

Revisión del uso del rastrojo de piña (*ananas comosus*) como materia prima para su aprovechamiento a nivel piloto e industrial

Daniela del Pilar Ferreira García y Diego Alejandro García Pérez

Trabajo de grado para Optar el título de Ingeniero Químico

Director

Giovanni Morales Medina

Dr. en Ingeniería Química

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicoquímicas

Escuela de Ingeniería Química

Bucaramanga

2021

**Dedicatoria**

A Dios, quien es el autor y motor de todo en mi vida.

A mi mamá, Sandra, quien con su infinito amor me ha guiado en cada paso que doy.

A mi papá, quién desde el cielo me ha guardado.

A mi nona, Herminia, quien me ha puesto en cada una de sus oraciones para seguir adelante con  
cada uno de mis sueños.

A mi padrino y tío, Salomón y Gonzalo, que con su amor de padres me han apoyado durante toda  
mi vida.

***Daniela Ferreira***

A mi familia, que siempre estuvo apoyándome para lograr esta meta y siempre creyeron en mí.

A mi madre, Martha, que con su cariño y amor ha hecho que no desfallezca en ningún momento.

A mi padre, Eliberto, que con sus consejos y enseñanzas me ha ayudado a ser una mejor persona  
y profesional.

A mi hermano, Fabián, que ha sido uno de mis motores a seguir para cumplir mis metas.

***Diego García***

### Agradecimientos

Queremos Agradecer al profesor Giovanni Morales por su dirección y orientación durante el desarrollo de este proyecto, quien también fue nuestro maestro en la materia control de procesos e hizo que amáramos aún más nuestra carrera.

A nuestros amigos, Juan Jo, Diego, Martha y Alejandra, Frank y Karen quienes, con su cariño, hicieron muy bonita esta etapa de universidad.

A cada uno de los profesores que en algún momento nos dictaron clase con todo su amor y dedicación para ayudarnos a crecer tanto personal como profesionalmente.

A Diego, por ser un excelente compañero de proyecto y un gran apoyo en cada paso que dimos.

A Daniela, por ser una excelente compañera de proyecto, quien con su comprensión y dedicación fue un gran apoyo.

A todos, los que, sin mencionar, hacen parte de esta importante etapa y de este trabajo.  
Gracias.

**Contenido**

	<b>Pág.</b>
Introducción .....	11
1. Objetivos .....	13
1.1 Objetivo general .....	13
1.2 Objetivos específicos .....	13
2. Metodología .....	14
2.1 Actividad 1. Búsqueda bibliográfica.....	14
2.2 Actividad 2. Clasificación de los documentos e índices bibliométricos.....	14
2.3 Actividad 3. Identificación de temas o líneas de desarrollo. ....	15
2.4 Actividad 4. Selección de los documentos. ....	15
2.5 Actividad 5. Lectura y análisis de documentos. ....	15
2.6 Actividad 6. Elaboración tabla comparativa. ....	16
3. Resultados .....	16
3.1 Bibliometría .....	16
3.2 Temas o líneas de desarrollo identificadas .....	26
3.2.1 Material de refuerzo, fibra textil, papel y ensilaje. ....	28
3.2.2 Biomasa - Uso del rastrojo de piña para la producción de biocombustibles. ....	34
3.2.3 Campo médico .....	36
3.2.4 Remoción de colorantes del agua .....	39
3.3 Matriz de comparación de los temas o líneas de desarrollo.....	41

4. Conclusiones ..... 43

5. Recomendaciones ..... 44

Referencias Bibliográficas ..... 45

Apéndices..... 56

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Bases de datos utilizadas en la búsqueda bibliográfica .....	18
Figura 2. Tendencia en la publicación de documentos en el tema de tratamiento y usos del rastrojo de piña.....	18
Figura 3. Tendencia en la publicación de documentos por país en el tema de tratamiento y usos del rastrojo de piña.....	19
Figura 4. Instituciones que dieron financiamiento a las investigaciones hechas en Colombia ...	21
Figura 5. Palabras clave relacionadas con los temas o líneas de desarrollo. ....	27
Figura 6. Temas o líneas de desarrollo identificados.....	27
Figura 7. Autores con el mayor número de para cada tema o línea de desarrollo en el aprovechamiento del rastrojo de piña. ....	28

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Artículos con mayor número de citaciones en el tema. ....	23
Tabla 2. Tabla comparativa entre los temas o líneas de desarrollo. ....	42

## Lista de Apéndices

	<b>Pág.</b>
Apéndice A. Diagrama de flujo de la metodología aplicada .....	56
Apéndice B. Grupos de investigación en Santander .....	57
Apéndice C. Comparación entre los materiales hechos con 40% de fibra con y sin MA. ....	58
Apéndice D. (a) Fibra después del proceso de descortezado, (b) después de la eliminación de tejidos celulósicos y gomosos.....	59
Apéndice E. (a) Fibra al eliminar materiales celulósicos, (b) Fibra al eliminar compuestos gomosos, (c) Fibra blanqueada. ....	60
Apéndice F. PALF- 5PAN.....	61
Apéndice G. Proceso de obtención del catalizador y producción de Biodiesel.....	62
Apéndice H. (a) Crecimiento in vitro de la planta de piña (b) 3 meses de crecimiento. (c) 4 meses de crecimiento. (d) proceso de extracción. (e) Extractos de la hoja de piña.....	63
Apéndice I. (a) RPALF, (b) PALF a 250 °C, (c) PALF a 500 °C. ....	64
Apéndice J. Artículos publicados en Colombia.....	65
Apéndice K. Artículos restantes de los temas o líneas de desarrollo.....	68

## Resumen

**Título:** Revisión del uso del rastrojo de piña (*ananas comosus*) como materia prima para su aprovechamiento a nivel piloto e industrial\*.

**Autor:** Daniela del Pilar Ferreira García y Diego Alejandro García Pérez\*\*

**Palabras clave:** Rastrojo de piña, Planta de piña, Tallo de piña, Hojas de piña

### Descripción:

Se llevó a cabo una bibliometría acerca del uso de residuos de la planta de piña (rastrojo) para su aprovechamiento a nivel piloto e industrial, siguiendo una metodología de 6 pasos: búsqueda bibliográfica, clasificación de documentos e índices bibliográficos, identificación de los temas o líneas de desarrollo, selección de documentos, lectura y análisis y elaboración de tabla comparativa. Se recopilaron 161 artículos en donde se filtró por número de citas, país, año y base de datos; 77 artículos que conforman los temas o líneas de desarrollo; como principales resultados, se identificó el uso del tallo de piña como adsorbente para remoción de colorantes en soluciones acuosas y extracción de bromelina, también el uso de las hojas para producción de textiles y de biocombustibles. Los métodos de producción fueron en el caso del tallo mediante cortes en pequeñas piezas de este para luego ser secado y molido para obtener partículas capaces de actuar como adsorbente o filtración centrifugación y secado para el caso de la bromelina. La utilización de las fibras de la planta para producción de textiles se tiene que se produce hilo mediante la obtención de la fibra a partir de las hojas, se aplica un pretratamiento para luego aplicar una emulsión de aceite de castor y agua para que al procesarlas por una maquina suavizadora se produzca el hilo textil. La utilización de las hojas como catalizador el cual se obtiene por el corte y pulverización de las hojas para luego ser calcinadas, estas son usadas en el proceso de transesterificación donde se produce el biodiesel, el catalizador se separó por medio de un proceso de centrifugación y lavado con una solución de cloruro de sodio y n-hexano para ser reusado. En Santander los grupos que podrían investigar al respecto pertenecen a la UIS, USTA y UPB.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Giovanni Morales Medina, Dr. en Ingeniería Química

### Abstract

**Title:** Review of pineapple plant wastes (*ananas comosus*) as raw material for its use at both pilot and industrial level.\*

**Author:** Daniela del Pilar Ferreira García y Diego Alejandro García Pérez\*\*

**Key words:** Pineapple plant waste, Pineapple plant, Pineapple stem, Pineapple leaves

#### Description:

A review about the use of pineapple plant waste as (leaves and stem) at the end of the harvest was made, in order to get the most of it both, at pilot and industrial level, following a search algorithm made out of six stages: Bibliographic search, documents classification and bibliographic indexes, as well as identification of research lines, selection of the papers to work with and reading and analysis of them so at the end a comparative chart can be made. 161 papers were found and filtered by number of citations, country, year and data base; 77 documents make up the research lines; as main results were, the use of pineapple stem as a natural adsorbent to remove dyes from aqueous solutions as well as bromelain extraction, the use of the leaves to produce textiles and biofuels. The production methods were, the stem was cut in small pieces, dried and ground to obtain particles with the capacity of dye removal or filtration and centrifugation in the bromelain case. For textile production, the fibers are obtained from the leaves and then pretreated so a castor oil and water emulsion can be sprayed on it right before processing it over a softener machine to obtain the yarn. The leaves usage to obtain a catalyst is done by cutting and pulverizing them in order to later be calcined so it can be used in the transesterification process where biodiesel is obtained, the catalyst was separated by centrifugation and washed with sodium chloride and n-hexane to be reused. On the other hand, the groups that can do research in this topic in Santander belong to UIS, USTA and UPB.

---

\* Bachelor Thesis

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Giovanni Morales Medina, Dr. en Ingeniería Química

## Introducción

El presente documento expone una recopilación y un análisis de la literatura encontrada en el tema aprovechamiento del rastrojo de piña, en los últimos 17 años. La piña (*ananas comosus*) es una fruta tropical perteneciente a la familia de las bromeliáceas, altamente conocidas por sus notas dulces, ácidas y su demanda tanto a nivel nacional como internacional. Los principales países productores de piña son Costa Rica, Brasil, Filipinas, China, Tailandia y Nigeria (Programa Nacional de Desarrollo Agroalimentario, 2013). A nivel nacional, el mayor productor de piña es el departamento de Santander, seguido por Valle del Cauca. La producción total de piña en el país para el año 2013 fue estimada en 1.854.163 toneladas, de las cuales, 668.771 toneladas fueron producidas por el Departamento de Santander, mientras 310.383 toneladas fueron cosechadas en el Valle del Cauca (Censo Nacional Agropecuario, 2016).

Como consecuencia del cultivo de piña, un alto volumen de rastrojo (planta de la piña al final de la cosecha) se obtiene como subproducto, siendo este constituido por la planta de piña en general, las hojas, el tallo y la raíz, sin incluir su fruto. Usualmente, este rastrojo es depositado en las áreas cercanas a los cultivos, conduciendo a la proliferación de vectores que pueden afectar los demás cultivos y la salud pública (Araya, 1998); Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de la Orinoquia [Ticso], 2014). Sin embargo, estos residuos, que ya no son de utilidad para el proceso productivo principal, pueden ser susceptibles de aprovechamiento (Saval, 2012).

Por lo anterior, la revisión de literatura fue dirigida a la recopilación de distintas formas o métodos de valorización de este rastrojo. La metodología seguida en este documento consistió en

la búsqueda bibliográfica, clasificación de documentos, identificación de temas o líneas de desarrollo o líneas de investigación, selección de los documentos para posterior análisis y creación de tabla comparativa de los diferentes temas o líneas de desarrollo con sus pros y contras.

Según los resultados de la recopilación y el análisis de literatura, se tiene que Malasia es el principal país con más investigación respecto al tema. Por su parte, 4 temas o líneas de desarrollo en el tema fueron identificadas. Estas líneas fueron: Fibras y papel, biomasa, Campo médico, Remoción de minerales y colorantes de cuerpos de agua y otras. Según la revisión, las líneas de desarrollo fibras y papel y, remoción de colorantes mostraron oportunidades para un proceso de escalamiento.

## 1. Objetivos

### 1.1 Objetivo general

Desarrollar un estado del arte en lo referente al aprovechamiento del rastrojo obtenido al final de la cosecha del cultivo de piña (*ananas comosus*), por medio del análisis de artículos encontrados en bases de datos tales como *Web of Science* y *Scopus*, entre otras.

### 1.2 Objetivos específicos

Determinar los principales índices bibliométricos referentes al tratamiento y al aprovechamiento del rastrojo de piña, definiendo los autores más citados y los grupos de investigación nacionales con mayor influencia en el tema.

Clasificar los temas o líneas de desarrollo respecto al aprovechamiento del rastrojo de piña, teniendo un particular interés en el uso que se le puede dar a este residuo en investigaciones futuras en Colombia.

Establecer una matriz de comparación de los temas o líneas de desarrollo en el aprovechamiento del rastrojo de piña, considerando los procedimientos de pretratamiento, los tratamientos, la aplicación, los pros, los contras y las respectivas oportunidades de mejora.

## 2. Metodología

Las actividades propuestas para la consecución de los objetivos de este trabajo son presentadas en la Figura 1a del Anexo 1.

### 2.1 Actividad 1. Búsqueda bibliográfica.

La ecuación de búsqueda utilizada en el título, resumen y palabras claves fue la siguiente: “pineapple AND plant AND leaf AND stem or (rastrojo piña, Hojas de piña, tallos de piña)”. Esta ecuación fue aplicada en las bases de datos electrónicas disponibles en el catálogo bibliográfico de la Universidad industrial de Santander, como Scopus, *Web of Science*, Springer y EBSCO host. También, *Google Scholar* fue considerada en la búsqueda de documentos utilizando la ecuación de arriba. Adicional a la ecuación de búsqueda, las palabras clave fueron aplicadas por separado, aumentando la cantidad de documentos obtenidos en la búsqueda. La ventana de tiempo considerada fue la referente al periodo entre 2004 y 2021.

### 2.2 Actividad 2. Clasificación de los documentos e índices bibliométricos.

La información relevante de los documentos resultantes de la Actividad 1 fue copiada en una hoja de Excel®. En este programa, los diferentes documentos fueron fácilmente clasificados según el tipo de tratamiento, el número de citas, el país y el año, por medio de las respectivas herramientas de filtrado y ordenamiento. Las gráficas de los diferentes índices bibliométricos fueron construidas utilizando este programa. Así mismo se utilizó el programa VOSviewer para

para analizar la relación de las palabras claves de las investigaciones consultadas respecto al aprovechamiento del rastrojo de piña.

### **2.3 Actividad 3. Identificación de temas o líneas de desarrollo.**

Los documentos fueron organizados por temas o líneas de desarrollo, por medio de la lectura de los respectivos resúmenes. Los temas o líneas fueron definidas según el mercado final dispuesto para los componentes del rastrojo de piña.

### **2.4 Actividad 4. Selección de los documentos.**

Los documentos para lectura y análisis fueron seleccionados por el número de citas y la novedad de métodos de tratamiento para la síntesis del producto, según el mercado final.

### **2.5 Actividad 5. Lectura y análisis de documentos.**

Una vez seleccionados los documentos serán clasificados según su contenido en distintos temas o líneas de desarrollo para una mejor clasificación, analizando el contenido del procedimiento dado, análisis instrumental aplicado y resultados obtenidos en cada proceso.

## 2.6 Actividad 6. Elaboración tabla comparativa.

Los distintos temas o líneas de desarrollo consultados serán comparados entre sí evaluando su pretratamiento, tratamiento, aplicación, pros y contras dados en la investigación.

## 3. Resultados

### 3.1 Bibliometría

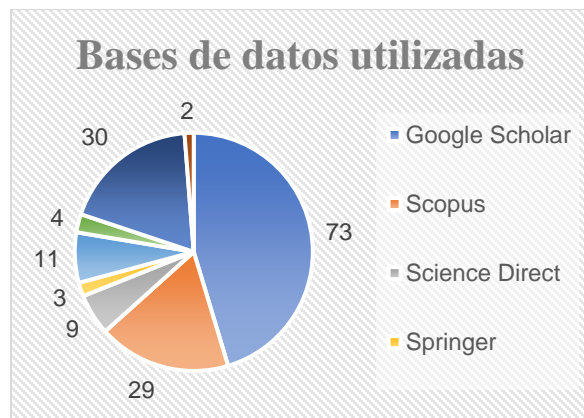
La ecuación de búsqueda fue aplicada según lo descrito en la metodología. En total, la ecuación de búsqueda reportó 161 documentos, de los cuales 73 se encontraron referenciados en *Google Scholar*, 30 en *The Web Of Science*, 29 en Scopus, 11 en EBSCO host, 9 en *Science Direct*, 4 en *Taylor and Francis*, 3 en Springer y 2 en la base de la biblioteca de la UIS; la Figura 1 muestra la distribución de los resultados, según las bases de datos consultadas. De estos 161 documentos encontrados, 143 fueron artículos de investigación, 16 tesis de pregrado, 1 un libro y 1 de tesis de especialización. Asimismo, ninguno de estos documentos se encontró referenciado en todas las bases de datos, mientras 21 documentos se encontraron referenciados en cinco bases, 28 en cuatro bases, 25 en tres bases, 38 en dos y 49 en una (*Google Scholar* o EBSCO host). Con lo anterior, la base de datos con mayor número de documentos en el tema correspondió a *Google Scholar*; esta herramienta de búsqueda de Google ha sido utilizada en diferentes artículos de revisión de estados del arte; Spinak en 2019 (Spinak, 2019) afirmó que más de un tercio de todas las citas referenciadas

en su trabajo fueron encontradas en *Google Scholar* y, varias de estas citas no fueron reportadas en otras bases de datos. Omitiendo las repeticiones y seleccionando los artículos referentes a los temas o líneas de desarrollo, los documentos finales encontrados en el tema de aprovechamiento del rastrojo de piña, disminuyeron a 77 referencias.

Por otra parte, la tendencia en la publicación por año, de los documentos finales es presentada en la Figura 2. Según esta figura, la publicación de documentos en el tema presenta una tendencia creciente en la ventana de tiempo considerada; el crecimiento no es de tipo monótonico, mostrando una disminución importante en los años 2007 y 2015. En lo que va del año 2021 (corte a julio, día 16) se han publicado 19 documentos en el tema, con lo cual se prevé que al finalizar el 2021, el número de documentos supere al número de publicaciones encontradas en el año 2020. En promedio, la pendiente de crecimiento del número de publicaciones con el tiempo corresponde a 1,3 por año, a partir del 2004. El crecimiento en el número de publicaciones mostrado en la Figura 3 está relacionado con el aumento en el consumo de piña y en sus consecuencias tanto comerciales como ambientales: en Colombia, por ejemplo, la empresa Riopaila entró al mercado de la piña con Bengala Agrícola S.A.S (El Tiempo, 2014), motivando un aumento significativo en los cultivos a nivel nacional. De igual manera, en 2014 se presentó una fuerte demanda de piña de la variedad MD2 en Malasia, con lo cual este país incremento a 15872 hectáreas de cultivo destinadas a la piña (Portal del Campo, 2014). También, durante el 2015 Costa Rica respondió ante la Comisión Interamericana de Derechos Humanos (CIDH) por los efectos causados a las poblaciones, derivados de los cuerpos de aguas contaminados por parte de empresas encargadas al cultivo de este fruto (Boeglin, 2015).

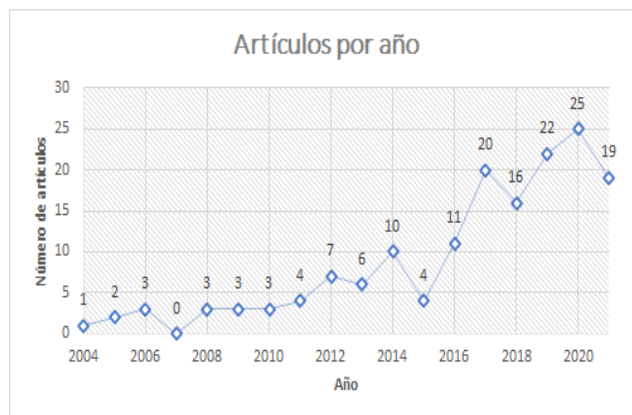
**Figura 1.**

*Bases de datos utilizadas en la búsqueda bibliográfica*



**Figura 2.**

*Tendencia en la publicación de documentos en el tema de tratamiento y usos del rastrojo de piña.*

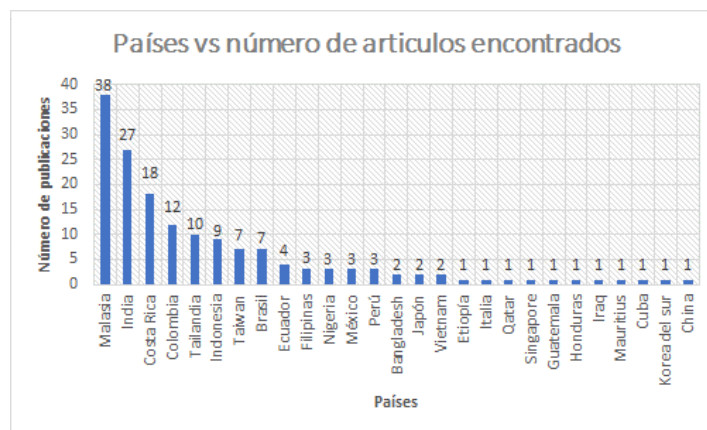


De otro lado, la Figura 3 muestra la contribución en el número de trabajos por país, en la ventana analizada, 2004 - 2021. Según esta figura, los países con mayor número de publicaciones enfocadas al tratamiento y reutilización del rastrojo de piña son Malasia, India, Costa Rica, Colombia e Indonesia. Malasia es el país con el mayor número de publicaciones en el tema de

revisión, lo cual coincide con el aumento en el área de cultivo de este país, presentado anteriormente. Por su parte, Colombia ha aportado un total de 12 documentos en el tema. De estos, el publicado por Murcia *et al.* perteneciente a la Fundación Universitaria del área Andina en 2013 (Murcia *et al.*, 2013) analizó una alternativa textil con el fin de aprovechar los desechos producidos por la industrialización de la piña Golden y Mayanés. En 2016, Rozo *et al.* (Roza *et al.*, 2016) del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, reportó una investigación en donde elaboró papel ecológico a base de cogollos de piña u hojas de piña. En ese mismo año, en la Universidad Nacional de Colombia (UNAL), Jaramillo *et al.* (Jaramillo *et al.*, 2016) investigó respecto a la fabricación de compuestos de fibra de hoja de piña fabricados mediante moldeo al ser comprimido por capas; este compuesto fue elaborado de una matriz de láminas de polipropileno y fueron reforzados con las fibras de hoja de piña, haciendo un alternado entre lámina y fibra para crear el compuesto final a ser estudiado.

### Figura 3.

*Tendencia en la publicación de documentos por país en el tema de tratamiento y usos del rastrojo de piña*



Agudelo en la Universidad Industrial de Santander (UIS) (Agudelo, 2017), analizó la captura de CO<sub>2</sub> en mezclas de líquido Iónico con alcanolaminas, soportadas en fibras de celulosa de las hojas de la planta de piña. En ese mismo año, Giorgi (Giorgi, 2017) experimentó con la desulfuración de gasolina corriente utilizando el líquido iónico cloruro de 1-butil-3 metilimidazolio inmovilizado en una matriz de fibra de celulosa de la hoja de piña. Así mismo, en este año, Betancourt perteneciente a la Universidad Autónoma de Occidente (Betancourt, 2017) propuso la utilización de las fibras de la hoja de piña como material de refuerzo para biocompuestos hechos por moldeo y compresión. En la universidad Libre, Alvarado en 2017 (Alvarado, 2017) publicó su tesis de investigación respecto a la obtención y caracterización mecánica de un material compuesto de fibra de piña y resina de poliéster. También, Chaparro *et al.* (Chaparro *et al.*, 2017) en la Universidad Piloto de Colombia, experimento con la producción de cuero vegano a base de hojas de piña.

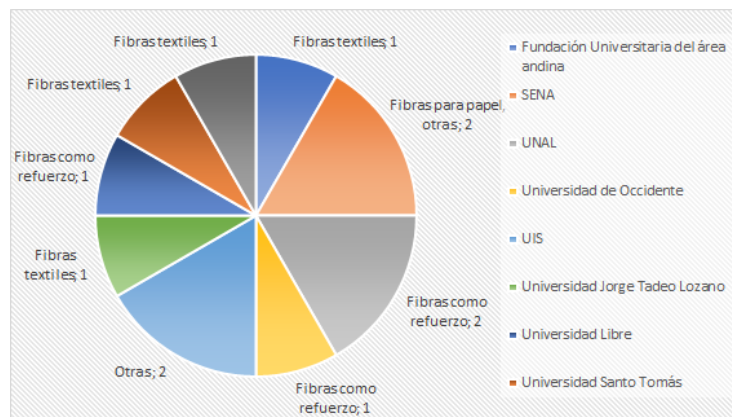
Jaramillo, (Jaramillo *et al.*, 2018) en la UNAL, trabajó el mejoramiento de las propiedades mecánicas de las fibras extraídas de las hojas de piña mediante el proceso de mercerización. En ese mismo año, Quintero, en la Universidad Jorge Tadeo Lozano (Quintero, 2018) analizó un sistema enfocado en la exploración y transformación de las fibras de la planta de piña. A su vez en 2019, Moreno y Mendoza (Moreno y Mendoza, 2019) en la Universidad Santo Tomás, analizaron la producción de fibra artesanal y textiles biodegradables mediante el uso de los subproductos de la piña. Finalmente, en 2019, Ortega y Rodríguez (Ortega y Rodríguez, 2019) experimentó en la síntesis de acetato de celulosa y rayón a base de los residuos agroindustriales de la piña.

El número de documentos publicados por instituciones en Colombia es presentado en la Figura 4. Según la Figura 4 el tema o línea de mayor interés en el uso del rastrojo de piña, a nivel nacional, corresponde a la producción de textiles y material de refuerzo. Por otro lado, a nivel

Santander se encuentran diversos grupos de investigación que pueden adelantar investigaciones en el tema. La Figura 9 del Anexo 2 muestra un diagrama con los grupos de investigación que presentan interés en el tema del presente documento.

#### Figura 4.

*Instituciones que dieron financiamiento a las investigaciones hechas en Colombia*



La universidad Santo Tomás, el grupo de investigación en Ingeniería ambiental y Recursos Naturales (GINAM), en su línea de investigación de aprovechamiento de residuos sólidos y generación de energía. Por otro lado, a esta misma institución pertenece el Grupo de Investigación en Nuevos Materiales y Energías alternativas.

Cuatro grupos de investigación se encontraron en la Universidad Industrial de Santander, entre los cuales está el Grupo de Investigación en Tecnologías de valorización de Residuos y Fuentes agrícolas e industriales para la sustentabilidad energética, INTERFASE. El centro de investigaciones en catálisis CICAT, en donde a través de investigaciones que apliquen conceptos de ingeniería verde, ciencias de los materiales y de superficie en el diseño de materiales catalíticos

y su implementación en procesos que sean sustentables en su línea de investigación síntesis avanzada de catalizadores.

El centro de Investigación para el desarrollo sostenible en industria y energía CIDES, perteneciente también a la Universidad Industrial de Santander. Así como también está el Grupo de Investigación en Compuestos Orgánicos de Interés Medicinal CODEIM. Asimismo, el grupo de investigación Detección de Contaminantes y Remediación DECOR perteneciente a la Universidad Pontificia Bolivariana. A esta misma institución pertenece el grupo de investigación Pulpa y Papel que trabaja en el aprovechamiento y valorización de residuos de cosecha y agroforestoindustriales.

Por otra parte, y considerando otro índice bibliométrico, los 5 documentos con mayor número de citas son expuestos en la Tabla 1. Según esta tabla, el documento con más citas corresponde al publicado por Hameed *et al.* en 2009 (Hameed *et al.*, 2009). Hameed *et al.* determinaron la capacidad de remoción de azul de metileno, mediante las fibras de los tallos de la planta de piña. Los autores aplicaron un pretratamiento al tallo de la planta, con las etapas: lavado, cortado, secado en horno a 70°C durante 24 horas, pulverizado y tamizado con un tamaño de malla entre 355-500 µm. El material adsorbente fue puesto, junto con una solución de azul de metileno de concentración 1g/L en un tanque *batch*, con agitación de 120 rpm, a 30°C por 5.5 horas. El material resultante fue analizado con las técnicas de microscopía electrónica de barrido (SEM) y espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier (FTIR). Según sus resultados, los autores afirmaron que el tallo de piña reportó una capacidad de adsorción de colorantes, como el azul de metileno (119.05 mg/g), comparable con la alcanzada por el carbón activado (102.04–136.98 mg/g).

**Tabla 1.**

*Artículos con mayor número de citas en el tema.*

<b>Autores</b>	<b>Investigación</b>	<b>Revista</b>	<b>Año</b>	<b>Citaciones</b>
Hameed B. H <i>et al.</i>	A novel agricultural waste adsorbent for the removal of cationic dye from aqueous solutions	Journal of hazardous materials	2009	394
Weng <i>et al.</i>	Removal of methylene blue from aqueous solution by adsorption onto pineapple leaf powder	Journal of Hazardous Materials	2009	355
Chowdhury Shamik <i>et al.</i>	Biosorption of Basic Green 4 from aqueous solution by <i>Ananas comosus</i> (pineapple) leaf powder	Colloids and Surfaces B: Biointerfaces	2011	203
Chan Siew-Ling <i>et al.</i>	Equilibrium, kinetic and thermodynamic studies of a new potential biosorbent for the removal of Basic Blue 3 and Congo Red dyes: Pineapple ( <i>Ananas comosus</i> ) plant stem	Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers	2016	85
Quesada K <i>et al.</i>	Utilización de las fibras del rastrojo de piña ( <i>Ananas comosus</i> , variedad champaka) como material de refuerzo en resinas de poliéster	Revista Iberoamericana de Polímeros	2005	74

En segundo puesto en citas se encuentra el documento de Weng *et al.* publicado en 2009 (Weng *et al.*, 2009) (Tabla 1), financiado por la Universidad de I-Shou de Taiwan. Los autores analizaron la remoción de azul de metileno por adsorción con hojas de la planta de piña adulta. Weng *et al.* aplicaron un pretratamiento a las hojas de piña, consistente en lavado, secado al aire libre, secado en horno a 80°C por 48 h, pulverizado y tamizado a menos de 75 mm. Los

experimentos fueron realizados en modo *batch* con agitación de 200 rpm, por un tiempo no especificado. El material resultante fue sometido a análisis SEM y FTIR. Según sus resultados, los autores concluyeron que las hojas de piña resultaron más eficientes en la remoción del colorante del agua, comparado con adsorbentes comerciales de bajo costo. Asimismo, Weng *et al.* afirmaron que la remoción aumentó con el aumento en el pH y la disminución en la temperatura alcanzando una capacidad de absorción entre  $4.68 \times 10^{-4}$  y  $9.28 \times 10^{-4}$  mol/g.

El tercer artículo con mayor número de citas corresponde al publicado por Chowdhury *et al.* (Chowdhury *et al.*, 2011) (Tabla 1) en 2011. Estos autores se enfocaron en el análisis de la adsorción del colorante verde básico # 4 en solución acuosa, mediante el polvo de la hoja de piña. Chowdhury *et al.*, aplicaron un pretratamiento a las hojas de piña por: lavado, secado al sol, secado al horno a 363 K por 24 h y pulverizado a una malla entre 100 y 125 mm. El polvo de piña fue puesto en contacto con una concentración de colorante entre 50 mg/L y 5.0g/L, a un pH de 9.0, por un tiempo de 2.5 h. Después de la experimentación, el producto fue analizado por FTIR, SEM y BET; esta última técnica fue utilizada para el análisis del área superficial y el tamaño del poro del material. Según sus resultados, los autores afirmaron que las hojas de piña pudieron ser utilizadas como un adsorbente efectivo de bajo costo, ya que presentó una capacidad de adsorción de 54.64 mg/g, superior a la alcanzada de adsorbentes de bajo costo como el carbón activado de grado comercial (8.27mg/g) o con carbón activado convencional (0.179 mg/g), siendo solo superado por el adsorbente de grano de café desengrasado (55.3 mg/g).

En cuarto lugar, se encuentra el artículo publicado en 2016 por Chan *et al.* (Chan *et al.*, 2016). Este documento fue enfocado al estudio de un bioadsorbente hecho con el tallo de la planta de piña (*Ananas comosus*) para la remoción de azul básico # 3 y de tinte rojo del Congo. Los autores secaron la corteza del tallo de piña a  $90 \pm 2$  °C; luego el material fue reducido a un tamaño

entre 106-250 mm. Las pruebas, en modo *batch*, fueron desarrolladas con 0.03 g de polvo del tallo de la planta y 50 ml de una solución de colorante, aplicando agitación a 150 rpm, a la temperatura definida durante 300 minutos. Los autores reportaron que la capacidad de adsorción fue afectada por el tamaño de la partícula, el pH, la concentración de colorante, la temperatura y el tiempo de contacto. Según Chan *et al.*, la cinética de remoción de los dos colorantes correspondió con una cinética de segundo orden. La máxima adsorción de Azul básico # 3 y de tinte rojo del Congo fueron 58.983 mg/g y 11.966 mg/g, respectivamente. Con lo anterior, los autores concluyeron que el polvo del tallo de la planta presentó más afinidad con los colorantes catiónicos que con los aniónicos.

El quinto documento con mayor número de citas corresponde al publicado por Quesada *et al.* (Quesada *et al.*, 2005). Los autores aplicaron las fibras de la planta de piña como material de refuerzo en resinas hechas de poliéster. El pretratamiento aplicado a las fibras de la hoja de piña consistió en secado y molienda y tamizado a tamaños de partícula entre 0.125 a 2.00 mm. El material de refuerzo resultante fue analizado por SEM. Asimismo, los poliésteres obtenidos fueron sometidos a pruebas de resistencia a la ruptura por tensión y pruebas de resistencia a la flexión. Según los resultados, los autores reportaron baja adhesión entre la fibra y la matriz polimérica con el aumento en la concentración de fibra. Los autores concluyeron, basados en las mediciones, que el material reforzado presentaba propiedades adecuadas con una concentración de fibra entre 10% y 15% en peso.

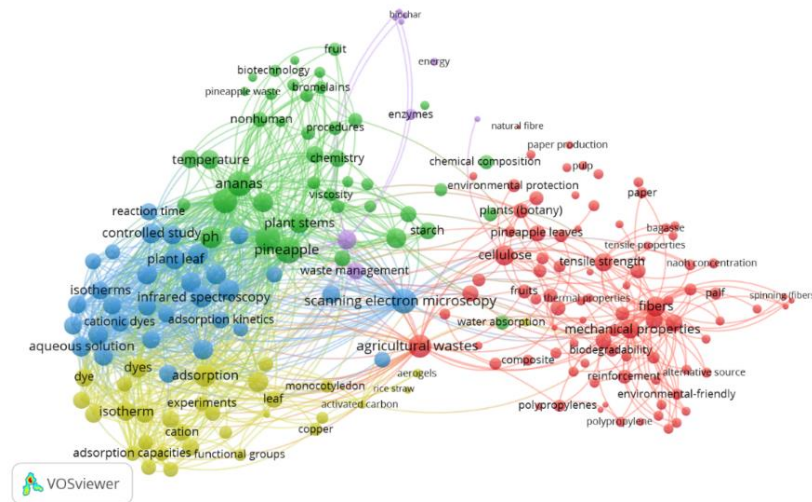
En resumen, los cuatro primeros artículos, de los 5 con mayor número de citas en el aprovechamiento del rastrojo de piña, se enfocaron en el análisis y la aplicación del rastrojo de piña en la remoción de colorantes de cuerpos de agua. Esta aplicación del rastrojo de piña corresponde a una opción económica para este residuo.

### 3.2 Temas o líneas de desarrollo identificadas

La Figura 7, creada con el programa VOSviewer, muestra las palabras clave de los documentos encontrados para el aprovechamiento y la valorización del rastrojo de piña. Según esta figura, las palabras claves se agrupan en técnicas de análisis del rastrojo de piña, variables de proceso y componentes del rastrojo de piña. Asimismo, la Figura 5 presenta una agrupación de palabras, en rojo, relacionadas con propiedades de materiales compuestos, materiales de refuerzo, producción de papel y producción de fibras. Esta agrupación define un tema o línea de desarrollo, denominada “material de refuerzo, fibra textil, papel y ensilaje”. Ante la carencia de otras agrupaciones significativas, se procedió al análisis de los resúmenes de los 77 artículos finales, definiendo cuatro (4) agrupaciones adicionales de los temas o líneas de desarrollo en el aprovechamiento del rastrojo de piña. De los 77 artículos finales seleccionados, 42 artículos contenían información respecto a la investigación para producción de fibras, fibras reforzadas y papel, 12 referentes a producción de ensilaje y biocombustibles, 11 artículos de investigación en el campo médico y farmacéutico y 12 documentos referentes a la remoción de colorantes y minerales del agua. En la figura número 6 se muestran los temas o las líneas de desarrollo identificadas en la presente revisión.

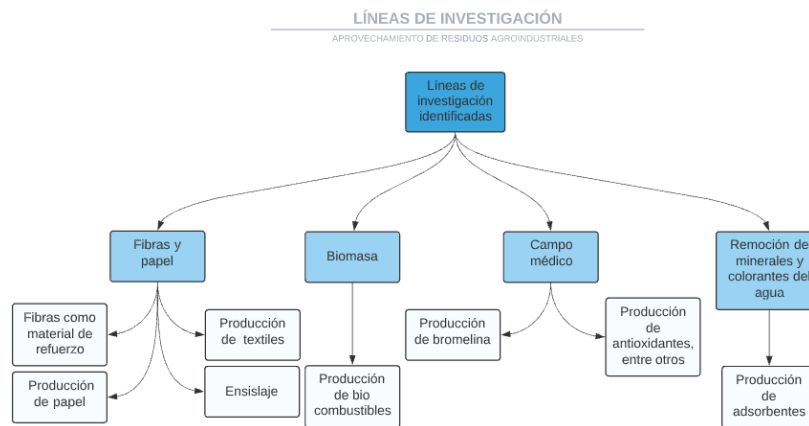
**Figura 5.**

*Palabras clave relacionadas con los temas o líneas de desarrollo.*



**Figura 6.**

*Temas o líneas de desarrollo identificados.*



Los autores con mayor número de referencias en los diferentes temas o líneas de desarrollo corresponden a: Hameed *et al.*, Queda *et al.*, Banerjee *et al.*, y Mansor *et al.* La Figura 7 presenta

una gráfica de barras con el número de citas de cada autor. Según esta figura y como se esperaba, los autores Hameed *et al*, en la Universidad de Sains de Malasia, propusieron el artículo con mayor cantidad de citas, en el tema con mayor cantidad de documentos encontrados en la presente revisión.

### Figura 7.

*Autores con el mayor número de para cada tema o línea de desarrollo en el aprovechamiento del rastrojo de piña.*



A continuación, se resumen las principales características de cada tema o línea de desarrollo, identificadas en los documentos finales.

#### **3.2.1 Material de refuerzo, fibra textil, papel y ensilaje.**

- Uso de las fibras del rastrojo de piña como material de refuerzo. Kaewpirom y Worrarat, 2013, aplicaron secado a temperatura ambiente durante 3 horas y luego a 60 °C por 12 horas, con una posterior reducción de tamaño de 1 a 3 mm y aplicación de anhídrido maleico (AM) como aditivo en el material compuesto. Los diferentes tamaños de las fibras de las hojas de piña

fueron mezclados con ácido poli láctico y AM y luego formados en pellets, que luego fueron inyectados en un molde para la formación de los especímenes. En el anexo 3 se muestran imágenes SEM del material antes y después de la adición de AM; después de la adición de AM se obtiene una mejor dispersión de las fibras en la matriz. Según sus resultados, los autores concluyeron que las propiedades de tracción del material reforzado mejoraron con un contenido de fibra del 40% en peso y 10% en peso del agente de acoplamiento de anhídrido maleico.

Como fue mencionado, las fibras derivadas del rastrojo de piña pueden ser utilizadas en matrices poliméricas, elevando la resistencia a impactos. De manera general, el procedimiento de síntesis de las fibras incluye un remojo de las hojas de piña, secado al ambiente, secado a temperaturas entre 34°C-60°C, molienda y tamizado a distintos tamaños (0.02 mm a 0.15 mm) (Fong *et al*, 2017) (Durowaye *et al*, 2019).

En 2020, Gebremedhin y Rotich analizaron el uso de la fibra de hoja de piña como refuerzo en compuestos de polietileno de baja densidad, las fibras fueron obtenidas mediante el proceso físico seguido en la mayoría de las investigaciones y tratadas con una solución de hidróxido de sodio al 5% para mejorar las interacciones de la matriz de fibra, el compuesto reforzado se preparó mezclando las fibras con el polietileno durante 8 minutos con una velocidad de 60 rpm y a una temperatura de 130°C, se realizaron análisis de tensión, flexión, impacto y absorción de agua, se demostró que la fuerza de tensión aumento considerablemente al agregar el refuerzo de fibras, asimismo su fuerza de impacto mejoró, esto en un compuesto con fibra al 30% peso.

Saha en 2021 analizó el efecto de las fibras de las hojas de piña en las propiedades de matrices poliméricas (Saha, 2021). El autor modificó matrices poliméricas con fibras de hoja de piña en cantidades máxicas del 5, 7.5 y 10%. Estos materiales fueron caracterizados con XRD, FTIR y TGA. Según estos análisis, la adición de las fibras como refuerzo reportó una adecuada

unión interfacial, conduciendo a un aumento en la tensión, flexión, comprensión y dureza del material.

- Aplicación de las fibras en la industria textil. Las fibras derivadas del rastrojo de piña han encontrada aplicación en la producción de hilo natural para la confección de textiles. Kannojiya *et al* en 2013, analizaron la extracción de fibras de la hoja de piña para fabricación de productos con posibilidad de comercialización. Las hojas de la planta fueron descortezadas con rodillo de cuchillas y tratadas en una solución de urea o di-amonio de fosfato para la separación del material lignocelulósico residual. Los resultados experimentales mostraron que las fibras extraídas tienen características similares a la seda pero es áspera como el algodón, además de ellos, según los autores, esta fibra se ha establecido en el mercado mundial, comparado con las fibras de jute o fibras de coco. En conclusión, los autores afirmaron las fibras de la hoja de piña fueron tratadas mediante procesos alcalinos, acetilación y copolimerización por injerto, en donde los injertos incrementaron la hidrofobicidad, resistencia química y fuerza mecánica.

Hazarika *et al.*, en 2017, sintetizaron fibras de la corteza de las hojas de piña para su aplicación en la industria textil. Las fibras fueron lavadas, secadas al aire libre y sumergidas en una solución de H<sub>2</sub>O-NaOH al 1% a 85°C durante 1 hora para remover algunos tejidos celulósicos y gomosos (en el Anexo 4 se presenta el antes y el después del proceso de desgomificación). El anexo 5 presenta el cambio de la fibra a lo largo del proceso propuesto por Hazarika *et al.* Finalmente, los autores, mediante el tratamiento de las fibras con una emulsión a base de aceite de castor y agua, y la aplicación de una máquina de rodillos, reportaron la obtención de hilos del rastrojo. Según los autores, el hilo mostró una densidad de 1.14 g/cm<sup>3</sup> con una estructura compacta después del proceso de blanqueo. Hazarika *et al.* concluyeron que la producción de 1 kg de fibra de piña tiene un costo cercano a \$ 2 USD.

Hazarika *et al.*, en 2018, reportaron un proceso de fabricación de fibras textiles usando residuos de seda y fibra de hoja de piña, estos autores siguieron el mismo proceso de Hazarika *et al.* en 2018, sin embargo, desarrolló fibras textiles usando residuos de seda y fibra de hoja de piña. El material fue preparado usando algodón, lana y lana de PALF y seda mezclada, fabricando así un material con un gran potencial de ser desarrollado por sus características económicas.

- Uso del rastrojo de piña en la producción de papel.

El proceso de fabricación de papel, a partir del rastrojo de piña involucra la aplicación de una solución acuosa de hidróxido de sodio al 15%, a una baja temperatura (*ca.* 10°C) y agitación constante; posteriormente, la pulpa es lavada con agua desionizada. La pulpa obtenida es vertida en moldes, en donde por prensado y calentamiento se producen las hojas de papel (Razak *et al.*, 2014). Este proceso es relativamente sencillo, por lo cual diversos emprendimientos han sido desarrollados en el tema; *e.g.* en Colombia, en el municipio de Lebrija, Santander, el proyecto Jornaleando la fibra de piña aprovecha los residuos de la planta en la producción de papel y artesanías, generando un desarrollo social, económico y ambiental en las comunidades que se dedican al cultivo de este fruto (Vanguardia, 2021).

Por otra parte, en cuanto a los avances técnicos, Razak *et al.* en 2014 (Razak *et al.*, 2014) adicionaron polianina (PANI) al proceso de producción para la modificación de la conducción y la humectación de las hojas de papel. La PANI fue añadida en el proceso de pulpado de la fibra de hoja de piña (PALF); el rastrojo fue mezclado con una solución de anilina (*ca.* 1 L / 20 g de PALF) en concentraciones de hasta 8% p. Según los autores, la solución al 5% en peso condujo a la síntesis de un papel con una conductividad de  $7.8 \times 10^{-5} \text{ S cm}^{-1}$ , con potencial en aplicaciones electrostáticas y de disipación de carga. El Anexo 6 presenta la caracterización dada a las hojas obtenidas de

PALF y PANI donde no se observa roturas ni daños en las fibras a causa del PANI lo cual es un indicador positivo en la síntesis de estas hojas.

Por su parte, Laftah *et al.* ( Laftah *et al.*, 2015) adicionaron acetona al proceso de síntesis de papel derivado del rastrojo de piña. Las hojas secas de la planta de piña fueron remojadas en soluciones de acetona con concentraciones de hasta 10% vol, por 3 días. Después las hojas fueron sometidas al proceso tradicional de elaboración de papel. Según los autores, las hojas de papel obtenidas con un pretratamiento con acetona al 3% reportaron la mejor estabilidad térmica; sin embargo, el remojo en esta solución requirió mayor tiempo para la mejora de la resistencia del papel sintetizado.

De igual manera, Sibaly *et al.* en 2017 (Sibaly *et al.*, 2017) mezclaron el rastrojo de piña con bagazo de caña en proporciones 20:80, 40:60, 60:40 y 80:20 de bagazo a hojas durante la síntesis de hojas de papel. El proceso usado en la síntesis de papel fue el convencional. Según los autores, el bagazo demostró una gran compatibilidad con las fibras de piña, generando hojas de papel con distintas propiedades según la proporción usada. Para la proporción 80:20 el valor absorbente fue el más alto (1.68 s), mientras que la proporción 40:60 obtuvo los valores más altos de índice de tensión (6.1 Nm/g) y rotura (0.72 kPa.m<sup>2</sup>/g).

- Aplicación de las fibras del rastrojo la planta de piña para ensilaje.

El ensilaje corresponde a la elaboración de silos para el almacenamiento y el compostaje de diferentes residuos orgánicos. El proceso de ensilaje, por lo general, envuelve la ausencia de luz solar, baja humedad y un rango de temperatura óptimo. En 2009, López *et al.* analizaron el compostaje de rastrojo de piña, pasto y pulpa de cítricos deshidratada con la técnica de microsilos. Los microsilos fueron elaborados en bolsas de polietileno para empacar al vacío, cada uno con una capacidad de 1 kg. Según los autores, el ensilaje aplicado con microsilos condujo a la obtención

de compost con niveles medios de nutrimentos respecto a los ensilajes comunes hechos con pasto fresco y/o maíz, soya, etc. Sin embargo, esta técnica de microsilos presentó mayores niveles energéticos (valores de nutrimentos digestibles totales, NDT, entre 61.96 y 67.14 Mcal\*kg<sup>-1</sup> por materia seca).

De otro lado, Ch'ng *et al.*, 2013 (Ch'ng *et al.*, 2013), adicionaron estiércol de pollo, melaza y alimento de pollo a los silos elaborados con el rastrojo de piña; los silos fueron elaborados con 3.5 kg de hojas de piña trituradas, 350 g de alimento para pollos, 2.8 litros de estiércol de pollo y 175 g de melaza. De acuerdo con lo especificado por los autores, el rastrojo actuó como sustrato, mientras que el estiércol de pollo aportó agua, microbios y nutrientes. El proceso de compostaje fue desarrollado durante 57 días a temperatura ambiente. El compostaje obtenido fue sometido a análisis fisicoquímicos y biológicos. Según los autores, el compost obtenido presentó características inoloras y de bajo contenido de metales pesados, con una buena cantidad de nutrientes. En comparación con el compostaje tradicional, el uso de las hojas de piña reportó un aumento en la composición de nitrógeno de 1.65% a 2.31%, en el contenido de fósforo de 3 ppm a 5 ppm; asimismo, los autores reportaron una disminución en la relación carbono/nitrógeno, por lo cual recomendaron una optimización en el proceso en busca de la elevación de esta relación.

De igual manera, Liu *et al.* en 2013 analizaron el compostaje de rastrojo de piña con una mezcla microbiana de paja bacteriana y fungis para la aceleración del proceso de ensilaje. El ensilaje fue hecho en una película de plástico, con control de la humedad en valores del 60%, con control de temperatura entre 60-65°C, por un periodo de 43 días. Según los autores, la aplicación del compost resultante condujo a una disminución de la densidad aparente de los suelos y a un aumento en su materia inorgánica. Asimismo, se reportó que el ensilaje aplicado generó un

compost, que estimuló el crecimiento de los cultivos propios de la piña, conllevando a un aumento en el rendimiento de los frutos.

Arcentales *et al*, 2020, analizaron el ensilaje con la metodología usada en las investigaciones anteriormente mencionadas, pero usando pasto tipo “King Grass” con diferentes edades de corte (40, 50 y 60 días) con la adición del rastrojo de piña, se observó que la adición del pasto con 60 días de corte aporta la mayor cantidad de minerales pero así mismo esta edad de corte reduce el contenido proteico del ensilaje mientras que para el corte de 50 días se denota un incremento en el aporte energético.

La mayoría de los anteriores trabajos fueron realizados a escala laboratorio; sin embargo, los resultados favorables reportados por los autores, sugieren que el aprovechamiento del rastrojo de piña con la línea de desarrollo Material de refuerzo, fibra textil, papel y ensilaje sea analizada para un proceso de escalado y evaluación económica.

### ***3.2.2 Biomasa - Uso del rastrojo de piña para la producción de biocombustibles.***

Marchena en 2019 (Marchena, 2019) analizó la síntesis de biodiesel, a partir de los lípidos contenidos en los tallos del rastrojo de piña. El proceso involucró la aplicación de hidrólisis enzimática con celulasa y xilanasas. Después, los tallos cortados fueron tratados con el hongo *umbelopsis isabelina* como material fermentable; los lípidos fueron purificados usando agua y cloroformo. La transesterificación de los lípidos para la producción de biodiesel fue efectuada con alcohol metílico e hidróxido de potasio como catalizador. El autor reportó un rendimiento del 14% en peso de producción de biodiesel, por lo que concluyeron sobre la viabilidad técnica del rastrojo de piña en la producción de biodiésel.

Mansor *et al.*, en 2019, analizó las características de celulosa, hemicelulosa y lignina presentes en la biomasa de la planta de piña en la producción de biocoke. Los residuos de la planta fueron cortados hasta alcanzar un tamaño de 3- 5mm , estos se secaron al sol durante tres meses y luego se redujo su tamaño aún más hasta 0.5 mm, para determinar la cantidad de hemicelulosa, a una solución de NaOH- agua 0.5 mol/L se le agregó 1 g de fibras de la planta a 80°C por 3 h, lavada con agua destilada hasta eliminar el Na<sup>+</sup>, luego se secó de 105- 110 °C; con respecto a la cantidad de lignina, 30 ml de ácido sulfúrico al 98% y 1 g de residuos de la planta fueron dejados a temperatura ambiente por 24 h y luego hervida a 100°C por 1 h, lavada con agua destilada y secada la misma temperatura de la anterior medición; para finalizar, para determinar la celulosa se tuvo en cuenta el peso inicial y los obtenidos mediante secado igualado a 1 g y despejado. Los autores concluyeron que los contenidos de hemicelulosa y de celulosa influyeron en la temperatura e ignición del combustible sólido “Biocoke”; asimismo, el contenido de lignina estaba relacionado la temperatura de descomposición (hasta de 900°C). Como conclusión basados en el contenido de hemicelulosa, celulosa y lignina presente en las hojas, tallos y raíz de la planta de piña, los autores afirmaron que estas tienen gran potencial para ser usados en el proceso de producción de biocombustibles sólidos.

Por su parte, Barros *et al* (Barros *et al*, 2020) ensayó el efecto catalítico de las hojas de la planta de piña en la generación de biodiésel. Las hojas de piña fueron cortadas, lavadas con agua, secadas en horno, trituradas hasta alcanzar 0.59 µm y posteriormente calcinadas. El producto calcinado fue utilizado en la transesterificación de aceites vegetales. Según los autores, el catalizador obtenido aceleró el proceso de transesterificación. La energía de activación del proceso fue determinada en 86.84 KJ/mol, mientras que la actividad catalítica del calcinado se mantuvo hasta el cuarto ciclo de uso. Según los autores, el calcinado derivado del rastrojo de piña fue una

buena base para utilizar como catalizador en la producción de biodiesel ya que la actividad catalítica fue alta y alcanzó conversiones de más del 98%. En el anexo 7 se presenta un resume del proceso de producción del catalizador y de obtención del biodiesel.

Mund *et al.*, en 2020, experimentó con la producción de bioetanol, a partir del rastrojo de piña. Las hojas fueron secadas a 47°C hasta una humedad de 8-10%; luego estas fueron molidas hasta 1mm. Los autores trataron 100 g de biomasa mediante hidrolisis enzimática para la producción de 30.56 g de glucosa, la cual fue utilizada en la producción de 21.22 ml de bioetanol, fermentación. Según sus resultados, los autores afirmaron que el uso de la biomasa de las hojas de piña presentó un potencial en la producción de bioetanol.

Las energías alternativas son de gran interés hoy en día ya que tienen un gran potencial de reemplazar a los combustibles fósiles; sin embargo, en cuanto al aprovechamiento del rastrojo de piña en la producción de biocombustibles, las investigaciones han mostrado inconvenientes de pretratamiento como el retiro del material lignocelulósico. Lo anterior recomienda tratar estos temas para que sean mejorados antes de evaluar la posibilidad de realizar un escalado de escala laboratorio a escala industrial.

### ***3.2.3 Campo médico***

- Utilización del tallo de la planta de piña para producción de bromelina. En la mayoría de los casos la bromelina se extrae del tallo de la planta de piña, para ello se usan procesos como la filtración, centrifugación y secado. Se debe usar una solución amortiguadora o *buffer* durante la extracción de la bromelina.

En 2012, Vilanova *et al.* evaluaron la síntesis de la bromelina de manera *in vitro* por 4 meses, manteniendo un pH de 5.8. La bromelina fue sintetizada de diferentes secciones del rastrojo de piña, mediante lixiviación con una solución *buffer* de fosfato al 0.2 M. Según los autores, los niveles más altos de bromelina fueron encontrados en las hojas de la planta de piña. El Anexo 8 muestra el proceso *in vitro* de la planta de piña durante 4 meses.

Alpízar *et al.*, en 2013, sintetizaron la bromelina del rastrojo de piña y la aplicaron en la desproteínización enzimática de desechos de la industria camaronera. La bromelina fue extraída, mediante una solución *buffer* de sulfuro de sodio y ácido sulfúrico a un pH entre 2,5 y 5. La mezcla fue agitada durante 40 min en un baño de hielo y posteriormente filtrada. Los autores aplicaron la solución de bromelina a los desechos con contacto directo durante 24 horas. Según los resultados, Alpízar *et al.* afirmaron que el rastrojo de piña correspondió a un agente biotecnológicos con potencial para la desproteínización de los desechos camaroneros.

En 2020, Jebur *et al.* analizaron el efecto de la bromelina, extraída del tallo de la planta de piña, en el tratamiento de ratas con lesión oxidativa y disfunción testicular provocada por el aluminio. Las ratas fueron divididas en distintos grupos y luego intoxicadas con  $AlCl_3$ ; a un grupo de ratas les fue suministrada la bromelina antes de la intoxicación. Según los autores, al grupo de ratas, previamente tratada con bromelina, mostró una mejor recuperación del estrés oxidativo, en sus hormonas y la calidad de su esperma, en comparación con los otros grupos. Con lo anterior, la bromelina muestra que tiene un rol protector relevante en cuanto a la disfunción testicular producida por intoxicación de aluminio.

- Utilización del rastrojo de piña en la síntesis de otros componentes de uso médico. En 2012, Upadhyay *et al.* utilizaron los residuos del tallo de la planta de piña como un antioxidante y un antimicrobiano. El tallo fue sometido a un reflujo con metanol durante una hora, con una

posterior filtración y purificación del metanol; después, el tallo fue sometido a una hidrólisis con hidróxido de sodio durante 4 horas a una temperatura de 50°C. Los extractos obtenidos fueron tratados con una solución de metanol. Se eligieron 5 bacterias (*Escherichia coli*, *Micrococcus flavus*, *Brevibacterium ammoniagenese*, *Bacillus cereus*, y *B. pumilus*) y 3 hongos (*Colletotrichum gloeosporioides*, *C. acutatum*, y *Sclerotinia sclerotiorum*) que son responsables de algunas enfermedades transmitidas por alimentos y cultivos, para ello se disolvió el antibacterial en agua, y luego la actividad bacteriana se determinó usando el método de difusión en disco. Según los resultados, los autores afirmaron que los residuos del tallo de piña tienen potencial como antioxidante natural.

Larasati *et al.*, 2019, extrajeron del tallo de piña el compuesto xilano. El tallo fue secado a 50 °C durante 1 hora, molido y mezclado con agua e hipoclorito de sodio para el retiro del material lignocelulósico. Posteriormente, el polvo fue lavado con agua, secado y mezclado con hidróxido de sodio durante 24 horas. El xilano extraído con NaOH fue mezclado con ácido sulfúrico. Las muestras fueron suministradas a distintos grupos de animales, a un grupo no se le aplicó el xilano mientras que a otro grupo sí por suministro oral, a todos los animales se les indujo colitis para así estudiar el efecto del xilano, el xilano demostró ser un antiinflamatorio potencial para el colon.

Rahma *et al.*, 2019, usaron el tallo de la planta de piña en la síntesis de almidón. El tallo fue lavado y cortado en pequeñas piezas y posteriormente fue remojado en agua, es un método amigable con el medio ambiente al no usar químicos. El almidón fue caracterizado mediante XRD y FTIR, adicionalmente se realizaron análisis termogravimétricos. El almidón obtenido del tallo de la piña presentó un buen perfil de compactación, mayor capacidad de hinchamiento y una mejor fluidez, por lo cual tiene un fuerte potencial como aglutinante o desintegrante.

En esta línea de desarrollo, la mayoría de los documentos están relacionados con la extracción de bromelina (Alpizar *et al*, 2013. Vilanova *et al*, 2012. Khatun *et al*, 2020. Ilaria *et al*, 2012. Jebur *et al*, 2020). La bromelina es una enzima utilizada en los sectores alimenticio y farmacéutico. Los métodos de extracción de la bromelina a partir del rastrojo de piña son aplicados a escala laboratorio. Los documentos analizados reportan factibilidad en la síntesis de bromelina, por lo cual se recomienda el desarrollo de trabajos en el tema de escalado a nivel piloto e industrial.

### ***3.2.4 Remoción de colorantes del agua***

Los colorantes presentes en cuerpos de agua, provenientes de la de producción de textiles, representan un alto índice de contaminación a la flora y a la fauna ya que muchos de estos compuestos contienen PCB, considerados de los más tóxicos y que a su vez pueden incidir en la salud humana (Caracol Radio, 2014) La remoción de estos colorantes se realiza convencionalmente mediante tratamientos químicos como el proceso de ozonación que se ve favorecido en medios ácidos pero depende mucho de la naturaleza del colorante, lo cual puede afectar su rendimiento (Barrios *et al*, 2015). Por ello distintos trabajos han implementado materiales adsorbentes hechos con fibras naturales. Chakraborty *et al.*, 2012, sintetizaron un bioadsorbente a partir de las hojas de la planta de piña. Las hojas fueron lavadas con agua destilada, cortadas, secadas en horno a 90°C, pulverizadas y tamizadas en partículas con distintos tamaños. El material obtenido fue utilizado en la remoción del color violeta cristal de muestras de agua. Según los autores, el material sintetizado mostró una capacidad de adsorción de 78.22 mg de colorante/g, superior al obtenido con el polvo de caña de azúcar 3.8 mg/g, el cual es uno de los adsorbentes de bajo costo utilizados de forma convencional.

En 2016, Akmar *et al.* analizaron la remoción de remazol azul brillante de cuerpos de agua, mediante el uso de un adsorbente elaborado con hojas de piña y cascaras de lima. La obtención del material adsorbente fue realizada siguiendo el procedimiento propuesto por Chakraborty *et al.* Según Akmar *et al.*, el material adsorbente reportó una capacidad de absorción del 96.2%, la cual es comparable al valor reportado por el adsorbente de la cáscara de rambután con una capacidad de absorción del 78.4%, el cual es un residuo agrícola usado específicamente para la remoción de este colorante. Los autores concluyen que los dos residuos estudiados funcionan como adsorbentes de bajo costo.

Hassan *et al.*, en 2020, evaluaron la aplicación de las hojas de la planta de piña e la remoción de Rosa de Bengala de aguas residuales. Las hojas fueron cortadas en pequeños pedazos, lavadas con agua destilada, secadas al sol durante 3 días; un grupo de hojas fue sometido adicionalmente a secado en estufa a 250-500°C por 1 hora. Las hojas fueron posteriormente pulverizadas. La remoción con el material secado al sol y con el secado en estufa fue desarrollada en modo *batch*. Según los resultados, los autores afirmaron que la capacidad de adsorción máxima fue de 58.8 mg de Rosa de Bengala/g usando la hoja de la piña secada al sol, mientras que otros adsorbentes realizados con polvo de hojas de piña de otros estudios tuvieron una capacidad de absorción de 9.28 mg/g. El anexo 9 compara las fibras como RPALF comparado con PALF a 250 y 500 °C.

Según lo reportado por los autores anteriores, esta línea de desarrollo Remoción de colorantes de agua presenta resultados satisfactorios para el aprovechamiento del rastrojo de piña. Con lo anterior, se recomienda el desarrollo de trabajos en el tema de escalado y análisis económico de la industrialización de la producción de bioadsorbentes, a partir del rastrojo de piña.

### 3.3 Matriz de comparación de los temas o líneas de desarrollo

En la Tabla 2 se presentan los principales tratamientos y pretratamientos estudiados en cada tema de desarrollo, así como la aplicación final que tienen los productos obtenidos. También, esta tabla presenta información sobre posibles oportunidades en cada línea de desarrollo. Por su parte, las oportunidades de mejora para el papel se centra en el estudio de posibles compuestos que ofrezcan una buena compatibilidad con las fibras de piña; para la línea de biomasa se puede revisar el pretratamiento dado al proceso, para el retiro óptimo de la lignina; mientras que en la línea de campo médico se pueden evaluar distintos buffer que sean más económicos respecto a los usos convencionalmente en el proceso de hidrólisis; por último con la línea de remoción se puede estudiar la posibilidad de producir adsorbentes de bajo costo y eficaces. Los tratamientos menos favorables se dan en la línea de investigación de biomasa, ya que requieren temperaturas elevadas o procesos complejos como la transesterificación, mientras que líneas como los de fibras, papel y remoción de colorantes presentan tratamientos sencillos y de carácter físico.

Tabla 2.

Tabla comparativa entre los temas o líneas de desarrollo.

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	PRETRATAMIENTO	TRATAMIENTO	APLICACIÓN	PROS	CONTRAS	OPORTUNIDADES
FIBRAS Y PAPEL	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Hojas seleccionadas.</li> <li>•Lavado de las hojas</li> <li>•Corte o molida de las hojas en pequeños trozos.</li> <li>•Tamaño de partículas entre 0.125 mM - 50 mM.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pulpado de las hojas de piña.</li> <li>•Procesos térmicos entre 25°C - 80°C.</li> <li>•Prensado con ayuda de un molde.</li> <li>•Almacenamiento de materia orgánica en silos.</li> <li>•Ausencia a la luz solar</li> <li>•Monitoreo de humedad que no exceda el 10%.</li> <li>•Extracción de la corteza de la hoja.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Elaboración de papel.</li> <li>•Obtención de ensalaje para alimento o acondicionador de suelos.</li> <li>•Material de refuerzo.</li> <li>•Industria textil</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Alta calidad del papel.</li> <li>•Compatibilidad con complementos como el bagazo.</li> <li>•Bajo costo de fabricación</li> <li>•Buen ensalaje para mejorar las propiedades del papel.</li> <li>•Niveles de nutrición intermedios respecto a los ensalajes comunes.</li> <li>•Las propiedades mecánicas incrementaron un 7,5%.</li> <li>•Las propiedades de tensión y tracción mejoraron.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•El proceso de producción de papel puede ser mejorado o estudiado evaluando las composiciones de distintos compuestos con las fibras de piña que tengan una buena composición con estas mismas y así mejorar sus propiedades físicas.</li> </ul>	
BIOMASA	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Corte y lavado de las hojas.</li> <li>•Tamaño de partículas entre 1.5-2.5 cm.</li> <li>•Secado de 65°C.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Transesterificación de aceites</li> <li>•Proceso de calcinación entre 600°C - 900°C.</li> <li>•Hidrólisis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Síntesis de catalizador.</li> <li>•Producción de biodiesel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Catalizador amigable con el medio ambiente.</li> <li>•Alta eficiencia del catalizador.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Aumento de costos en el pretratamiento para el retro del material lignocelulósico de las muestreas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Evaluar añadir un proceso de pretratamiento para el retro de lignina, tales como añadir ácido sulfúrico o hidróxido de sodio sobre el material.</li> </ul>
CAMPO MÉDICO	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Selección del tallo.</li> <li>•Remoción de la capa superior del tallo mediante cortes.</li> <li>•Reducción de tamaño mediante cortes.</li> <li>•Proceso de secado a 70°C.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Filtración.</li> <li>•Buffer que mantiene el pH entre 2.5 y 5, 7.5, y 5.8 según el caso.</li> <li>•Centrifugación.</li> <li>•Hidrólisis con distintos tipos de buffer a 50°C.</li> <li>•Secado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Extracción de bromelina.</li> <li>•Producto antioxidante y antiinflamatorio.</li> <li>•Obtención de almidón.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•La bromelina tiene distintos usos en muchas industrias.</li> <li>•No requiere procesos químicos fuertes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Durante el proceso de hidrólisis se pueden evaluar el uso de distintos tipos de buffer que ayuden a mantener el pH deseado.</li> </ul>	
REMOCIÓN DE COLORANTES Y MINERALES DEL AGUA	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Selección de tallo y hojas de la planta de piña.</li> <li>•Reducción de tamaño mediante cortes entre 1 y 3 cm o pulverizado</li> <li>•Secado del material a 70°C y 105°C.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Molienda.</li> <li>•Tamizado.</li> <li>•Proceso batch a 30°C.</li> <li>•Agitación entre 120rpm-200rpm.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Obtención de adsorbentes para remoción de colorantes y metales pesados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Capacidad de absorción grande para metales pesados como el níquel y etileno.</li> <li>•Absorción aceptable de colorantes.</li> <li>•Requiere al menos Temperatura ambiente para obtener una buena capacidad de adsorción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Producción de adsorbentes biomimilables y de bajo costo</li> </ul>	

#### 4. Conclusiones

La base de datos en la que se encuentra mayor número de artículos respecto al tema corresponde a *Google Scholar* con 73 documentos. Entre los países con mayor número de documentos en el tema se encuentran Malasia, India, Costa Rica, Colombia e Indonesia. El autor más citado es Hameed B,H con su línea de investigación respecto a la fabricación de adsorbentes para remoción de colorantes en cuerpos de agua.

Los temas o líneas de desarrollo identificadas en el tema de aprovechamiento del rastrojo de la planta de piña corresponden a, 1. Uso de las fibras del rastrojo de piña como material de refuerzo, fibras, producción de papel y ensilaje; 2. Uso del rastrojo de piña para la producción de biocombustibles; 3. Uso del tallo de la planta de piña en el campo médico; 4. Uso de las fibras de la planta de piña para remoción de colorante en cuerpos de agua. En Colombia se encontraron investigaciones respecto a producción de papel, textiles y fabricación de materiales compuestos.

La matriz de comparación de las líneas de desarrollo indica que la línea de desarrollo fibra y papel expone las mayores ventajas para su industrialización. Esta línea de desarrollo presenta tratamientos sencillos que conllevan a una rápida generación de productos comercializables. Asimismo la línea de desarrollo de remoción de colorantes presenta oportunidades al ofrecer adsorbentes de bajo costo y con un potencial de adsorción superior, respecto a los ya existentes en el mercado.

## 5. Recomendaciones

Teniendo en cuenta que la producción de textiles a partir de la fibra de la planta es una de las áreas con más investigación en el país, se abre la posibilidad de futuras investigaciones para optimizar los procesos de producción y sabiendo que esta industria es una de las más contaminantes debido a los vertimientos en cuerpos de agua se podría investigar respecto al uso del rastrojo de piña pulverizado como adsorbente natural de colorantes en soluciones acuosas.

En Colombia existen 11 plantas productoras de biodiesel (Ramirez y Rodriguez, 2019) y sabiendo que en el estudio de Barros et al en 2020, con el uso de biocatalizadores hechos con hojas de la planta de piña calcinada se logró obtener conversiones de hasta el 98%, por ello, se entiende que hay una gran posibilidad de generar energías alternativas al momento en el que se aprovecha un residuo bastante contaminante como lo es el rastrojo de piña en grandes cantidades. Es por eso por lo que se recomienda continuar la investigación respecto al tema.

**Referencias Bibliográficas**

- Agudelo, M. (2017). *Captura de dióxido de carbono empleando mezclas de líquido iónico con alcanolaminas soportadas sobre fibras de celulosa extraídas de hojas de piña* (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Akmar, N., Aqilah, A., Salmiati., Hussain, N., Suliza, Mimi, Ayu, R., y Hadibarata, T. (2016). Removal of Remazol Brilliant Blue R from Aqueous Solution by Adsorption Using Pineapple Leaf Powder and Lime Peel Powder. *Water Air Soil Pollut*, 227(105). <https://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2142/content/pdf/10.1007/s11270-016-2807-1.pdf>
- Alpízar, J., Villegas, L., Madrigal, S., y Sibaja, M. (2013). Utilización de la biomasa residual del cultivo de la piña (ananas comosus) para la desproteinización enzimática de desechos de la actividad camaronera. *Uniciencia*, 27(1), 156-170. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4945323.pdf>
- Alvarado, A. (2017). *Obtención y caracterización mecánica de material compuesto Resina Poliéster- Fibra de Piña* (Tesis de pregrado). Universidad Libre, Bogotá, Colombia.
- Araya, R. (1998). *Utilización del rastrojo de piña (Ananas comosus) para la obtención de pulpa para la producción de papel* (Tesis de Licenciatura en Ingeniería Química). Escuela de Ingeniería Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Arcentales, E (2020). *Composición química del ensilaje del pasto King Grass (Pennisetum hybridum) con diferentes edades de corte e inclusión de rechazo de piña (Ananas comosus)* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Mocache - Los Ríos- Ecuador. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/5307/1/T-UTEQ-0091.PDF>

- Barros, S., Junior, W., Sá, I., Takeno, M., Nobre, F., Pinheiro, W., Manzato, L., Iglauer, S., y Freitas, F. (2020). *Pineapple (Ananás comosus) leaves ash as a solid base catalyst for biodiesel*
- Betancourt, C. (2017). *Utilización de fibras de hoja de piña como refuerzo para biocompuestos fabricados por moldeo de compresión* (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma de occidente, Santiago de Cali, Colombia.
- Boeglin, N. (2015). *La piña de Costa Rica ante la Comisión Interamericana de Derechos Humanos*. SciencesPo. <https://www.sciencespo.fr/opalc/content/la-pina-de-costa-rica-ante-la-comision-interamericana-de-derechos-humanos>
- Caracol Radio. (2014). *Estudiarán efectos tóxicos de aguas con colorantes del río Medellín*. [https://caracol.com.co/radio/2014/02/12/ecologia/1392185160\\_078094.html](https://caracol.com.co/radio/2014/02/12/ecologia/1392185160_078094.html)
- Ch'ng, H., Haruna, O., Kassim, S., y Ab, N. (2013) Co-composting of pineapple leaves and chicken manure slurry. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 2(23). <https://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2142/content/pdf/10.1186/2251-7715-2-23.pdf>
- Chakraborty, S., Chowdhury, S., y Saha, P. (2012). Insight into biosorption equilibrium, kinetics and thermodynamics of crystal violet onto Ananas comosus (pineapple) leaf powder. *Appl Water Sci*, 2, 135-141. <https://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2142/content/pdf/10.1007/s13201-012-0030-9.pdf>
- Chaparro, G., Puerto, A., y Velásquez, X. (2017). *Producción de cuero de piña*. Universidad Piloto de Colombia (Tesis de especialización). Bogotá, Colombia.
- Chowdhury, S., Chakraborty, S., y Saha, P. (2011). Biosorption of Basic Green 4 from aqueous solution by Ananas comosus (pineapple) leaf powder. *Colloids and Surfaces B-*

- biointerfaces*, 84(2), 520-527. <https://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2191/science/article/pii/S0927776511000713?via%3Dihub>
- Contreras, A. Monroy, J, Ramírez, L. Cuéllar, L (2020). Compostaje una alternativa sostenible para obtención de biosólidos. *Gestión de Residuos y Biomasa: Avances en la economía circular*, (2), 81-104. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/35230/Gestión%20de%20residuos%20y%20biomasa.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=81>
- Delgado, C. (2021). *En Lebrija Santander fabrican papel y bolsas con la fibra de la piña*. <https://www.vanguardia.com/santander/region/en-lebrija-santander-fabrican-papel-y-bolsas-con-la-fibra-de-la-pina-YY4230625>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2016). *3er Censo Nacional Agropecuario*. <https://www.dane.gov.co/files/images/foros/foro-de-entrega-de-resultados-y-cierre-3-censo-nacional-agropecuario/CNATomo2-Resultados.pdf>
- Durowaye, S., Sekunowo, O., Kuforiji, C., Lawal, G., y Okon, J. (2019). Synthesis and Characterisation of Polyester Resin Matrix Composites Reinforced with Pineapple Leaf Micro Particles. *Journal of the institute of Engineering*, 15(2), 62-70. <https://doi.org/10.3126/jie.v15i2.27642>
- Fong, S., Yun, C., Chuan, C., Yuan, L., y Ming, C. (2017). Completely biodegradable composites reinforced by the cellulose nanofibers of pineapple leaves modified by eco-friendly methods. *Journal of Polymer Research*, 24, 209. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10965-017-1367-4>
- Gebremedhin, N. Rotich, G. (2020). Manufacturing of Bathroom Wall Tile Composites from Recycled Low-Density Polyethylene Reinforced with Pineapple Leaf Fiber, *International*

- Journal of Polymer Science*, 2020, 9 pages. <https://downloads.hindawi.com/journals/ijps/2020/2732571.pdf>
- Giorgi, A. (2017). *Desulfuración de gasolina corriente a través de un proceso químico sostenible utilizando el líquido iónico cloruro de 1-Butil-3- Metilimidazolio [BMIM][Cl] inmovilizado en una matriz de fibra de celulosa extraída de hoja de piña* (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- González, A. (2020). *Principios básicos de escalado*. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, Matanzas, Cuba.
- Hameed, B., Krishni, R., y Sata., S. (2009). A novel agricultural waste adsorbent for the removal of cationic dye from aqueous solutions. *Journal of Hazardous Materials*, 162(1), 305-311. <https://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2191/science/article/pii/S0304389408007231?via%3DiHub>
- Hassan, S., El- Shafie, A., Zaher, N., y El- Azazy, M. (2020). Application of Pineapple Leaves as Adsorbents for Removal of Rose Bengal from Wastewater: Process Optimization Operating Face-Centered Central Composite Design (FCCCD). *Molecules*, 25. <https://www.mdpi.com/1420-3049/25/16/3752/html>
- Hazarika, D., Gogoi, N., Jose, S., Das, R., y Basu, G. (2017). Exploration of future prospects of Indian pineapple leaf, an agro waste for textile application. *Journal of Cleaner Production*, 141, 580-586. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.092>
- Hazarika, P., Hazarika, D., Kalita, B., Gogoi; N., Jose, S., y Basu, G. (2018). Development of Apparels from silk waste and pineapple leaf fiber. *Journal of natural fibers*, 15(3), 416-424. <https://doi.org/10.1080/15440478.2017.1333071>

- Jaramillo, N., Hoyos, D., y Santa, J. (2016). Compuestos de fibra de hoja de piña fabricados mediante moldeo por compresión por capas. *Ingeniería y Competitividad*, 18(2), 151-162. [https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria\\_y\\_competitividad/article/download/2163/10265](https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/article/download/2163/10265)
- Jaramillo, N., Vélez, J., Cadena, E., Restrepo, A., y Santa, J. (2018). Improvement of mechanical properties of pineapple leaf fibers by Mercerization process. *Fibers and Polymers*, 19(12), 2604-2611. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12221-018-8522-3>
- Jebur, A., El-Demerdash, F., Kang, W. (2020). Bromelain from *Ananas comosus* stem attenuates oxidative toxicity and testicular dysfunction caused by aluminum in rats. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 62. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0946672X20301966>
- Kaewpirom, S., y Worrarat, C. (2013). Preparation and Properties of Pineapple Leaf Fiber Reinforced Poly(lactic acid) Green Composites. *Fibers and Polymers*, 15(7), 1469-1477. [https://www.researchgate.net/profile/Supraanee-Kaewpirom/publication/264124532\\_Preparation\\_and\\_Properties\\_of\\_Pineapple\\_Leaf\\_Fiber\\_Reinforced\\_Poly\(lactic\\_acid\)\\_Green\\_Composites/links/53cf64700cf2f7e53cf7f11c/Preparation-and-Properties-of-Pineapple-Leaf-Fiber-Reinforced-Poly\(lactic-acid\)-Green-Composites.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Supraanee-Kaewpirom/publication/264124532_Preparation_and_Properties_of_Pineapple_Leaf_Fiber_Reinforced_Poly(lactic_acid)_Green_Composites/links/53cf64700cf2f7e53cf7f11c/Preparation-and-Properties-of-Pineapple-Leaf-Fiber-Reinforced-Poly(lactic-acid)-Green-Composites.pdf)
- Kannojiya, R., Guarav, K., Ranjan, R., Tiyer, N., y Pandey, K. (2013). Extraction of pineapple for making comercial products. *Journal of Environmental Research and Development*, 7(4). [https://www.researchgate.net/profile/Krishna-Pandey-6/publication/281202437\\_EXTRACTION\\_OF\\_PINEAPPLE\\_FIBRES\\_FOR\\_MAKING\\_COMMERCIAL\\_PRODUCTS/links/55dadaae08ae9d6594920059/EXTRACTION-OF-PINEAPPLE-FIBRES-FOR-MAKING-COMMERCIAL-PRODUCTS.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Krishna-Pandey-6/publication/281202437_EXTRACTION_OF_PINEAPPLE_FIBRES_FOR_MAKING_COMMERCIAL_PRODUCTS/links/55dadaae08ae9d6594920059/EXTRACTION-OF-PINEAPPLE-FIBRES-FOR-MAKING-COMMERCIAL-PRODUCTS.pdf)

- Laftah, W., y Rahaman, W. (2015). Chemical pulping of waste pineapple leaves fiber for kraft paper production. *Journal of Materials Research and Technology*, 4(3), 254-261. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2014.12.006>
- Larasati, A., Dwi, R., Rachel, B., Damayanti, S., Fisher, N., Riani, C., y Rachmawati, H. (2019). Xylan from Pineapple Stem Waste: A Potential Biopolymer for Colonic Targeting of Anti-inflammatory Agent Mesalamine. *PharmSciTech*, 20(112). <https://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2142/content/pdf/10.1208/s12249-018-1205-y.pdf>
- Ling, S., Tan, Y., Abdullah, A., y Ong, S. (2016). Equilibrium, kinetic and thermodynamic studies of a new potential biosorbent for the removal of Basic Blue 3 and Congo Red dyes: Pineapple (*Ananas comosus*) plant stem. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineering*, 61, 306-315. <https://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2191/science/article/pii/S187610701600016X?via%3Dihub>
- Liu, C., Liu, Y., Fan, C., y Kuang, Z. (2013). The effects of composted pineapple residue return on soil properties and the growth and yield of pineapple. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 13(2), 433-444. <https://pdfs.semanticscholar.org/e010/da503e8c3b2b17fdffd73a5845a7ba86bb7.pdf>
- López, M., WingChing, R., y Bourrillón, A. (2009). Características fermentativas y nutricionales del ensilaje de rastrojo de piña (*Ananas comosus*). *Agronomía Costarricense*, 33(1), 1-15. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/13864/6731-9300-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mansor, A., Shiun, J., Nasir, F., Hashim, H., y Shin W. (2019). Characteristics of Cellulose, Hemicellulose and Lignin of MD2 Pineapple Biomass. *Chemical Engineering*

- Transactions*, 72. [http://eprints.utm.my/id/eprint/88792/1/LimJengShiun2019\\_CharacteristicsofCelluloseHemicelluloseandLignin.pdf](http://eprints.utm.my/id/eprint/88792/1/LimJengShiun2019_CharacteristicsofCelluloseHemicelluloseandLignin.pdf)
- Marchena, A. (2019). *Producción biotecnológica de biodiesel a partir de rastrojo de piña* (Tesis de pregrado). Universidad de Costa Rica, San Pedro, Costa Rica.
- Mathivanan, D., Norfazilah, H., Siregar, J., Rejab, M., Bachtiar, D., y Cionita, T. (2016). The study of mechanical properties of pineapple leaf fibre reinforced tapioca based bioplastic resin composite. *MATEC Web of conferences*, 74. <http://eprints.intimal.edu.my/720/1/The%20study%20of%20mechanical%20properties%20of%20pineapple%20leaf%20fibre%20reinforced%20tapioca%20based%20bioplastic%20resin%20composite.pdf>
- Moreno, S. y Mendoza, Y. (2019). *Producción de fibra artesanal a partir de subproductos de la piña para la producción de textiles biodegradables* (Tesis de pregrado). Universidad Santo Tomás, Villavicencio, Colombia.
- Mund, N., Dash, D., Mishra, P., y Nayak, N. (2020). Cellulose solvent-based pretreatment and enzymatic hydrolysis of pineapple leaf waste biomass for efficient release of glucose towards biofuel production. *Biomass Conversion and Biorefinery*. <https://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2142/content/pdf/10.1007/s13399-020-01225-8.pdf>
- Murcia, D., Tovar, M., y Tovar, M, E. (2004). Propiedades físicas, químicas y mecánicas de la piña Golden y Mayanés utilizada para la indumentaria en Bogotá. *Teoría y Praxis investigativa*, 8(2), 32-43. <https://revia.areandina.edu.co/index.php/Pp/article/download/390/422>
- Ojeda, K. Quintero, V. Rondón, S. Kafarov, V. (2009). Evaluación de sostenibilidad de la producción de biocombustibles de segunda generación mediante la aplicación de análisis exergético. *Prospect*, 7(2), 19-26. <http://repositorio.uac.edu.co/bitstream/handle/11619/>

1344/Evaluación%20de%20sostenibilidad%20de%20la%20producción%20de%20bioco  
mbustibles%20de.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ortega, G., y Rodriguez, A. (2019). Síntesis de acetato de celulosa y rayón a partir de residuos agroindustriales del cultivo y procesamiento de piña. *Revista Teinnova*. <http://revistas.sena.edu.co/index.php/CDITI/article/view/2355>

Portal del campo (2014). *Malasia: Potente demanda de la variedad MD2 de piña, con probable continuación*. [https://portaldelcampo.cl/Noticias/45012\\_malasia-potente-demanda-de-la-variedad-md2-de-pina-con-probable-continuacion.html](https://portaldelcampo.cl/Noticias/45012_malasia-potente-demanda-de-la-variedad-md2-de-pina-con-probable-continuacion.html)

Programa Nacional de Desarrollo Agroalimentario (PNDA). (2013). *Panorama mundial de la piña*. <http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/223/PANORAMA%20MUNDIAL%20DE%20LA%20PIÑA.pdf?sequence=1>

Quesada, K., Alvarado, P., Sibaja, R., Vega, José. (2005). Utilización de las fibras del rastrojo de piña (ananas comusus, variedad champaka) como material de refuerzo en resinas de poliéster. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 6(2). [https://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/3260/UTILIZACI%C3%93N%20DE%20LAS%20FIBRAS%20DEL%20RASTROJO%20DE%20PI%C3%91A\\_QUESADA.pdf?sequence=1](https://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/3260/UTILIZACI%C3%93N%20DE%20LAS%20FIBRAS%20DEL%20RASTROJO%20DE%20PI%C3%91A_QUESADA.pdf?sequence=1)

Quintana, G. Velásquez, J. Gómez, C. Echavarría, Y (2008). Adsorción de Ni(II) en carbón activado de cascarillas de café. *Revista Investigaciones Aplicadas*, (3), 1-6. <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/7188/ADSORCIÓN%20DE%20NI%28II%29%20EN%20CARBÓN%20ACTIVADO%20DE%20CASCARILLA%20DE%20CAFÉ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Quintero, A. (2018). *Sistema enfocado en la exploración y transformación de la fibra de piña* (Tesis de pregrado). Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia.

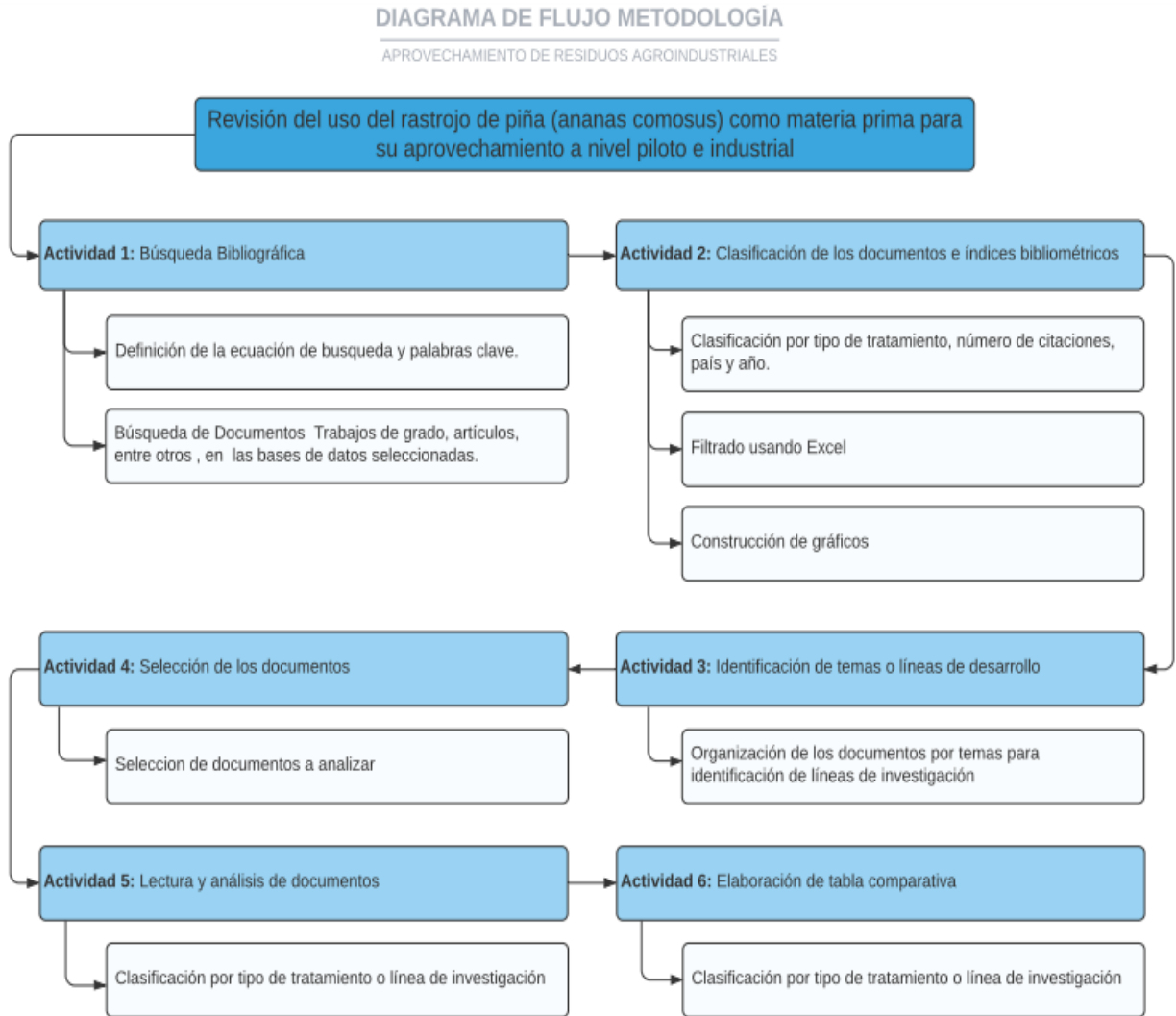
- Rahma, A., Adriani, M., Rahayu, P., Tjandrawinata, R., y Rachmawati, H. (2019). Green isolation and physical modification of pineapple stem waste starch as pharmaceutical excipient. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 45(6), 1029-1037. <https://bibliotecavirtual.uis.edu.co:3681/doi/epub/10.1080/03639045.2019.1593438?needAccess=true>
- Ramirez, J., y Rodriguez S. (2019). *Conveniencia de la Producción de Biodiesel en Colombia desde la Perspectiva del Desarrollo Sostenible* (Tesis de pregrado). Universidad Católica de Colombia. Bogotá, Colombia
- Razak, S., Sharif, N., y Nayan, N. (2014). Electrically Conductive Paper of Polyaniline Modified Pineapple Leaf Fiber. *Fibers and Polymers*, 15(6), 1107-1111. <https://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2142/content/pdf/10.1007/s12221-014-1107-x.pdf>
- Redacción El Tiempo (21 de noviembre de 2014). *La miel de la piña atrae a empresarios veteranos*. El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-14864655>
- Rozo, S., González, A., y Villamizar, J. (2016). Elaboración de un papel ecológico a base de cogollos de piña. *Revista Nova*, 2(2). <http://revistas.sena.edu.co/index.php/rnova/article/view/620/684>
- Saha, A., Kumar, S., y Kumar, A. (2021). Influence of pineapple leaf particulate on mechanical, thermal and biodegradation characteristics of pineapple leaf fiber reinforced polymer composite. *Journal of Polymer Research*, 28: 66. <https://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2142/article/10.1007/s10965-021-02435-y>
- Saval, S (2012) Aprovechamiento de residuos agroindustriales: Pasado, presente y futuro. *BioTecnología*, vol 16, pp 15

- Sibaly, S., y Jeetah, p. (2017). Production of paper from pineapple leaves. *Journal of environmental Chemical Engineering*, 5(6), 5978-5896. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2017.11.026>
- Spinak, E. (2019). *Malasia: Google Académico, Web of Science o Scopus, ¿cuál nos da mejor cobertura de indexación?* <https://blog.scielo.org/es/2019/11/27/google-academico-web-of-science-o-scopus-cual-nos-da-mejor-cobertura-de-indexacion/#.YVo3qO1R3IU>
- Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de la Orinoquia (Ticso). (2014). *Aprovechamiento residuos biomasa de producción de piña (Ananas comosus) para municipio Aguazul Casanare*. [https://aguazulcasanare.micolombiadigital.gov.co/sites/aguazulcasanare/content/files/000173/8608\\_aguazul\\_pinha.pdf](https://aguazulcasanare.micolombiadigital.gov.co/sites/aguazulcasanare/content/files/000173/8608_aguazul_pinha.pdf)
- Upadhyay, A., Chompoo, Jamnian., Araki, N., y Tawata, Shinkichi. (2012). Antioxidant, Antimicrobial, 15-LOX, and AGEs inhibitions by Pineapple Stem Waste. *Journal of food and science*, 71(1). <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1750-3841.2011.02437.x>
- Vilanova, J., Da Silva, A., Bonfim, A., Curvelo, J., Leite, Nadjma., Santos, D., Pereira, D., y Rodriguez, R. (2012). Bromelain Enzyme from Pineapple: In Vitro Activity Study under Different Micropropagation Conditions. *Appl Biochem Biotechnol*, 168, 234-246. [https://www.researchgate.net/profile/Jose-Santana-23/publication/228071120\\_Bromelain\\_Enzyme\\_from\\_Pineapple\\_In\\_Vitro\\_Activity\\_Study\\_under\\_Different\\_Micropropagation\\_Conditions/links/0c960527ce73e7537f000000/Bromelain-Enzyme-from-Pineapple-In-Vitro-Activity-Study-under-Different-Micropropagation-Conditions.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Santana-23/publication/228071120_Bromelain_Enzyme_from_Pineapple_In_Vitro_Activity_Study_under_Different_Micropropagation_Conditions/links/0c960527ce73e7537f000000/Bromelain-Enzyme-from-Pineapple-In-Vitro-Activity-Study-under-Different-Micropropagation-Conditions.pdf)

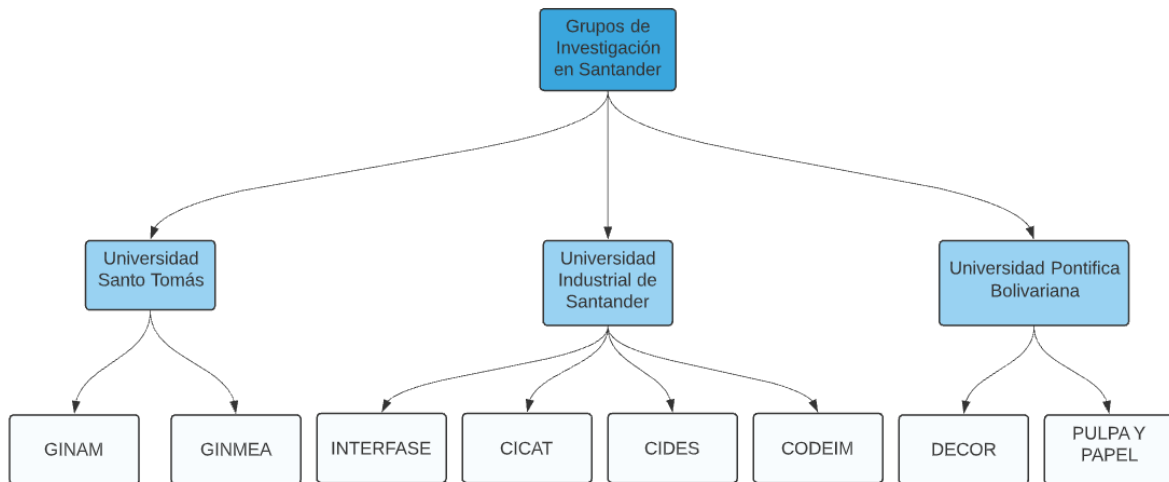
Weng, C., Lin, Y., Tzeng, T. (2009). Removal of methylene blue from aqueous solution by adsorption onto pineapple leaf powder. *Journal of Hazardous Materials*, 170(1), 417-424.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.04.080>

Apéndices

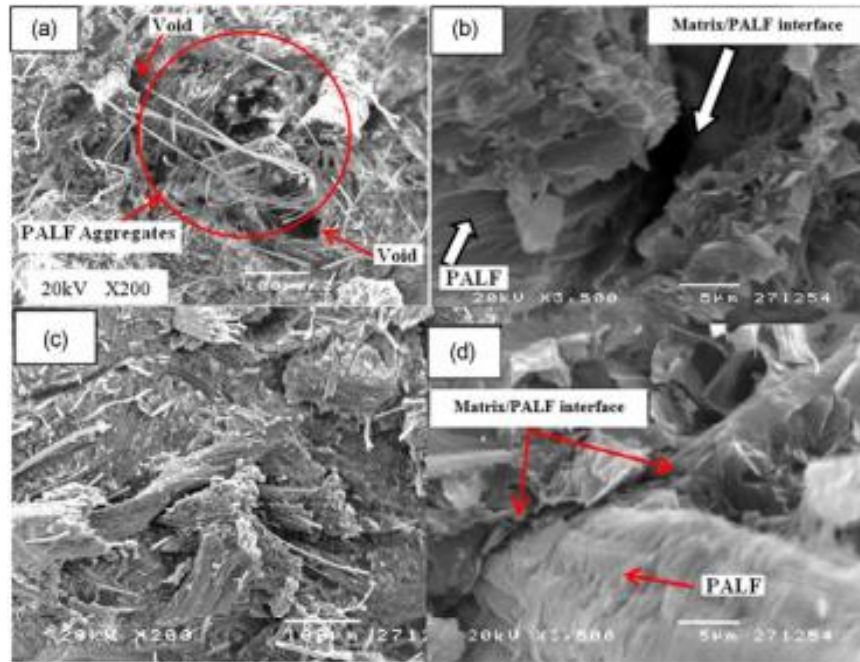
Apéndice A. Diagrama de flujo de la metodología aplicada



## Apéndice B. Grupos de investigación en Santander

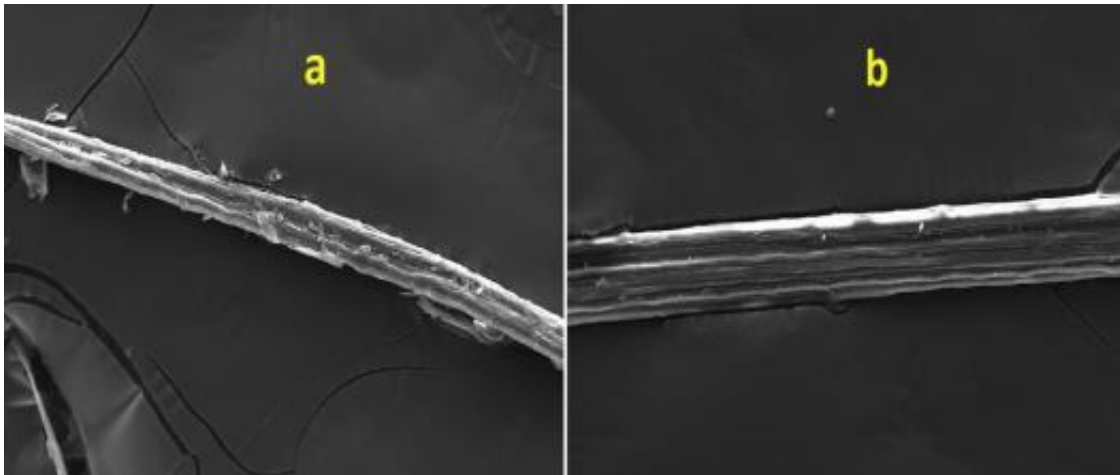


## Apéndice C. Comparación entre los materiales hechos con 40% de fibra con y sin MA.



Nota. Tomado de: Kaewpirom, S., y Worrarat, C. (2013). Preparation and Properties of Pineapple Leaf Fiber Reinforced Poly(lactic acid) Green Composites. *Fibers and Polymers*, 15(7), 1469-1477. [https://www.researchgate.net/profile/Supranee-Kaewpirom/publication/264124532\\_Preparation\\_and\\_Properties\\_of\\_Pineapple\\_Leaf\\_Fiber\\_Reinforced\\_Poly\(lactic\\_acid\)\\_Green\\_Composites/links/53cf64700cf2f7e53cf7f11c/Preparation-and-Properties-of-Pineapple-Leaf-Fiber-Reinforced-Poly\(lactic-acid\)-Green-Composites.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Supranee-Kaewpirom/publication/264124532_Preparation_and_Properties_of_Pineapple_Leaf_Fiber_Reinforced_Poly(lactic_acid)_Green_Composites/links/53cf64700cf2f7e53cf7f11c/Preparation-and-Properties-of-Pineapple-Leaf-Fiber-Reinforced-Poly(lactic-acid)-Green-Composites.pdf)

**Apéndice D. (a) Fibra después del proceso de descortezado, (b) después de la eliminación de tejidos celulósicos y gomosos**



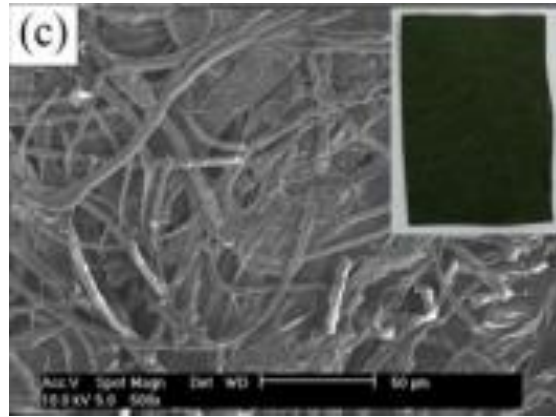
Nota. Tomado de: Hazarika, D., Gogoi, N., Jose, S., Das, R., y Basu, G. (2017). Exploration of future prospects of Indian pineapple leaf, an agro waste for textile application. *Journal of Cleaner Production*, 141, 580-586. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.092>

Apéndice E. (a) Fibra al eliminar materiales celulósicos, (b) Fibra al eliminar compuestos gomosos, (c) Fibra blanqueada.



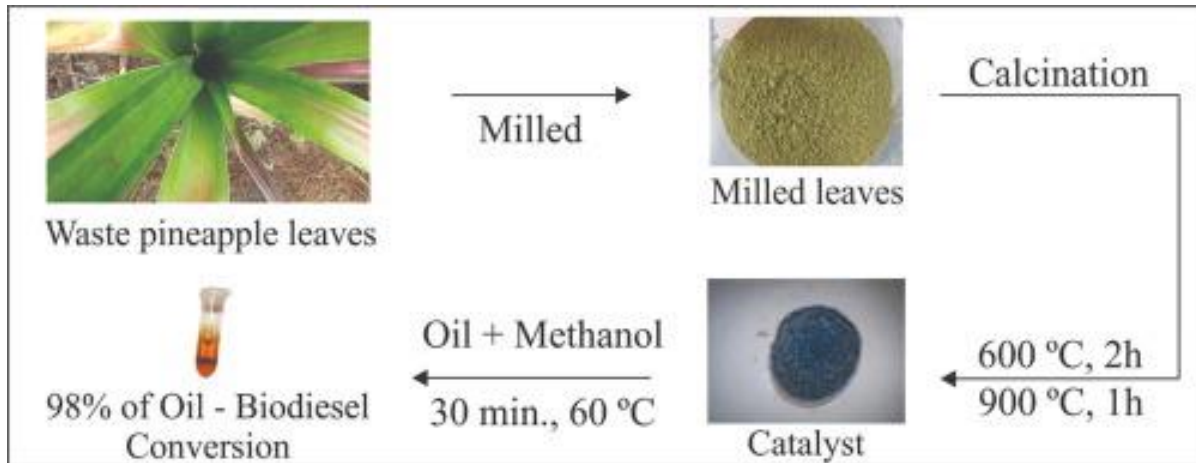
Nota. Tomado de: Hazarika, D., Gogoi, N., Jose, S., Das, R., y Basu, G. (2017). Exploration of future prospects of Indian pineapple leaf, an agro waste for textile application. *Journal of Cleaner Production*, 141, 580-586. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.092>

## Apéndice F. PALF- 5PAN.



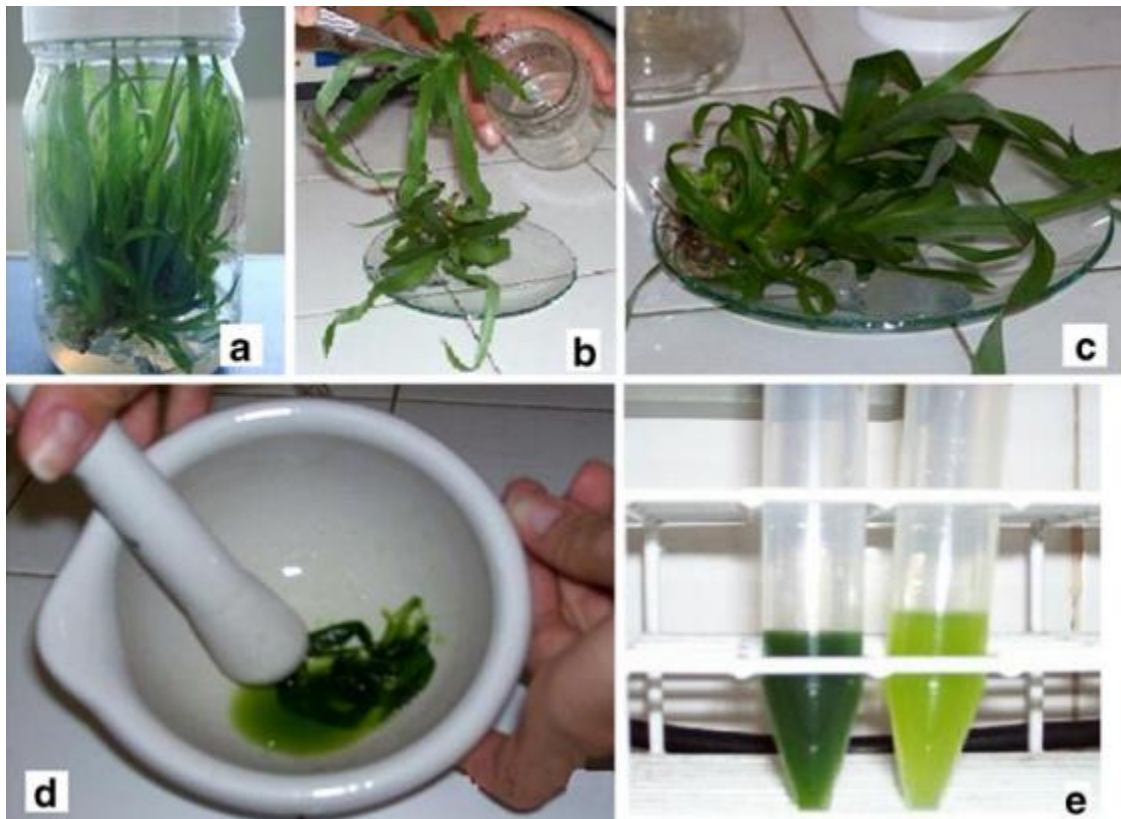
Nota. Tomado de: Razak, S., Sharif, N., y Nayan, N. (2014). Electrically Conductive Paper of Polyaniline Modified Pineapple Leaf Fiber. *Fibers and Polymers*, 15(6), 1107-1111. <https://bibliotecavirtual.uis.edu.co:2142/content/pdf/10.1007/s12221-014-1107-x.pdf>

## Apéndice G. Proceso de obtención del catalizador y producción de Biodiesel.



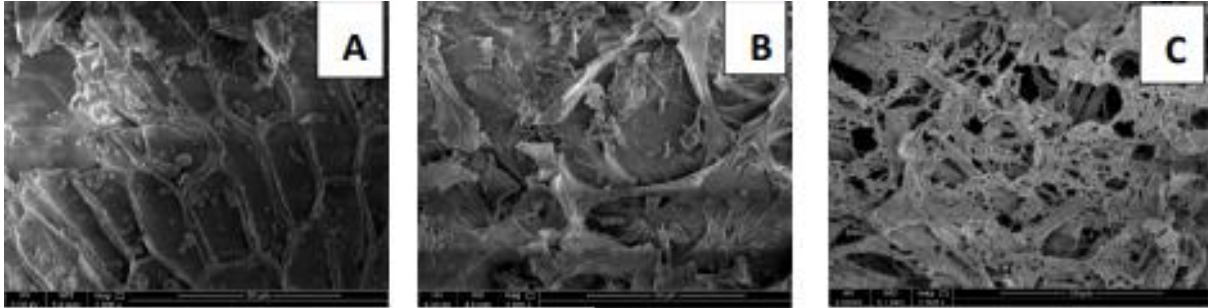
Nota. Tomado de: Barros, S., Junior, W., Sá, I., Takeno, M., Nobre, F., Pinheiro, W., Manzato, L., Iglauer, S., y Freitas, F. (2020). *Pineapple (Ananás comosus) leaves ash as a solid base catalyst for biodiesel*

Apéndice H. (a) Crecimiento in vitro de la planta de piña (b) 3 meses de crecimiento. (c) 4 meses de crecimiento. (d) proceso de extracción. (e) Extractos de la hoja de piña.



Nota. Tomado de: Vilanova, J., Da Silva, A., Bonfim, A., Curvelo, J., Leite, Nadjma., Santos, D., Pereira, D., y Rodriguez, R. (2012). Bromelain Enzyme from Pineapple: In Vitro Activity Study under Different Micropropagation Conditions. *Appl Biochem Biotechnol*, 168, 234-246. [https://www.researchgate.net/profile/Jose-Santana-23/publication/228071120\\_Bromelain\\_Enzyme\\_from\\_Pineapple\\_In\\_Vitro\\_Activity\\_Study\\_under\\_Different\\_Micropropagation\\_Conditions/inks/0c960527ce73e7537f000000/Bromelain-Enzyme-from-Pineapple-In-Vitro-Activity-Study-under-Different-Micropropagation-Conditions.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Santana-23/publication/228071120_Bromelain_Enzyme_from_Pineapple_In_Vitro_Activity_Study_under_Different_Micropropagation_Conditions/inks/0c960527ce73e7537f000000/Bromelain-Enzyme-from-Pineapple-In-Vitro-Activity-Study-under-Different-Micropropagation-Conditions.pdf)

Apéndice I. (a) RPALF, (b) PALF a 250 °C, (c) PALF a 500 °C.



Nota. Tomado de: Hassan, S., El- Shafie, A., Zaher, N., y El- Azazy, M. (2020). Application of Pineapple Leaves as Adsorbents for Removal of Rose Bengal from Wastewater: Process Optimization Operating Face-Centered Central Composite Design (FCCCD). *Molecules*, 25. <https://www.mdpi.com/1420-3049/25/16/3752/html>

## Apéndice J. Artículos publicados en Colombia

Título	Autor	Tema	Universidad	Región	Número de citaciones
Captura de Dióxido de carbono empleando mezclas de líquido iónico con alcanolaminas soportadas sobre fibras de celulosa extraídas de hojas de piña	Agudelo, M	Otras	Universidad Industrial de Santander	Bucaramanga, Santander	0
Compuestos de fibra de hoja de piña fabricados mediante moldeo por compresión por capas	Jaramillo, N., Hoyos, D., y Santa, J.	Fibras como material de refuerzo	Universidad Nacional de Colombia	Medellín, Antioquía	0
Desulfuración de Gasolina corriente a través de un proceso químico sostenible utilizando el líquido iónico cloruro de 1-Butil-3-Metilimidazolio [BMIM][C1] inmovilizado en una matriz de fibra de celulosa extraída de hoja de piña	Giorgi, A.	Otras	Universidad Industrial de Santander	Bucaramanga, Santander	0
Elaboración de un papel ecológico a base de cogollos de piña	Rozo, S., González, A., y Villamizar, J.	Fibras para producción de papel	Servicio Nacional de Aprendizaje SENA	Norte de Santander	6

Título	Autor	Tema	Universidad	Región	Número de citas
Improvement of mechanical properties of pineapple leaf fibers by Mercerization process	Jaramillo, N., Vélez, J., Cadena, E., Restrepo, A., y Santa, J.	Fibras como material de refuerzo	Universidad Nacional de Colombia	Medellín, Antioquía	9
Obtención y caracterización mecánica de material compuesto resina poliéster-fibra de piña	Alvarado, A.	Fibras como material de refuerzo	Universidad Libre	Bogotá, Cundinamarca	0
Producción de fibra artesanal a partir de subproductos de la piña, para la producción de textiles biodegradables	Moreno, S., Mendoza, Y.	Fibras Textiles	Universidad Santo Tomás	Villavicencio, Meta	0
Producción de cuero de piña	Chaparro, G., Puerto, A., y Velásquez, X	Fibras Textiles	Universidad Piloto de Colombia	Bogotá, Cundinamarca	0
Propiedades físicas, químicas y mecánicas de la piña Golden y Mayanés utilizada para la indumentaria en Bogotá	Murcia, D., Tovar, M., y Tovar M, E.	Fibras Textiles	Fundación Universitaria del área andina	Bogotá, Cundinamarca	6
Sistema enfocado en la exploración y transformación de la fibra de piña	Quintero, A.	Fibras Textiles	Universidad Jorge Tadeo Lozano	Bogotá, Cundinamarca	0

Título	Autor	Tema	Universidad	Región	Número de citas
Síntesis de acetato de celulosa y rayón a partir de residuos agroindustriales del cultivo y procesamiento de piña	Ortega, G., y Rodríguez, A.	Otras	Servicio Nacional de Aprendizaje SENA		1
Utilización de fibras de hoja de pila como refuerzo para biocompuestos fabricados por moldeo de compresión	Betancourt, C.	Fibras como material de refuerzo	Universidad de Occidente	Santiago de Cali, Valle del Cauca	0

## Apéndice K. Artículos restantes de los temas o líneas de desarrollo

Titulo	Autores	Linea de investigación	Revista	País
A Potency of Microcellulose from Pineapple Leave Isolated by Hydrolysis-Assisted Sonication	Luqi Khoiriyah Latif, Masruri Masruri, Barlah Rumhayati	Remoción de colorantes y minerales del agua	Materials Science and Engineering	Indonesia
A Review: Fibres, Polymer Matrices and Composites	Mohd Nurazzi, N. Khalina, A. Sapuan, S. M. , Dayang Laila, A. H. A. M. , Rahmah, M. Hanafee, Z.	Fibras y papel	Pertanika	Malasia
Bromelain: an overview of industrial application and purification strategies	Zatul Iffah Mohd Arshad, Azura Amid, Faridah Yusof, Irwandi Jaswir, Kausar Ahmad, Show Pau Loke	Campo médico	Applied Microbiology & Biotechnology	Malasia
Can stem bromelain, a pineapple waste product, used as drug alternate? A mechanistic insight into protein-protein interactions	Samima Khatun, Anamika Sindhu, Pannuru Venkatesu	Campo médico	New Journal of Chemistry	India
Caracterización estructural, física y	John Wilder Mendoza Cisneros,	Fibras y papel	Ingeniería Investiga	Perú

Título	Autores	Línea de investigación	Revista	País
química de la fibra de rastrojo de la cosecha de piña (ananas comosus) golden como alternativa para elaborar papel	Percy Fermín Velásquez Ccosi, Yohel Gómez Gálvez			
Cellulose solvent based pretreatment and enzymatic hysrolysis of pineapple leaf waste biomass for eficiente release of glucose toward biofuel production	Nitesh K. Mund, Debabrata Dash, Prasannajit Mishra, Nihar R. Nayak	Biomasa	Biomass Conversion and Biorefinery	China
Chelate coupling with pineapple leaves as modified bio sorbent for lead ions (II) removal	O. H. Heba, S. Ali, N. Abdullah	Remoción de colorantes y minerales del agua	International Journal of Environmental Science and Technology	Malasia
Compuestos de fibra de hoja de piña fabricados mediante moldeo por compresión por capas	Jaramillo, N. Hoyos, D y Santa, J.	Fibras y papel	Ingeniería y Competitividad	Colombia
Determinación del efecto de la concentración de la base NaOH, de la celulasa y celobiasa en la hidrólisis para la producción de	Maureen Córdoba Pérez, Manuel E. Molina Córdoba	Biomasa	Ingeniería	Costa Rica

Titulo	Autores	Línea de investigación	Revista	País
etanol a partir del rastrojo de la piña				
Effect of Hybridization on the Mechanical Properties of Chopped Strand Mat/Pineapple Leaf Fibre Reinforced Polyester Composites	Suhas Yeshwant Nayak, Srinivas Shenoy Heckadka, Nishank Minil Amin, Ramakrishna Vikas Sadanand, Linto George Thomas	Fibras y papel	MATEC Web of Conferences	India
Effect of layering pattern on flammability and water absorption behavior of pineapple leaf/coir fiber reinforced hybrid composite	Mohit Mittal, Rajiv Chaudhary	Fibras y papel	i-manager's Journal on Material Science	India
Effect of starch sizes particle as binder on short pineapple leaf fiber composite mechanical properties	Mohd Zulkefli Selamat, Muhammad Syazwan Zhafri Tahir, Ayu Natasya Kasim, Sivakumar Dharmalingam, Azma Putra, Mohd Yuhazri Yaakob, Mohd Ahadlin Mohd Daud	Fibras y papel	MATEC Web of Conferences	Malasia
Effects of Alkali Treatments on the Tensile Properties of Pineapple Leaf Fibre	J. P. Siregar, S. M. Sapuan, M. Z. A. Rahman, H. M. D. K. Zaman	Fibras y papel	Pertanika	Malasia

Título	Autores	Línea de investigación	Revista	País
Reinforced High Impact Polystyrene Composites Enhanced mechanical properties of natural fiber bamboo/pineapple leaf/coconut husk reinforced composites for application in bio-board	Suryani Salim, Teuku Rihayat, Shafira Riskina	Fibras y papel	International Journal of GEOMATE	Indonesia
Equilibrium and Kinetic Studies of Ni (II) Adsorption using Pineapple and Bamboo Stem Based Adsorbents	Yennam Rajesh, Murali Pujari, R. Uppaluri	Remoción de colorantes y minerales del agua	Separation Science and Technology	India
Fibre Characteristics and Strength Properties of Nigerian Pineapple Leaf (Ananas cosmosus), Banana Peduncle and Banana Leaf (Musa sapientum) – Potential Green Resources for Pulp and Paper Production	Taiwo K. Fagbemigun, O. D. Fagbemi, Fatima Buhari, Eze Mgbachiuzo, Chima C. Igwe	Fibras y papel	Journal of Scientific Research & Reports	Nigeria
Functionalized pineapple aerogels for ethylene gas adsorption and nickel (II) ion removal applications	Zi En Lim, Quoc Ba Thai, Duyen K. Le, Thao P. Luu, Phuc T.T. Nguyen, Nga H.N. Do, Phung K.	Remoción de colorantes y minerales del agua	Journal of Environmental Chemical Engineering	Vietnam

Título	Autores	Línea de investigación	Revista	País
	Le, Nhan Phan-Thien, Xue Yang Goh, Hai M. Duong			
Improvement of mechanical properties of pineapple leaf fibers by Mercerization process	Jaramillo, N. Vélez J. Cadena, E. Restrepo, A y Santa J.	Fibras y papel	Fibers and Polymers	Colombia
Induced Tensile Properties With EB-Cross Linking of Hybridized Kenaf/Palf Reinforced HDPE Composite	Aji, I. S. Zinudin, E. S. Khairul, M. Z. Abdan, K. S. M. Sapuan	Fibras y papel	Pertanika	Malasia
Manufacturing of Bathroom Wall Tile Composites from Recycled Low-Density Polyethylene Reinforced with Pineapple Leaf Fiber.	Negasi Gebremedhin, Gideon K. Rotich	Fibras y papel	International Journal of Polymer Science	Etiopía
Mechanical properties of polypropylene composites reinforced with alkaline treated pineapple leaf fibre from Josapine cultivar	A.N. Kasim, M.Z. Selamat, M.A.M. Daud, M.Y. Yaakob, A. Putra, D. Sivakumar	Fibras y papel	International Journal of Automotive and Mechanical Engineering	Malasia
Meta- Analisis de los subproductos de piña	Michael López Herrera, Rodolfo WingChing Jones,	Fibras y papel	Agronomía Mesoamericana	Costa Rica

Título	Autores	Línea de investigación	Revista	País
(ananas comosus) para la alimentación animal	Augusto Rojas Bourrillón			
Methylene blue removal by poly(acrylic acid)-grafted pineapple leaf fiber/polyester nonwoven fabric adsorbent and its comparison with removal by gamma or electron beam irradiation	Janronel Pomicpic, Gian Carlo Dancel, Patrick Jay Cabalar, Jordan Madrid	Remoción de colorantes y minerales del agua	Radiation Physics and Chemistry	Filipinas
Modification of pineapple starch from stem and rhizome using multiple desired response optimization and its characterization	Su Su Latt, Vipaluk Patomchaiwiwat, Pornsak Sriamornsak, Suchada Piriayaprasarth	Campo médico	Pharmaceutical Sciences Asia	Tailandia
New Dimensions of Pineapple Leaf Fibre -- An Agrowaste for Textile Applications	S. K. Dey, D. Nag, P. K. Das	Fibras y papel	Contenido del libro: "New Technologies for Rural Development having Potential of Commercialisation"	India
Obtención y caracterización de materiales compuestos de fibras de la "piña" de henequén y polipropileno	R. J. Balam-Cocom, S. Duarte-Aranda, G. Canché-Escamilla	Fibras y papel	Revista Mexicana de Ingeniería Química	México

Titulo	Autores	Línea de investigación	Revista	País
Pineapple leaf fiber: from waste to high performance green reinforcement for plastics and rubbers.	Nanthaya Kengkhetkit, Thapanee Wongpreedee, Taweechai Amornsakchai	Fibras y papel	Contenido del libro: Lignocellulosic Composite Materials	India
Pineapple Leaf Fibre— A Sustainable Luxury and Industrial Textiles	Miguel Angel Gardetti, Subramanian Senthilkannan Muthu	Fibras y papel	Contenido del libro: Handbook of Sustainable Luxury Textiles and Fashion	Hong Kong
Pineapple stem bromelain immobilized on different supports: Catalytic properties in model wine	Benucci Ilaria, Esti Marco, Liburdi Katia, Garzillo Anna Maria Vittoria	Campo médico	American Institute of Chemical Engineers Biotechnol	Italia
Polylactic acid (PLA) based green composites reinforced pineapple leaf fibres: evaluation of processing and tensile performance	Jedsada Chaishome, Suriyan Supapvanich	Fibras y papel	MATEC Web of Conferences	Tailandia
Potential Low-Cost Biosorbent for Copper Removal: Pineapple Leaf Powder	Chih-Huang Weng, Yu-Chin Wu	Remoción de colorantes y minerales del agua	Journal of Environmental Engineering	Taiwan
Potentiality of Indian pineapple leaf fiber for apparels	Seiko Jose, Robin Das, Izhar Mustafa,	Fibras y papel	Journal of Natural Fibers	India

Título	Autores	Línea de investigación	Revista	País
	Sujoy Karmakar, Gautam Basu			
Producción de cuero de piña	Gloria Chaparro Chaparro, Anggie Nathaly Puerto Sánchez, Xiomara Alexandra Velásquez Quimbay	Fibras y papel	Trabajo de grado	Colombia
Producción de fibra artesanal a partir de subproductos de la piña, para la producción de textiles biodegradables	Sebastian Moreno Ariza, Yessica Paola Mendoza Vega	Fibras y papel	Trabajo de grado	Colombia
Production and Characterization of Paper from Pineapple Leaves and Sugarcane Bagasse Pulp	Evelyn, Komalasari, R. A. Adegustias, E. A. Margaretha, M. S. Simanjuntak	Fibras y papel	Journal of Physics: Conference Series	Indonesia
Production of renewable fuel and value-added bioproducts using pineapple leaves in Costa Rica	Ana Chen, Ysabel J. Guan, Mauricio Bustamante, Lidieth Uribe, Lorena Uribe- Lorío, Mariana Murillo Roos, Yan Liu	Biomasa	Biomass and Bioenergy	Costa Rica
Propuesta de una cosechadora-desmenuzadora de Agave tequilana Weber	Noé Saldaña Robles, César Gutiérrez Vaca, Ryszard Serwatowski	Biomasa	Universidad de Guanajuato	México

Titulo	Autores	Línea de investigación	Revista	País
para la producción de bioetanol y revisión de los procedimientos existentes	Hlawinska, Alberto Saldaña Robles, Adrián Flores Ortega, Concepción Quiroz Ramírez, José Manuel Cabrera Sixto, Salvador García Barrón, Armando Juárez Guaní			
Pulping Process and the Potential of Using Non-WoodPineapple Leaves Fiber for Pulp and Paper Production: A Review	Waham Ashaier Laftah, Wan Aizan Wan Abdul Rahman	Fibras y papel	Journal of Natural Fibers	Malasia
Síntesis de acetato de celulosa y rayón a partir de residuos agroindustriales del cultivo y procesamiento de piña.	Ortega, G y Rodríguez A	Fibras y papel	Revista Teinnova	Colombia
Subproductos de Piña (Ananas Comosus) como alternativa de alimentación en rumiantes	Nelcy Patricia Piracon Cely	Fibras y papel	Tesis de especialización	Colombia
Thermogravimetric Analysis (TGA) and Differential Scanning	Januar Parlaungan Siregar, Mohd. Sapuan Salit, Mohd.	Fibras y papel	Pertanika	Malasia

Titulo	Autores	Línea de investigación	Revista	País
Calometric (DSC) Analysis of Pineapple Leaf Fibre (PALF) Reinforced High Impact Polystyrene (HIPS) Composites	Zaki Ab, Rahman, Khairul Zaman Hj, Mohd, Dahlan			
Towards Sustainable Use of Potassium in Pineapple Waste	Osumanu H. Ahmed, M.H.A. Husni, A.R. Anuar, M.M. Hanafi	Fibras y papel	The Scientific World Journal	Malasia
Uso de hoja de piña (ananas comosus), como alternativa nematicida versus un preparado albendazólico en pequeños rumiantes	Colón Solares, Erwin Oswaldo	Campo médico	Trabajo de grado	Guatemala
Valorisation of pineapple wastes for food and therapeutic applications	Shivali Banerjee, Vijayaraghavan Ranganathan, Antonio Patti, Amit Arora	Campo médico	Trends in Food Science & Technology	India
Valuación de las propiedades físicas y químicas de residuos	González, k. Daza, D. Caballero, P y Martínez, C	Fibras y papel	Revista Luna Azul	Colombia
Sólidos orgánicos a emplearse en la elaboración de papel	E. H. Agung, M. H. M. Hamdan, Januar Parlaungan Siregar, D. Bachtiar, C. Tezara, J. Jamiluddin	Fibras y papel	International Journal of Automotive and Mechanical Engineering	Malasia