



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

**FACULTAD DE CIENCIAS DEL MEDIO
AMBIENTE**

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIODIVERSIDAD Y RECURSOS GENÉTICOS

TEMA:

CATÁLOGO DE USO DE LOS RESIDUOS DE LA PLANTA DE BANANO, ECONOMIA CIRCULAR Y SU POTENCIAL EN EL CAMBIO DE LA INDUSTRIABANANERA EN EL ECUADOR

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero en Biodiversidad y Recursos Genéticos

Autor(a)

Moisés Pool Segarra Jiménez

Tutor(a)

PhD. Ibon Tobes Sesma

QUITO – ECUADOR

2022

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL
TRABAJO DE TÍTULACIÓN**

Yo, Moisés Pool Segarra Jiménez declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “CATÁLOGO DE USO DE LOS RESIDUOS DE LA PLANTA DE BANANO, ECONOMIA CIRCULAR Y SU POTENCIAL EN EL CAMBIO DE LA INDUSTRIABANANERA EN EL ECUADOR”, como requisito para optar al grado de Ingeniero en Biodiversidad y Recursos Genéticos y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 25 días del mes de febrero de 2022, firmo conforme:

Autor: Moisés Pool Segarra Jiménez

Firma: 

Número de Cédula: 1719878843

Dirección: Pichincha, Quito, Tumbaco, Rumihuaico.

Correo Electrónico: moises.segarra.jimenez@hotmail.com

Teléfono: 0986335755

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “CATÁLOGO DE USO DE LOS RESIDUOS DE LA PLANTA DE BANANO, ECONOMIA CIRCULAR Y SU POTENCIAL EN EL CAMBIO DE LA INDUSTRIABANANERA EN EL ECUADOR” presentado por Moisés Pool Segarra Jiménez, para optar por el Título Ingeniero en Biodiversidad y Recursos Genéticos.

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, 25 de febrero del 2022



Firmado electrónicamente por:
IBON TOBES SESMA

.....

PhD. Ibón Tobes Sesma

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de CATÁLOGO DE USO DE LOS RESIDUOS DE LA PLANTA DE BANANO, ECONOMIA CIRCULAR Y SU POTENCIAL EN EL CAMBIO DE LA INDUSTRIA BANANERA EN EL ECUADOR, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 25 de febrero del 2022



Moisés Pool
Segarra Jiménez
1719878843

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema CATÁLOGO DE USO DE LOS RESIDUOS DE LA PLANTA DE BANANO, ECONOMIA CIRCULAR Y SU POTENCIAL EN EL CAMBIO DE LA INDUSTRIA BANANERA EN EL ECUADOR, previo a la obtención del Título de Ingeniería en Biodiversidad y Recursos Genéticos, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Quito, 25 de febrero de 2022



Firmado electrónicamente por:
IBON TOBES SESMA

.....
PhD. Ibon Tobes
TUTOR

**ZAYDA
JACQUELINE
LOZANO HARO**

Firmado digitalmente por
ZAYDA JACQUELINE LOZANO
HARO
Fecha: 2022.04.08 13:51:03
-05'00'

.....
PhD. Zayda Lozano
LECTOR



Firmado electrónicamente por:
**SANTIAGO
PATRICIO
BONILLA BEDOYA**

.....
PhD. Santiago Bonilla
LECTOR

DEDICATORIA

A Pool Segarra y Belén Jiménez por aconsejarme y expandir mi imaginación para desarrollar un tema de investigación. A mis consejeros y tutores Ibón Tobes y Patricia Salermo quienes me dieron las pautas y alientos para continuar con la investigación.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Tecnológica Indoamérica por abrir y tecnificar el conocimiento además de darme las herramientas para ejercer mi vocación. Agradezco a mi patria por hacerme consciente de las divergentes realidades y en base a esto poder ofrecer soluciones para la sociedad. Agradezco a mi familia, amigos, conocidos y colegas por ser parte de mi descubrimiento como profesional y como persona. Finalmente agradezco a la naturaleza que ha sido el motor y motivación para hacer de mi vocación una misión “Conservar, preservar y cuidar la vida en todas sus formas en la Tierra”.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
AUTORIZACIÓN PARA EL REPOSITORIO DIGITAL	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	iv
APROBACIÓN TRIBUNAL	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS	x
ÍNDICE DE IMÁGENES	x
RESUMEN EJECUTIVO	xii
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO II: MÉTODOS	6
Diseño del estudio	6
Área de estudio	7
Hábitat y población	8
Tamaño muestral	10

Análisis espacial.....	11
Metaanálisis.....	13
Muestreo in situ.....	14
Metaanálisis.....	15
Análisis de datos	16
CAPÍTULO III: RESULTADOS	18
Cálculo de la biomasa	18
Desarrollo del catálogo de productos.....	22
CAPÍTULO IV DISCUSIÓN.....	37
Estimación de la biomasa.....	37
Esquema de economía circular para los productos	41
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
Conclusiones	54
Recomendaciones.....	56
LITERATURA CITADA.....	57
ANEXOS	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Superficie en hectáreas de los cultivos de banano y plátano en el Ecuador continental	18
Tabla 2. Parámetros del grafico de cajas y bigotes del número de plantas por hectárea de banano y plátano en el Ecuador.....	19
Tabla 3. Parámetros del grafico de cajas y bigotes del peso en kilogramos de las plantas a nivel a nacional.....	21

Tabla 4. Cálculo de la biomasa de las plantas de la actividad bananera en el Ecuador .	22
Tabla 5. Representación del desarrollo fenológico por fase de una planta de banano y su retoño.....	23
Tabla 6. Esquema cuna a la tumba de economía para la producción y consumo de productos con un modelo de economía circular	26
Tabla 7. Costos referenciales en equipos y materiales en el Ecuador para iniciar una fábrica artesanal de utensilios desechables de bioplástico del tallo del banano cavendish	29
Tabla 8. Costos referenciales en equipos y materiales en el Ecuador para iniciar una fábrica artesanal de astilla de raquis de banano cavendish	32
Tabla 9. Costos referenciales en equipos y materiales en el Ecuador para iniciar una fábrica artesanal de papel tapiz del corazón del tallo del banano cavendish.....	35
Tabla 10. Comparativa de rendimiento y demanda de productos no sostenibles y productos sostenibles a partir de los desechos de la actividad bananera en el Ecuador..	41

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1. Gráfico de cajas y bigotes, distribución de los datos del número de plantas por hectárea de banano y plátano en el Ecuador.....	19
Figura 2. Gráfico de cajas y bigotes ilustra la distribución de los datos del peso en kilogramos de plantas de banano y plátano en el Ecuador	20

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Mapa uso del suelo y superficie de cobertura vegetal del banano y plátano...8	8
Imagen 2. Formula de tamaño de muestra finita	11
Imagen 3. Ortofotos tomadas por drones y muestreadas en número de plantas por superficie delimitada.....	12

Imagen 4. Fotografía satelital de alta resolución delimitadas aleatoriamente en parcelas cuadradas de una hectárea para el muestreo del número de plantas por hectárea	13
Imagen 5. Pesado de plantas de banano mediante el uso de báscula colgada de 100kg de capacidad	15
Imagen 6. Representación del desarrollo fenológico por fase de una planta de banano y su retoño	16
Imagen 7. Esquema cuna a la tumba de economía para la producción y consumo de productos con un modelo de economía circular	17
Imagen 8. Prototipo de plato hecho de hojas de banano.....	18
Imagen 9. Infografía del proceso de fabricación de platos desechables a partir de las hojas de banano.....	24
Imagen 10. Funda de papel cartón diseñada por la empresa Libertejidos	26
Imagen 11. Infografía del proceso de fabricación de fundas de papel a partir de los tallos de la planta de plátano barraganete.....	27
Imagen 12. Utensilios alimenticios desechables de bioplástico de tallo de banano.....	29
Imagen 13. Infografía del proceso de fabricación de Utensilios de bioplástico del corazón del tallo del banano Cavendish.....	31
Imagen 14. Concreto hidráulico fabricado con 0,7% de fibra de vástago de banano cavendish	32
Imagen 15. Infografía del proceso de fabricación fibra de vástago de banano Cavendish para fabricar concreto hidráulico para carreteras	33
Imagen 16. Papel tapiz del tallo del banano cavendish generado por la empresa Ecobanana.....	35
Imagen 17. Infografía del proceso de fabricación de papel tapiz a partir del corazón del tallo del banano cavendish.....	36

RESUMEN EJECUTIVO

El Ecuador es el principal exportador de banano del mundo, esta diligencia genera gran cantidad de desechos orgánicos ya que solo se aprovecha el racimo de fruta. Estos residuos pueden convertirse en productos ambientalmente sostenibles que replacen a materiales contaminantes. La presente investigación estimó la biomasa de los residuos de esta actividad a nivel nacional para determinar cuántos de estos estaban disponibles para fabricar productos con estas materias primas. A partir de este punto se elaboró un catálogo de productos como una guía técnica para futuros bioemprendimientos. Se encontró que cada 9 meses, se producen más de 40 millones de toneladas métricas de residuos, los cuales se pueden utilizar para fabricar: platos desechables, bioplásticos para utensilios alimenticios, fundas de papel cartón, fibras para cemento hidráulico y papel tapiz. Todos ellos productos biodegradables generados con un esquema de economía circular que podrían ayudar, al país más biodiverso por área, en convertirse en un país con industria sostenible y a su vez producir nuevas fuentes de empleo.

Palabras clave: Economía circular, Residuos agrícolas, Biomasa, Actividad bananera y Biodegradabilidad.

ABSTRACT

Ecuador is the leading exporter of bananas globally; this diligence generates a large amount of organic waste since only the fruit bunch is used. These residues can be converted into sustainable environmental products that replace polluting materials. This investigation estimated the biomass of the residues of this activity at the national level to determine how many of these were available to manufacture products with these raw materials. It was found that every nine months, more than 40 million metric tons of waste are produced, which can be

used to manufacture: disposable plates, bioplastics for food utensils, cardboard covers, fibres for hydraulic cement and wallpaper. From this point, a product catalogue was developed as a technical guide for future bio-enterprises. All of the biodegradable products generated with a circular economy scheme could help the most biodiverse country by area become a country with sustainable industry and, in turn, produce new sources of employment.

Keywords: Circular economy, Agricultural residues, Biomass, Banana activity and Biodegradability

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Nos encontramos en lo que podría ser la sexta extinción masiva que ha experimentado la Tierra. Aunque la extinción es un fenómeno que sucede cíclicamente en la Tierra desde el inicio de la vida hace aproximadamente 3.8 millones de años, esta ha sido muy acelerada en las últimas décadas. Se ha registrado una tasa de extinción 100 veces mayor a lo normal desde el siglo XX, lo que coincide con el aumento de la población humana y la aceleración del consumo de productos provenientes de los combustibles fósiles (Naranjo y Ruiz, 2016).

Si convertimos los 4.5 mil millones de años, que es la edad de la Tierra, en un año y luego la comparamos con la aparición del *Homo sapiens* esta sería el último segundo del último día del último mes del año. Sin embargo, el joven legado de esta particular especie será una capa de basura en la biosfera que se convierte en sustrato geológico por su perdurabilidad e imposibilidad de ser asimilada por los ciclos biológicos y bioquímicos. Este impacto diferencia a la especie humana de las 8.7 millones de especies que se han descubierto actualmente y los billones que han existido desde el comienzo de la Tierra. (Grasse y Goldsmith, 2004).

El principal problema asociado a la basura, a primera vista, es la contaminación de los ecosistemas, que representa la cuarta causa de la pérdida de la biodiversidad a nivel mundial (Capdevila, Zilletti y Suárez, 2013). Sin embargo, la problemática de la basura no solo recae en como ésta se acumula en los ecosistemas, sino además en cómo es la cadena de producción de los bienes y servicios. Esto representa una fuerza que está llevando a la Tierra a presentar problemas como la pérdida de biodiversidad, contaminación y cambio climático (Cerdá y Khalilova, 2016).

El ciclo de producción de las empresas extrae materias primas que se fabrican en

productos que luego se desechan sin tener en cuenta la huella ecológica y sus consecuencias en el medio ambiente. A esta forma de generar productos y de obtener ganancias en las empresas se le llama Economía lineal, la cual utiliza energía, genera residuos y libera gases de efecto invernadero en cada una de sus etapas. Los productos generados con esta ideología no han sido pensados para que sus materias primas sean recicladas ni mucho menos reutilizadas. Esta dinámica presenta graves problemáticas ambientales ya que se extraen recursos indiscriminadamente en un planeta de recursos limitados y se producen desechos nocivos para el medio ambiente de forma masiva (Porcelli y Martínez, 2018).

Más allá de la Economía lineal, existen estrategias como las tres erres del reciclaje (reducir, reutilizar y reciclar) que ofrecen soluciones. Sin embargo, estas no son suficientes para menguar esta problemática, puesto que existen pocas plantas de reciclaje y se estima que solo 30% de la basura a nivel mundial se recicla (Maldonado, 2020). Además, reciclar también utiliza gran cantidad de energía y recursos para su procesamiento, ya que la basura no ha sido pensada para ser reciclada o reutilizada, en nuevos productos. Puesto que la humanidad no está dispuesta a decrecer el desarrollo, después de tantas décadas de innovación tecnológica, es necesario un nuevo modelo de producción y consumo para alcanzar la sostenibilidad. En la actualidad se habla mucho de una nueva forma en la cual economistas y ambientalista se pueden entender y obtener beneficios mutuos, a este sistema se le llama Economía circular (Falappa, Vazquez y Bohm, 2019).

La economía circular es un modelo de producción y consumo en el que se aplican acciones clave como el innovar, compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales y productos existentes, tantas veces como sea posible para crear un valor añadido. En otras palabras, la cadena de producción en todas sus etapas busca formas de obtener mayor

cantidad de ingresos y reducir el uso de recursos; de esta forma el ciclo de vida de los productos se extiende (Sandoval, Jaca y Ormazabal, 2017).

A pesar de que los hidrocarburos como el petróleo son cada vez más escasos, costosos de extraer y de peor calidad, gran parte de las materias primas, como los plásticos, provienen de estos y su uso está ampliamente extendido en la industria (Acosta, 2011). La problemática de los productos provenientes de los hidrocarburos es que no son biodegradables y por eso permanecen desde meses hasta siglos en los ecosistemas. Esta problemática es aún más preocupante cuando consideramos que aproximadamente un 70% de la basura mundial son plásticos y un 50% de este porcentaje son productos desechables de un solo uso como botellas y envases (Grasse y Goldsmith, 2004).

Existen alternativas que han tratado de innovar las materias primas buscando obtener productos de orígenes vegetales que repliquen las características de las materias primas provenientes de hidrocarburos, pero siendo biodegradables. Sin embargo, muchas de estas alternativas tenían impactos ambientales y sociales más serios que los hidrocarburos, ya que estos bioplásticos y biocombustibles provienen de la agricultura. Esto no solo ponía en riesgo la seguridad alimentaria, ya que se cultivaban campos para alimentar a las máquinas con los biocombustibles y generar materiales con los bioplásticos, sino que promovía la agricultura en monocultivo, una de las principales causas de pérdida de biodiversidad, deforestación, cambio climático y contaminación hídrica (Sánchez, 2021).

El ciclo de producción de otras materias primas biodegradables como el papel y el cartón también tienen altos impactos ambientales, ya que son de las industrias que más contaminan el agua y el aire. Esta dinámica se agudiza cuando consideramos que esta industria reemplaza los bosques nativos para sembrar monocultivos que luego son talados para

obtener los materiales de producción de estos productos. La situación es tan seria que, según Greenpeace, el 40% de la madera mundial talada para uso industrial se usa para fabricar papel. Cada año se pierden unos 15.000 millones de árboles y de continuar así, en 300 años habrán desaparecido por completo. (Martino, 2007).

Una dinámica parecida sucede en el sector productivo de la madera; sin embargo, éste suele tener impactos ambientales más focalizados, en determinadas especies maderables en los bosques más biodiversos de mundo, los bosques tropicales. A diferencia de la industria del papel y cartón, en la que las especies exóticas de los bosques tropicales no son muy apetecidas, en la industria maderera si lo son. Para producir productos de alta gama las maderas exóticas son muy usadas y esto es una de las grandes causas de deforestación en los bosques tropicales (Hartshorn, 2003).

Existen países en los cuales las materias primas biodegradables ya están siendo aplicados. Todos estos nuevos enfoques incluyen la economía circular como uno de los pilares fundamentales para el desarrollo sostenible. Ejemplos de este tipo de producción sostenible van desde empresas alemanas que producen platos desechables de hojas de plantas, hasta empresas chilenas que generan sofisticados bioplásticos de almidón (BSCI, 2018). El catálogo de productos generados con estos principios no termina allí; Costa Rica, Japón y Australia producen papel y cartón del Raquis de la planta de banano y Ecuador ya ha dado el primer en este tipo de industria produciendo varios productos provenientes de materias vegetales como sorbetes, platos, vasos, fundas, entre otros.

Aterrizando los siguientes antecedentes a una realidad local, nos preguntamos: ¿Existen potenciales subproductos de los residuos de la planta de banano que no son aprovechados, debido a la falta de conocimiento en biotecnología y biocomercio, los cuales

permitirían remplazar materiales no renovables y contaminantes generando ingresos y fuentes de trabajo adicionales para el Ecuador con el uso de industria sostenible y economía circular?

Para entender esas dinámicas podemos tomar la condición actual, en la que el Ecuador ya ha empezado a introducir productos innovando en el uso de materias primas biodegradables. Sin embargo, existe un déficit muy amplio de actividades como el reciclaje y reutilización de materiales. En el Ecuador, de las 375 mil toneladas de residuos sólidos urbanos que se producen cada año solo 4% se reciclan (Soliz, 2021). A pesar de esto, Ecuador sigue siendo un escenario con un amplio potencial para la aplicación de estos modelos de producción sostenible.

Primeramente, el Ecuador ocupa el primer lugar de países exportadores de banano, abasteciendo el 24,6% de las importaciones de fruta a nivel mundial. La actividad bananera, que representa el 35% del Producto Interno Bruto agrícola (PIB) del país, genera gran cantidad de desechos orgánicos ya que solo se aprovecha el racimo de fruta (PROEC, 2019). La principal variedad de la especie *Musa Paradisiaca* que se exporta y genera réditos económicos en el Ecuador es el Banano Cavendish. Existen variedades de la planta con distintos usos alimenticios y nombres comunes como banano, guineo, plátano verde, plátano maduro, orito, banano barraganete etc. La tendencia de solo aprovechar el racimo de fruta y cortar la planta postcosecha sucede con todas las variedades e híbridos de la planta que se cultivan en Ecuador. Como regla general del 70% al 80% de la biomasa de la planta se desperdicia al ser solo aprovechado el racimo. Por estos motivos se obvia un amplio potencial económico estratégico para el sector productivo Nacional, además de la posibilidad de generar industria sostenible ambiental y socialmente basada en el aprovechamiento de estos

residuos (Vidal *et al.*, 2001).

Los residuos orgánicos de las variedades de plantas de banano tienen un alto potencial de uso. Desde el tallo hasta las hojas, estos desechos pueden convertirse en materias primas útiles para el remplazo de materiales contaminantes como son los plásticos, papel, cartón, madera de origen forestal y fibras textiles. Estos subproductos de la industria del banano y todas sus variedades cultivadas podrían representar un aporte a la economía del país, funcionando como una alternativa de cambio de la matriz productiva extractivista a una en la que la industria de productos ambientalmente amigables ayude indirectamente a la conservación de la biodiversidad.

Debido a estos motivos el aporte de la presente investigación será (i) estimar la biomasa de los residuos de la actividad bananera en el Ecuador de pequeños, medianos y grandes productores. Según los resultados que se obtengan, se procederá a (ii) generar un catálogo de los posibles usos de los residuos de la planta de banano estableciendo los más promisorios para promover el cambio del sistema productivo en el país hacia la economía circular y el bioemprendimiento local. Toda esta información sienta las bases y aspira a ser una referencia técnica para futuros bioemprendimientos que apoyen a generar industria sostenible con el uso de la biodiversidad y la economía circular.

CAPÍTULO II: MÉTODOS

Diseño del estudio

Para validar la hipótesis de la presente investigación que sugiere que H) existen potenciales subproductos de los residuos de la planta de banano que no son aprovechados, debido a la falta de conocimiento en biotecnología y biocomercio, los cuales permitirían remplazar la producción y desecho de materiales no renovables y contaminantes; aportando

indirectamente a la conservación de la biodiversidad nacional además de generar ingresos y fuentes de trabajo adicionales.

Se plantearon las siguientes preguntas de investigación Pi) ¿Cuánta biomasa de los residuos de la actividad bananera del Ecuador está disponible para generar productos los cuales permitirían remplazar materiales no renovables; aportando indirectamente a la conservación de la biodiversidad nacional además de generar ingresos y fuentes de trabajo adicionales?

Pii) ¿Qué productos provenientes de los residuos de la actividad bananera a nivel nacional se podrían generar como una alternativa sostenible a materiales contaminantes como son los plásticos papel, cartón, madera, envases de una sola vida útil?

Ver resumen de la metodología (Anexo 1).

Pi) Estimación de la biomasa de los residuos de la actividad bananera en el Ecuador

Para responder a Pi) se estimó la biomasa de toda la población de plantas, de los grupos más representativos en cuanto superficie nacional cultivada (banano y plátano), de la especie *Musa paradisiaca*. Se calcularon tres variables. 1) Número de hectáreas de banano y plátano en el Ecuador. 2) Media del número de plantas de banano y plátano por hectárea en el Ecuador. 3) Peso medio en kilogramos de las plantas de banano y plátano en su " fase reproductiva"; la etapa de cosecha del racimo y auge de su biomasa.

Variable i) Número de hectáreas de banano y plátano en el Ecuador

Área de estudio

Se realizó un mapa temático, de la superficie en hectáreas de estos cultivos, con la información de uso actual y cobertura vegetal a escala 1: 25000 generado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería en el año 2015 (Imagen 1).

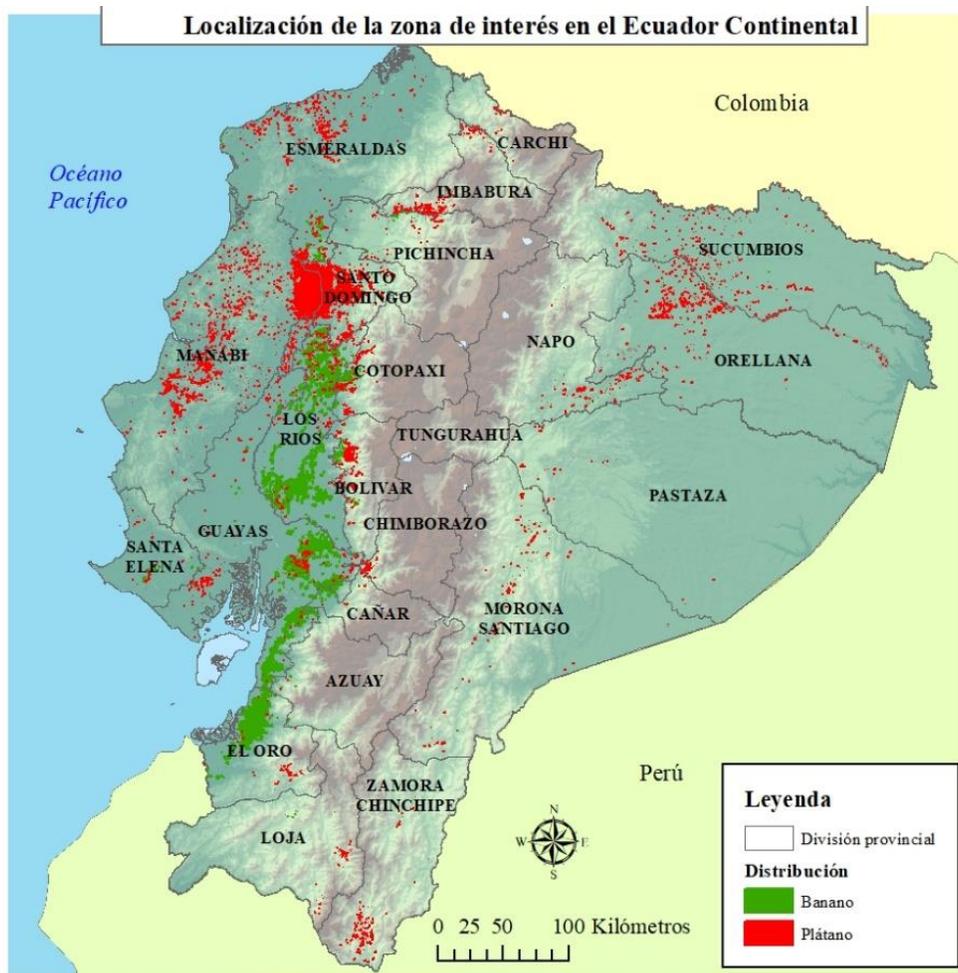


Imagen 1. Mapa uso del suelo y superficie de cobertura vegetal del banano y plátano generado con información del Ministerio de Ganadería MAG en el año de 2015, escala 1: 25 000. Elaboración Propia.

Hábitat y población

El banano es la fruta tropical más cultivada de mundo y es el tercer cultivo más importante después del arroz, el trigo y el maíz. La planta, de origen de indomalaya, se cultiva en más de 130 países. Aunque la mejor producción se da en latitudes de 15° al norte y sur del ecuador, es posible encontrar buenos rendimientos hasta los 30° (INTAGRI, 2018).

Las condiciones físicas adecuadas para su crecimiento son un clima cálido que fluctúe

entre los 20 y 30 grados centígrados, altitudes menores a los 2000 msnm y precipitaciones mensuales constantes de entre 120 y 200 mm. La planta suele crecer mejor en suelos con texturas francas y arenosos, arcillosos, arcilloso limoso y limosa, fértiles, permeables, profundos (1.2-1.5 m), bien drenados y ricos especialmente en materias nitrogenadas (López y Espinoza, 1995).

En el Ecuador la actividad bananera se realiza principalmente en la región costa con un 86% de la superficie total cultivada, seguida por la sierra con el 9.7% y finalmente por la Amazonía con solo el 4.3%. Las provincias que más se dedican a cultivar el banano son Los Ríos, El Oro y Guayas con el 33.1%, 27% y 25.9% de la superficie de banano cultivada respectivamente (INEC, 2020).

Aproximadamente el 0.92 % de la superficie terrestre continental ecuatoriana, es decir 261 445,8999 has, está ocupada por cultivos de banana y plátano entre pequeños, medianos y grandes productores (Tabla 1). A pesar de que existen más de 1000 variedades de la planta de banano *Musa paradisiaca* en el mundo, en Ecuador los dos grupos más significativos en cuanto a superficie plantada son los comúnmente llamados banano y plátano (ver Figura 1; MAG, 2020).

A nivel nacional el banano y plátano se diferencia por la forma en que se consume la fruta debido a sus características en su aspecto y sabor. El banano también conocido como guineo es más pequeño que el plátano y se consume sin ser cocinado. El plátano tiene un sabor menos dulce que el banano y su textura es un más arenosa; se consume cocinado ya sea cuando la fruta está verde o madura (Cardoso, Salinas y Moreno, 2016).

Según el registro del Ministerio de Agricultura y Ganadería, el 78% de los productores de banano y plátano son pequeñas empresas, los cuales sumados con los medianos

productores (de $>30 \leq 100$ hectáreas) representan el 95.6% de la producción. Por tanto, la producción del banano en el país gira principalmente en el ámbito de la economía familiar y la Economía Popular y Solidaria (EPS) (MAG, 2017).

Las inversiones en la industria relacionada (bienes y servicios necesarios para la producción de banano) dan trabajo a más de un millón de ecuatorianos y beneficia a más 2.5 millones de personas, lo cual representa el 6% de la población. A pesar de la importancia económica de esta actividad, según el informe del plan estratégico elaborado por la Corporación de Promoción de Exportaciones e Inversiones (CORPEI) existen muchos factores limitantes para que la actividad bananera siga expandiéndose en el Ecuador. Entre ellos están una infraestructura nacional precaria, un sistema jurídico complejo, la ausencia de conocimientos sobre los efectos ambientales de los sistemas actuales de producción y una mano de obra escasamente calificada (FAO, 2010).

Variable 2) Número medio de plantas de banano y plátano por hectárea en el Ecuador

Para obtener la siguiente variable se siguió el presente modelamiento que deriva de técnicas de sistemas de información geográfica para cobertura del suelo de ecosistemas agrícolas, para ello se siguieron los siguientes métodos (Aguilar, 2019; Baldini *et al.*, 2016; Mazzeo *et al.*, 2010).

Tamaño muestral

Se determinó el número de hectáreas que se tiene que muestrear para estimar la biomasa de los residuos de todas las hectáreas de plátano y banano del Ecuador. Se utilizó la siguiente fórmula estadística para tamaños de muestra finitos calculando los siguientes parámetros con el programa en Excel 2018.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Imagen 2. Formula de tamaño de muestra finita. Elaboración Propia

N=tamaño de la población universo (261 445 has)

Z=parámetros estadísticos según (nivel de confianza 95%) (1,96)

e=error de estimación máximo aceptado (5%)

p= probabilidad de que ocurra el evento (50%)

q=probabilidad de que no ocurra el evento (50%)

n= tamaño de muestra buscado (383,60 has)

Análisis espacial

A continuación de determinar el tamaño muestral, que fue de 383,6 hectáreas, se realizó un conteo manual utilizando el software ArcGIS versión 10.6. Se marcó cada planta con un punto para conocer la media del número de plantas de banano por hectárea en el Ecuador. Se emplearon dos métodos:

Delimitación de una superficie y conteo de plantas por superficie

Se usaron 2 ortofotos de alta resolución tomadas por drones y se digitalizaron los polígonos donde las fotografías tenían la resolución suficiente para muestrear cada planta con un punto. Se muestreó un total de 51.52 has de banano y plátano. Se utilizó la presente metodología para generar homogeneidad en la muestra puesto que dentro de los polígonos solo se encontraban los monocultivos de banano y plátano.

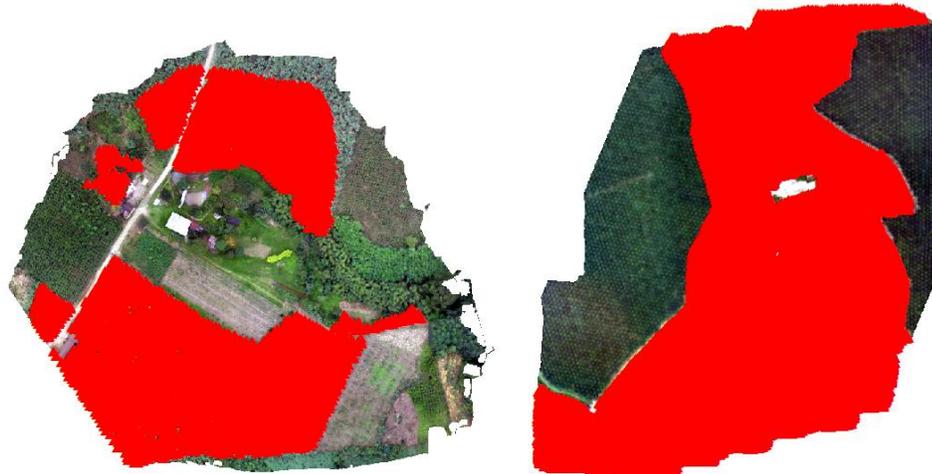


Imagen 3. Ortofotos tomadas por drones y muestreadas en número de plantas por superficie delimitada. Ambas imágenes pertenecen a la región costa ecuatoriana. La imagen de la izquierda tiene una superficie delimitada de 5,86 hectareas de plátano en la provincia de Guayas parroquia Naranjal. La imagen de la derecha posee una superficie de 45,66 hectáreas de banano en la provincia de los Rios en el Sector Milagro en parroquia de Quevedo. Elaboración Propia

Delimitación de parcelas de 1 hectárea y conteo de plantas por superficie

Se utilizó una fotografía satelital de alta resolución, con superficie de 1610 hectáreas, de la cual se muestrearon un total de 10 parcelas aleatoriamente localizadas. Las parcelas son de forma cuadrada y de una hectárea cada una. Este método se implementó para tener mayor heterogeneidad en la muestra puesto que dentro de cada parcela aleatoriamente localizada los cultivos se manejaban en densidades distintas, según la altitud, relieve, forma de cultivo e infraestructura.



Imagen 4. Fotografía satelital de alta resolución delimitadas aleatoriamente en parcelas cuadradas de una hectárea para el muestreo del número de plantas por hectárea. La fotografía de 1610 has está ubicada en la provincia de Imbabura en la parroquia de Carolina en la región sierra y costa ecuatoriana. Elaboración propia.

Metaanálisis

La información de la media del número de plantas por hectárea que arroje el conteo manual mediante el uso de “ArcGIS 10.6”, de ambos métodos, fue promediada con los resultados de más de 3 investigaciones a nivel local que estiman el número de plantas por hectárea. De esta manera se redujo el error y se ajustaron los datos a la realidad nacional. Finalmente, los datos se modelaron con el uso de gráficos de cajas y bigotes en los cuales se obtuvo la media de número de plantas por hectáreas de banano y plátano en el Ecuador. Se utilizó el Software R studio versión 4.0.3 (Vargas et al., 2017, INTAGRI, 2018, MAG, 2013).

Variable 3) peso medio en kilogramos de las plantas de banano y plátano en su fase reproductiva

Muestreo in situ

Se realizó un muestreo *insitu* entre el 15 y el 17 de Enero de 2022, en tres localidades i) Provincia de Manabí, cantón Jama, sector El Pimiento, ruta del Spondylus ii) Provincia de Esmeraldas, cantón La Concordia, vía Villegas entre Monterrey y Boca de Chilla iii) Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, cantón Santo Domingo de los Colorados, Vía Troncal de la Costa kilómetro 10 entre Santo Domingo de los Colorados y Toachi.

Debido al presupuesto limitado en todos los sectores se pesaron un total de 10 plantas, 5 de banano Cavendish y 5 de plátano barraganete en su etapa de auge de biomasa es decir su “Fase reproductiva”; cuando produce el racimo. Las plantas fueron cortadas con un machete en la base y luego trozadas en segmentos lo suficientemente livianos como para ser levantados manualmente. Se utilizó una báscula de peso colgado para determinar el peso de cada segmento y luego sumarlo para obtener el peso total de cada planta. (Figura 4).



Imagen 5. Pesado de plantas de banano mediante el uso de báscula colgada de 100kg de capacidad.

Metaanálisis

Para reducir el error del peso medio de las plantas de banano y plátano en el Ecuador se hizo una búsqueda de literatura y así obtener información teórica. La información obtenida en el campo se promedió con la información encontrada en la literatura. Los datos promediados generaron un nuevo set de datos de los cuales se calculó la media. Se utilizó el Programa R studio versión 4.0.3 para modelar los datos en gráficos de cajas y bigotes. (Soto, 2014, INTAGRI, 2018, Torres, 2019).

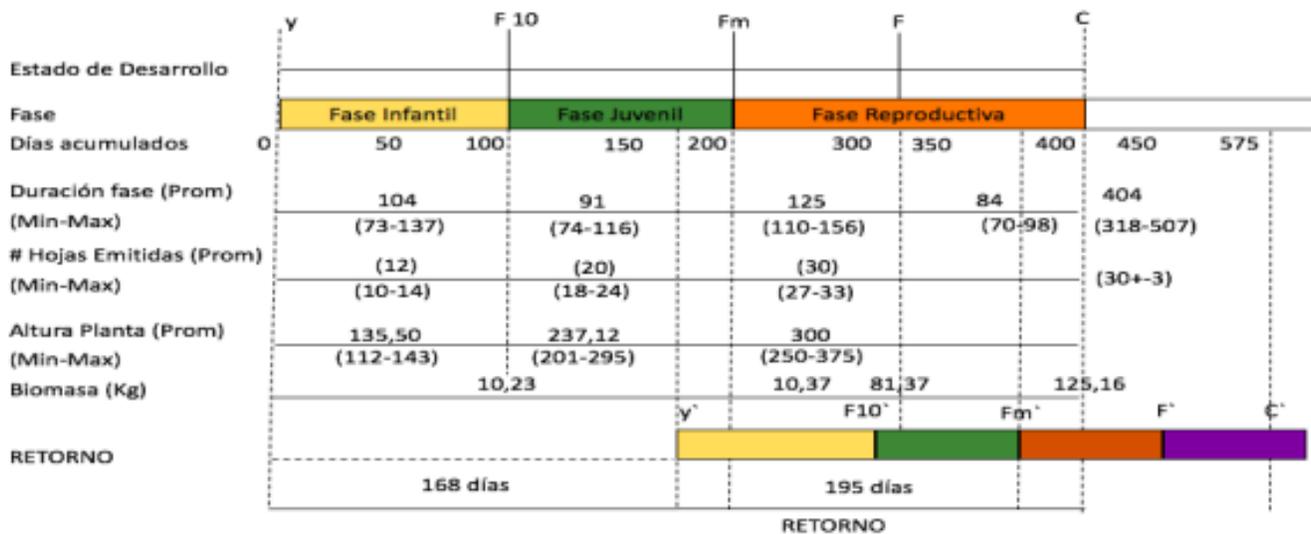


Imagen 6. Representación del desarrollo fenológico por fase de una planta de banano y su retoño.

Fuente: Soto, 2014.

Análisis de datos

Después de obtener las tres variables se realizó la siguiente operación para determinar 1) la cantidad de biomasa que genera la actividad bananera del Ecuador 2) cuanta de esa biomasa son residuos que están disponibles para generar industria sostenible que permitiría remplazar materiales no renovables con el uso de la economía.

*(Total de has de banano y plátano en el Ecuador) *(Media del N° de plantas de banano y plátano por hectárea) *(la media del peso por planta de banano y plátano en su fase reproductiva)*

Pii) Desarrollo del catálogo de productos provenientes de los residuos de la actividad bananera

1) En respuesta a Pii) se realizó una profunda búsqueda de literatura en internet de con el objetivo de determinar los productos que se pueden generar a base de los residuos de la actividad bananera. Para adaptar el catálogo de productos a las necesidades de desarrollo

sostenible, innovación de productos amigables con el medio ambiente en el Ecuador; se aplicaron los siguientes criterios clave.

- 2) Economía circular: Todos los productos se diseñaron con un esquema de desarrollo sostenible y economía circular que sumen valor agregado a la actividad bananera sin poner en riesgo la seguridad alimentaria del Ecuador.
- 3) Se utilizó el Siguiendo esquema para discutir la información.



Imagen 7. Esquema cuna a la tumba de economía para la producción y consumo de productos con un modelo de economía circular. Fuente:

<https://www.google.com/search?q=esquema+econom%C3%ADa+circular&sxsrf=AOaemvICOqnoUIWOaZmBfndShqeTDhHoUw:1642029273455>

- 4) Innovación de materias primas biodegradables: Para que los productos a base de los residuos de la actividad bananera puedan competir con materiales contaminantes como plásticos, envases de una sola vida útil, papel, cartón y materias primas de construcción; se realizó una extensa búsqueda de tecnología sencilla, de bajo coste de aplicación y bajo impacto ambiental como una guía y referencia técnica para futuros bioemprendimientos.
- 5) Alternativa económica local y soberanía económica: Puesto que la mayor cantidad de

banano y plátano que se produce proviene de pequeñas y medianas empresas el esquema productivo en el que se enfocará el catálogo será basado en plantaciones no mayores a las 30 hectáreas y con un manejo comunitario.

6) Divulgación científica: El proceso de fabricación de los productos se presentará de forma esquemática en infográfica para que sea de fácil entendimiento para el público común.

CAPITULO III: RESULTADOS

Pi) Estimación de la biomasa de los residuos de la actividad bananera en el Ecuador

Variable 1) número de hectáreas de banano y plátano en el Ecuador continental

Una vez elaborado el mapa temático de la cobertura de suelos de la actividad bananera en el Ecuador se obtuvo siguiente el número de hectáreas para las variedades de banano y plátano (Tabla 1).

Tabla 1

Superficie en hectáreas de los cultivos de banano y plátano en el Ecuador continental.

Polígono	Cobertura	Superficie en hectáreas
 Banano		181 581,18 has
 Plátano		79 864, 72 has
Total		261 445, 90has

La Tabla 1 ilustra el tipo de cobertura de suelo y la superficie en hectáreas de banano y plátano en el Ecuador continental (MAG, 2015).

Variable 2) número de plantas de banano y plátano por hectárea en el Ecuador

El análisis espacial muestra la siguiente distribución de datos tras calcular el número de plantas por hectárea en el Ecuador con tres metodologías i) Número de plantas por superficie delimitada ii) Número de plantas por parcelas de una hectárea iii) Número de

plantas por hectárea según la literatura (Figura 1).

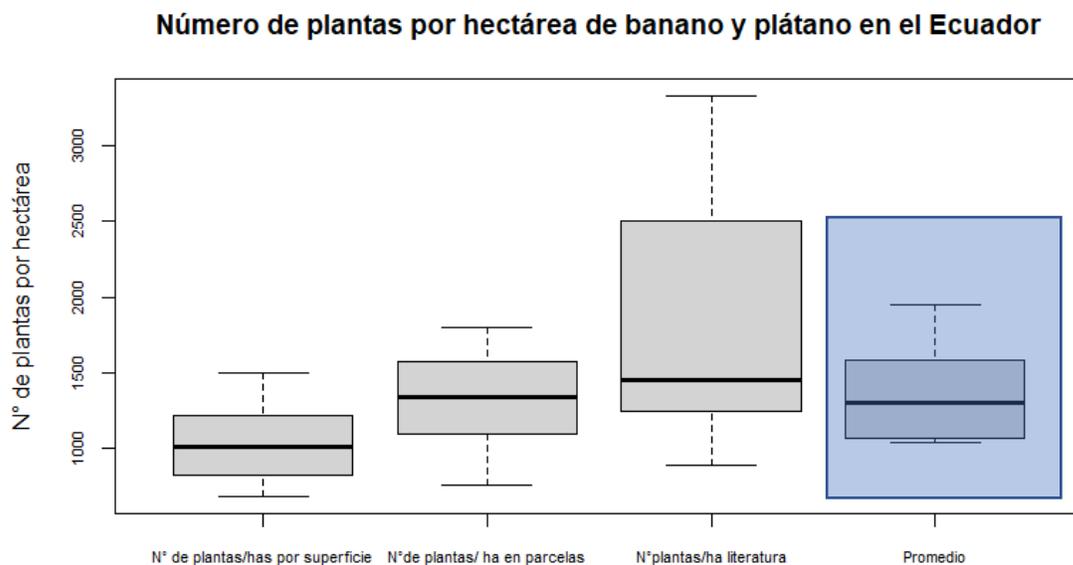


Figura 1. El gráfico de cajas y bigotes ilustra la distribución de los datos del número de plantas por hectárea de banano y plátano en el Ecuador. El cuadro transparente azul es nuevo set de datos que se obtuvo al promediar los tres sets de datos de las metodologías anteriormente mencionadas.

Se tomó la media del nuevo set de datos, en la variable promedio en el gráfico de cajas y bigotes, para establecer el número total de plantas por hectárea de la actividad bananera a nivel nacional (Tabla 2).

Tabla 2

Parámetros del gráfico de cajas y bigotes del número de plantas por hectárea de banano y plátano en el Ecuador

Parámetros	Número de plantas en has por superficie	Número de plantas en parcelas de 1 ha	Número de plantas por has literatura	Promedio
Mínimo	683.6	757	890	1044
1 cuartil	856	1104	1275	1101
Mediana	1018	1346	1450	1302

Media	1044	1320	1740	1368
3 cuartil	1203.3	1569	2296	1531
Máximo	1503.2	1800	3330	1946

La Tabla 2 muestra los parámetros de los gráficos de cajas y bigotes de los tres métodos de medición de plantas por hectárea y el promedio de los tres métodos. En la esquina inferior derecha se puede observar en un rectángulo azul el valor de la media de la variable promedio.

Variable 3) peso en kilogramos de las plantas de banano y plátano en su fase reproductiva

La información recopilada en el campo y en la literatura en internet revelan la siguiente distribución de datos (Figura 2).

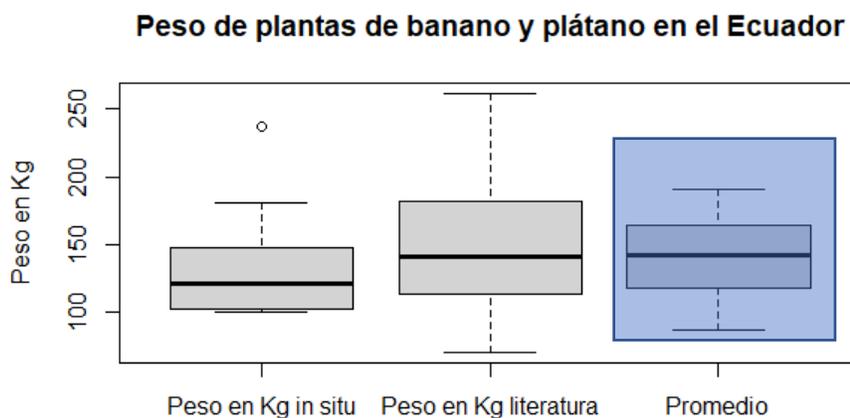


Figura 2. El gráfico de cajas y bigotes ilustra la distribución de los datos del peso en kilogramos de plantas. El cuadro transparente azul, en la esquina derecha, señala el promedio de los dos métodos de recopilación de datos. El círculo pequeño, en la esquina superior izquierda, apunta que existe un dato extremo en la información recopilada *insitu*.

Se utilizó la media de la variable promedio, en el gráfico de cajas y bigotes, para establecer el peso medio en Kilogramos de las plantas de banano y plátano en el Ecuador (Tabla 3).

Tabla 3

Parámetros del grafico de cajas y bigotes del peso en Kilogramos de las plantas a nivel a nacional.

Parámetros	Peso en kg in situ	Peso en kg literatura	Promedio
Mínimo	100	70.45	86.23
1 cuartil	102.1	119.32	120.81
Mediana	121	140.90	141.90
Media	133.7	151.14	142.41
3 cuartil	141.8	178.98	161.79
Máximo	237	261.36	191.23

La Tabla 3 revela los parámetros de los gráficos de cajas y bigotes de los métodos de recopilación de información del peso en Kg de las plantas de banano y plátano en el Ecuador. En la esquina inferior derecha se puede observar en rectángulo azul el valor de la media de la variable promedio.

Cálculo de la biomasa de las plantas de banano y plátano en el Ecuador

Una vez calculadas las tres variables: 1) total de hectáreas de banano y plátano en el Ecuador 2) media del número de plantas de banano y plátano por hectárea 3) media del peso por planta de banano y plátano en su fase reproductiva; se calculó la biomasa de todas las plantas de banano y plátano del Ecuador en toneladas métricas (Tabla 4).

Para determinar la biomasa disponible para productos provenientes de los residuos de la actividad bananera en el Ecuador se calculó la biomasa menos el 20% (Tabla 4). Esto se debe que según la literatura este valor corresponde al peso del racimo de fruta que no es considerado un residuo de la actividad bananera en el Ecuador (Vidal *et al.*, 2001).

Tabla 4*Cálculo de la biomasa de las plantas de la actividad bananera en el Ecuador*

Tipo de cultivo	Número de hectáreas	Media del número de plantas por hectárea	Media del peso de las plantas en toneladas fase reproductiva	Biomasa en toneladas por hectárea	Biomasa total en toneladas métricas	Biomasa sin racimo en toneladas métricas
Banano	181 581,18				35248393,40	28198714,72
Plátano	79 864, 72	1368	0.1419	194,12	15503275,55	12402620,44
Total	261 445, 90				50751668,95	40601335,16

La Tabla 4 ilustra los parámetros que se multiplicaron para calcular la biomasa de banano y plátano en el Ecuador. El cuadro azul de la tabla corresponde a los valores de las variables que se multiplicaron para obtener la biomasa en toneladas métricas.

Pii) Desarrollo del catálogo de productos provenientes de los residuos de la actividad bananera

Producto 1. Platos desechables fabricados con las hojas de la planta de plátano

Después de una extensa búsqueda de literatura se encontró que se pueden fabricar platos biodegradables de manera industrial a partir de las hojas de banano como una alternativa sostenible a los platos desechables de plásticos (Imagen 8). Para desarrollar una fábrica a escala artesanal de platos desechables a partir de la hoja de banano necesitaremos los siguientes insumos con sus respectivos costos referenciales en Ecuador (Tabla 5).

Tabla 5

Costos referenciales en equipos y materiales en el Ecuador para iniciar una fábrica artesanal de platos biodegradables de hojas de plátano

Equipos y materiales	Precio por unidad
Rollo de hilo de algodón biodegradable de 900 m	49.90\$
Tijeras de papel o estilete	2\$
Máquina de coser industrial (overlock)	30\$
Prensa hidráulica a calor de 20 toneladas	1200\$
Moldes de platos de acero electro soldados de 23 cm de circunferencia y 5 cm de profundidad por unidad	50\$
Hojas de plátano	Valor desconocido por unidad
Bote de desinfectante de alimentos de un galón	25\$
Alquiler de un galpón de 60 m2	1800\$ por seis meses

La Tabla 5 muestra precios referenciales de varias páginas de venta de artículos, insumos, y maquinaria industrial. (Amazon, 2021; MercadoLibre, 2021; Alibaba, 2021).



Imagen 8. Prototipo de plato hecho de hojas de banano diseñado de manera experimental el 15 de febrero de 2019. Elaboración Propia.

Producción

Para fabricar los platos de hojas de banano se necesitan seguir los siguientes pasos (Imagen 9).

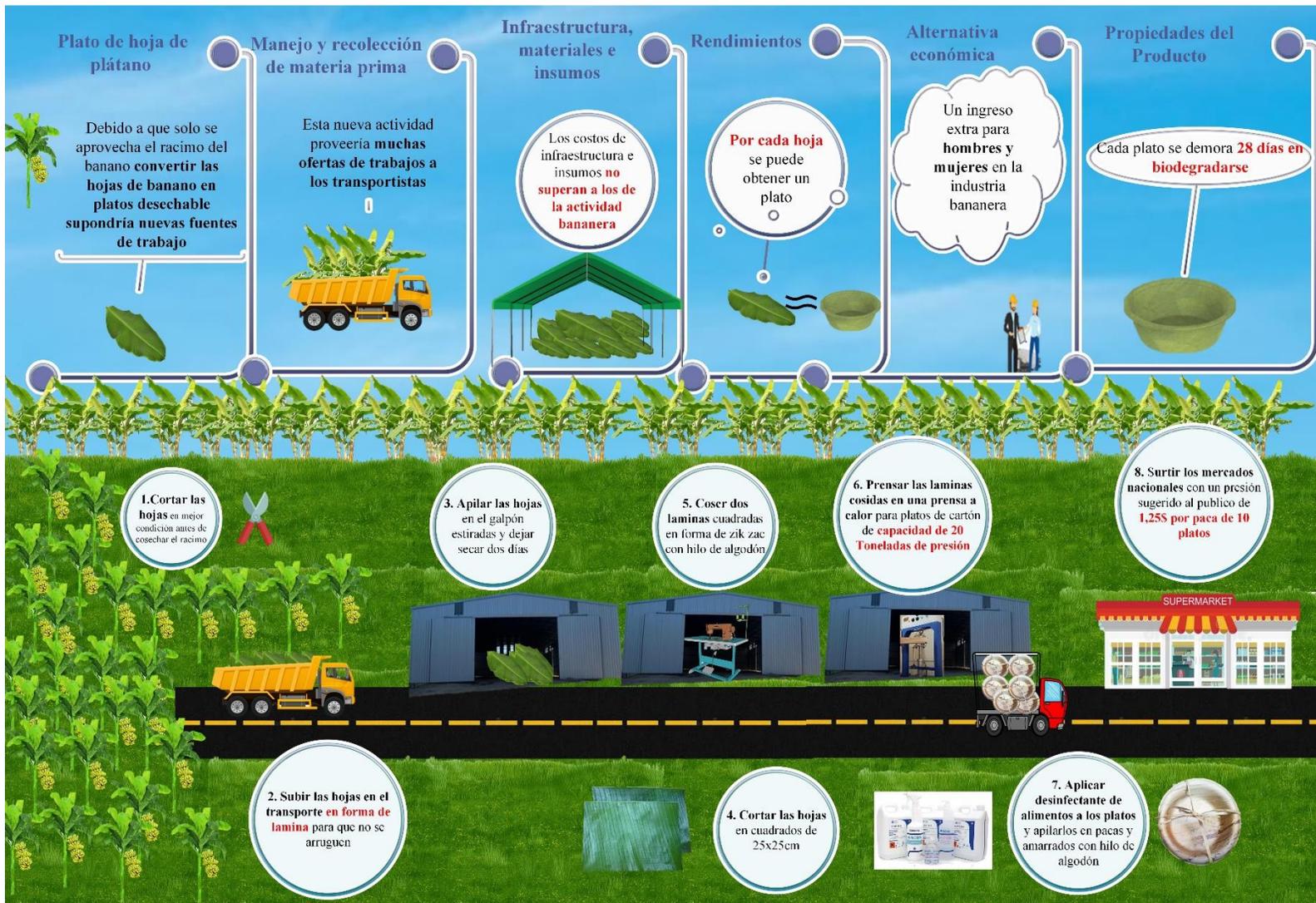


Imagen 9. Infografía del proceso de fabricación de platos desechables a partir de las hojas de banano. Elaboración propia.

- 1) Cuando llega la época de cosecha en un cultivo de plátano, después de 8 meses desde su siembra, cada 15 o 7 días se hacen cosechas del racimo de fruta durante dos meses. Cuando se haya cortado el tallo para que caiga el racimo, cuidadosamente cortar con un machete las hojas en buen estado de la planta en el peciolo de la hoja.
- 2) Llevar todas las hojas en buen estado y sin arrugarlas o romperlas, subirlas al transporte. Es importante que las hojas no estén muy rotas porque de esto dependerá cuantas

capas se necesita para elaborar un plato.

- 3) Se apilan las hojas de banano en una zona sin luz solar y baja humedad y se deja secar por 24 horas.
- 4) Utilizando el estilete cortar las hojas en laminas cuadradas de 25x25 cm sin el nervio principal de la hoja.
- 5) Tomar dos laminas cuadradas, ponerla una encima de la otra y con máquina de coser generar tres líneas rectas cada 5cm en zic zac (over lock) con el hilo de algodón.
- 6) Poner las láminas cocidas en el molde electrosoldado de la prensa de 20 toneladas a 70°C de temperatura, prensar una vez y cortar con una tijera o estilete los excesos de hoja que están afuera del molde.
- 7) Desinfectar los platos con desinfectantes de alimento
- 8) Apilar 10 platos uno encima de otro y amárralos con hilo de algodón de 60 cm y distribuirlos a mercado a temperaturas menores de 30 C° y baja humedad.

Producto 2. Papel cartón para fundas a partir de los tallos de la planta de Plátano

La planta de plátano barraganete *Musa Paradisiaca* se caracteriza por tener menor porcentaje de humedad y porque su tallo es más fibroso y largo que la del banano Cavendish. Además, su fibra es muy parecida a la del fique, una planta de la familia de las bromeliáceas, la cual se utiliza en Latinoamérica para hacer saquillos, cuerdas y papel debido a su alta cantidad de fibra. Por estos motivos, el tallo del plátano barraganete es ideal para fabricar fundas de papel cartón. (Martínez, Salinas y Moreno, 2017); (Imagen 10). Para generar una fábrica artesanal de este producto necesitaremos los siguientes insumos, infraestructura y maquinaria (Tabla 6).

Tabla 6

Costos referenciales en equipos y materiales en el Ecuador para iniciar una fábrica artesanal de platos bolsas de papel

Equipos y materiales	Precio por unidad
Hornilla industrial y tanque de gas	250\$
Olla de acero inoxidable de 80 litros	180\$
Maquina desfibadora de fique de 9 caballos de fuerza	1250\$
Anaquele de malla para secar fibra de papel	74\$
Licuadora industrial de papel	540\$
Bote de un litro de cola líquida para papel	3\$
Tallo de planta de plátano por unidad	0.25\$
Rollo de alambre galvanizado de 300 m	38\$
Alquiler de un galpón de 60 m ²	1800\$ por seis meses

La Tabla 6 muestra precios referenciales de varias páginas de venta de artículos, insumos, y maquinaria industrial. (Amazon, 2021; MercadoLibre, 2021; Alibaba, 2021).



Imagen 10. Funda de papel cartón diseñada por la empresa Libertejidos para empacar sus productos.

Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=66Rdgg2r4R4>

Producción

Para producir fundas de papel a partir de los tallos de plátano se necesitan seguir los

siguientes pasos (Imagen 11).



Imagen 11. Infografía del proceso de fabricación de fundas de papel a partir de los tallos de la planta de plátano barraganete.

- 1) Se corta con un machete, el tallo de la planta en la base, con precaución de no cortar los hijos de espada o las plántulas de banano. Se retira el racimo, se cortan las hojas y se transporta el tallo a la máquina fibradora de fique.
- 2) Se corta con un machete el tallo de la planta en segmentos de 1 metro. Empujar con precaución los segmentos del tallo en la máquina de fique.
- 3) Se toma la fibra ya procesada por la máquina de fique y se hierve la fibra en agua con

sal en la olla industrial durante seis horas a fuego lento.

- 4) Esperar que se enfrié la olla industrial y retirar la fibra y colgarla en hilos de alambre durante dos semanas o hasta que la fibra esta seca y tome un color café claro.
- 5) Agregar la fibra de plátano, con un medio de agua por mezcla, en la licuadora industrial hasta que se tenga una mezcla con muy pequeñas partículas de la fibra.
- 6) Verter la mezcla licuada en la maya para secar el papel, tratar de esparcir muy bien la mezcla con un rodillo de cocina en capas delgadas.
- 7) Dejar secar durante tres días y con una cortadora de papel de guillotina cortar los excesos de las planchas. Cortar el las plancha de forma que se pueda fabricar bolsa.
- 8) Según el diseño y el tamaño de funda de papel que se quiera fabricar doblar y aplicar pegamento de cola liquida para papel con un rodillo de pintura pequeño en los extremos plegables.
- 9) Dejar que se sequen las fundas durante dos horas y empacar en cajas de cartón reciclado.

Producto 3. Bioplástico para utensilios alimenticios desechables del corazón del tallo de banano Cavendish

Para generar el bioplástico se ha utilizado el tallo del banano Cavendish, los cuales se suelen conocer en la industria como fibras musa, que son una de las más fuertes del mundo. Estas fibras provenientes de los residuos de la actividad bananera además de ser resistentes podrían ser muy baratas y fácil de conseguir para generar utensilios biodegradables como vasos y platos del corazón del tallo del banano cavendish (Imagen 12). Para generar una fábrica de bioplástico para producir utensilios desechables biodegradables a partir del corazón del tallo del banano se necesitarán lo siguientes insumos, maquinaria e

infraestructura (Tabla 7).

Tabla 7

Costos referenciales en equipos y materiales en el Ecuador para iniciar una fábrica artesanal de utensilios desechables de bioplástico del tallo del banano cavendish

Equipos y materiales	Precio por unidad
Moldes electro sodados para platos o vasos por unidad	50\$
Hidróxido de sodio en polvo NaOH 3kg 40%	210\$
Hipo Clorito de sodio NaClO 250 L al 10%	110\$
Horno de secado de fibras	5000\$
Tanque de acero inoxidable	1350\$
Anaquele de malla para secar fibra de papel	74\$
Licuada industrial de fibras	540\$
Tallo de planta de plátano por unidad	0.25\$
Alquiler de un galpón de 60 m ²	1800\$ por seis meses

La Tabla 7 muestra precios referenciales de varias páginas de venta de artículos, insumos, y maquinaria industrial. (Amazon, 2021; MercadoLibre, 2021; Alibaba, 2021).



Imagen 12. Utensilios alimenticios desechables de bioplástico de tallo de banano. Recuperado de <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/1118>

Producción

Para generar una fábrica de bioplástico para utensilios alimenticios desechables se necesita seguir los siguientes pasos (Imagen 13).

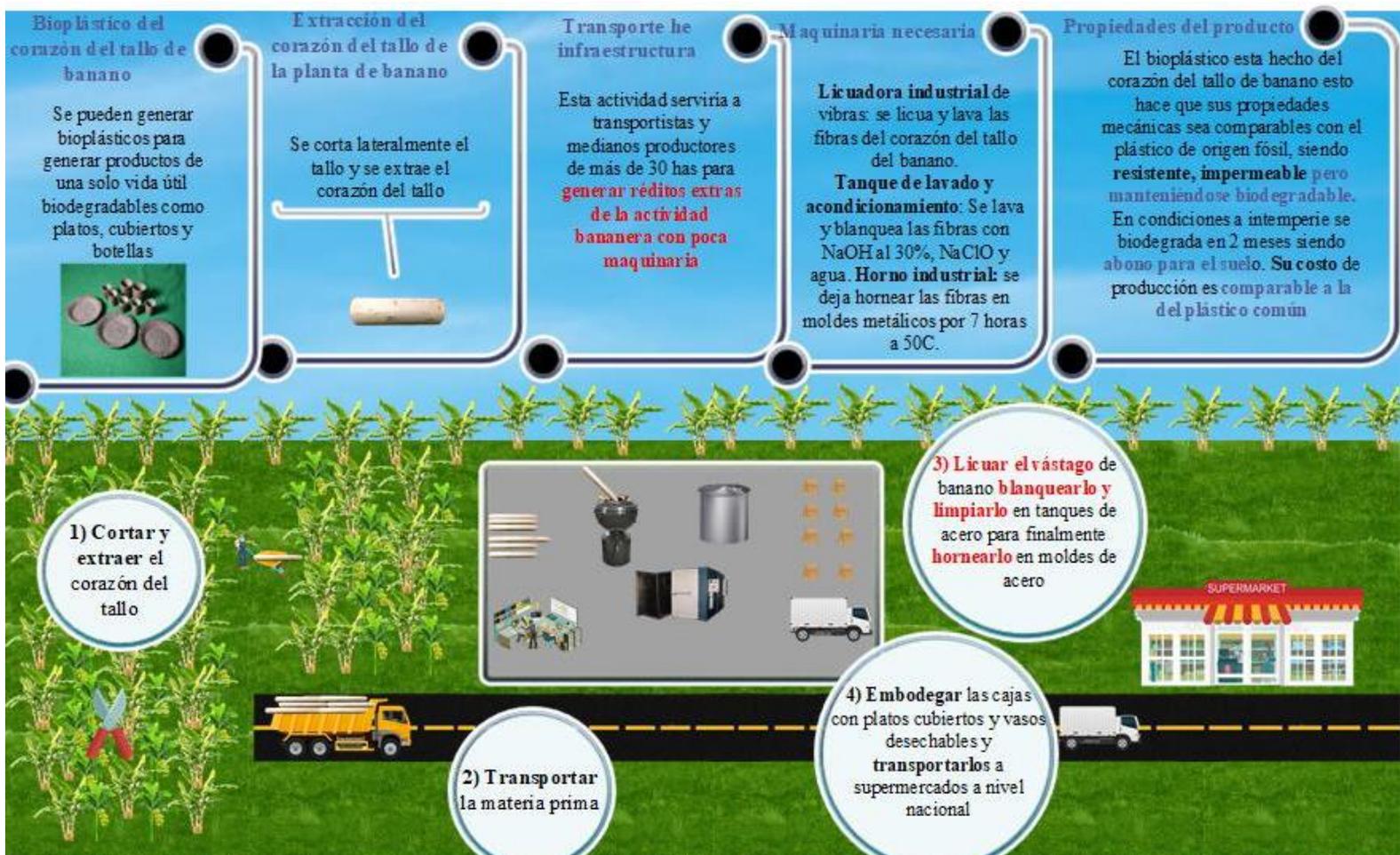


Imagen 13. Infografía del proceso de fabricación de Utensilios de bioplástico del corazón del tallo del banano Cavendish.

1) En época de cosecha, cuando se quiera cosechar el racimo, cortar la planta en la base con cuidado de no cortar los hijos de espada. Después de sacar el racimo de fruta, cortar con estilete el tallo verticalmente a una profundidad de aproximadamente 5 cm. Con las manos expandir el corte que se ha generado en el tallo para sacar las capas exteriores. Cuando se allá sacado las capas exteriores quedará el corazón del tallo que tiene una textura suave y es de color blanco amarillento.

2) Cuando se allá extraído el corazón del tallo de la planta subirlo al transporte y llevarlo

a la fábrica. Cortar los corazones de los tallos, en segmentos de 10 cm de largo, antes de ponerlos en la licuadora industrial con un cuarto de agua por mezcla.

- 3) Licuar el contenido hasta que las fibras sean muy pequeñas y la mezcla se homogénea. Tomar el contenido de fibra y fíltralo con una funda de tela apretándola para quitar el exceso de agua. Transportar el contenido filtrado al tanque de acero inoxidable y lavar las fibras con un cuarto del volumen de la mezcla de agua. Agregar un 1gr NaOH al 30% y 1 gr de NaClO por 10 litro de mezcla de fibra de banano y agua. Mezclar durante 15 minutos la mezcla
- 4) Tomar la fibra, ponerla en los moldes de plato o vaso y esparcirla en una capa delgada y homogénea. Poner los moldes con la fibra en el horno a 50 C° durante 7 horas.
- 5) Cuando se termine de secar la muestra, espera que se enfríen los moldes y luego quitar los vaso o platos ya consolidados. Importante utilizar guates debido que los vasos y platos ya estarán esterilizados y listos para usarse.
- 6) Empacar los vasos y platos en fundas de papel o cajas de cartón reciclado y distribuir el producto.

Producto 5. Astilla de raquis de banano Cavendish para fabricar concreto hidráulico para carreteras

El concreto hidráulico es uno de los materiales más utilizados en la construcción de pavimento, este se define como una estructura vial compuesta de dos capas. La capa subrasante, es el terreno donde se asienta la estructura de pavimento y la superficie de rodadura son las capas de pavimento. La construcción de este tipo de concreto tiene como objetivo brindar una superficie de tránsito con características óptimas para hacerla resistente a los altos, medios y bajos volúmenes de tránsito (Garnica y Sesma, 2002).

El raquis, que es el tallo que sujeta al fruto del banano, es un residuo de la actividad

bananera que se produce en masa y no tiene ningún uso conocido a nivel nacional. Esto añadido a la alta cantidad de fibra y resistencia que caracterizan a este residuo, convierte al raquis de banano en un excelente prospecto para remplazar a las fibras sintéticas de carbono que se utilizan tradicionalmente para fabricar este tipo de concreto. En este sentido se ha desarrollado concreto hidráulico compuesto de losas de cemento, agregados de ripio, agua y fibras del raquis de banano Cavendish (Osorio y Lobo, 2021); (Imagen 14). Para poner en marcha una fábrica artesanal de astilla de raquis de banano para generar concreto hidráulico se necesitan los siguientes implementos (Tabla 8).

Tabla 8

Costos referenciales en equipos y materiales en el Ecuador para iniciar una fábrica artesanal de astilla de raquis de banano cavendish

Equipos y materiales	Precio por unidad
Trituradora de madera	390\$
Trapiche manual de caña de azúcar	280\$
Alambre galvanizado de 300 m	38\$
Alquiler de un galpón de 60 m ²	1800\$ por seis meses

La Tabla 8 muestra precios referenciales de varias páginas de venta de artículos, insumos, y maquinaria industrial. (Amazon, 2021; MercadoLibre, 2021; Alibaba, 2021).



Imagen 14. Concreto hidráulico fabricado con 0,7% de fibra de vástago de banano cavendish.

Recuperado

de

Producción

Para generar fibra orgánica del vástago de banano para hormigón se pueden seguir los siguientes pasos (Imagen 15).

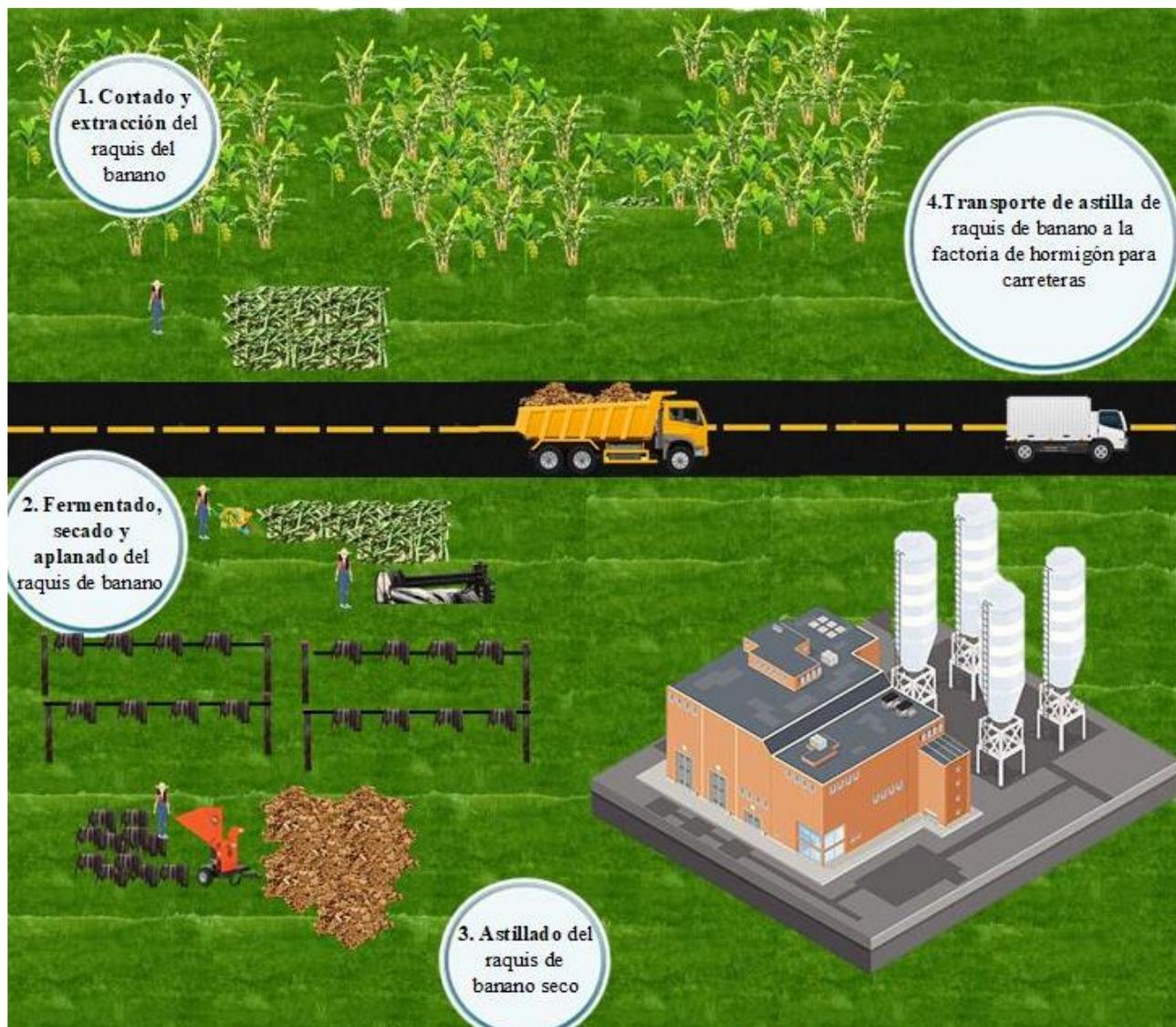


Imagen 15. Infografía del proceso de fabricación fibra de vástago de banano Cavendish para fabricar concreto hidráulico para carreteras.

- 1) Cuando sea la época de cosecha de banano, se corta la planta en la base para obtener el racimo. En las instalaciones para empacar el banano se divide la fruta por manos de banano y se lavan los frutos para luego ser empacados. Los raquis del racimo tienen que ser apilados encima de una capa de cemento en el exterior para que se fermenten y sequen durante tres días.
- 2) Cuando ya se haya fermentado y secado el raquis en el exterior, tomar uno por uno y con el trapiche manual de caña de azúcar pasarlos hasta que queden abiertos y casi sin líquido.
- 3) Los raquis ya aplanados tienen que ser colgados en cables en el exterior para que se sequen durante 4 días más o hasta que tomen una coloración café oscura y no tengan casi contenido de agua.
- 4) Cuando cumplan estas condiciones los raquis deben pasarse por maquina trituradora de madera. La astilla que produzca la maquina no deben ser mayor de 3 cm de tamaño. De ser necesario se puede pasar la astilla nuevamente por la máquina para reducir el tamaño de la astilla.
- 5) Tomar la astilla y subirla al transporte y llevarla a la fábrica de cemento donde se tenga convenio.

Producto 5. Papel tapiz del corazón del tallo del banano cavendish

El papel tapiz con residuos de la actividad bananera evitaría que se talen árboles y que se gaste demasiada agua para procesarlos en papel. Los papeles tapices fabricados con el corazón del tallo del banano no necesitan agua ni pegamento para ser procesados y su materia prima está disponible durante todo el año (Imagen 16). Se necesitan los siguientes implementos para generar una fabricar artesanal de este producto (Tabla 9).

Tabla 9

Costos referenciales en equipos y materiales en el Ecuador para iniciar una fábrica artesanal de papel tapiz del corazón del tallo del banano cavendish

Equipos y materiales	Precio por unidad
Hilo de algodón de 900 m	49.99\$
Máquina fibradora de tallo de banano	2500\$
Prensa hidráulica de papel	3500\$
1 litro de aceite de linaza	23.23\$
Cinta transportadora de papel	650\$
Tallo de la planta de banano cavendish por unidad	0.25\$
Alquiler de un galpón de 60 m ²	1800\$ por seis meses

La Tabla 9 muestra precios referenciales de varias páginas de venta de artículos, insumos, y maquinaria industrial. (Amazon, 2021; MercadoLibre, 2021; Alibaba, 2021).



Imagen 16. Papel tapiz del tallo del banano cavendish generado por la empresa Ecobanana.

Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=DQC_butbW34

Producción

Para producir papel tapiz del corazón del banano cavendish se necesitan seguir los siguientes pasos (Imagen 17).

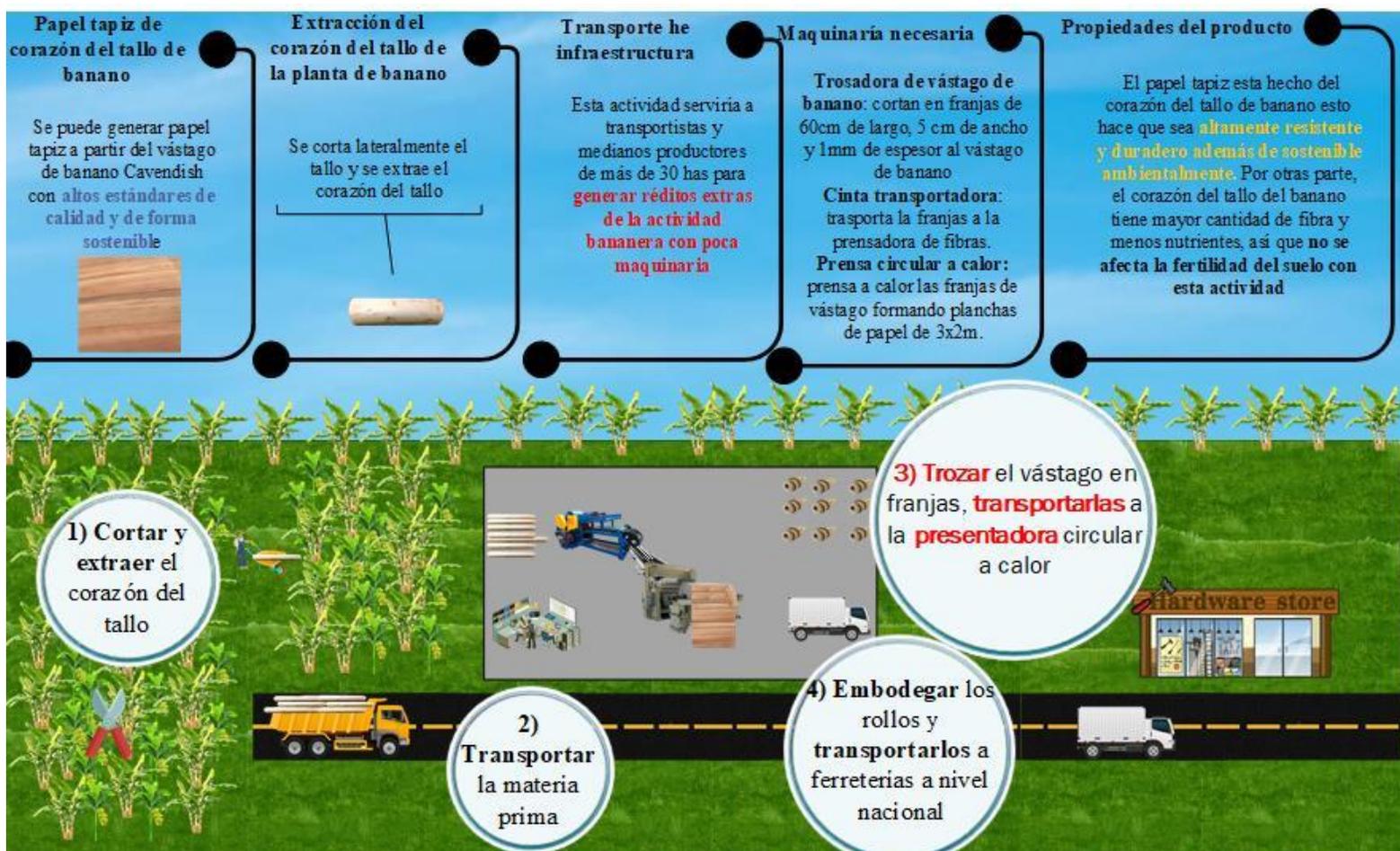


Imagen 17. Infografía del proceso de fabricación de papel tapiz a partir del corazón del tallo del banano cavendish.

- 1) En la época de cosecha de banano cortar el tallo de la planta en la base sin cortar los hijos de espada y retirar el racimo. Después de sacar el racimo de fruta, cortar tres veces con estilete el tallo verticalmente el tallo a una profundidad de aproximadamente 4 cm. Con las manos expandir con cuidado el corte que se ha generado en el tallo para sacar las capas exteriores. Cuando se allí sacado las capas exteriores quedará el corazón del tallo que tiene una textura suave y es de color blanco amarillento.
- 2) Transportar los corazones del tallo de banano a la fábrica. Poner los corazones del tallo de banano en la máquina fibradora. La máquina fibradora deberá cortar el semi tallo en

tiras de 60 cm de largo, 5 cm de ancho y con un espesor de 0,5 mm.

3) Las tiras de la fibradora serán acomodadas homogéneamente en el plato de acero de la maquina prensadora de papel. Es importante que cada tira se acomode verticalmente y con los filos entrepuestos una con otra, como la fichas de un domino derrumbado, para que la prensa pegue las fibras con las 20 toneladas de presión y a 70C°. Normalmente se desean planchas de papel tapiz de 2 m de ancho y 3 m de largo.

4) Cuando se allá terminado de prensar el papel del largo y ancho deseados rociar una capa de aceite de linaza en el papel en ambas caras y con una brocha esparcir la capa de manera homogénea.

5) Dejar secar el papel estirado durante dos días y luego en enrollarlo y asegurarlo con un hilo de algodón de 50 cm para que no se desenrolle.

6) Finalmente distribuirlo en condiciones de humedad no muy alta.

CAPITULO IV: DISCUSIÓN

Pi) Estimación de la biomasa de los residuos de la actividad bananera en el Ecuador

El modelamiento espacial para determinar el número total de hectáreas designadas a la actividad bananera en el Ecuador reveló que habían 261 445, 90 ha de la cuales 181 581,18 has pertenecían al banano y 79 864, 72 ha al plátano. Sin embargo, la información a nivel nacional que se utilizó para generar este modelamiento, fue la que estaba disponible para el Ecuador por el Ministerio de agricultura ganadería y pesca en el año 2015. Por estos motivos es muy probable que el uso de suelo haya cambiado notoriamente en la actualidad (INEC, 2020).

La información de 2021 todavía no ha sido totalmente reportada. Sin embargo, a pesar la crisis sanitaria se puede apreciar un aumento de la superficie cultivada y de los réditos

económicos generados entre 2015 y 2020. El sector bananero reportó un incremento notable del cultivo de banano con cerca de 190 mil hectáreas en 2020 en comparación con 181 mil hectáreas que reveló el modelo espacial con información de 2015 (CNF, 2020).

De la misma forma los réditos económicos que produjo la actividad mostraron una dinámica similar con USD 2870 millones en 2015 y USD 3600 millones en 2020. Por estos motivos es muy probable que la superficie en hectáreas para los cultivos de banano y plátano hayan aumentado significativamente con respecto a los encontrados en la presente investigación (INEC, 2020).

La medición del número de plantas de banano y plátano por hectáreas mostró que en general el set de datos que se obtuvieron con ambas metodologías de modelamiento espacial era valores menores de lo que afirmaba la literatura. En los resultados, la media que se obtuvo con el set de datos de la literatura era de 1740 plantas por hectárea mientras que los dos modelamientos espaciales obtuvieron medias de 1044 y 1320 respectivamente.

Esto probablemente se deba a que los estudios, que se recopilaban para generar el set de datos, fueron levantados mediante encuestas a agricultores ecuatorianos quienes especificaron cuantas plantas habían sembrado (Vargas *et al.*, 2017, INTAGRI, 2018, MAG, 2013). Por otro lado, en el conteo manual con fotografías de drones y satelitales solo se podían apreciar las plantas que llegaban al dosel superior. Esto es muy interesante puesto que, cuando se realizó el muestreo *insitu* para responder la variable 3, se encontró que en algunos casos había hasta 5 plantas saliendo del mismo tallo y no siempre alcanzaban el dosel de la planta más alta. Probablemente a esto se haya debido la falta de representatividad de conteo de plantas por superficie mediante el uso de imágenes satelitales.

La información del peso en kg de la planta de banano y plátano provino en su mayoría

de estudios fenológicos a nivel internacional (Soto, 2014, INTAGRI, 2018, Torres, 2019). Debido a que la fenología es una rama de la meteorología que estudia las repercusiones del clima sobre los fenómenos biológicos de ritmo periódico, los datos de peso y tamaño de las plantas probablemente estaban ligadas a condiciones climáticas y prácticas agrícolas distintas a las del Ecuador (Espinoza, 2005).

Sin embargo, el Ecuador debería tener de los mejores rendimientos de crecimiento de banano y plátano porque según estudios las plantas bananeras crecen mejor cerca de la latitud ecuatorial entre los 200 y 800 msnm (INTAGRI, 2018), se observó una media del peso promedio de las plantas según la literatura ligeramente mayor a la que se encontró en el muestreo *insitu* en Ecuador con 151,14 kg y 133,8 kg respectivamente. Esto probablemente se deba a una leve falta de tecnología y técnicas de cultivo de banano y plátano en el Ecuador, aunque, estudios afirman que la actividad bananera cada vez tiene mejores rendimientos (Centanaro y Nava, 2021).

Cálculo de la biomasa de las plantas de banano y plátano en el Ecuador

Debido a los motivos anteriormente mencionados a) la falta de representatividad en el conteo de número de plantas por hectárea y b) la desestimación del peso promedio de las plantas de banano y plátano en el Ecuador, es posible que se haya infravalorado la biomasa total de los residuos de la actividad bananera en el Ecuador en la presente investigación.

Los cálculos revelan que el Ecuador produce 194,12 toneladas de biomasa por hectárea de banano o plátano. Esto significa que cada 9 meses, que es lo que toma al cultivo en llegar a la época de cosecha, se generan aproximadamente 50 millones de toneladas métricas [Tm] de biomasa. De esta biomasa cerca de 40 millones de Tm están disponibles para generar productos a partir de los residuos esta actividad bananera en el Ecuador; de los

cuales 28 millones Tm corresponden al cultivo de banano y 12 millones de Tm al cultivo de plátano.

No obstante, a la escala que se maneja el cultivo de banano y plátano existe un enorme potencial para generar productos a partir de los residuos de esta actividad. La principal diligencia económica del Ecuador, que es la producción de petróleo, produce aproximadamente 530 000 barriles diarios; es decir 71 550 toneladas al día de crudo que en 9 meses representarían 19,3 millones de toneladas (Bermeo, 2021). En comparación la biomasa de los residuos de la actividad bananera genera en el mismo periodo de tiempo el doble de peso de esta cantidad con más de 40 millones de toneladas métricas.

Si bien la biomasa de la planta de banano no tiene los mismos rendimientos por peso que el petróleo para producir productos como son los plásticos, combustibles y otras materias primas, este tipo de biomasa está disponible durante todo el año y su materia prima podría ser barata de adquirir, fácil de procesar y con rendimientos considerables (Tabla 10).

Tabla 10

Comparativa de rendimiento y demanda de productos no sostenibles y productos sostenibles a partir de los desechos de la actividad bananera en el Ecuador

Productos	Biomasa utilizada productos sostenibles	Rendimiento	Biomasa utilizada para producir productos no sostenibles	Rendimiento	Demanda de estos ítems en el Ecuador
Papel y cartón	80 tallos de banano de 100 kg	1 tonelada de papel	17 árboles adultos de eucalipto o pino de 1.1 toneladas aproximadamente	1 tonelada de papel	349 000 toneladas métricas
Plástico	1 tonelada de tallo de banano	120,4 kg de bioplástico	1 toneladas de petróleo	588,2 kg de plástico	260 000 toneladas métricas

Energía eléctrica	1 tonelada de planta de banano	773,56 KWh	1 tonelada de petróleo	11630 kWh	2000 GW al mes
--------------------------	--------------------------------	------------	------------------------	-----------	----------------

La tabla 10 compara el rendimiento de las materias primas sostenibles provenientes de los residuos de la actividad bananera vs las materias primas no sostenibles para producir materiales y energía. Se hace hincapié en la demanda que tiene el Ecuador para estas materias primas y energía (Aguilar, 2019; Verdezoto *et al.*, 2005; López *et al.*, 2014).

Pii) Esquema de economía circular para el catálogo de productos provenientes de los residuos de la actividad bananera

Producto 1. Platos desechables fabricados con las hojas de la planta de plátano

Una persona promedio puede utilizar hasta 45 kilogramos de plástico al año de los que más de la mitad serán envases que se usarán una sola una vez y luego serán basura. Este problema se ha vuelto aún más evidente en la actualidad si consideramos que los “Delivery” o entregas a domicilio, en empresas proveedoras de alimentos, ha aumentado debido al confinamiento por la pandemia del covid-19. En el Ecuador al igual que en otros países la emergencia sanitaria ha promovido la facturación de entregas a domicilio en restaurantes. En 2020 restaurantes ecuatorianos pasaron de solo 15% de sus facturas con servicio domicilio a más del 50% (Carpio, 2021).

Gran cantidad de envases de plástico, que promueven la extracción de petróleo, están siendo producidos y desechados, convirtiéndose en basura inmediata que se demora de 100 a 1000 años en biodegradarse. En respuesta a esta problemática se han desarrollado de platos desechables a partir de las hojas de la planta de plátano que les toma tan solo 28 días en biodegradarse (Cubilla *et al.*, 2019).

Materias primas

Aunque solo se suele aprovechar el racimo de plátano en la actividad bananera en el Ecuador, la hoja de banano ha sido utilizada en la gastronomía ecuatoriana como un envase natural para comidas típicas. Alimentos como: la tonga, bollo, tamales, secos de gallina criolla, empanadas utilizan la hoja de plátano debido a sus propiedades antibacteriales y su resistencia mecánica (Ministerio de Patrimonio y Cultura, 2013).

Eco diseño

El plato de hojas de plátano está basado en el diseño de la empresa alemana Leaf Republic quien fabrica envases desechables de una sola vida útil a partir de la planta *Shorea Robusta*. Este diseño consiste principalmente en emular el ciclo natural de degradación de las hojas en la naturaleza. Los platos fabricados a partir de las hojas de plátano no solo tienen bondades de ser impermeables, antibacteriales, resistentes y livianos. Estos platos también son biodegradables y al degradarse se convierten en materia orgánica fértil, inodora e inocua para el medio ambiente sin la necesidad de talar bosques para obtener la materia prima (Kora, 2019).

A pesar de que este producto se biodegrada rápidamente, al estar a la intemperie, se observó que en condiciones de almacenado con temperaturas menores a los 30 °C y humedades bajas este puede alargar su tiempo de degradación hasta tres meses. Esto promueve que este pueda ser comercializado nacional e internacionalmente sin la necesidad de agregar aditivos conservantes adicionales.

Reciclaje

El cultivo de banano dura entre 8 a 10 meses generar frutos y luego la planta es cortada para dar paso a los “hijos de espada” o plántulas que salen de la raíz de la planta de

banano para que crezcan. En grandes monocultivos, esto genera un exceso de desechos orgánicos los que después producen plagas por lo que se necesita utilizar fungicidas y herbicidas tóxicos para el ser humano. En este sentido reciclar la planta de banano después de aprovechar el fruto significaría que se necesitarían menos controles químicos para los cultivos (Gerónimo *et al.*, 2013).

Sin embargo, para generar los platos desechables de hojas de plátano sería recomendable utilizar cultivos orgánicos puesto que no es deseable que químicos tóxicos terminen en los platos que luego serán usados para contener alimentos. Por este motivo, se recomienda que se utilice la variedad del plátano barraganete o *Musa paradisiaca L.* debido a que esta variedad de banano se suele manejar en pequeños cultivos para el consumo nacional por lo que no se suelen utilizar químicos adicionales. Además, esta variedad suele poseer muchas hojas oblongas amplias y de gran tamaño lo que proveería mayor cantidad materia prima (Gerónimo *et al.*, 2013).

Distribución

Debido a las características mecánicas de dureza y flexibilidad este producto podría ser sencillamente despachados en pacas de diez platos únicamente amarrados con hilo de algodón. Esto generaría que el producto sea enteramente biodegradable incluido su empaque y que su empaque sea sencillo al solo necesitar hilo de algodón. Su distribución sería similar a la de productos alimenticios orgánicos, es decir, en condiciones de humedad baja, temperatura menor a los 30 C° y con precaución de no maltratar el producto al ser transportado. Esto generaría una nueva oportunidad adicional de trabajo a los transportistas e intermediarios como restaurantes, tiendas, mercados y súper mercados.

Consumo y reutilización

Se podría alcanzar precios similares a los platos desechables de plásticos ya que no necesita de maquinaria realmente costosa y su materia prima podría ser muy barata de adquirir. Sin embargo, fuera de sus características biodegradables este producto es mucho más vistoso que plato desechable de plástico lo que generaría oportunidades a los restaurantes para emplatar sus comidas facturadas a domicilio de forma elegante. De la misma forma ofrecería los consumidores la oportunidad de tener un producto de alta calidad manteniéndose responsables socialmente y ambientalmente. Esto generaría fuentes de trabajo adicionales a pequeños agricultores de banano barraganete y no produciría residuos no degradables.

Recolección

El producto está diseñado a partir de los residuos de la actividad bananera así que fabricarlo y consumirlo es en sí dar un tratamiento a un desecho ya existente. Aunque este producto fuese desechado a la basura sin ningún tipo de reciclaje su permanencia en medio ambiente sería efímera e inocua para el medio ambiente y el ser humano. De ser desechado de forma responsable en composteras orgánicas u otros cultivos estos funcionarían como mantillos o residuos agrícolas que podrían evitar: la degradación y desertificación del suelo por su aporte de nutrientes y materia orgánica.

Producto 2. Papel cartón para fundas a partir de los tallos de la planta de Plátano

A pesar que la información en la actualidad ha tendido hacia la digitalización en equipos electrónicos, cada vez existe una mayor demanda de papel en el mundo. El consumo de papel en la actualidad es insostenible, en promedio con una persona utiliza 55 kg de papel al año lo que resulta en un consumo de 400 millones de toneladas de papel al año a nivel

mundial (Särkkä, Gutiérrez y Kuhlberg, 2018).

Se ha observado un aumento sostenido de papel para empaques en productos provenientes del comercio electrónico en los últimos años. Sin embargo, la pandemia ha potenciado esta tendencia generando un crecimiento del 4% de ventas en línea con respecto al año 2018 (UNCTAD, 2018).

Este aumento de la demanda es muy preocupante puesto que la industria del papel y cartón tala arboles silvestres o genera monocultivos de árboles que luego son cortados para la industria del papel. Esto hace que se libere muchos gases de efecto invernadero además de poner en peligro los bosques. A pesar de que el papel y el cartón son biodegradables la fabricación de este producto necesita de enormes cantidades de agua y energía para ser procesado lo que convierte a la industria en una de las más contaminantes de agua y aire en el mundo (Martino, 2007).

El Ecuador no es autosuficiente en la producción de papel puesto que solo produce el 51% de la demanda a nivel nacional. Debido a esto se importa papel de otros países, principalmente de USA, para el empaque de productos para la exportación. Para ayudar a resolver estas problemáticas se ha desarrollado un sistema de fabricación sostenible de bolsas de papel cartón a partir del tallo de la planta de plátano (Chuncho; Uriguen; Vivanco, 2021).

Materias primas

La producción de papel cartón a base de desechos agrícolas ha representado una gran oportunidad para los productores en países como Costa Rica y Colombia debido a que se utiliza materia prima mucho más barata en comparación a la que se deriva de otros sectores productores de papel (Vega, 2014).

En Ecuador, en los recintos Yatubí y El Triunfo, a 15 minutos de Caluma, el tallo de

orito y plátano es reciclado para la confección de tarjetas ecológicas en papel cartón. La idea empezó hace cuatro años para ayudar a las familias pobres de este cantón subtropical de la provincia de Bolívar. (Ambiental, 2013).

Según Vega, en países de Latinoamérica la fabricación de papel cartón a partir del tallo de la planta de plátano ha permitido (2014):

- a. El aprovechamiento de desechos.
- b. La utilización de materia prima menos costosa.
- c. Además, es un sector con gran potencial para generar empleo.
- d. Puede hacerse de forma casera con la utilización de maquinarias básicas.

Eco diseño

Las fundas de papel cartón están diseñadas con el método la empresa Libertejidos, liderada por mujeres emprendedoras colombianas del municipio de San Agustín, quienes realizan tejidos de bolsos, cojines, manteles, telas e hilos. Todos estos productos, generados a partir de la fibra del pseudotallo de la planta de plátano, son empacados en fundas de papel hechas de la misma materia prima. Su diseño del papel para fundas es procesado con maquinaria barata y de fácil acceso. Su fabricación es muy similar en un principio a la fabricación de saquillos de fibra fique para café.

Reciclaje

Las fundas comunes de papel suelen demorarse en promedio un año en degradarse lo que es igual a lo que demora una funda de papel fabricada con el tallo del plátano. Sin embargo, la brecha ecológica entre estos dos productos recae en que no se deforestan bosques para adquirir la materia prima. Por lo tanto, no solo se evita la deforestación de bosques, sino que se les da un uso a los residuos agrícolas de la actividad bananera generando valor

agregado a la actividad (Ayala y Sanabria, 2018).

Distribución

La venta de bolsas de papel cartón se suele hacer por catálogos en páginas web y se venden en cantidades moderadas a grandes para las empresas. Se suele empacar las fundas en cajas de cartón para enviarlas a su destino, sin embargo, es recomendable usar cartón reciclado para realizar esta labor puesto que no es deseable generar un consumo de cartón de fuentes no renovables de manera excesiva.

Consumo y reutilización

Las fundas de papel cartón de plátano están pensadas para ser de una sola vida útil por lo que además de ser biodegradables carecen de aditivos químicos para alterar su resistencia mecánica o color; como lo que sucede con las bolsas de cartón comunes. Por estos motivos al ser desechados al ambiente se liberarán derivados de los gases de carbono y se fija carbono y nutrientes en el suelo; lo que es muy similar a lo que sucede con la materia vegetal al descomponerse. En condiciones de alta humedad y temperatura se ha encontrado que las bolsas de papel cartón tan solo demoran en dos a tres meses en degradarse. Debido a estas características estas bolsas podrían ser utilizadas como abono orgánico al ser tozadas en partes más pequeñas o ser reutilizadas para sembrar plantas sin la necesidad de quitar la funda al sembrar la planta (COAG, 2008).

Recolección

Es altamente recomendable que las fundas de papel cartón sean desechadas de forma responsable, es decir ser, clasificadas en tachos como basura orgánica para que esta no se mezcle con desechos no biodegradables. Es importante esta cuestión debido a que de ser mezclada con desechos comunes terminará apilada en botaderos de basura o rellenos

sanitarios lo que disminuirá la aireación y por ende alargaría considerablemente su tiempo de degradación. Además, se desaprovecharían sus propiedades como abono orgánico (Lesikar, y Enciso, 1999).

Producto 3. Bioplástico para utensilios alimenticios desechables del corazón del tallo de banano Cavendish

La producción de plástico es la tercera aplicación más utilizada del petróleo con más de 300 millones de toneladas anualmente a nivel mundial. Esta tendencia sumada con el consumismo que genera la industria para transformar los recursos naturales renovables y no renovables en productos de corta duración, fabricados con materiales de difícil descomposición y reciclado han provocado numerosos problemas ambientales (Conya, Veloz y Abarca, 2020).

En la actualidad se han llevado a cabo gran número de investigaciones encaminadas a reducir las cantidades de residuos plásticos generados y fabricar productos menos agresivos con el medio ambiente y que representan una amenaza potencial para muchos ecosistemas empleando la biodegradabilidad. En este sentido, se ha desarrollado un sistema de producción de bioplástico del corazón del tallo del banano Cavendish para generar utensilios de plástico biodegradables (Guzmán, 2020).

Materias primas

Según un estudio de Conya, Veloz y Abarca (2020), las encuestas realizadas mostraron que los agricultores ecuatorianos venderían a tan solo 0,25\$ el tallo de banano de los cuales se podrían producir hasta ocho utensilios de plástico por cada tallo. Adicionalmente, el hecho de que la materia prima provenga de los residuos la actividad bananera no pondría en riesgo la seguridad alimentaria como sucede con otros bioplásticos

los cuales cultivan alimento para producir plástico (2020).

Eco diseño

Se utilizó el protocolo de fabricación de utensilios de bioplástico de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Riobamba, Ecuador. Según este protocolo, los productos se degradan en un año, pero conservan la resistencia, impermeabilidad y dureza del plástico común (2020).

Distribución

Los utensilios de plástico como vasos y platos se suelen distribuir en bolsas plásticas o en cajas. Sin embargo, esto no es muy recomendable porque los empaques en sí generan desechos difícilmente degradables. Por estos motivos sería adecuado utilizar fundas de cartón o cajas recicladas para surtir estos productos en los supermercados nacionales. De la misma forma se necesita conservar estos productos con baja humedad porque con el contacto con el agua se acelera su proceso de descomposición al ser productos de fibras vegetales naturales (Bossis *et al.*, 2015).

Consumo y reutilización

No suele ser recomendable, en los utensilios alimenticios de plástico de una sola vida útil, el lavarlos y volverlos a utilizar puesto que generan sustancias tóxicas y en algunos casos hasta cancerígenas para las personas que las reutilizan (Gonzales, 2019). Sin embargo, los utensilios de bioplástico vegetal carecen de esa problemática ya que son hechos de fibras naturales. No obstante, no se pueden utilizar más de seis meses ya que comienzan a degradarse con cada uso.

Después de su vida útil estos productos pueden ser trozados y convertidos en abono orgánico para el suelo. Esto podría funcionar como una alternativa económica extra para las

personas ya que se puede vender a la agroindustria como abono orgánico después de ser degradado.

Recolección

Los plásticos desechables provenientes de hidrocarburos suelen ser desechados en basureros de desechos comunes y en menor medida en basureros para reciclaje. Los bioplásticos de banano deberán ser desechados en basureros específicos para residuos orgánicos. Es importante considerar que no es conveniente desechar este producto junto a residuos comunes ya que al llegar a rellenos sanitarios o botaderos de basura su tiempo de degradación aumentará considerablemente debido a la falta de aireación (Lesikar, y Enciso, 1999).

Producto 5. Astilla de raquis de banano Cavendish para fabricar concreto hidráulico para carreteras

La fabricación de concreto hidráulico es una actividad que genera grandes impactos ambientales debido a que se utiliza gran cantidad de materias primas, consume mucha energía eléctrica y térmica y emite gran cantidad de gases de efecto invernadero (García y Rico, 2015). La implementación de residuos de fibras naturales podría reducir el uso de fibras sintéticas contaminantes, reducir el uso del material de construcción, mejorar las características mecánicas y químicas del concreto hidráulico volviéndolo más duradero, barato de producir y más amigable con el medio ambiente.

Materia prima

El consumo de cemento en el Ecuador ha crecido un 17,3% durante el primer semestre de 2021, hasta alcanzar las 7.309.916 toneladas más que en 2020. La presión sobre las minas que extraen materiales para la producción de cemento es cada vez más alta por lo que cada

vez más minas se concesionan y por ende se generan más impactos ambientales en los ecosistemas (Gonzales, 2022).

Eco diseño

En el Ecuador ya se están generando investigaciones utilizando la fibra de raquis de banano para volver al concreto en mayor medida una actividad sostenible. La Universidad Católica de Guayaquil está apoyando a una iniciativa que tiene como objetivo generar ingresos adicionales para las mujeres productoras de banano de la provincia de Los Ríos y además innovar en concretos hidráulicos de alta calidad y durabilidad para climas tropicales (Diaz y Flores, 2020).

Según estas investigaciones el vástago de banano mejora la permeabilidad, la flexibilidad y la estabilización del concreto en climas tropicales con mucha precipitación y humedad. Además, estudios de granulometría y resistencia hidráulica muestran que el cemento con raquis de banano es hasta un 20% más fuerte que el concreto convencional. De la misma forma reemplaza la función de las fibras de carbono que se le suele agregar a este concreto (Romero y Vega, 2019).

Distribución

Las fábricas de cemento hidráulico necesitarían cantidades considerables de astilla de raquis de banano. Se recomienda que se añada entre 0,3% a 0,7% de volumen de astilla de vástago de banano por cada mezcla de cemento hidráulico (Romero y Vega, 2019). Esto significaría no solo un ingreso extra para los agricultores de banano cavendish, sino que también representaría una oportunidad para los transportistas ya que se necesitaría transportar grandes volúmenes de astilla de vástago de banano.

Consumo y reutilización

El mejorar las cualidades mecánicas del concreto hidráulico representaría no tener que reparar las carreteras continuamente. Esto decrementaría la cantidad de materiales que provienen de la minería de cemento que se usan y remplazaría las fibras de carbono no biodegradables por fibras biodegradables. De la misma forma reciclaría y utilizaría un residuo de la actividad bananera que al degradarse produce problemas a los cultivos como plagas fúngicas. De esta forma se generaría valor agregado a la actividad bananera, con muy poca maquinaria, y se fabricaría cemento de mejor calidad y más amigable con el medio ambiente (Diaz y Flores, 2020).

Recolección

La astilla del vástago de banano al estar inmersa en la mezcla de concreto hidráulico se preservará durante años dentro de la red vial. Sin embargo, con el paso de los años se degradará generando que el concreto tenga mayor porosidad y por ende sea más flexible, permeable. Esto evitará que el asfalto se fracture y erosione rápidamente por el agua y calor. Además, los escombros que se generen cuando se tenga reparado el sistema vial no poseerán fibras de carbono no fácilmente erosionables y biodegradables (Castillo y Farinango, 2019).

Producto 6. Papel tapiz del corazón del tallo del banano cavendish

En el mundo se producen 38.000 millones de litros de pintura por año. Las pinturas tradicionales son una gran fuente de contaminación ya que generan elementos nocivos para el medio ambiente como metales pesados tales como el plomo, cadmio, mercurio. Por estos motivos, la pintura se considera un residuo peligroso para el medio ambiente. De la misma forma su fabricación genera gran cantidad de ozono troposférico lo que junto al efecto invernadero en exceso puede llegar a ser altamente nocivo para la salud humana y para la

fauna que nos rodea (Moreno, 2015).

Existen otras alternativas como pinturas más amigables con el medio ambiente que se suelen ofrecer. Sin embargo, muchas personas optan por el papel tapiz tradicional, aunque este significa la tala de muchos árboles para su fabricación además de la adición de muchos químicos para su preservación e instalado como pegamento, laca y barnice (Gutiérrez, 2016). En respuesta a esta problemática se ha desarrollado papel tapiz del corazón del tallo del banano lo que en la actualidad es un residuo de la actividad bananera.

Eco diseño

El papel tapiz, se diseñó en base al protocolo de fabricación de Ecobanana. Esta empresa colombiana genera papel tapiz y recubrimientos de conglomerado para la decoración del hogar a partir del corazón del tallo del banano. A diferencia de otros papeles tapices se ve como una pared de madera y no necesita de pegamento para elaborarse, además dura 15 años en buen estado (Torres, 2013). El único aditamento que lleva este producto es una capa de aceite orgánico de linaza para sellarlo y protegerlo del ambiente.

Distribución

La distribución del papel tapiz se suele hacer en rollos de 25 pies cuadrados. El papel tapiz de banano es un material resistente, pero es recomendable que se mantenga con poca humedad para que pueda durar años en las bodegas de ser necesario. Este material podría ser distribuido a ferreterías o tiendas de hogar a nivel nacional o incluso a nivel internacional (Torres, 2013).

Consumo y reutilización

La venta de papel tapiz del tallo del banano representaría significaría darles un tratamiento a los residuos de la actividad bananera en un producto adicional. Sin embargo, al

pegar el papel tapiz en las paredes sería necesario el uso de pegamento de vinilo cuando se trata de paredes de cemento o cola celulósica en polvo cuando se trata de paredes de aglomerado o madera.

En condiciones de humedad baja el papel tapiz puede durar 15 años sin problemas debido a que es una fibra muy resistente y el aceite de linaza lo protege de termitas o polillas de madera. Sin embargo, si está expuesto a demasiada humedad este producto no suele mantenerse en buen estado y se degrada por motivos es necesario revisar que no exista humedad en la pared donde se va a pegar.

Recolección

Si se utilizó pegamento de vinilo este producto no puede convertirse en un desecho orgánico porque este tipo de pegamento no es biodegradable y contamina los suelos y el agua. Por esto sería necesario depositarlo en basureros de basura común. Sin embargo, si se utilizó pegamento de cola celulósica es este producto puede convertirse en abono orgánico cuando termina su vida útil. Una vez termine la vida útil de este producto es necesario sacarlo de la pared y trozarlo y si se tiene un jardín se puede hacer compost orgánico con los desechos. Al estar en contacto con la humedad y la temperatura se degradará rápidamente en materia orgánica. Si no se tiene un compost orgánico o jardín se lo puede desechar en la basura orgánica y en el ambiente se descompondrá rápidamente (Torres, 2013).

CAPITULO V: CONCLUSIONES

La actividad bananera es una industria que ha generado gran cantidad de deforestación en el Ecuador y cada vez se expande más sobre todo en la región costa. Para disminuir la tasa de expansión de los cultivos de esta actividad sería necesario que se genere mayor valor agregado para que esta diligencia sea más productiva por espacio cultivado sin la necesidad

de expandir sus fronteras agrícolas para mantenerse rentable. Por estos motivos sería conveniente utilizar los residuos que los cultivos producen para fabricar productos con un esquema de producción sostenible y biodegradables. Esto no solo generaría valor agregado, sino que ayudaría a conservar la biodiversidad del Ecuador convirtiendo a la actividad bananera en una industria más sostenible, resiliente y que crea fuentes de trabajo adicionales.

La planta bananera tiene muchas bondades como materia prima, y ofrece la posibilidad de fabricar alternativas a muchos de los productos de uso masivo que generan contaminación y no son biodegradables en el mundo. Envases de una sola vida útil de plástico, papel, cartón, materiales de construcción, fibras textiles, madera e incluso energía utilizable podrían ser producidos de manera sostenible a base de esta planta. En un país bananero como el Ecuador, con 40 millones de toneladas métricas de residuos agrícolas de esta actividad, el potencial de generar industria sostenible a partir de estos residuos es enorme.

La utilización de productos biodegradables bajo las dinámicas de la economía circular economía circular a partir de los desechos agrícolas podría ser una estrategia de adaptación al cambio climático. Los principios de biodegradabilidad y economía circular en estos productos reducirían mucho la energía, materia prima, desechos e impacto ambiental que genera la industria.

El utilizar los residuos agrícolas de los cultivos de banana cavendish no solo funcionaría como una forma de reciclar materiales y generar nuevos ingresos para las personas, sino que podría salvar a la banana más consumida del mundo de la extinción por el hongo *Fusarium spp.* Las variedades más consumidas de banana son alteradas genéticamente para no tener semillas por estos motivos deben ser clonadas invitro para reproducir el cultivo. Esto genera que en los cultivos masivos de estas bananas modificadas

genéticamente todos los individuos sean clones y en esencia las poblaciones tengan poca diversidad genética. Los cultivos con poca diversidad genética son altamente propensos perderse por plagas como el hongo *Fusarium spp.* El reducir la cantidad de materia orgánica en el suelo en estos cultivos eliminaría potenciales hábitats para el hongo lo que permitiría hacerle frente a esta amenaza a la seguridad alimentaria a nivel mundial.

RECOMENDACIONES

El potencial de la industria que puede desarrollarse a partir de los residuos de la agricultura es muy amplio, sería interesante incursionar en productos a partir de los residuos de la actividad bananera. Puesto que la industria textil también es una industria que genera gran cantidad de impactos ambientales, las fibras textiles biodegradables a partir de los residuos agrícolas podrían ayudar a reducir la basura que se genera y optimizar el uso de materia prima y energía para fabricar esos productos.

Sería interesante que se generen nuevos protocolos y tecnologías para aprovechar los residuos agrícolas del banano en el Ecuador. De esta forma se podría dar paso a nuevos bioemprendimientos que ayuden a alcanzar la sostenibilidad del consumo en el futuro cercano.

Existe una brecha de conocimiento en cómo se biodegradan bioplásticos, papel y cartón provenientes de los residuos agrícolas. Es importante que se investiguen los efectos de estos materiales en ecosistemas acuáticos, terrestres y antropoeosistemas, para determinar qué tan factible es la aplicación de estos productos de manera masiva.

Es sustancial que solo se utilicen los residuos agrícolas para generar este tipo de industria puesto que no sería deseable poner en riesgo la soberanía y seguridad alimentaria del mundo para fabricar productos biodegradables. Sin embargo, también sería importante

investigar cómo podría afectar al suelo el quitar materia orgánica de los residuos agrícolas.

LITERATURA CITADA

Acosta, A. (2011). Extractivismo y neoextractivismo: dos caras de la misma maldición. *Más allá del desarrollo*, 1, 83-118.

Aguilar, D. (2019). Generación de energía eléctrica a partir de los residuos orgánicos urbanos. (*Tesis doctoral*). Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18090/1/UPS-CT008600.pdf>

Alibaba, E. C. (2021). Prensa hidráulica de cartón de 20 toneladas. Recuperado de <https://spanish.alibaba.com/wholesale/Venta-al-por-mayor-prensa-hidraulica-para-ollas.html> (15 de diciembre 2021).

Amazon, E. C. (2021). Industrial sewing machine. Recuperado de <https://aws.amazon.com/ec2/> (15 de diciembre 2021).

Ambiental. (2013). Ambiental.net. Recuperado: de Temas ambientales para América Latina: <http://www.ambiental.net/noticias/biodiversidad/EcuadorPapelBanana.htm>

Ayala, G. y Sanabria, F. (2018). Aprovechamiento de recursos renovables en la obtención de nuevos materiales. *Ingenierías USBMed*, 9(1), 69-74.

Baldini, C., Marasas, M. E., Palacios, P., y Drozd, A. A. (2016). Territorio en movimiento: Análisis de cambio del uso/cobertura del suelo en el partido de La Plata entre 2005 y 2015. In I IUFRO Landscape Ecology Latin-American y II IALE Latin-American Congress (Temuco, Chile, 2016).

Bermeo, J. (2021, 20 de agosto). Ecuador produce 530.000 barriles de petróleo a diciembre de 2021. *EKOS*. Recuperado de <https://www.ekosnegocios.com/articulo/ecuador-busca-producir-530-000-barriles-de-petroleo-a-diciembre-de-2021>.

- Bossis, G., Marins, J., Kuzhir, P., Volkova, O., y Zubarev, A. (2015). Functionalized microfibers for field-responsive materials and biological applications. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 1-9.
- BSCI. (2018). Biopack Systems. Obtenido de Biopack Systems: <https://www.biopacksystems.com/certificacion>
- Cano, J. E. S. Biocombustibles, la era de la nueva revolución agrícola.
- Capdevila-Argüelles, L., Zilletti, B. y Suárez-Álvarez, V. Á. (2013). Causas de la pérdida de biodiversidad: Especies Exóticas Invasoras. *Memorias Real Sociedad Española de Historia Natural*. 2a. época, 10.
- Cardozo, C. M., Salinas, G. C., y Moreno, G. L. (2016). Composición química y distribución de materia seca del fruto en genotipos de plátano y banano. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 17(2), 217-227.
- Carpio Pilalo, M. A. (2021). Análisis de negocios de comidas rápidas del cantón Salitre e incidencia del Delivery personal durante el confinamiento del 2020 (Tesis Doctoral).
- Castillo, M. L. y Farinango, C. J. (2019). *Durabilidad del hormigón con fibras de yute* (Tesis de pregrado). Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16964>
- Centanaro, P., y Nava, J. C. (2021). Nudos críticos de procesos gerenciales en unidades productivas de banano, Milagro, Ecuador (Bottlenecks of Managerial Processes at Banana Production Units in Milagro, Ecuador). *Revista CEA*, 7(13).
- Cerdá, E., y Khalilova, A. (2016). Economía circular. *Economía industrial*, 401(3), 11-20.
- Chuncho, L.; Aguirre, P.; Vivanco A. (2021). Ecuador: análisis económico del desarrollo del sector agropecuario e industrial en el periodo 2000-201. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 8 (3) pág. 08-17. DOI: 10.26423/rctu.

- Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo [UNCTAD] (2018). La vulnerabilidad estructural de la economía mexicana ante la crisis derivada de la pandemia COVID-19. *Contaduría y administración*, 65(5), 2.
- Conya, S. A., Veloz, M. J., y Abarca, S. M. (2020). Diseño y elaboración de utensilios biodegradables a partir de la fibra del tallo de banano (*Musa paradisiaca*) como alternativa de uso para mitigar impactos ambientales causados por el plástico. *Ciencia Digital*, 4(1), 373-384. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v4i1.1118>
- Coordinadora de Organizaciones de Agricultores y Ganaderos [COAG] (2008). Agricultura socioconciente: el modelo del COAG para combatir el cambio climático. Recuperado de: <http://webs.ucm.es/info/soberania.alimentaria/Agricultura%20Socioconciente->
- Corporación Financiera Internacional [CNF] (2020). *Ficha Sectorial del banano y plátano*. Recuperado de <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2020/ficha-sectorial-4-trimestre-2020/FS-Banano-4T2020.pdf>
- Cubilla, K., González, Y., Montezuma, G., Samudio, M., y Gómez, E. (2019). Fibra de coco y cáscara de plátano como alternativa para la elaboración de material biodegradable. *Revista de Iniciación Científica*, 5(2), 15-20.
- Díaz, A., y Flores, B. J. (2020). Evaluación de la resistencia a la compresión del mortero hidráulico adicionando ceniza de muza paradisiaca para viviendas funcionales Tarapoto–2020.
- Falappa, M. B., Lamy, M., Vázquez, M., y Bohm, L. E. (2019). *De una Economía Lineal a una Circular, en el siglo XXI* (Tesis doctoral). Recuperado de https://ediunc.bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digiales/14316/falappa-fce.pdf

- García R., y Rico, L. (2015). Impactos ambientales asociados con el proceso de producción del concreto. *Enfoque UTE*, 6(4), 67-80.
- Garnica, P., y Sesma, J. A. (2002). *Mecánica de materiales para pavimentos*. Publicación técnica, (197).
- Gerónimo, F. G., Ibarra, Q. R., Navia, M., y Aguirre, G. (2013). Caracterización morfológica de plátano (*Musa paradisiaca* L.) en la provincia por Yungas de la Paz y Provincia Chapare de Cochabamba Bolivia. *Revista Científica Agrocencias Amazonía*, 35.
- Gómez, G.A. 2008. *Manual de Manejo de las Diferentes Etapas de Producción de Banano de Exportación*. Trabajo de licenciatura. Instituto Técnico Agrícola. Colombia. 100 p.
- Gonzales, A. P. (2022, 3 de febrero). El consumo de cemento crece un 17,3% en el primer semestre. *Oficemen*. Recuperado de <https://www.oficemen.com/el-consumo-de-cemento-crece-un-173-en-el-primer-semester/>
- González, A. L. (2019). Implicaciones ambientales derivadas del petróleo: Caso del agua embotellada para la salud humana. *Cienciamatria*, 5(9), 265-28
- Grasse, N. T., y Goldsmith, D. (2004). *Origins, Fourteen Billion Years of Cosmic Evolution*. Estados Unidos, New York: PBS
- Gutiérrez, J. C. (2016). Estudio de impacto ambiental sobre la eficiencia administrativa y la política de cero papel en la administración pública. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10654/11650>
- Guzmán, J. C. (2020). *La economía circular. Emergencia climática ante el calentamiento global*. Segura. 61 p.
- Hartshorn, G. (2003). *La importancia de manejar los bosques tropicales en América Latina*. Memoria especies Forestales Nativas. INISEFOR. Heredia, Costa Rica.

- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC] (2020). Manual del encuestador y supervisor “Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC” 2020. Quito.
- Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura INTAGRI. 2018. Requerimientos de Clima y Suelos para el Cultivo de Banano. Serie Frutales Núm. 33. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 3 p.
- Kora, A. J. (2019). Leaves as dining plates, food wraps and food packing material: Importance of renewable resources in Indian culture. *Bulletin of the National Research Centre*, 43(1), 1-15.
- Lesikar, B. J., y Enciso, J. (1999). Unidad de tratamiento aeróbico. Servicio de Extensión Agrícola de Texas, el Sistema Universitario Texas A & M.
- López, J., Cuarán, J., Arenas, V. y Flórez M. (2014) Usos potenciales de la cáscara de banano: elaboración de un bioplástico. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, volumen (1), enero a diciembre 2014, p7-2. doi:org/10.23850/24220582.109
- López, M.A. y Espinosa, M.J.A. 1995. Manual de Nutrición y Fertilización del Banano. International Plant Nutrition Institute (IPNI). Ecuador. 86 p.
- MacArthur, F. E. (2014). Hacia una economía circular. *Economía industrial*, 401(3), 11-20.
- Maldonado, J. F. B. (2020). Diseño de un sistema informático para la enseñanza del reciclaje en Bogotá.
- Martínez, C., Salinas G., y Moreno G. (2017). Composición química y distribución de materia seca del fruto en genotipos de plátano y banano. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 17(2):217-227

- Martino, D. (2007). Deforestación en la Amazonía: principales factores de presión y perspectivas. *Revista del sur*, 169(1), 3-20.
- Mazzeo M. M., León L. A., Mejía L. J., Guerrero L. M. y Botero J. L. (2010). Aprovechamiento industrial de residuos de cosecha y poscosecha del plátano en el Departamento de Caldas. *Educación en Ingeniería*, 1 (9), 128-139. Recuperado de <https://www.google.com/search?q=APROVECHAMIENTO+INDUSTRIAL+DE+RESIDUOS+DE+COSECHA+Y+POSCOSECHA+DEL+PL%3%81TANO+EN+EL>
- MercadoLibre E. C. (2021). Carrete de hilo de algodón para cocer. Recuperado de <https://listado.mercadolibre.com.ec/prensa-hidraulica-de-20-toneladas> (15 de diciembre de 2021).
- Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG (2020): Resumen Ejecutivo de los Diagnósticos Territoriales del Sector Agrario. Ministerio de Agricultura y Ganadería – Coordinación General de Planificación y Gestión Estratégica. Quito – Ecuador
- Ministerio de Agricultura y Ganadería MAG. (2017). Informe del Sector bananero ecuatoriano. Recuperado de <https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Informe-sector-bananero-esp%C3%B1ol-04dic17.pdf>
- Ministerio de Patrimonio y Cultura. (2013). Come sano, come identidad. En C. Izurieta (Ed.), *Patrimonio alimentario* (pág. 4).
- Moreno, C. S. (2015). Pablo Cardoso: un giro ético y político de su estética. *Tsantsa. Revista de Investigaciones artísticas*, (3).
- Naranjo, L. G., y Ruiz, C. E. (2016). La proximidad de los opuestos naturaleza y cultura en el Antropoceno. *Ciencia y humanismo*, 50, 133-152.

- Osorio, Y. C., y Lobo, L. L. (2021). *Estudio comparativo de la conductividad térmica de tres aislantes naturales con la del poliestireno expandido calculada por fusión continua de hielo* (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://repositorio.unimagdalena.edu.co/jspui/handle/123456789/5800>
- Porcelli, A. M., y Martínez, A. N. (2018). Análisis legislativo del paradigma de la economía circular. *Revista Direito GV*, 14, 1067-1105.
- Romero, D. A. (2019). *Determinación del potencial energético de la biomasa residual de cultivos de banano en el cantón Machala, El Oro, Ecuador* (tesis de pregrado). Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18090#:~:text=A%20partir%20de%20los%20an%C3%A1lisis,el%C3%A9ctrica%20para%20satisfacer%20la%20demanda>
- Romero, L. C. y Vega, M. P. (2019). *Estudio del efecto en diferentes cantidades de fibra de vástago de plátano en propiedades fisicomecánicas del concreto hidráulico para pavimento* (Tesis de pregrado). Recuperado de <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5746/MONOGRAFIA%20SIA%202019%20-%20MA.%20PAULA>
- Sánchez, J. C. M. (2021). La dependencia energética de los países subdesarrollados. *HUMAN REVIEW. International Humanities Review/Revista Internacional de Humanidades*, 10(1), 19-36.
- Sandoval, V. P., Jaca, C., y Ormazabal, M. (2017). Economía circular. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, (15), 85-95.
- Särkkä, T., Gutiérrez-Poch, M., y Kuhlberg, M. (Eds.). (2018). *Technological transformation in the global pulp and paper industry 1800–2018: comparative perspectives* (Vol. 23).

Springer.

Soliz Torres, M. F. (2021). Emergencia sanitaria desechos sólidos urbanos. La basura como naturaleza: la basura con derechos.

Torres, C. J. (2019) *Sistemas de siembra utilizado en el cultivo de banano (Musa paradisiaca, en la hacienda la Gema del cantón Baba* (Tesis de pregrado). Universidad técnica de Babahoyo facultad de ciencias agropecuarias carrera de ingeniería agronómica. Ecuador. 17p.

Torres, K. P. (2013). *Experimentación, tecnología de la fibra de banano aplicada al diseño de objetos* (Tesis de pregrado). Recuperado de <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/2641>

Vargas A. C., Watler w., Morales, M., y Vignola, R (2017). Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de banano en Costa Rica. Fondo de adaptación. Costa Rica. 3p.

Vega Cortez, A.E. (2014). Elaboración de papel a base de residuos de banano (Tesis de Pregrado).

Verdezoto, L., Parco, F., Jácome, C., Katan, W., y Mora, A (2005). Energía renovable a partir de la biomasa de la caña de azúcar. Fenología de macroalgas marinas. Hidrobiológica, 15(1), 109-122.

Vidal F.I., Pereira E., Sotolongo R., Quintana Y., Ortiz, A.,García A., Ly, J. (2001). Efecto de la suplementación con seudotallo de plátano sobre la salud y el peso al sacrificio de cerdos comerciales. Revista Producción Animal, Vol 13 No. 1, Universidad de Camagüey, pp.67-69.

Vildrán, J P. (30 de marzo de 2018). *El universo*, p.3. Recuperado de

ANEXOS

Anexo 1. Mapa conceptual resumen de la metodología.

