The tyndall center for climate change research (2011), «Shale gas: a provisional assessment of climate change and environmental impacts», Universidad de Manchester.
- Valencia, A. (2015). Los nuevos materiales y el ambiente. Revista facultad de Ingenierìa Universidad de Antioquia. 58-70.
- Wazarkar K, Kathalewar M, Sabnis A. Anticorrosive and insulating properties of cardanol based anhydride curing agent for epoxy coatings. Reactive and Functional Polymers, 122, 148–157 (2018).
- Whistler, R., y Daniel, J. (1998). Starch. En K. Othmer(Editorial Limusa S.A. De C.V). Encyclopedia of Chemical Technology. (pp. 1-15). Mexico: Editorial Limusa S.A. De C.V