

Aprovechamiento sustentable del pseudotallo y raquis de platano *Musa sp.*

 <https://doi.org/10.56238/sevened2024.004-019>

María del Carmen Cuj Chan

E-mail: essthela@hotmail.com

Ana Laura Luna Jiménez

E-mail: ana.luna@ujat.mx

Juan Guzmán Ceferino

E-mail: juan.guzman@ujat.mx

Nicolás González Cortés

E-mail: nicolas.gonzalez@ujat.mx

Román Jiménez Vera

E-mail: roman.jimenez@ujat.mx

RESUMEN

En la actualidad, los plásticos son los materiales más diversificados y con mayores volúmenes de consumo a nivel mundial, reforzados con fibras sintéticas. Sin embargo, las repercusiones ambientales relacionadas con la acumulación de plásticos han conducido a la búsqueda de alternativas que permitan establecer un desarrollo apegado a la sustentabilidad. Alrededor del mundo se realizan diversas investigaciones con el objetivo de aprovechar el uso de fibras naturales como sustituto de los plásticos. El objetivo fue establecer técnicas sustentables para el procesamiento y tinción de la fibra de raquis y pseudotallo de plátano para diversificar su uso. Se encontró que el deshidratado solar permite obtener fibras con mejores características que en secador eléctrico. Las fibras secas son útiles para elaborar diversos artículos artesanales con usos decorativos, culturales y agrícolas, compostables. El teñido de las piezas fibrosas se logró mediante fuentes naturales. El uso de estas técnicas para el aprovechamiento de subproductos de la producción de plátano permitirá a artesanos locales contar con procesos que permitan mejorar su producción y aprovechar los subproductos del entorno siendo amigables con el medio ambiente, lo que repercutirá en el desarrollo de comunidades dedicadas a la elaboración de artesanías tradicionales.

Palabras clave: Subproductos agrícolas, Plátano, Artesanal, Fibras naturales.

1 INTRODUCCIÓN

En los últimos sesenta años los materiales más diversificados y con mayores volúmenes de consumo a nivel mundial son los plásticos reforzados con fibras sintéticas: termoplásticos y termoestables reforzados con fibras de carbono, aramida y fibras de vidrio (Rodríguez *et al.*, 2014). La mayor parte de las fibras poliméricas sintéticas utilizadas en la vida cotidiana, se obtienen del petróleo; cuya disminución ha originado el aumento de la preocupación ambiental, causando que las fibras sostenibles se estén volviendo importantes; propiciando mayor investigación de materiales como la celulosa, lignina y seda, además de fibras poliméricas sintetizadas a partir de materias primas derivadas de los recursos naturales (Chang *et al.*, 2017).

En países como Brasil, Ecuador y Colombia se aprovechan las fibras provenientes de los subproductos de la agroindustria platanera, cuyos residuos son considerados orgánicos, ya que están compuestos principalmente de celulosa, hemicelulosa y lignina; cuyo manejo resulta costoso y difícil, además de propiciar una fuente de plagas dañinas para los cultivos (Saval, 2012).

Un ejemplo de estas tecnologías es la elaboración de diversos productos a partir del aprovechamiento de recursos locales, como las fibras naturales entre las que se encuentran la juta, el sisal, la fibra de coco, el lino, la fibra de plátano y algunos otros materiales residuales agrícolas e industriales que están siendo usados para muchas aplicaciones por sus ventajas sobre sus homólogos sintéticos (Rodríguez *et al.*, 2014).

En México los estados de Chiapas, Tabasco y Veracruz en su conjunto aportan un 72 % de la producción de plátano (Servicio de Información Agropecuaria y Pesca, 2016), sin embargo, aún no existe un aprovechamiento de estos recursos. El plátano es una herbácea de la que sólo se aprovecha el 30 % de su biomasa luego de la cosecha, pudiéndose encontrar en una hectárea alrededor de 625 a 3,030 plantas por hectárea generando una fuente aprovechable de recursos luego de la cosecha (Álvarez, 2010).

La agroindustria platanera genera grandes cantidades de desechos orgánicos vegetales conformados por el pseudotallo, hojas y pinzote (Canché-Escamilla *et al.*, 2005; Sosa *et al.*, 2010; Calle *et al.*, 2014). Cuando se cosecha el racimo de plátano solo se está utilizando del 20 al 30 % de su biomasa (Álvarez, 2010), quedando de un 70 a 80 % por utilizar. Estos residuos han generado una de las principales problemáticas ambientales debido a que, en la mayoría de los casos, son incinerados o vertidos a los cauces receptores sin tratamiento previo, contribuyendo a la degradación del ecosistema (Mazzeo, 2010).

Los residuos sin tratamiento depositados en el suelo generan lixiviados que pueden alcanzar los mantos acuíferos, favoreciendo el acarreo de bacterias a causa de las escorrentías a otras zonas del cultivo (Saval, 2012). El alto volumen y peso de estos subproductos, también dificulta su manejo y encarece su eliminación; en tanto que su amontonamiento contribuye a la producción de insectos,

hongos y olores dentro o fuera de los cultivos cuando se almacenan de forma incontrolada (Quinchia y Uribe, s.f).

Los residuos agroindustriales representan uno de los grandes problemas y retos que deben enfrentar los países productores y exportadores de banano, que les genera altos costos en materia de ambiente y finanzas (Gaona, 2015). Debido a que Tabasco es uno de los tres estados productores de plátano en el país (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2016), tiene que resolver varios retos entre ellos lo relacionado con el impacto negativo al medio ambiente. Debido a ello es prioritario desarrollar productos que no ocasionen daños al medio ambiente o se elaboren utilizando materia que sea reutilizable, con el objetivo de tener ecosistemas sustentables y una sociedad más consciente sobre los beneficios de un ambiente sano actual y a futuro (Cortés, 2014).

También las industrias tienen la necesidad de mejorar gradualmente su desarrollo tecnológico para la utilización de recursos alternativos, a causa de una creciente demanda de alimentos, energía y otras necesidades esenciales de la población. En este sentido la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2015) indica que, es importante producir más alimentos, pero en un esquema sostenible; ello implica para las industrias y los productores, generar tecnologías y cadenas productivas más limpias.

Las regiones productoras de plátanos en México producen una alta cantidad de residuos vegetales (Sosa *et al.*, 2010; Calle *et al.*, 2014; Gaona, 2015), lo que las obliga a buscar alternativas para el aprovechamiento sustentable de estos subproductos, como ocurre en otros países como Colombia, donde se utiliza para elaborar artesanías y papel, incluyendo la industria textil (Artesanías de Colombia, 2008). El aprovechamiento del pseudotallo puede contribuir a reducir la existencia de plagas en los cultivos, como: bacteriosis, gusano tornillo, picudo negro o rayado (SIAP, 2016).

Considerando la importancia de desarrollar productos con menos impactos ambientales, para lograr un ecosistema más sustentable y a una sociedad más consciente sobre los beneficios de un ambiente sano actual y a futuro surge la necesidad de contribuir a generar técnicas de aprovechamiento de estos materiales disponibles en la localidad (Cortés, 2014). En este contexto, este trabajo presenta una alternativa sustentable de aprovechamiento del pseudotallo del plátano, mediante la elaboración de artesanías, papel, empaque biodegradables y contenedores de uso agrícola, incluyendo teñido natural utilizando recursos locales disponibles.

2 MARCO TEÓRICO

a) *Subproductos agroindustriales.* La presencia del hombre en el planeta há ocasionado la generación de diversos residuos sólidos, líquidos o gaseosos, los cuales tienden a aumentar de forma permanente, así como su cantidad y complejidad; ello conforme aumenta la población y el desarrollo

de la tecnología; generando así mayor dificultad del medio ambiente para degradar, asimilar o reutilizar los materiales que los componen (Quinchia y Uribe s.f).

En sus documentos, Saval (2012) describe los subproductos agroindustriales como: materiales en estado sólido o líquido que se generan a partir del consumo directo de productos primarios o de su industrialización que ya no son de utilidad para el proceso que los generó, pero que son susceptibles de aprovechamiento o transformación para generar otros productos con valor económico, de interés comercial y/o social.

Los nuevos productos generados a partir de residuos agroindustriales pueden tener características diferentes, pero estar compuestos por elementos similares, principalmente por lignina, celulosa, pectina y hemicelulosa, a los cuales les confieren el nombre de *residuos orgánicos*; para los que no existe un manejo adecuado, ni la capacidad tecnológica o económica para darles un destino, incluyendo una falta de legislación específica para promover la gestión de este tipo de residuos (Saval, 2012).

Gaona (2015), indica que la actividad bananera produce una alta contaminación debido a los desechos de la cosecha que se generan luego del corte del fruto, ya que éstos se depositan en el suelo sin tratamiento alguno, lo cual no reduce los impactos en el medio ambiente; esto es un problema que deben enfrentar quienes realizan esta actividad.

Por su parte Canché-Escamilla *et al.* (2005) también coinciden en que existen grandes cantidades de desperdicios en los cultivos de plátano, luego de la cosecha, ya que sólo se aprovecha el fruto, teniendo que disponer de las demás partes de la planta como pseudotallo, hojas y pinzote o raquis (parte de la planta que sostiene los manojos de frutos).

Éstos desechos vegetales no tratados ocasionan problemas relacionados principalmente con su volumen y peso, además de dificultades para manejarlos, lo cual encarece su eliminación; mientras que su amontonamiento contribuye a la producción de insectos, hongos y olores, específicamente cuando se almacenan de forma incontrolada (Quinchia y Uribe s.f).

b) Morfología de la planta de plátano. De acuerdo con Sandoval y Müller (1999), la platanera es una planta herbácea de la familia de las Musáceas, que posee un tallo subterráneo (cormo o rizoma) del cual nace un pseudotallo aéreo; el cormo emite raíces y yemas laterales que formarán los hijos o retoños (Álvarez, 2010). El sistema radicular de la platanera tiene como función principal la de absorber y transportar el agua, además de transferir los nutrientes del suelo a la planta. Las plantas de plátano poseen un sistema radicular primario y uno adventicio. Las raíces primarias se originan del rizoma y las secundarias y terciarias a partir de las raíces primarias.

El rizoma es el tallo verdadero de la planta de plátano y se encuentra bajo tierra, aunque es conocido usualmente como cormo, el término botánico correcto es rizoma. El punto de crecimiento

del rizoma es una cúpula aplanada en donde se forman las hojas y posteriormente la inflorescencia surge en la parte superior de la planta.

El pseudotallo es la parte de la planta que se asemeja a un tronco, es un falso tallo formado por un conjunto apretado de vainas foliares superpuestas, de textura carnosa, formado principalmente por agua, el cual puede soportar un racimo de 50 k o más. Conforme las hojas emergen, el pseudotallo continúa creciendo hacia arriba, alcanzando su altura máxima cuando el tallo verdadero, el tallo floral que sirve de soporte a la inflorescencia, emerge en la parte superior de la planta.

La inflorescencia se apoya en el tallo floral, una estructura que contiene las flores, que serán los futuros frutos. El tallo floral, producido por el punto de crecimiento terminal del rizoma, crece a través del pseudotallo y emerge en la parte alta de la planta luego de que ha brotado la última hoja cigarro. Conforme las flores femeninas se desarrollan en frutos, la porción distal de la inflorescencia se alarga y produce un segundo conjunto de flores masculinas (estaminadas), cada uno bajo una bráctea. Las flores masculinas localizadas en la yema masculina producen polen, estéril o fértil.

Las hojas son el órgano principal fotosintético de la planta; éstas emergen desde el centro del pseudotallo como un cilindro enrollado. El extremo distal de la vaina foliar que se está alargando se contrae hasta formar un pecíolo, más o menos abierto dependiendo del cultivar. La parte superior de la hoja se denomina superficie adaxial en tanto que la inferior es llamada superficie abaxial. Las primeras hojas básicas que nacen de un hijo en crecimiento se denominan hojuelas. Las hojas en estado maduro, que se denominan hojas verdaderas, constan de vaina, pecíolo, nervadura central y limbo.

El racimo es el conjunto de frutos que aparecen a lo largo del raquis. Los frutos individuales también denominados dedos, se agrupan en estructuras llamadas manos. La yema masculina contiene las flores masculinas encerradas en sus brácteas, llamada en ocasiones como “campana” que, en conjunto con el raquis, continúan creciendo conforme los frutos maduran. En algunos cultivos, la yema masculina deja de crecer cuando los frutos se han formado y puede estar más o menos agotada en el momento en que el racimo adquiere su madurez. La presencia o ausencia de yema masculina es una de las características utilizadas para diferenciar entre cultivos.

Por otra parte, el raquis es el tallo de la inflorescencia. Inicia desde el primer fruto hasta la yema masculina, puede estar desprovisto o cubierto con brácteas persistentes. El raquis presenta nódulos; éstas son cicatrices que indican el lugar donde estaban unidas las brácteas.

c) *Subproductos del plátano*. Diversos estudios encontrados (Abad *et al.*, 2012; Canto y Castillo, 2011; Cortés, 2014; Flotats, 2015; Gaitán *et al.*, 2016; González *et al.*, 2016; Grisales y Giraldo, 2004; Linares *et al.*, 2008; Mazzeo *et al.*, 2010) entre otros, proponen diversas alternativas de aprovechamiento sustentable de estos subproductos, demostrando en sus trabajos su versatilidad para la elaboración de componentes de materiales de construcción, envases biodegradables, artesanías y papel.

En América: Brasil y Costa Rica, ambos países productores de plátano, ya se elaboran diversos productos a base de la fibra de plátano como: papel, agendas, bolsas de cargar, carteras, petates, paneras, muñecas, sombreros entre otros más. De igual manera, en Costa Rica, Japón y Australia en el año 2015, también se elaboraron productos obtenidos de la fibra de plátano de forma industrial, exportando su producción a los mercados de Europa y Estados Unidos (Gaona, 2015).

A nivel global, se han realizado grandes avances para el aprovechamiento del plátano y sus subproductos (cáscaras, hojas, pseudotallo, tallo e inflorescencia) cuyas aplicaciones van desde productos alimentarios para personas o para animales sí como para productos no alimentarios relacionados con el aprovechamiento de las fibras naturales, compuestos bioactivos naturales y bio-fertilizantes (Padam *et al.*, 2014).

Uno de los descubrimientos actuales, es el uso del pseudotallo para la elaboración de material para laminado conocido como *Green Blade*, descubierto en el año 2016 en Francia (Ecocosas, 2017). Los residuos agroindustriales del plátano han sido evaluados para la producción de carbón activado por Quinchia y Uribe (s,f) en Colombia, cuyo estudio concluye que es factible para este fin.

También se han encontrado estudios sobre los componentes del jugo de pseudotallo del plátano conocido como dominico, realizados por Vargas y Martínez (2015), residuo estudiado también tres años antes para la elaboración de vino por Guarnizo-Franco *et al.* (2012) en Colombia. Otro estudio realizado por Álvarez (2010), evaluó la factibilidad de los residuos del plátano para la alimentación animal. Además, los lixiviados han demostrado ser eficientes para el control de enfermedades relacionadas al cultivo y como promotores del crecimiento de las plantas, además de no contener microorganismos patogénicos para plantas, seres humanos y animales (Blasco *et al.* 2014).

Con base en los trabajos encontrados, es importante recalcar que uno de los países que predomina en el estudio y uso de este residuo es Colombia, aunque también se encontraron algunos realizados en Venezuela, Ecuador, Brasil y la India, países en donde incluso se encontró que existen pequeñas empresas dedicadas a la elaboración de papel y artesanías empleando estos recursos, integrados principalmente por mujeres.

Es así que las alternativas de aprovechamiento de estos subproductos para la elaboración de papel, aglomerados, laminado y extracción de celulosa requieren equipos sofisticados y mayor financiamiento. En otros casos pueden aprovecharse de forma artesanal para la elaboración de artesanías y papel; en ambas situaciones existe la perspectiva de obtener beneficios económicos, aprovechando un recurso de bajo costo y disponible en zonas plataneras.

El reciclaje de las enormes cantidades de subproductos provenientes de este cultivo representa una valiosa fuente de materias primas de gran valor para las industrias, evitando el desperdicio de esta biomasa, además de proporcionar ingresos adicionales para las industrias agrícolas a pequeña escala,

sin comprometer la calidad y seguridad en la competencia con otros productos comerciales (Padam *et al.* 2014)

Las perspectivas y los retos en el futuro, en el uso de estos materiales, son los factores clave importantes, dada la asociación con la sostenibilidad y la viabilidad de la utilización de estos subproductos (Padam *et al.*, 2014). En lo que concierne a México se han encontrado pocos ejemplos de investigación o de la aplicación de tecnologías para el aprovechamiento de este material:

- Nanocelulosa obtenida a partir de residuos agroindustriales del plátano macho. Realizado en Morelos, Mexico, en el año 2016.
- Pinzote de *Musa balbisiana* y *Musa acuminata* como fuente de fibras para papel. Realizado en Jalisco México, en el año 2009.
- Elaboración de papel ecológico y otros productos realizado por estudiantes del Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca del estado de Veracruz, México.

De igual manera, en Tabasco, México, se encontraron trabajos realizados por alumnos de nivel bachillerato relacionado con el aprovechamiento de la fibra del tallo del plátano para fabricar láminas y comprimidos biodegradables y bioplástico por estudiantes de la Universidad Tecnológica del Estado. Los pocos trabajos encontrados indican que en México aún se están explorando las alternativas de uso de los residuos del plátano considerado uno de los cultivos más importantes en la agricultura mexicana (García *et al.*, 2013).

A nivel internacional, los investigadores Armas *et al.* (2016), realizaron diversas pruebas con distintas fibras que se extraen del tallo del plátano, en combinación con resina poliéster como matriz, aplicando dos tratamientos; uno consistente en un curado previo de las fibras con hidróxido de sodio (NaOH) al 10 % y otro utilizando la fibra sin tratar. Encontraron que las propiedades mecánicas que presenta este compuesto son mejores en comparación con el comportamiento de la resina poliéster. Las fibras que fueron tratadas químicamente con NaOH en combinación con la resina poseen propiedades mecánicas mejoradas, incluyendo la propiedad de trabajar en ambientes salinos sin que sus propiedades se vean afectadas.

La elevada resistencia, compresión y tracción de los compuestos de resina poliéster en combinación con fibra de plátano permite su uso en múltiples aplicaciones como elementos de carrocería, partes de aeronaves o embarcaciones, estructuras aislantes, accesorios para herramientas entre otros, en función de que la integración de la fibra a la resina aumenta sus propiedades mecánicas en aproximadamente el 272.55 % en el esfuerzo máximo a la tracción, 292.46 % en el módulo de elasticidad y 442.51 % en el esfuerzo promedio de flexión (Armas *et al.* 2016).

3 METODOLOGÍA

a) *Obtención de fibra de plátano.* La obtención de la fibra se realizó con base en las técnicas descritas por Abad *et al.* (2012) y Artesanías de Colombia S.A. (2008), de acuerdo con las siguientes indicaciones:

1. Se cortó el pseudotallo a una altura de 80 cm a partir del cormo o base de la planta, dependiendo de su altura, se cortaron trozos de 1 a 1.5 m de longitud.
2. Se limpió la superficie y se separaron las capas hasta llegar al centro. Luego se cortaron 4 cm de las orillas de cada capa.
3. La parte central de la capa se fileteó para obtener tres diferentes texturas: tipo malla, fibra dura y capa suave, como se observa en la Figura 1.

Figura 1. Capas del pseudotallo, de arriba hacia abajo: tipo malla, fibra dura y capa suave.



4. Para obtener la fibra seca se evaluaron dos métodos: deshidratación solar y secado en horno. El secado al sol se realizó durante los meses de mayo a septiembre. Las fibras tipo malla, seda y las obtenidas de las orillas de cada capa, se colocaron sobre una varilla circular de 4cm de diámetro aproximadamente suspendida a 1.70 cm del suelo, mientras que el resto se tendieron ordenadas sobre un techo de lámina de zinc; expuestas durante el día y la noche, a excepción de los días lluviosos.

6. El secado en horno se realizó en el laboratorio mediante estufa a 45°C, con revisiones cada 30 minutos.

b) *Teñido de fibras.* Se evaluaron tres fuentes naturales de colorantes: cáscara de caoba (*Swietenia macrophylla* King), flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y tubérculo de betabel (*Beta vulgaris*). El teñido con la cáscara del tallo de caoba se realizó en frío tal como indica Martínez *et al.* (2010) proponiendo una modificación en el momento de agregar las fibras, las cuales se adicionaron al mismo tiempo que el material tintóreo y no después de las 24 h. Se realizaron tres tratamientos y dos niveles de cáscara (T1, agua a temperatura ambiente, 10 y 20 % cáscara seca; T2, Agua a

temperatura ambiente, 10 y 20 % de cáscara verde; y agua a 90 °C, 10 y 20 % de caoba seco) y tres repeticiones de cada uno. Se agregaron 3 tiras de cada tipo fibra de 10 x 1 cm (9 en total) por cada repetición, con un peso de 2 a 3 g aproximadamente, dejando en reposo durante 24 h. Se monitorearon cada 12 h hasta observar cambio de color.

Para el teñido de las fibras con flor de jamaica se evaluaron dos tratamientos con tres repeticiones: T1, 250 ml de agua a temperatura ambiente con 6 g de flor de jamaica seca; T2, 250 ml de agua a 90 °C con 6 g de flor de jamaica seca. En el teñido con betabel se agregaron los trozos del tubérculo en el recipiente donde se colocaron las tiras de fibras. En ambos tratamientos, la coloración se evaluó de igual manera que en los tratamientos con cáscara de caoba.

c) *Elaboración de artesanías con fibra seca.* Se evaluaron las fibras secadas al sol, se les extrajo el aire mediante un recipiente de vidrio empleado como rodillo. Posteriormente se cortaron en tiras de 1 cm de ancho y se realizaron diversos tejidos, entrelazados, y empalmados hasta obtener un producto artesanal, como se muestra en la Figura 2. A las artesanías terminadas se les aplicó un sellador a base de biopegamento.

Figura 2. Elaboración de artesanías con diferentes técnicas de tejido.



d) *Elaboración de papel.* Se utilizó la técnica propuesta por Gaona (2015). La materia prima se obtuvo del pseudotallo, se cortó en rebanadas y se sometió a cocción con agua durante 1.2 h. La pulpa a temperatura ambiente se trituró en licuadora industrial durante 2 min. Se pesaron cuatro porciones de 1 k de la pasta obtenida y se colocaron en recipientes separados, en donde se aplicaron tratamientos para dar color. Para el teñido de la pasta se evaluó cáscara de caoba (10 %), flor de Jamaica (10 %) e hipoclorito de sodio comercial (1 %).

El papel se elaboró colocando agua en un recipiente al cual se adicionó la pasta y se dispersó de forma homogénea. Utilizando un bastidor de 20 cm x 40 cm, cubierto con maya mosquitera de metal, se atrapó la fibra contenida dentro del recipiente hasta formar una lámina homogénea (Figura 3). Finalmente se deshidrató al sol hasta obtener papel seco en láminas.

Figura 3. Elaboración de papel a partir de pasta del pseudotallo de plátano.



e) *Elaboración de recipientes compostables.* Para la elaboración de platos, macetas y máscaras compostables, se realizó el mismo procedimiento utilizado en la elaboración de papel, hasta obtener la pasta. Para proporcionar firmeza a la pasta de fibra se diseñó un bio pegamento a base de fécula de maíz, elaborado con 300 ml de agua más 10 % de fécula de maíz y 10 % de vinagre como conservador; la mezcla se agitó hasta homogeneizar los ingredientes, luego se sometió a fuego lento hasta alcanzar un cambio de blanco a transparente. Por cada kilo de fibra seca se adicionó 20 % de bio pegamento y se mezcló mediante amasado manual; la pasta se moldeó en los diferentes recipientes, a los cuales se les colocó papel o plástico para facilitar el desmoldado (Figura 4).

Figura 14. Moldeado de bio envases y artesanías.



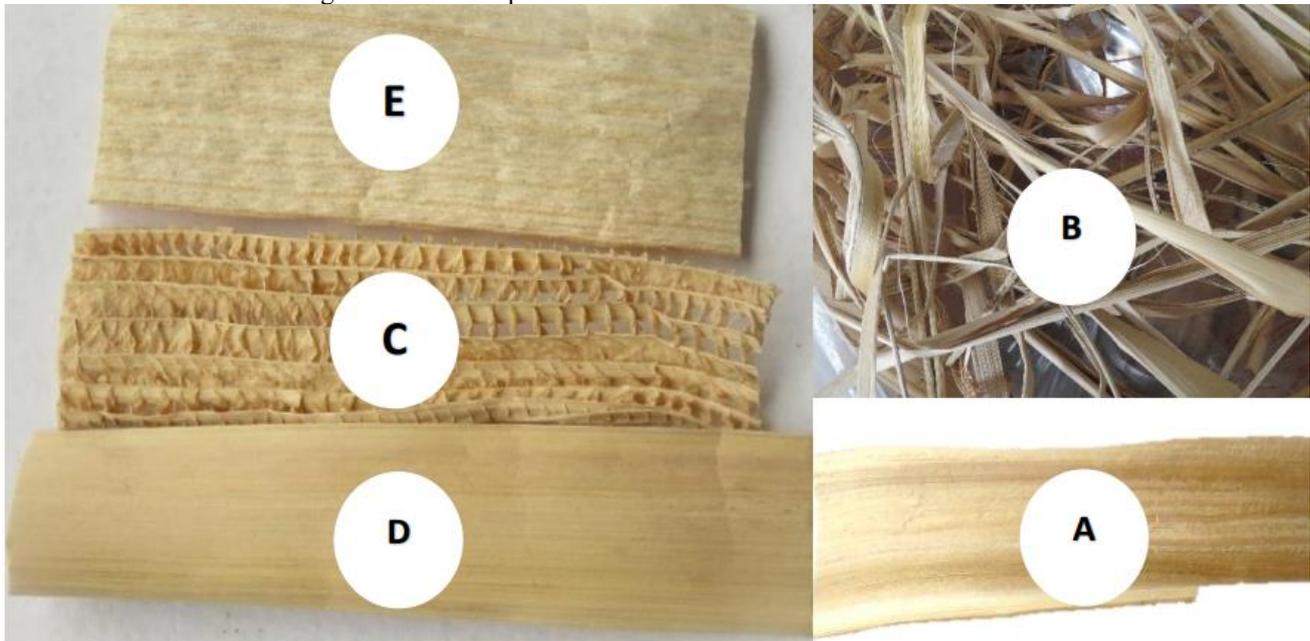
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El aprovechamiento de subproductos del cultivo de plátano es una oportunidad para contribuir al desarrollo sustentable al aportar valor a los productos elaborados mediante fibras naturales. El objetivo de este trabajo es presentar alternativas sustentables de procesamiento del pseudotallo y raquis de la platanera; proporcionar herramientas que permitan a los artesanos la elaboración de artesanías, papel, empaques y envases compostables que permitan agregar valor, cuidar el medio ambiente e impulsar el desarrollo de comunidades sustentables.

a) *Secado.* Se evaluaron dos métodos de secado, deshidratado solar y secado en estufa; se obtuvieron cinco tipos de fibra. Con el deshidratado solar, durante los días soleados el tiempo de secado

de las capas delgadas y flexibles fue de uno a dos días, mientras que las fibras gruesas, de 3 a 5 días (D, A y B), como se observa en la Figura 5.]

Figura 5. Fibras de pseudotallo obtenidas con deshidratación solar.



Las fibras secas obtenidas durante los días calurosos presentaron un color café claro. En éstos días se alcanzaron temperaturas alrededor de 48 °C en el interior de la fibra, con una humedad relativa de 72-96 %. Las fibras deshidratadas en los días con sol y lluvias tardaron en secarse de 7 a 8 días presentando un color café oscuro y manchas de hongos en más del 30 % del material. De acuerdo con Abad *et al.* (2012) indican que es posible eliminar las manchas de hongos con una solución de cloro al 10 %, las manchas se eliminan. Sin embargo, no se recomienda usar en materiales con más del 30 % de manchas, ya que al aplicarlo se observó que la fibra pierde su brillo y es más difícil eliminar las manchas.

En cuanto al secado en el horno, no se obtuvieron resultados favorables con éste método en ninguno de los cinco tipos de fibras. Las capas más delgadas (la fibra tipo malla y seda) se secaron después de media hora, no obstante, las características de flexibilidad no fueron adecuadas, ya que se quebraban al momento de manipularlas durante los dobleces para elaborar las artesanías; estos resultados son similares a los trabajos de secado realizados por Artesanías de Colombia S. A. (2008). No obstante, se aporta el dato de temperatura de 45 °C como inadecuada para el secado. En cuanto a las otras fibras de mayor grosor, empezaron a deshidratarse de las orillas a partir de dos horas; se tornaron quebradizas al momento de presionar con los dedos. También se observó cambio de tono de color de las fibras tornándose de color café oscuro, efecto relacionado probablemente con la caramelización de los azúcares o de pardeamiento enzimático (Belén-Camacho *et al.*, 2007).

Los resultados obtenidos en ambas técnicas de secado indican la importancia de este paso durante el proceso para obtener fibras con características adecuadas para la elaboración de artesanías tanto en color y flexibilidad; siendo la deshidratación solar la técnica que permite obtener fibras con las mejores características para la elaboración de artesanía; no obstante, su desventaja radica en su temporalidad, siendo los meses de enero a agosto los más adecuados, en tanto que los restantes no se recomiendan debido a los problemas de aparición de hongos. Sin embargo, las pruebas realizadas indican que es posible secar las fibras, pero se debe evitar que se mojen con el agua de la lluvia.

Para evitar los inconvenientes de los meses lluviosos, se recomienda secar fibra durante los meses soleados y almacenarlas en bolsas cerradas en un lugar seco. Si se requiere, se recomienda construir secadores solares para realizar secado en los meses con lluvias, tal como lo realizan grupos de trabajo en otros países.

b) *Tinción*. Em la tinción realizada con cáscara de caoba se evaluaron tres tratamientos, siendo el mejor, en relación al tiempo el tratamiento consistente de agua caliente a $90^{\circ}\text{C} + 10\%$ de cáscara de caoba seca; donde se obtuvo un tiempo de tinturado de 24 h, a diferencia de las sumergidas en agua fría que tardaron 48 h. Sin embargo, después de 36 horas los tres tratamientos aportaron color a la fibra, en tonalidades visualmente similares. Se observó que entre más tiempo tarden las fibras sumergidas, el color se intensifica. Cabe aclarar que sólo las fibras más delgadas tipos malla y seda, presentaron coloración homogénea más intensa; a diferencia de las fibras duras, las cuales solo en las orillas lograron tinturarse. Posteriormente se tinturó fibra tipo maya para elaborar artesanías, la cual estuvo e observación durante un año, periodo en el cual el color permaneció visualmente constante.

Los resultados obtenidos indican que la cáscara de caoba es un material vegetal tintóreo adecuado para teñir la fibra de plátano tipo maya y seda, cuyo color permanece por tiempo prolongado; lo cual justifica su uso para teñir materiales con texturas rústicas. Las fibras tinturadas con betabel y jamaica no lograron tinturar de forma permanente la fibra. Aunque luego de 24 horas ambas aportaron color a la fibra húmeda.

Las fibras de la capa superior (duras) cuando estaban húmedas dieron la apariencia de tinturarse de forma homogénea, no sólo de los bordes como en el tinturado con cáscara de caoba. Aunque al secarse ambas proporcionaron un color semejante al palo de rosa, la fibra tinturada con betabel se decoloró luego de una semana; entre las causas de la decoloración se encuentran la falta de control de pH y la inestabilidad a la luz y el oxígeno. Se encontro que la estabilidad de estos colorantes depende directamente del pH, que va de 3 a 7, con un pH óptimo entre 4 y 5; además de ser inestables en presencia de luz y oxígeno (Antigo, 2018).

Así mismo la pérdida del color de la jamaica puede ser a causa del uso de altas temperaturas, ya que el aumento ocasiona la pérdida del azúcar glicosilante dando como resultado las chalconas que

son totalmente incoloras, además de la presencia de oxígeno y actividad de agua (Ordoñez y Saavedra, 2016).

c) *Obtención de papel.* Aunque inicialmente se consideró la elaboración de papel utilizando raquis y pseudotallo; la poca disponibilidad del raquis limitó su uso en los otros productos. Se obtuvo papel artesanal utilizando ambas fibras. El papel elaborado con pinzote resultó más rústico ya que las fibras son más gruesas y cortas que las del pseudotallo (Canche *et al.*, 2005). La Figura 6 muestra las láminas de papel obtenidas.

Figura 6. Papel artesanal obtenido del pseudotallo y raquis.



Aunque existen otros métodos que contribuyen a la obtención de papel con mejores características de textura, ello implica el uso de otros productos que no son amigables con el medio ambiente como el hidróxido de sodio, para eliminar hasta un 90 % de lignina. En el papel de raquis incluso se desprenden los pelillos de las fibras, al pasar el dedo por la superficie del papel. En el papel de pseudotallo, los pelillos no se desprenden y el papel puede doblarse sin dificultad a diferencia del papel de raquis que se quiebra al doblarlo.

Por otra parte, se logra tinturar la pasta de la fibra de plátano húmeda con extracto de betabel y flor de jamaica. Así mismo se blanqueó pasta utilizando el 10 % de cloro comercial. No obstante, durante el secado, los colorantes obtenidos de la jamaica y el betabel se perdieron, posiblemente debido a reacciones enzimáticas o consorcios de bacterias (Antigo, 2018). El material tintóreo que aportó color y permanencia tanto a la fibra húmeda como a la seca fue el extracto de la cáscara de caoba. En cuanto al blanqueado realizado con cloro, se logra obtener un papel de color amarillento.

d) *Artesanías y envases compostables*. Se elaboraron artesanías de pasta de papel y biopegamento, como una nueva técnica de aprovechamiento de fibras. Se obtuvieron macetas compostables y caretas empleadas en la Danza del Pochó, una danza de origen Maya realizada en el sureste de México, donde participan alrededor de 1,000 danzantes, durante varios días de carnaval; con esta alternativa se propone sustituir la madera para evitar la tala de árboles. Con esta alternativa se brindan los elementos del vestuario de los danzantes y se promueve la actividad cultural y turística del municipio. Estos elementos se muestran en la Figura 7.

Figura 7. Bio artesanías obtenidas del moldeado y secado al sol de la pasta para papel.



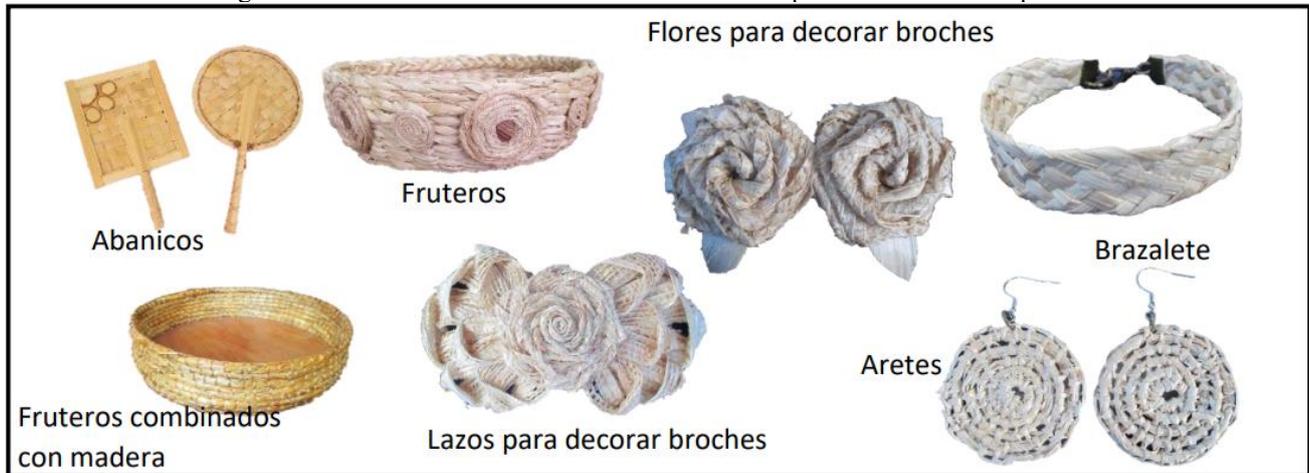
Mediante una técnica alternativa de moldeado y secado a sol de la pasta para papel se obtuvieron bioembalajes y platos biodegradables (Figura 8). Con esto se propone una alternativa de uso de la pulpa para papel obtenida a partir del mismo pseudotallo. Estudios posteriores pueden contribuir a consolidar una propuesta de biorecipientes y bioembalajes mediante el aprovechamiento de la fibra de plátano.

Figura 8. Bio embalajes y recipientes obtenidos por moldeado de pasta de fibra de plátano.



Por último, con los cinco tipos de fibras secas se elaboraron diversas artesanías (Figura 9), demostrando la versatilidad de la fibra de plátano para la elaboración de productos de forma artesanal.

Figura 9. Artesanías obtenidas con diversas técnicas aplicadas a la fibra de plátano



5 CONCLUSIONES

De la planta del plátano se obtienen fibras versátiles para la elaboración artesanal de diversos productos. Se encontró que se obtienen fibras de mejor característica de color y flexibilidad cuando se realiza secado al sol en los meses de enero a mayo, de la cual se pueden obtener diferentes tipos de fibra, dependiendo el uso final de las mismas. Los tiempos de secado varían de 2 a 4 días según el tipo de fibra. No se recomienda secar en temporada de lluvias, a menos que se evite que ésta se moje.

Con la fibra seca se obtuvieron diversas artesanías aplicando diferentes técnicas, incluso el tejido. Se elaboraron además recipientes compostables adicionando biopegamento al 20 % como apoyo a la disminución de plásticos en agricultura sustentable. Se encuentra además una nueva propuesta de aprovechamiento de la fibra, consistente en la elaboración de máscaras que promueven la cultura y el turismo de una región.

De los tres colorantes naturales utilizados en la fibra de plátano se encontró que el único material tintóreo que aportó color en tiempo más corto a la fibra de plátano fue la cáscara de caoba (*Swietenia macrohpyla*) en concentración de 10 %, por inmersión en agua a 90 °C con un tiempo de 24 horas, seguido de inmersión a temperatura ambiente durante 48 horas; demostrando que la fibra puede ser teñida con colorantes naturales específicos.

El uso de estas técnicas para el aprovechamiento de subproductos de la producción de plátano permitirá a artesanos locales contar con procesos que permitan mejorar su producción y aprovechar los subproductos del entorno siendo amigables con el medio ambiente, lo que repercutirá en el desarrollo de comunidades dedicadas a la elaboración de artesanías tradicionales al impulsar el valor agregado, la innovación y la disminución de desechos en la cadena productiva del cultivo de plátano.



REFERENCIAS

Abad Barahona, K. D., Mogrovejo Guerrero, X. D. y Rojas Zapata, F. (2012). Posibles Aplicaciones de la fibra del banano en el campo textil. Tesis de licenciatura, Universidad de AZUAY. <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/288/1/09102.pdf>

Álvarez Ríos, S. (2010). Gobierno de Canarias. Aprovechamiento de subproductos de la platanera para alimentación animal. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. Jornadas Biomusa. <https://www.icia.es/biomusa/es/jornadas-y-actividades/primeras-jornadas-de-transferencia-de-idi/19-de-octubre-de-2010-tercera-sesion/25-aprovechamiento-de-subproductos-sergio-alvarez/file>

Antigo, J. L. D., Bergamasco, R. D. C., y Madrona, G. S. (2018). Effect of ph on the stability of red beet extract (*Beta vulgaris* l.) microcapsules produced by spray drying or freeze drying. *Food Science and Technology*. 38(1):72-77. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.34316>

Armas-Ruiz, D., Ruiz-Galarza, S., Piován, M., Carrión-Matamoros, L. y Narváez-Muñoz, C. (2016). Caracterización de propiedades mecánicas de las fibras de banano de la corteza y el cuerpo del tallo. *Científica*. 20(1):21-31. <https://www.redalyc.org/journal/614/61447568003/61447568003.pdf>

Artesanías de Colombia S. A. (2008). Proyecto de mejoramiento en la calidad y certificación de productos de artesanos en 13 comunidades, ubicadas en los departamentos del Atlántico, Antioquia, Boyacá, Caldas, Cauca, Chocó, Santander, Sucre y Valle del Cauca. MN048-7 <http://www.artesantiasdecolombia.com.co/propiedadintelectual/comunidades/artesantias-colombia-tejeduria-aguadas-caldas.pdf>

Belén-Camacho, D. R., Román, J. C., García Pantaleón, D., Moreno-Álvarez, M. J., Medina Martínez, C. y Ojeda Escalona, C. E. (2007). Efecto del secado solar en los contenidos de humedad, carbohidratos, carotenoides totales e índice de peróxidos del mesocarpio de la palma coroba (*Attalea* spp.). *Interciencia*. 32(4):257-261. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442007000400010&lng=es&tlng=es.

Blasco López, G. y Gómez Montaña, F.G. (2014). Propiedades funcionales del plátano (*Musa* sp). *Revista Médica UV*. 14(2):23. <https://www.medigraphic.com/pdfs/veracruzana/muv-2014/muv142d.pdf>

Calle, E., Fernández, L., Godoy, T., Sempetegui H. y Patiño, M. (2014). Elaboración de papel a partir de fibras vegetales no maderables (pinzote de plátano). <https://es.scribd.com/document/427635506/Elaboracion-de-Papel-a-Partir-de-Fibras-Vegetales-No-Maderables>

Canché, E. G., De los Santos, H, J.M., Andrade, C. S. y Gómez, C. R. (2005). Obtención de celulosa a partir de los desechos agrícolas del banano. *Información tecnológica*. 16(1):83-88. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642005000100012>

Canto, C. B. B. y Castillo, A. G. (2011). Un mil usos del plátano. *La ciencia y el hombre*. 24(1). <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol24num1/articulos/platano/>

Chang, H., Luo, J., Gulgunje, P. V., & Kumar, S. (2017). Structural and functional fibers. *Annual Review of Materials Research*, 47, 331-359. Comisión Nacional Forestal (2013). *Sistemas Agroforestales Maderables en México*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/126296/Sistemas_agroforestales_maderables_en_Mexico.pdf



Cortés Vega, A. E. (2014). Elaboración de papel a base de residuos de banano. Tesis de licenciatura. Universidad Católica de Santiago Guayaquil. Ecuador. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1706/1/T-UCSG-PRE-ESP-CFI-7.pdf>

Ecocosas. (2017). Green Blade, el nuevo panel ético y exótico del caribe francés. <https://tendencias2009.wordpress.com/2017/05/05/green-blade-el-nuevo-panel-etico-y-exotico-del-caribe-frances/>

Flotats, S. (2015). Los tejidos del futuro se escriben en verde. De ITFASHION. <HTTP://WWW.ITFASHION.COM/MODA/ECOECO/LOS-TEJIDOS-DEL-FUTUROSEESCRIBEN-EN-VERDE/>

Gaitán, A., Fonthal, G. y Ariza, C. H. (2016). *Fabricación y propiedades físicas de aglomerados de Pennisetum purpureum Schum, Philodendron longirrhizum y Musa acuminata*. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 25(1):5-11. <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v25n1/rcta01116.pdf>

Gaona, Euclides D.E. (2015). Estudio de factibilidad para la elaboración y Comercialización de papel de fibra de banano. Tesis de maestrante. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Agrarias. Guayaquil, Ecuador. <https://repositorio.ug.edu.ec/items/08d9a970-07d3-43be-a08f-69618d21034a>

García, M., González, M., García, S., Mora, F., González, -E., y Martínez, D. (2013). El mercado del plátano (*Musa paradisiaca*) en México, 1971-2017. *Agrociencia*. 47(4). <http://www.redalyc.org/pdf/302/30226975008.pdf>

González, S., Reyes, A., Gutiérrez, Meráz, F. y Pacheco, V. (2016). Nanocelulosa obtenida de residuos agroindustriales del cultivo de plátano macho (*Musa paradisiaca* L). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 1(2):301-306. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/3/53.pdf>

González Velandia, K., Daza Rey, D., Caballero Amado, P. y Martínez González, C. (2016). Evaluación de las propiedades físicas y químicas de residuos sólidos orgánicos a emplearse en la elaboración de papel. *Revista Luna Azul*. (43), 499-517. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1909-24742016000200021&script=sci_abstract&tlng=es

Grisales, M. y Giraldo M. (2004). Empaques biodegradables a partir de fibra de plátano para Los productos agrícolas del departamento de caldas. Trabajo de grado. Universidad Nacional De Colombia. Sede Manizales. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/2675>

Guarnizo-Franco, A., Martínez-Yepes, P. y Pinzón-Bedoya, M. (2012). Azúcares del pseudotallo de plátano: una opción para la obtención de alcohol de segunda generación. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*. 10 (1):39-51. <https://www.redalyc.org/pdf/903/90326398009.pdf>

Linares, E.L., Galeano, G., García, N. y Figueroa, Y. (2008). Fibras vegetales utilizadas en artesanías en Colombia. Artesanías de Colombia S.A. Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 328 pp. https://www.researchgate.net/publication/279205047_Fibras_vegetales_usadas_en_artesantias_en_Colombia

Mazzeo M. M., León A. L., Mejía G, L., Guerrero M. L. y Diego B. J. (2010). Aprovechamiento industrial de residuos de cosecha y poscosecha del plátano en el Departamento de Caldas. *Revista Educación en Ingeniería*. (9):128-139.



Quinchia, F. y Uribe, C. (s.f). Aprovechamiento ambiental de residuos agroindustriales. <http://www.propiedadpublica.com.co/aprovechamiento-ambiental-deresiduos-agroindustriales/>

Rodríguez, L., Sarache, W. y Orrego, C. (2014). Compuestos de poliéster reforzados con fibra de plátano/banano (*Musa paradisiaca*) modificada químicamente. Comparación con fibra de vidrio y fique (*Furcraea andina*). *Información Tecnológica*. 25(5):27-34 DOI: 10.4067/S0718-07642014000500005

Sandoval, J. A. y Müller, L. (1999). Anatomía y morfología de la planta de banano *Musa* AAA. *Corbana*. 24(51):43-60. <https://www.musalit.org/viewPdf.php?file=IN020198.pdf&id=6554>

Saval, S. (2012). Aprovechamiento de residuos agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro. *BioTecnología*. 16(2):14. http://www.smbb.com.mx/revista/Revista_2012_2/Saval_Residuosagroindustriales.pdf

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2016). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Avance de Siembras y Cosechas. Resumen nacional por estado. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do

Sosa, A., Rivas, J., Mogollón, G., Gutiérrez, I. y Aguilera, A. (2010). Evaluación papelera del pseudotallo de plátano (*Musa paradisiaca*) en formulaciones con *Hevea brasiliensis*, *Eucalyptus urophylla* y *Pinus caribaea* var. *Hondurensis*. *Revista Forestal Venezolana*. 55(1):9-16. <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/33480/articulo1.pdf;jsessionid=98696D4731549C08E29B713755D4A5C4?sequence=1>

Ordóñez, Z. y Saavedra R. (2016). Extracción y uso del colorante natural de la flor de jamaica (*Hibiscus Sabdariffa*) como alternativa para la elaboración de salchicha y yogur. Tesis de licenciatura. Universidad de Cuenca. Ecuador. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/23488>

Padam, B. S., Tin H. S., Chye F. Y. y Abdullah M. I. (2014). Banana by-products: an under-utilized renewable food biomass with great potential. *J Food Sci Technol*. 51(12):3527-45. DOI: 10.1007/s13197-012-0861-2.

Vargas, S. y Martínez, Y. (2015). Algunas características fisicoquímicas del jugo del pseudotallo de plátano dominico hartón. *Revista de Ciencias*. 17(01). <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/8792>