



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Aprovechamiento de residuos orgánicos agroindustriales para la
elaboración de papel ecológico: Revisión Sistemática**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero ambiental

AUTORES

Huamán Bocanegra, Ginsing Giarli (ORCID: 0000-0002-3016-2268)

Tapia Paz, Yersi Fernando (ORCID: 0000-0002-5635-5826)

ASESOR:

Mag. Garzón Flores, Alcides (ORCID: 0000-0002-0218-8743)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

CHICLAYO – PERÚ

2020

Dedicatoria

A Dios por haberme dado la vida y las habilidades necesarias para alcanzar mis objetivos personales y profesionales. A mi madre y hermanos por haberme por acamparme en cada uno de los pasos importantes en mi vida.

Ginsing Giarli

A Dios por haberme dado la salud y las capacidades físicas para cumplir mis propósitos y a mis padres y hermanos por el amor, la motivación el apoyo y sacrificio que hacen para poder culminar con éxito mis estudios.

Yersi Fernando

Agradecimiento

Agradezco de manera especial a nuestro asesor Alcides Garzón Flores, por ser nuestro guía en el desarrollo de la presente investigación.

Ginsing Giarli

A mis asesores, maestros y compañeros consultados por compartirnos sus experiencias y despejar mis dudas para la elaboración de este trabajo

Yersi Fernando

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	15
3.1 Tipo y diseño de investigación	15
3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística.....	20
3.3 Escenario de estudio	21
3.4 Participantes	21
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	21
3.6 Procedimientos	22
3.7 Rigor científico	24
3.8 Método de análisis de información.....	25
3.9 Aspectos éticos.....	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
V. CONCLUSIONES.....	49
VI. RECOMENDACIONES.....	51
REFERENCIAS	52
ANEXOS.....	69

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Matriz de categorización apriorística</i>	20
Tabla 2. <i>Resumen de criterios de búsqueda</i>	24
Tabla 3. <i>Criterios de comparación en elaboración de papel ecológico a base de residuos orgánicos agroindustriales</i>	27
Tabla 4. <i>Resultados de revisión del aprovechamiento de residuos orgánicos agroindustriales en la elaboración de papel ecológico</i>	28
Tabla 5. <i>Comparación de los métodos de pulpeo</i>	43
Tabla 6. <i>Tipo de papel de acuerdo al gramaje</i>	45

Índice de figuras

<i>Figura 01.</i> Métodos de pulpeo.....	9
<i>Figura 02.</i> Pre digestión de pencas con generador bacteriano.....	10
<i>Figura 03.</i> Pulpa para elaboración de papel.....	12
<i>Figura 04.</i> Morfología del bagazo de caña de azúcar.....	13
<i>Figura 05.</i> Flujograma de procedimientos	23
<i>Figura 06.</i> Distribución geográfica de estudios revisados.....	32
<i>Figura 07.</i> Residuos orgánicos agroindustriales revisados.....	33
<i>Figura 08.</i> Contenido de celulosa de residuos revisados	38
<i>Figura 09.</i> Métodos de pulpeo empleado en los estudios revisados.....	39
<i>Figura 10.</i> Pulpeo químico empleado en los estudios revisados	40
<i>Figura 11.</i> Calidad de papel obtenido de residuos orgánicos agroindustriales estudiados	44
<i>Figura 12.</i> Papel para escritura obtenido de residuos orgánicos agroindustriales estudiados	46
<i>Figura 13.</i> Cartulina obtenida de residuos orgánicos agroindustriales estudiados	47
<i>Figura 14.</i> Cartón obtenido de residuos orgánicos agroindustriales estudiados ...	48

Resumen

El problema de la investigación fue la deforestación y la alta generación de residuos orgánicos agroindustriales. El objetivo fue determinar el residuo orgánico agroindustrial con mejores características para la industrialización de papel ecológico. Para ello se empleó la técnica de un análisis documental, recopilando 43 estudios relacionados al tema de investigación, mediante una ficha de recolección de datos, donde se registraron datos relevantes de los estudios relacionados a las categorías y subcategorías, lo cual permitió analizar y comparar los estudios. Los resultados muestran que el residuo más abundante es el de caña de azúcar, llegando a generarse hasta 234 millones de toneladas por año, con un contenido de celulosa que va desde un 39% hasta un 70%; los métodos de pulpeo aptos para la elaboración de papel ecológico son el mecánico y biológico, ya que no ocasionan contaminación ambiental; finalmente el residuo apto para la industrialización del papel ecológico es el residuo generado por la industria agroazucarera, ya que se genera en grandes cantidades y se encuentra disponible todo el año. Se recomienda realizar investigaciones relacionadas al método de pulpeo biológico y a la estandarización de las concentraciones, temperatura y tiempo de cocción para el pulpeo químico.

Palabras clave: papel ecológico, residuos orgánicos, agroindustria, celulosa

Abstract

The research problem was deforestation and the high generation of agro-industrial organic waste. The objective was to determine the agroindustrial organic waste with the best characteristics for the industrialization of ecological paper. For this, the technique of a documentary analysis was used, compiling 43 studies related to the research topic, through a data collection sheet, where relevant data of the studies related to the categories and subcategories were recorded, which allowed analyzing and comparing the studies. The results show that the most abundant waste is that of sugar cane, generating up to 234 million tons per year, with a cellulose content that ranges from 39% to 70%; pulping methods suitable for the production of ecological paper are mechanical and biological, since they do not cause environmental pollution; Finally, the waste suitable for the industrialization of ecological paper is the waste generated by the agro-sugar industry, since it is generated in large quantities and is available all year round. It is recommended to carry out research related to the biological pulping method and the standardization of concentrations, temperature and cooking time for chemical pulping.

Keywords: ecological paper, organic waste, agroindustry, cellulose

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación consistió en realizar una revisión sistemática sobre la elaboración de papel ecológico empleando residuos orgánicos agroindustriales como cáscaras y vástago de plátano, cogollo de piña, bagazo de caña, hojas de mazorca, entre otros, para cual se empleará material bibliográfico, en este caso artículos científicos relacionados a la investigación.

Desde tiempos muy remotos el uso de papel ha sido muy común en el hombre, para Moreno, Robles y Rojas (2019) el papel es usado principalmente para transmitir información escrita e impresa, pero también para la elaboración de otros materiales como papel higiénico, servilletas, pañuelos desechables, entre una variedad de usos que se le puede dar a este material (p.1).

A medida que han ido avanzando los años, la demanda de este material ha aumentado progresivamente, pues según Aguilar, Gonzales, Gonzales, Otero, Patiño, Pérez y Ramos (2015) en la actualidad existe una gran demanda de papel y los árboles siguen siendo los más usados como materia prima para la elaboración de éste (p.1).

El uso masivo de este material, en sus diferentes presentaciones ha traído consigo el problema de la deforestación que a su vez ocasiona otros problemas ambientales. Así FAO (2018) infiere que la deforestación ocasiona la degradación de suelos, alteraciones en el microclima, pérdida de biodiversidad, supone una amenaza para los pueblos indígenas, altera el funcionamiento de las cuencas hidrográficas, disminuyendo la cantidad de agua limpia, así mismo contribuye al cambio climático, a causa de la emisión de gases de efecto invernadero, principalmente carbono (p.12)

Por otro lado la alta generación de residuos orgánicos agroindustriales supone una problemática difícil de combatir a nivel mundial, Hanssen (como se citó en Cury, Aguas, Martínez y Olivero, 2017) señala que la agroindustria trae consigo ventajas como una mejor calidad de vida, pero convierte a la sociedad en consumista, donde la industria ofrece productos más complejos, que a su vez generan grandes

cantidades de residuos (p.1). Produce e ITP (2018) Perú en el 2015 generó 7, 558,646 toneladas de residuos sólidos, de las cuales 77, 681 toneladas de residuos fueron generadas por el sector agroindustria (p.16). Estas cantidades no son aprovechadas en su totalidad, lo cual quiere decir que estos residuos son dispuestos en un botadero o relleno sanitario, ocasionando un impacto negativo en el ambiente.

Debido a los problemas ambientales que derivan de la deforestación y la generación de residuos orgánicos agroindustriales, las investigaciones han apuntado a descubrir nuevas fuentes de materia prima para la elaboración de papel. Así Peña y González (2002) infieren que existe una variedad de fibras no maderables ideales para la elaboración de papel, siendo los arbustos la fuente principal. Las especies comúnmente usadas son el algodón, cáñamo, plátano; ya que generan un alto contenido de fibras (p.8).

La necesidad de nuevas fuentes de celulosa, ha llevado a encontrar una alternativa en los residuos orgánicos provenientes de la agroindustria. Según Gonzales, Daza, Caballero y Martínez (2015) se han ido experimentado con otras fuentes alternativas diferentes a la madera, como es la caña de azúcar, sin embargo, la celulosa también es componente de residuos orgánicos (p.3). Uno de las fuentes de celulosa son los restos de plátano. Para Turrado, Saucedo, Sanjuán y Sulbaran (2009) la actividad agrícola es una de las mayores fuentes de residuos agroindustriales, como ejemplo se tiene los restos del plátano, que pueden ser generados en la producción, selección o empaque del mismo (p.2).

En los últimos años, las investigaciones relacionadas a la elaboración de papel a base de residuos orgánicos agroindustriales han ido tomando gran envergadura. Debido a la gran cantidad de investigaciones correspondientes al papel ecológico, es necesario el análisis de éstas, para de esta manera determinar las mejores características y propiedades del papel obtenido de los diferentes residuos orgánicos para su industrialización y de esta manera obtener subproductos. Pues muchas de estas investigaciones han quedado simplemente en la obtención de papel, pero no ha sido evaluado a gran escala.

Esta investigación tiene una justificación teórica, según Jiménez, Prieto, Prieto, Acevedo y Rodríguez (2016) actualmente existe cierta inclinación a la búsqueda de nuevas fuentes de celulosa, para la fabricación de papel (p.2). Se han realizado numerosos estudios, generando una información dispersa; por lo que la presente investigación busca la recopilación de esta información, para su posterior análisis, lo que permitirá su aplicación en la industria papelera con la finalidad de contar con nuevas alternativas de fuentes de celulosa para la elaboración de papel a gran escala.

También presenta una justificación social, ya que permitirá resolver problemas que afectan a la sociedad de manera eficaz, como disminuir las cifras de deforestación y optimizar el aprovechamiento de residuos orgánicos que son generados a diario por las agroindustrias. Aguilar, Houbron, Rustrian y Reyes (2014) por lo cual es imprescindible cambiar a la industria papelera en una actividad sustentable, donde su materia prima provenga de fibras vegetales no madereras y material reciclado (p.3)

En lo económico, según Aguilar *et al* (2014) infiere que el papel artesanal tiene como principal fuente a fibras recicladas, debido a falta de fuentes madereras y un menor costo en su transformación, de esta manera se puede emplear para su elaboración subproductos agroindustriales, como bagazo, pajas, cascarillas otros (p.4). Al aplicar el proyecto de investigación, permitirá llevar el papel artesanal a un nivel industrial, de esta manera se disminuye el uso de la fuente principal que es la madera, mediante la reutilización de residuos orgánicos provenientes de la agroindustria con características especiales, disminuyendo grandes costos en la elaboración de papel.

En base a la realidad problemática expuesta anteriormente se planteó el problema general y los problemas específicos de la presente investigación. El problema general planteado fue ¿Cuál de los residuos orgánicos agroindustriales puede ser usado para la industrialización de papel ecológico?, este problema general tiene sus respectivos problemas específicos, los cuales son: ¿Cuál de los residuos orgánicos agroindustriales tiene mayor contenido de celulosa y es el más abundante?,

¿Cuáles son los métodos de obtención de celulosa recomendables a partir de residuos orgánicos agroindustriales? y ¿Cuál es el residuo orgánico agroindustrial apto para la industrialización de papel ecológico?

El objetivo general fue determinar el residuo orgánico agroindustrial con mejores características para la industrialización de papel ecológico, mediante una revisión sistemática. Los objetivos específicos fueron los siguientes: Reconocer el residuo orgánico agroindustrial de mayor abundancia y contenido de celulosa para la elaboración de papel ecológico, Identificar el método de obtención de celulosa recomendable para la elaboración de papel ecológico a base de residuos orgánicos agroindustriales y Establecer el residuo orgánico agroindustrial apto para la industrialización de papel ecológico.

II. MARCO TEÓRICO

La investigación presenta trabajos previos, pues varios autores han trabajado anteriormente el tema de la elaboración de papel ecológico reutilizando una gran variedad de residuos orgánicos provenientes de la agroindustria, los cuales han pasado por diferentes procesos para la obtención de la pulpa celulósica, para lo cual han usado diferentes métodos de pulpeo.

Aguilar (2016) evaluó el potencial de sacos de kraft, como refuerzo en la pulpa de bagazo, donde los sacos kraft fueron reciclados y mezclados con la pulpa de bagazo de caña de azúcar, se evaluaron las propiedades físicas de la pulpa de bagazo de caña y los sacos kraft, así mismo se observó la fracción de fibras largas, obteniendo óptimos resultados en las propiedades de drenado y resistencia mecánica de la pulpa, siendo mejores que la pulpa convencional de bagazo y aproximadamente el 55% de la pulpa de bagazo corresponde a fibras largas.

Turrado, Saucedo, Sanjuan y Sulbaran (2009) presentaron como alternativa el pinzote de musa balbisiana y musa acuminata para la producción de papel ya que el pinzote o tallo presenta características similares al bagazo de caña. Se realizó un proceso químico semejante al usado para conseguir fibras, evaluando el rendimiento de estas dos especies dando como resultado un 28.5% para la musa acuminata y 22.1% para la musa balbisiana, se recomendó utilizar las fibras de musa acuminata ya que después del proceso químico se obtiene una fibra larga, ancha y más resistente.

Jaramillo, Corral, Fois y Reyes (2017) elaboraron papel vegetal a partir de la fibra de la cáscara del plátano verde netamente artesanal implementando una nueva técnica menos costosa, se realizó tres experimentos variando tiempo cocción y las cantidades de sustancias utilizadas, estos tres experimentos se estudiaron para comprobar cuál presenta mejores cualidades, se obtuvo resultados positivos ya que gracias a las cualidades del plátano se puede producir papel poroso de buena calidad y resistente para su posterior uso en impresión láser, dibujo, papel periódico, etc.

Salgado, Córdova, Turrado, Saucedo, Fuentes, García, López y García (2017) realizaron papel artesanal de caña de azúcar, se utilizó la fibra de la caña de azúcar para obtener la materia prima (celulosa) para esto se extrajo la fibra por medio de sosa y de forma artesanal dando como resultado que de cada 1000 gramos de caña de azúcar obtuvieron 365 gramos de pulpa celulosa del cual se produjeron 70 a 73 hojas artesanales, con un peso de 9.5 gramos. El nuevo método fue eficaz ya que se vio reflejado en su rendimiento, peso y grosor.

Prado, Anzaldo, Becerrera, Palacios, Vargas y Rentería (2012) evaluaron la combinación de hojas de maíz y la caña de azúcar, se analizó química y morfológicamente las hojas de estas dos especies vegetales para crear una pulpa celulósica mixta para la elaboración de papel, ya que las hojas de mazorca y la caña de azúcar tienen un alto contenido de holocelulosa siendo materias primas adecuadas para la elaboración de diferentes tipos de papel. Gracias a este análisis se sabe que las hojas de mazorca tienen mejores fibras según la clasificación Runkel.

Jiménez *et al* (2016) estudiaron cuatro especies de agaves para determinar la eficacia de cada uno de ellos buscando la disminución de este desecho, se sometieron a diferentes pruebas morfológicas, físicas y químicas para observar sus diferentes características, obteniendo que dos de estas especies de agave presentaron un alto contenido de celulosa de 44.3% para *A. angustifolia* y 36.8% para *A. tequilana* evidenciándose que son aptas para la obtención de celulosa

Jiménez, Prieto, Prieto, Acevedo, y Rodríguez (2017) analizaron la pulpa de los residuos de *Agave salmiana*, para ello se realizaron diferentes métodos para la extracción de celulosa con un rendimiento de 39.69% con el método alcalino y un 71.57% con el método de pulpeo organosolv, además se muestran las condiciones y sustancias óptimas para la mejor obtención de pulpa generando un mayor rendimiento en cuanto al tiempo de cocción y mayor incidencia en el proceso y velocidad de producción. Se recomienda utilizar los dos métodos mencionados, ya que se obtiene fibras de mayor longitud y grosor.

Parra, Villar y Prieto (2010) aprovecharon las diferentes especies de Agave en la elaboración de papel, mediante tres métodos: inmersión en agua a cielo abierto, fermentación con y sin aguamiel y cocción de pencas, obteniendo mejores resultados con la cocción de pencas, sin embargo, este método no es el más económico ni ecológico, por otro lado, de las seis especies usadas, de *A. salmiana* y *A. mapisaga* se obtuvo papel de mejor calidad para escritura y dibujo.

Aguilar, González, González, Otero, Patiño, Pérez y Ramos (2015) evaluaron el uso del cogollo de la piña para la elaboración de papel ecológico, llevando a cabo dos fases: el procesamiento del cogollo de piña, donde se extrajo la lignina y se blanqueó, y el proceso de la pulpa celulósica, donde se realizó el moldeado; obteniendo buenos resultados en la elaboración de papel, sin embargo, determinaron que los tamaños de las fibras del cogollo de piña influyen considerablemente en la textura del papel. Así mismo se recomendó acudir a otras fuentes de materia prima para la producción de papel para de esta manera evitar la extinción de especies.

Rozo, Villamizar y González (2016) desarrollaron un nuevo modelo de papel ecológico, a partir de los cogollos de piña sin emplear insumos químicos, para lo cual separaron la lignina y la celulosa de los cogollos de la piña, usando una solución de caña de azúcar y agua, en lugar de la soda cáustica. Obtuvieron un papel de textura semejante a Kimberly, el cual puede sustituir al papel normal, ya que presenta buena adherencia a la tinta y maleabilidad en proceso de impresión.

Paula, Ceballos y Miliani (2019) compararon las propiedades físicas y mecánicas del papel obtenido de la celulosa extraída de la caña de azúcar, eucalipto y pino por el método Kraft, usaron cuatro muestras con diferentes porcentajes de celulosa. Obtuvieron que las características del papel producido con caña de azúcar son similares al papel tradicional obtenido de eucalipto, presenta buena resistencia al desgarro, por lo cual el bagazo de caña de azúcar puede ser considerado una alternativa sustentable comparado con el eucalipto y pino para la producción de papel de alta calidad, dándole un valor agregado a los residuos agrícolas.

Benitez, Popo, Vallejos y Area (2019) realizaron la investigación de cinco especies convencionales con el objetivo de evaluar la potencialidad de diferentes residuos orgánicos como el limoncillo, canelo, bambú, papayo y fique para la elaboración de papel artesanal, para esto se evaluó las características microscópicas de las fibras y las propiedades fisico-mecánicas, se obtuvo que las fibras de fique y canelo son las mejores para la elaboración de papel por sus fibras largas de 0.8 mm hasta 2.5mm y que las propiedades papeleras de estas especies resultaron muy bajas para su industrialización, pero con la posibilidad de mejorar ajustando las metodologías utilizadas para la obtención de refinado o fibras.

Aguilar, Houbron, Rustrian y Reyes (2014) analizaron y compararon las características químicas de la pulpa de café, a través de análisis fisicoquímicos, observación y medición de las características morfológicas de las fibras, concluyendo que las características químicas y morfológicas de la pulpa de café, son óptimas para la elaboración de papel, pues presenta propiedades extra como la adhesión y aglutinación. Así mismo se recomendó que se necesita el estudio de nuevos subproductos agroindustriales para la obtención de celulosa.

La investigación está relacionada a teorías que han sido descritas en diferentes investigaciones sobre la elaboración de papel, como las tecnologías y métodos empleados. Así mismo también existen teorías planteadas en estudios comparativos sobre la factibilidad de elaboración de papel a base de diferentes residuos orgánicos agroindustriales.

Según Jiménez *et al* (2017) en la actualidad se conocen diferentes métodos en la elaboración de papel, los cuales pueden ser mecánicos, químicos, químico-mecánicos, biológico, o también conocidos como biopulpeo. Estos métodos son utilizados en la industria con materia prima convencional (madera), sin embargo, para los desechos agroindustriales, los métodos son muy limitados (p.3).

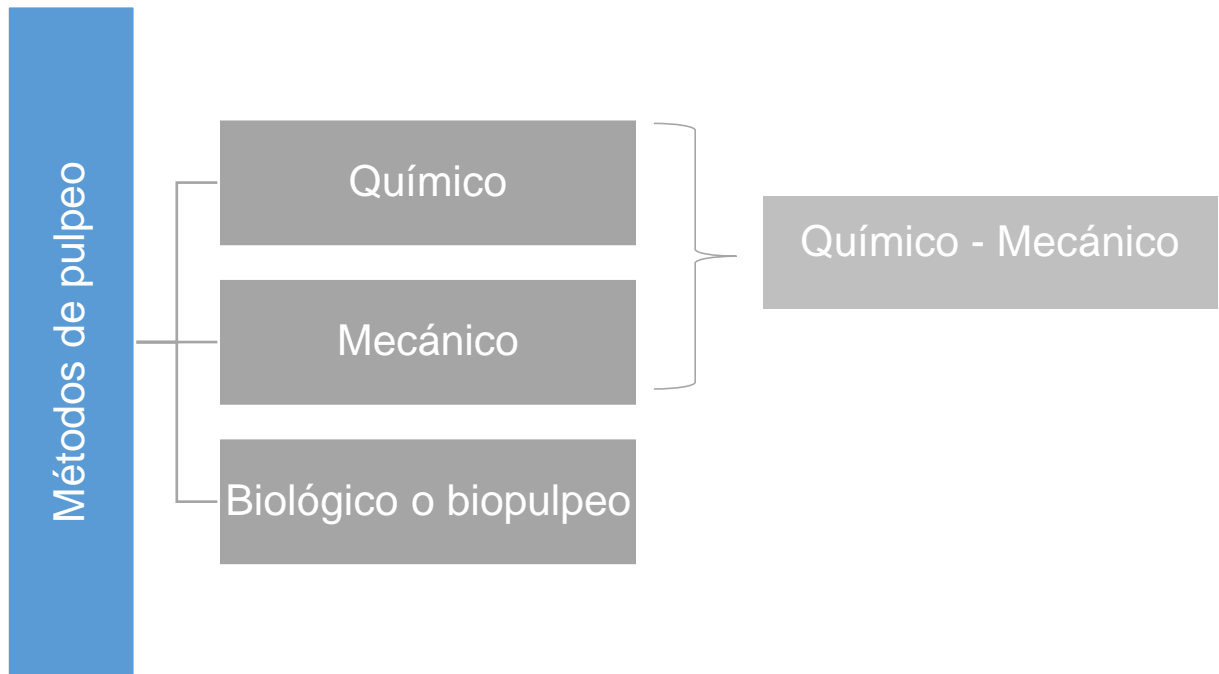


Figura 01. Métodos de pulpeo

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, Parra *et al* (2010) indica tres métodos para la extracción de pulpa celulosa, los cuales son: el humedecimiento de las pencas por sumergimiento en agua a cielo abierto, pre-digestión de las mismas en bolsas negras con y sin generador bacteriano y cocción de pencas. El primer método consiste en colocar el material en una tina con agua durante dos semanas; el segundo consiste en fermentar el material de manera anaerobia en plástico negro, usando el aguamiel como promotor de proliferación de microorganismos; y el tercer método consiste en remojar en agua el material durante un día, para luego ser hervido en agua y aplicar sosa cáustica diluida (p.4).



Figura 02. Pre digestión de pencas con generador bacteriano

Fuente: Parra et al (2010)

Entre las nuevas tecnologías utilizada para la producción de papel dentro del blanqueamiento para Area (2005) se utiliza el proceso Kraft y su nuevo sustituto el proceso BCTMP, este presente tres ventajas: Tiene el doble de rendimiento, genera menos emisiones al agua y aire y los costos de capital son más bajos, pero esta nueva alternativa de blanqueamiento tiene una desventaja, consume más energía produciendo óxidos de nitrógeno (p.9).

Sin embargo, Area (2005) nos presenta otra tecnología utilizada para el blanqueamiento de la pulpa el proceso APMP la que utiliza chips, una tolva y un tornillo para desarrollar el efecto esponja, ya que así se logra una buena impregnación de color para la hoja de papel, cabe resaltar que este proceso utiliza algunas sustancias químicas como el silicato de sodio y el sulfato de magnesio, todo el proceso se realiza a 70° centígrados (p.10).

Así mismo la presente investigación se enmarca en enfoques conceptuales, los cuales fueron definidos para su mejor comprensión.

Según Aguilar et al (2014) el papel es una capa de fibra unidas entre sí que contiene celulosa extraída de las plantas y de algunos materiales fibrosos que pasan por diferentes procesos hasta llegar a convertirse en una superficie lisa y blanca (p.3). El cual ha ocasionado la deforestación, que según FAO (2016) es la pérdida permanente de la cubierta de bosque, lo cual implica el cambio de uso de suelo para agricultura, pastizales, área urbana u otros fines, no permitiendo de esta manera su regeneración (p.10). Según la FAO (2018) entre los años 1990 y 2015 un 31,6% de la superficie forestal fue talada, siendo los países más desarrollados los principales responsables, pero desde el 2015 se vienen implementando leyes que amparan esta actividad para su conservación consiguiendo disminuir la tala indiscriminada en 1% a nivel mundial (p.85).

Otras cifras, según la FAO (2016) la agricultura comercial es la principal responsable de la deforestación en América Latina, la cual genera el 70% de la deforestación seguido por el 10% de la expansión urbana, el 10% de la industria, el 7% de la minería y el 3% de otras actividades humanas (p.11). Debido a este problema en los últimos años se ha buscado elaborar un papel ecológico, el cual según Roza, Villamizar y González (2016) es aquel que sus procesos no emplean ningún insumo químico, que pueda ocasionar daños significativos al ambiente (p.2).

Como alternativa para la elaboración de papel ecológico, se tienen los residuos orgánicos, que para González et al (2016) son los que provienen de materiales de origen orgánicos, los cuales pueden descomponerse de manera rápida en el ambiente, estos pueden ser los restos de frutas, verduras, entre otros (p.6). Esto permitirá un adecuado manejo de residuos sólidos, que según OEFA (2020), es un proceso sustentable ya que combina diferentes alternativas y métodos para un adecuado recojo y disposición final de los residuos para su aprovechamiento, separación y valorización con fines ambientales y beneficios económicos (p.26)

La celulosa es tomada en cuenta en la elaboración de papel. Según Suárez (2016) la celulosa es el componente esencial de la membrana celular de la mayoría de especies vegetales, llegando a ocupar como mínimo la tercera parte del vegetal y es el más abundante de todos los compuestos orgánicos (p.7), la cual debe ser

separada de la lignina, que según Aguilar *et al* (2015) la lignina es un compuesto aromático natural vegetal que tiene como finalidad dar dureza y resistencia a las paredes de las células vegetales, esta sustancia es extraída para obtener celulosa de algunas plantas (p.2)

La separación de la lignina de la celulosa, permitirá obtener una buena pulpa, para RAE (2019) pulpa es la médula o parte blanda de plantas leñosas, rico en células que no presentan hebras o filamentos (párr.3), mientras que para Puma (2015) la pulpa es la parte blanda de un vegetal, que necesita un procedimiento técnico para su separación. (p.110). La pulpa se obtiene mediante un proceso, llamado pulpeo, que para Jiménez *et al* (2017) es un proceso mediante el cual se obtiene pulpa, este puede ser mecánico, químico o biológico (p.3).



Figura 03. Pulpa para elaboración de papel

Fuente: Aguilar *et al.* (2015)

El género de plantas agave es uno de los residuos orgánicos de origen agro industrial estudiados para la elaboración de papel. Para Jiménez *et al* (2016) es una especie no maderable, con buenas características para la extracción de celulosa (p.2), así mismo también se emplea el cogollo de piña, que según Rozo, González

y Villamizar (2016) el cogollo de piña es considerado un residuo agroindustrial, principalmente generado por empresas que tienen como insumo a la piña (p.3)

Otro de los residuos empleados en la elaboración de papel son los de caña de azúcar, que para Reyna (2016) es un residuo generado en grandes cantidades, principalmente en la industria agro azucarera, dicho residuo puede ser empleado como recurso energético y también para otros fines de carácter socioeconómico (p.24). Según Boarini (2006) el bagazo de caña está compuesto por un 46% a 52 % de humedad, un 43% a 52% de fibra celulosa y un 2% a 6% de sólidos solubles (p.28).

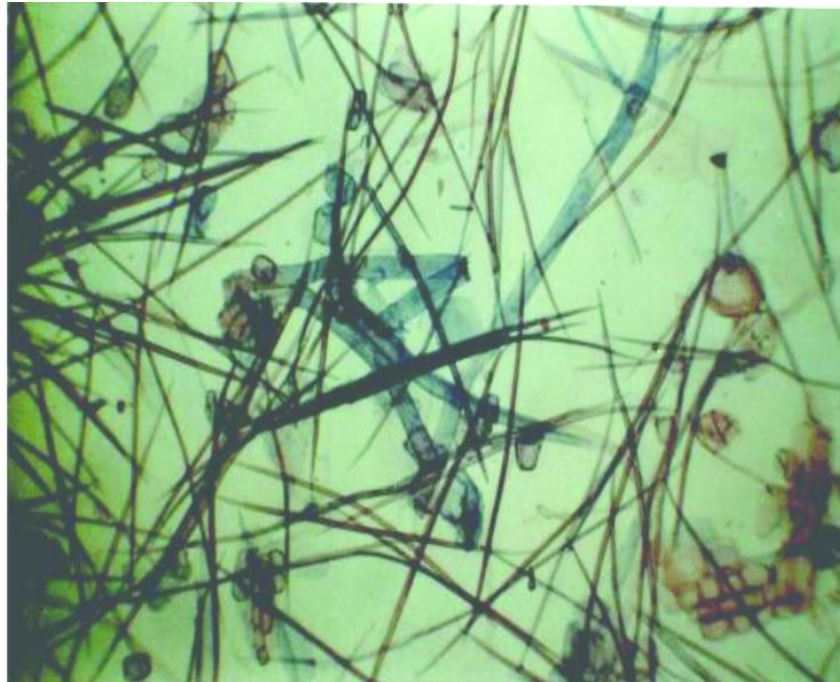


Figura 04. Morfología del bagazo de caña de azúcar

Fuente: Prado et al. (2012)

Las cáscaras de los diferentes residuos orgánicos también son fuente de celulosa. Para Valdés, Valdés y Valdés (2007) la cáscara conforma la parte protectora de muchos frutos, defendiendo los cambios externos y son intermediarios para realizar intercambios líquidos con el ambiente que los rodea (p.8)

Así como estos residuos, existen muchos otros que nos proporcionan fibra para la elaboración de papel. Según Maciá (2006) la fibra se encuentra en algunas partes de la planta como en el tallo, corteza. Se componen de células largas y delgadas que forman paredes de gran grosor para proteger a las células (p.372). De acuerdo al tamaño de la fibra, depende la textura del papel, para Varas (2014) textura es la superficie de cualquier cosa u objeto que podamos sentir, también se le conoce como la piel de los objetos que puede ser percibida por el tacto o por la vista (p.1)

Al obtener papel de los residuos orgánicos, estamos dando paso al aprovechamiento, que según Marmolejo *et al* (2009) es una estrategia básica para un adecuado manejo de los residuos (p.3) y para Saval (2012) es la transformación de los residuos para obtener un subproducto con un valor económico, comercial y social (p.4)

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

La investigación fue de tipo aplicada, según Pérez (2001) es aplicada porque el conocimiento generado sirve para algo, para ser aplicado, dado que los conocimientos pueden servir para resolver diferentes problemas (p.2). Así mismo, para Vargas (2009) la investigación aplicada es densa y compleja, pero permite enlazar a la ciencia con la sociedad, para de esta manera los conocimientos generados, mejoren o transformen las diferentes situaciones de problema (p.10).

Además, Lozada (2014) indica que la investigación aplicada es un método que permite procesar los conocimientos, prototipos, patentes que proviene de investigaciones anteriores para tener conceptos más amplios sobre temas en específico obligando a contar con la ayuda de los usuarios finales y diferentes industrias para que dé respuesta a las necesidades existentes en la sociedad (p.5). La investigación fue de tipo aplicada, puesto que cumple con sintetizar la información acerca de la elaboración de papel a base de residuos orgánicos agroindustriales, lo que permitirá generar nuevos conocimientos que pueden ser aplicados en la industria papelera, disminuyendo así el problema de la deforestación y sus derivados.

El diseño de la investigación fue narrativo de tópicos. Creswell (como se citó en Salgado, 2007) señala que el diseño narrativo es un esquema de investigación, que también permite intervenir, pues al procesar la información se pueden aclarar dudas relacionadas a dicho tema (p.3). Mertens (como se citó en Salgado, 2007) indicó que el diseño narrativo de tópicos se encuentra enfocado en una sola temática o fenómeno (p.3). La investigación realizada cumple con el diseño narrativo de tópicos porque se enfoca en recolectar información de una sola temática, en este caso la elaboración de papel ecológico a base de residuos orgánicos agroindustriales.

3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística

Tabla 1. Matriz de categorización apriorística

Objetivos específicos	Problemas específicos	Categoría	Subcategoría	Aspectos	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión	Unidad de análisis
Reconocer el residuo orgánico agroindustrial de mayor abundancia y contenido de celulosa para la elaboración de papel ecológico.	¿Cuál de los residuos orgánicos agroindustriales es el más abundante y tiene mayor contenido de celulosa?	Residuos orgánicos más abundantes con buen contenido de celulosa	Abundancia	Tipo de documento	Artículos científicos, tesis	Libros	Prado et al. (2016) Martínez et al. (2017) Aguilar (2016) Salgado et al. (2017) García et al. (2017)
			% de Celulosa				
Identificar el método de obtención de celulosa recomendable para la elaboración de papel ecológico a base de residuos orgánicos agroindustriales	¿Cuáles son los métodos de obtención de celulosa recomendables a partir de residuos orgánicos agroindustriales?	Métodos de obtención de celulosa	Pulpeo mecánico	Correlación geográfica	Después del 2010	Antes del 2010	Jiménez et al. (2017) Antonio et al. (2011) Presenda et al (2020) Moreno et al. (2017) Herrera (2019) Roza et al. (2016)
			Pulpeo químico				
Establecer el residuo orgánico agroindustrial apto para la industrialización de papel ecológico.	¿Cuál es el residuo orgánico agroindustrial óptimo para la industrialización de papel ecológico?	Residuo orgánico con potencial industrialización	Características	Disponibilidad	Documento completo	Resumen, documentos con costo	Paula et al. (2019) Agnihotri, Dutt y Tyagi (2010) Andy (2020) Dominguez (2019)
			Disponibilidad				
			Calidad de papel				

Fuente: Elaboración propia

3.3 Escenario de estudio

López (como se citó en Valerdi, 2005), indicó que un escenario de estudio es el lugar donde se llevará a cabo dicho estudio, el cual incluye las características de los participantes y los recursos con los que se cuenta (p. 121).

La investigación es una RS, por lo cual no tiene escenario, los artículos revisados fueron tomados de diferentes bases de datos.

3.4 Participantes

Los participantes fueron las fuentes de información empleadas para el desarrollo de la investigación, que según Urrútia y Bonfill (2010) las fuentes de información para una RS pueden ser bases de datos y periódicos de búsqueda, o el mismo contacto con los autores, lo cual permite identificar estudios adicionales (p.3).

La presente RS se realizó con información de relevancia obtenida de revistas científicas e investigaciones de instituciones, ya sean públicas o privadas, éstas investigaciones se encontraron indexadas en bases de datos científicas. Estos estudios fueron identificados mediante la búsqueda de información en las siguientes bases de datos: Scopus, ProQuest, Scielo, Dialnet, EBSCOhost y Redalyc.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Munarriz (1992) existen diversas técnicas para la recolección de datos entre ellas tenemos a la observación, la entrevista, la interacción de los participantes, pero para la investigación cualitativa cualquier técnica puede ser válida si el estudio lo requiere (p.10).

La técnica empleada para la recolección de información fue el análisis documental, que para Clauso (1993) es una mezcla de operaciones que representan la forma del documento y el contenido que tiene para facilitar una consulta o para generar un beneficio como base de otros estudios, a esto se le suma que utiliza la tendencia de la descripción bibliografías de los temas estudiados (p.1)

Un instrumento de recolección de datos, según Arias (2006) es un conglomerado de métodos que se utilizan durante la investigación científica con el objetivo de recolectar información adecuada para la construcción de los objetivos y la ejecución de la investigación (p.376). Para la presente investigación se empleó una ficha de recolección de datos (**Ver Anexo 1**), la cual contribuyó a un mejor y fácil análisis de las categorías y subcategorías asignadas para la presente investigación. Esta ficha contiene la información necesaria para facilitar el análisis de cada literatura seleccionada y para la referencia ubicar fácilmente la investigación consultada. Para la búsqueda y recolección de datos, se tomaron en cuenta las palabras clave relacionadas al título artículo, al tipo de documento y al tipo de técnicas estadística aplicada (**Ver Anexo 4**)

3.6 Procedimientos

Según Asanza, Miranda, Ortiz y Espín (2016) un procedimiento es una técnica para llevar a cabo la ejecución de una actividad, ésta técnica o método indica cuáles son los pasos a seguir de forma ordenada y sistemática para alcanzar un fin u objetivo (p.3).

El procedimiento se desarrolló en tres etapas (**Ver figura 05**):

1. **Búsqueda:** En la primera etapa se tomó en cuenta las palabras clave y las bases de datos, donde se realizó la búsqueda información, así mismo se evaluó la duplicidad de información.
2. **Selección:** En la segunda etapa se eligieron los artículos científicos, mediante la revisión del título y resumen de estos, luego se pasó a una segunda selección donde se dio lectura rápida a los estudios, aplicando criterios de inclusión y exclusión, así mismo pasaron por el filtro de tiempo, de esta manera finalmente se obtuvieron 43 estudios seleccionados para su posterior análisis.
3. **Análisis:** En la tercera y última etapa se llevó a cabo el análisis crítico de acuerdo a las categorías y subcategorías de los artículos científicos seleccionados en la anterior etapa.

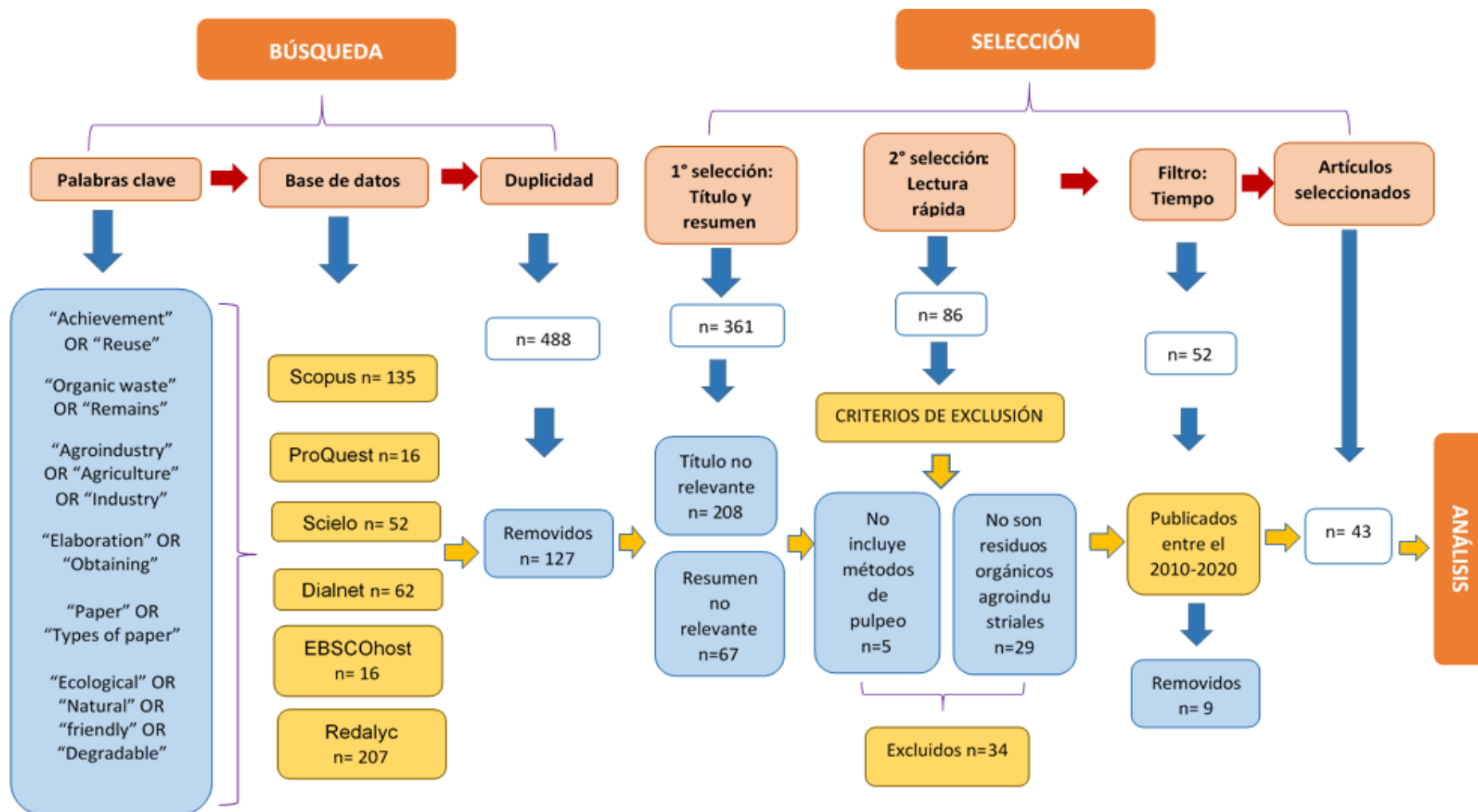


Figura 05. Flujo de procedimientos

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, para realizar la búsqueda de los artículos se consideraron criterios de inclusión y exclusión, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Resumen de criterios de búsqueda

Tipo de documento	Documentos referidos a	Cantidad	Palabras clave de búsqueda	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Artículo científico	Papel, residuos orgánicos, % de celulosa, métodos de pulpeo, calidad de papel	37	Paper making, organic waste, Agroindustry, reuse, ecological paper	Revistas indexadas Información menor a 10 años de antigüedad	Artículos de bases de datos no confiables. Mayor a 10 años de antigüedad
Tesis	Calidad de papel de residuos orgánicos, abundancia de residuos, % celulosa.	6	Organic waste paper, cellulose	Universidades internacionales. Menor a 10 años de antigüedad	Universidades no licenciadas. Mayor a 10 años de antigüedad

Fuente: Elaboración propia

Nota: 5 de las 43 investigaciones tiene una antigüedad mayor a 10 años, las cuales han sido consideradas por la relevancia de la información.

3.7 Rigor científico

Para garantizar el rigor científico de la presente investigación se aplicó dos criterios en específico, los cuales se describen a continuación:

La dependencia o consistencia lógica que para Guba (1989) dependencia abarca los elementos de estabilidad de los datos y la rastreabilidad de éstos generando la complementación de las fuentes y la verificación (p.7). Este criterio se aplica con la consulta de artículos científicos indexados en bases de datos confiables, con la finalidad de hacer la búsqueda más confiable y poder rastrear las fuentes consultadas por los autores.

La credibilidad, según Jiménez y Soledad (2011) está presente en todos los artículos analizados ya que presentan normas científicas en las que los hallazgos

tengan que ser creíbles, ya que es el punto principal de una investigación cuantitativa (p.19). Este criterio se aplica con la búsqueda de investigaciones científicas, las cuales se encuentren indexadas en bases de datos con prestigio, los cuales exigen el cumplimiento de las normas científicas.

La confirmación, confirmabilidad o neutralidad, la cual para Castillo y Vásquez (2003) hace referencia a la imparcialidad de los autores para la interpretación o separación de la información que se realiza cuando los investigadores le pueden seguir la pista al investigador principal para llegar a obtener resultados similares. (p.2). Este criterio se aplica en el análisis de los artículos científicos seleccionados, los cual se llevó a cabo de manera imparcial, buscando obtener resultados propios, no similares a las investigaciones científicas analizadas.

3.8 Método de análisis de información

El método empleado para el análisis de información de acuerdo al proceso de investigación cualitativa consistió en la búsqueda y selección de artículos científicos y de otras bibliografías de manera sistemática, para su posterior análisis crítico, que según Garcés y Duque (2007) son estrategias para evaluar diferentes puntos o partes de un texto, discurso o artículo, esta se centra en las ideas, propuestas o recomendaciones que dan los autores y en la forma que es interpretada por las personas, ya que se puede tener discrepancias con el autor a partir de las ideas que este formuló (p.1) y un análisis descriptivo, que según Sánchez, Blas y Tujague (2010) es una herramienta metodológica aplicable a diferentes campos del estudio centrándose en hacer más precisa y sencilla la información para aclarar y ordenar los datos con diferentes fines de estudio (p.2)

Este análisis crítico y descriptivo se realizó teniendo en cuenta las categorías, subcategorías y criterios definidos para la presente investigación (**ver tabla 1**). Así mismo se describieron las subcategorías definidas, resaltando sus diferencias y similitudes.

3.9 Aspectos éticos

Según González (2002) Los aspectos éticos dentro de una investigación científica comparte importante relación con el estudio de la moral y el accionar humano, ya que existen aspectos éticos aplicables para un estudio cualitativo, dentro de esto se toma el valor de la verdad, la justicia y las prácticas científicas como prácticas de libertad sin alterar o apoderarse de anteriores estudios. (p.12)

Los aspectos éticos tomados en cuenta para el desarrollo de la investigación son: el respeto a la autoría de las diferentes fuentes de información, lo cual se garantiza mediante el correcto citado de los autores según el estilo ISO 690 vigente, evitando la apropiación de investigaciones.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para llevar a cabo la revisión sistemática, se tomó en cuenta las categorías y subcategorías establecidas en la matriz de categorización apriorística. Una vez recolectada y seleccionada la información de los artículos, se realizó un estudio comparativo cualitativo, el cual permitió establecer las diferencias, similitudes y la relación entre las categorías y subcategorías de la investigación.

Tabla 3. *Criterios de comparación en elaboración de papel ecológico a base de residuos orgánicos agroindustriales*

Criterio de comparación	Residuos orgánicos	Métodos de obtención de celulosa	Residuo con potencial de industrialización
A	Abundancia de residuos	Pulpeo mecánico	Características
B	Contenido de celulosa	Pulpeo químico	Disponibilidad
C	Tamaño de fibra	Pulpeo biológico	Calidad de papel

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Resultados de revisión del aprovechamiento de residuos orgánicos agroindustriales en la elaboración de papel ecológico

Autor	País	Residuo	Volumen	% Celulosa	M. Pulpeo			Calidad de Papel		
					Q	M	B	CTO	CTU	ESC
Aguilar et al. (2015)	Panamá	Piña			✓					
Jiménez et al. (2017)	México	Agave		44.3% y 36.8%	✓					
Gonzales et al. (2016)	Colombia	Plátano, maíz, piña, yuca	6000 y 10000 t/ día	Mayor 40 %	✓	✓				
Turrado et al. (2009)	México	Agave	Mundo: 32.8 millones de t/año	44.21 % y 38.13 %	✓					
Prado et al. (2012)	México	Maíz y bagazo de caña	Por cada t, 30-50 kg	43.14 % y 41.61 %	✓					
Jiménez et al. (2016)	Colombia	Agave	Cáscara (41 %) y Corona (20 %); Pulpa (33 %), Corazón (6 %)	39.69 % - 71.57 %	✓					
Rozo et al. (2016)	Colombia	Piña			✓		✓			✓
Alfonso et al. (2016)	Colombia	Plátano y flores	70.5 t/día		✓				✓	
Jaramillo et al. (2017)	Ecuador	Plátano	14, 020,740 t/año		✓				✓	
Aguilar et al. (2014)	México	Café		43.28%	✓				✓	
Salgado et al. (2017)	México	Caña de azúcar	14, 020,740 t/año de paja	39.50%	✓				✓	
Moreno et al. (2019)	México	Naranja	4.2 millones t/año			✓			✓	
Parra et al. (2010)	México	Agave	64,000 t/año de pulpa		✓		✓			✓

Aguilar R. (2016)	México	Caña de azúcar	674,000 t/año de pulpa (2-5% mundo)	47%	✓	
Paula et al. (2019)	Brasil	Caña de azúcar	Disponibilidad todo el año		✓	✓
Benítez et al. (2019)	Colombia	Limoncillo y Fique	Por planta: 3 a 6 kg/año	68.36%	✓	✓
Pacheco et al. (2018)	Chile	Poda de arándano	3000 y 7500 kg/ha	51%		
García et al. (2013)	Cuba	Caña de azúcar		47 % - 52%	✓	
García et al. (1999)	Colombia	Café	22.000 t/año	38.83%	✓	
Martínez et al. (2014)	México	Caña de azúcar	234 millones t/año	48%	✓	
Acosta et al. (2017)	Colombia	Cacao	10 T cáscaras / t pasta de cacao		✓	✓
Rodríguez et al. (2018)	Costa Rica	Palma aceitera y caña de azúcar		73 % y 62 %	✓	
Mazzeo et al. (2010)	Colombia	Plátano	Solo se usa 20 al 30% de su biomasa	61.10%	✓	
García et al. (2017)	México	Caña de azúcar	14, 020,740 t/año de paja	39.5%.	✓	
Canché et al. (2005)	México	Plátano		22-27%	✓	
Presenda et al(2020)	México	Coronas de piña	47,210 t , 20 % son coronas de piña	93%	✓	

Ross et al. (2017)	México	Paja de caña	9 T de paja + 29.25 t de bagazo = 38.25 t	34%	✓		
Aguilar et al. (2007)	México	Cabuya y plátano	5.274.232 t/año		✓		
Area et al. (2006)	Colombia	Bagazo de caña			✓		
Ramírez et al. (2016)	México	Fique	600 t / año residuo	61.8-73.1%.		✓	
Antonio et al. (2011)	México	Piña	12,900 t/año residuo	57%	✓		
Gonzales et al. (2015)	Argentina	Plátano, pétalos de flores y piña		55 %, 40-50 % y 11-45 %	✓		✓
Agnihotri et al. (2010)	India	Caña de azúcar	50 millones t/año de bagazo	42.34%	✓		✓
Moreno et al. (2017)	Perú	Plátano	95 % de residuos no aprovechados	31.90%	✓		✓
Bolio et al. (2011)	México	Plátano	2 millones t/año	66%	✓		
Ponce et al. (2014)	México	Agave	40-60 % no llega al mercado	40-80%	✓		
Salcedo et al. (2011)	Colombia	Caña de azúcar	7 millones t/año de residuos (50 %)	36.57% - 77.53%	✓		
Andy (2020)	Ecuador	Maíz y plátano	20 -30 t/ha sembrada de tallos de maíz y 6,505.635 t/año de plátano	57.33 y 63.66 %	✓		✓
Jiménez (2017)	México	Agave	70 t/ha produciendo 1.7 millones t/año	50-70 %	✓		✓

Ordoñez et al. (2019)	Colombia	Café y plátano	2-2.5 millones t/año pulpa de café	65.77 % y 74.75 %	✓		✓
Herrera (2019)	Ecuador	Plátano	1000-1500 de pseudotallo por acre sembrado	50%		✓	✓
Domínguez (2019)	Ecuador	Piña	2 millones t/año de residuos	60%	✓		✓
Hernández (2008)	México	Piña	678,602 t/año	52-56 %	✓		✓

Q: Químico
M: Mecánico
B: Biológico
CTO: Cartón
CTU: Cartulina
ESC: Papel para escritura

Fuente: Elaboración propia

Los resultados han sido obtenidos de un total de 43 estudios relacionados al aprovechamiento de los residuos orgánicos agroindustriales para la elaboración de papel, de los cuales el 53.5 % pertenecen a Norte América, el 44.2 % a Sudamérica y el 2.3 % a Asia (**Ver Figura 06**)

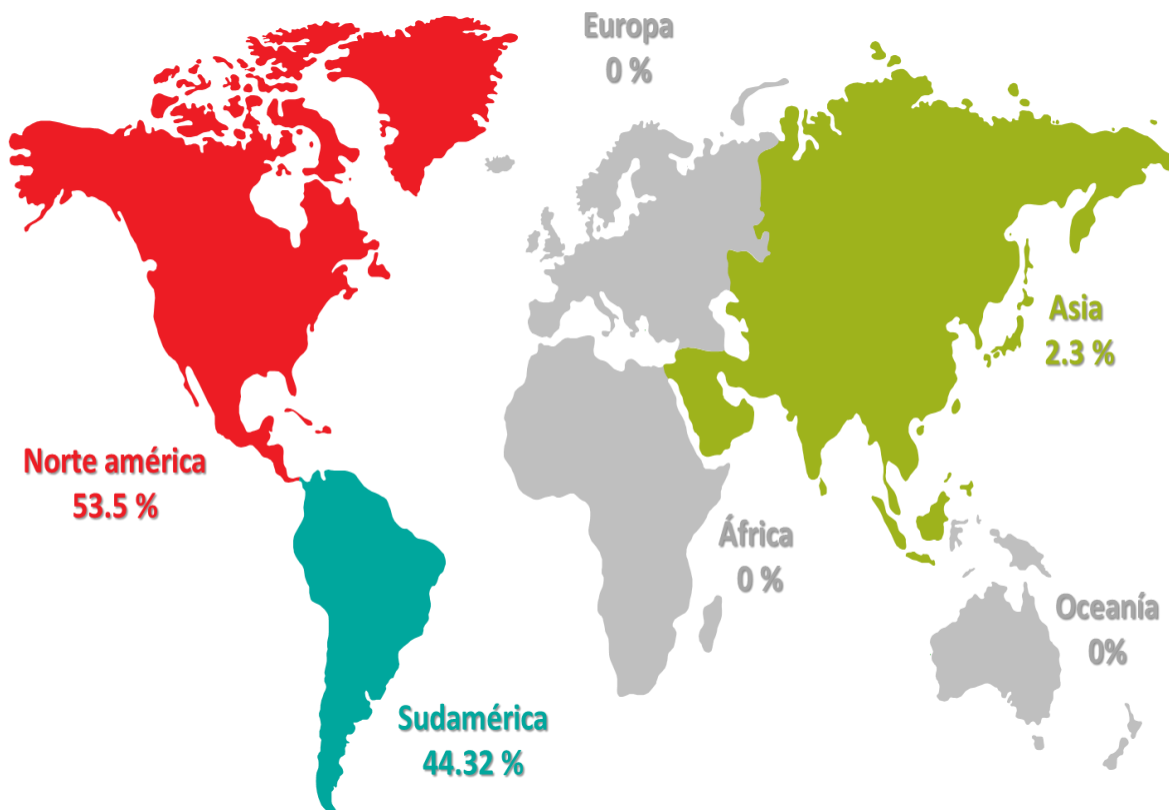


Figura 06. Distribución geográfica de estudios revisados

Fuente: Elaboración propia

De los 43 estudios revisados, el mayor porcentaje 28 % (12 estudios) corresponden a los residuos de caña de azúcar, un 21 % (9 estudios) para el caso de los residuos de agave o fique y plátano, un 18 % (8 estudios) de los residuos de piña y un 12 % (5 estudios), pertenecen a otro tipo de residuos entre los cuales se encuentra los de café, cacao, maíz y arándanos.

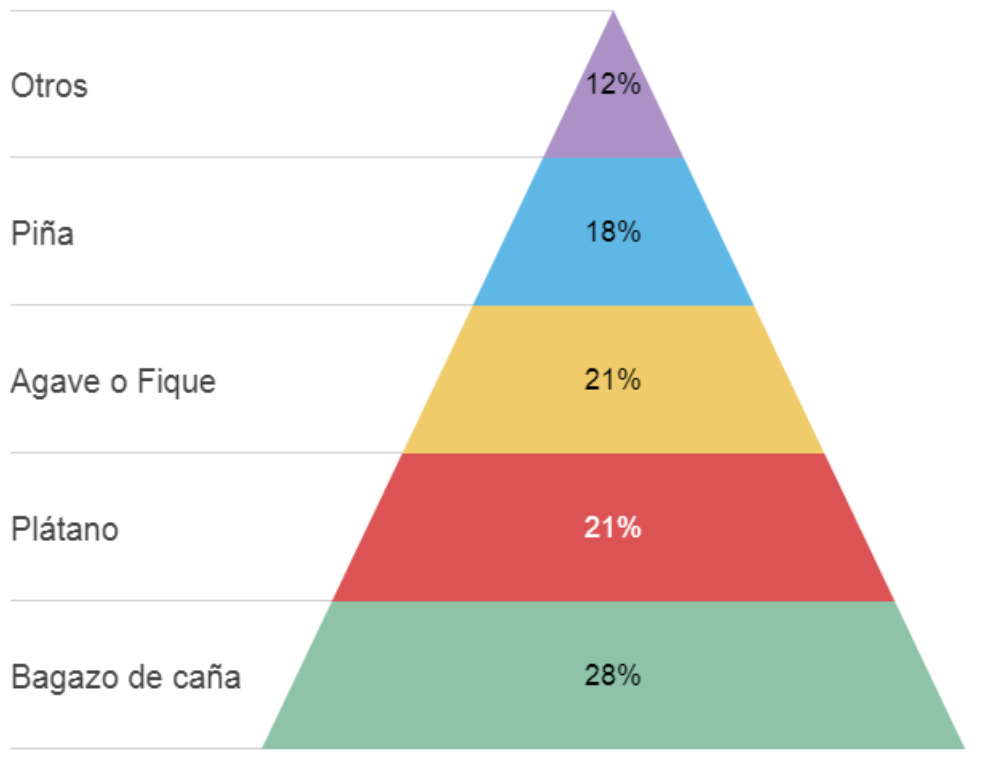


Figura 07. Residuos orgánicos agroindustriales revisados

Fuente: Elaboración propia

La revisión sistemática realizada tuvo como resultados cuatro temas principales, los cuales son: volumen de generación de residuos orgánicos agroindustriales, contenido de celulosa de los residuos orgánicos agroindustriales, métodos de pulpeo y calidad de papel de residuos orgánicos agroindustriales

4.1. Reconocer el residuo orgánico agroindustrial de mayor abundancia y contenido de celulosa para la elaboración de papel ecológico.

La abundancia de los residuos orgánicos agroindustriales varía según la cantidad cultivada en una zona determinada y el volumen generado de residuos después del proceso productivo, Prado et al. (2016) indicó que por cada tonelada de caña de azúcar procesada se obtiene entre 30 a 50 kg de residuos, adicional a ello, Martínez et al. (2017) señaló que la producción mundial de este residuo es de 234 millones de toneladas por año, de los cuales el 50 % es usado como combustible en las calderas. Los residuos de caña de azúcar generados representan una oportunidad

para la producción de papel, Aguilar (2016) estimó que México produce 674, 000 toneladas de pulpa por año, lo que representa un 2 al 5 % de pulpa de bagazo de caña de azúcar producida a nivel mundial.

Los residuos de caña de azúcar están conformados por bagazo, paja y cogollo. Salgado et al. (2017) y García et al. (2017) determinaron que México produce 14, 020, 740 toneladas de paja de caña de azúcar por año, de las cuales el 50 % podría ser utilizado para la elaboración de papel. Así mismo Ross et al. (2017) determinaron que, por hectárea de caña de azúcar, se producen 75 toneladas de este producto, lo cual genera 9 toneladas de paja y 29,25 toneladas de bagazo, entre ambos un promedio de 38,25 toneladas de residuos orgánicos agroindustriales.

La India, Agnihotri, Dutt y Tyagi (2010) produce 50 millones de toneladas de bagazo de caña por año, de los cuales solo 10 millones son aprovechados para la obtención de pulpa, la cual es materia prima para la elaboración de papel. Lo cual quiere decir que solo el 20 % de los residuos de caña de azúcar son aprovechados para la elaboración de papel. En el Valle del Cauca se cultivan 200 mil 210 hectáreas de caña de azúcar, de los cuales se cosechan 14 millones de toneladas por año, generando 7 millones de toneladas de este residuo (Salcedo, López y Florez, 2011). Así mismo Paula et al. (2019) señaló que el bagazo de caña es un subproducto de la industria azucarera de bajo costo, que se encuentra disponible durante la mayor parte del año.

Teniendo en cuenta los datos indicados, se puede inferir que los residuos de caña de azúcar se encuentra en grandes cantidades, y la mayor parte del año, lo cual lo hace apto para ser empleado como materia prima en la obtención de celulosa para la elaboración de papel ecológico.

Otros de los residuos en volúmenes considerables son los de plátano. Turrado et al. (2009) indicó que la producción mundial es de 32.8 millones de toneladas. Así, Aguilar, Ramirez y Malagón. (2005) y Andy (2020) determinaron que Ecuador tiene una producción de 5, 274,232 a 6, 505, 635 toneladas de este producto por año.

Esta cantidad de producción de plátano es mucho mayor comparada con la de Colombia, Ordoñez y Sepulveda (2019) indicó se producen 3, 684, 344 toneladas de este producto, es decir tiene una producción de 43.4% menor a la de Ecuador.

Teniendo como referencia las cantidades producidas de plátano, también es importante saber cuánto es el porcentaje de aprovechamiento de los residuos generados. En la cosecha de plátano solo se aprovecha entre un 12 a 30 %, pertenecientes al fruto, de esta manera un 70 a 95 % no son aprovechados (Mazzeo et al., 2010; Moreno y García, 2017; Bolio et al., 2016)

De las especies agave, Jiménez (2017) señaló se obtienen 70 toneladas de este producto por cada hectárea, produciendo 1.7 millones de toneladas por año, así mismo Benítez et al. (2019) indicó que por cada planta se produce entre 1 a 6 kg por año y en Antioquía, México Ramírez y Muñoz (2016) indicaron se cultivan 1, 495 hectáreas de esta especie, del cual se obtienen 2,356 toneladas de fibras de cabuya por año, generando 600 toneladas por año de residuos. Además, Ponce et al. (2014) señaló que el 62% de la producción agave es usada en la industria del tequila y mezcal, del cual solo el 40 % de agave llega al mercado, el otro 60 % puede ser aprovechado en la elaboración de papel. Finalmente, Parra, Villar y Prieto (2010) registraron 64, 000 toneladas de pulpa blanqueada de alta calidad en el año 2000, proveniente de los residuos de las especies agave.

En cuanto a los residuos de piña, Domínguez (2019) señaló que en Ecuador se generan 2 millones de toneladas de este residuo por año, mientras que Antonio et al. (2011) señaló que, en México de un total de 12.900 toneladas de bagazo de piña por año, el 30 % es utilizado como fuente de alimentación para el ganado y el otro 70% es desechado. Comparando este dato con los datos actualizados de Presendia et al. (2020) determinaron que en México se producen 47, 210 toneladas por año, de las cuales el 20 % son coronas de piña. El mayor porcentaje (70%) de los residuos de piña no son aprovechados, a pesar de tener un buen potencial para la elaboración de papel.

Los residuos de caña de azúcar son los más abundantes, ya que la industria azucarera opera todo el año y en mayor parte del mundo, es por ello que necesita grandes cantidades de caña de azúcar para satisfacer las necesidades a nivel mundial, lo que genera a su vez grandes cantidades de residuos, presentando un gran potencial como fuente de celulosa para la elaboración de papel. Según Minagri (2019) Perú tuvo una producción de 10, 343, 238 toneladas en el año 2018, de las cuales destacan las regiones de Lambayeque con un 25,6 % y La Libertad con un 46.4% (p. 8). Lo cual representa una oportunidad para el aprovechamiento de los residuos agroindustriales generados en el Perú.

El porcentaje de celulosa obtenido de los residuos agroindustriales muestra una variación, ya sea por el método empleado o por el contenido natural de cada residuo. Jiménez et al. (2017) obtuvieron 44.3% y 36.8% de celulosa de las especies de *A. angustifolia* y *A. Tequilana*, respectivamente, al contrario, Jiménez (2016) obtuvo 50 a 70%, de las especies agave (lechuguilla, *angustifolia*, tequilana, americana, salmiana, mapisagal), mientras que Ramírez y Muñoz (2016) y Benítez (2019) obtuvieron 61,8% a 73,1% de celulosa de los residuos de agave o fique. Los porcentajes de celulosa de los residuos de las especies agave se encuentran entre el rango de 36% a 73% de celulosa, lo cual los hace aptos para la elaboración de papel.

En Colombia se utilizó una mezcla de diferentes residuos para obtener una celulosa mixta, en la cual Gonzales et al. (2016) utilizaron vástago de plátano, pellejo de yuca, los tallos de rosa, clavel, girasol, de maíz, la cáscara de mango y tomate, obteniendo un total de 40% de celulosa. En Argentina, Gonzáles y Valencia, (2015) utilizaron el vástago de plátano, tallos y pétalos de flores, cogollo de piña y pasto obteniendo de 11% a 55% de celulosa mixta. Estos estudios se relacionan por combinar residuos, pero refutan con el contenido total de celulosa, cuando los residuos por sí solo no alcanzan el contenido ideal de celulosa, pueden ser combinados con otros, para obtener un mayor porcentaje y calidad.

De los residuos de caña de azúcar, Prado et al. (2012) obtuvieron 41.67% de celulosa, Aguilar (2016) un 47%, Martínez (2014) un 48% Agnihotri, Dutt y Tyagi

(2010) un 42,34%, datos muy similares, mientras que Salgado et al. (2017) y García et al. (2017) obtuvieron 39.5 %, García y Luna (1999) un 38, 83 %, Ross et al. (2017) un 34 %, Salcedo, López y Florez (2011) un 36.57 %, quienes obtuvieron datos menores un 40 % de celulosa. Así mismo Rodríguez et al. (2018) obtuvieron un valor alto de 73 %, el cual se encuentra fuera del rango determinado por los otros autores que va de un 34 a 48 % de contenido de celulosa, lo cual hace poco creíble el valor obtenido.

El factor que determina la variación del contenido de celulosa puede estar relacionado al estado en el que se encuentra el residuo agroindustrial utilizado, las concentraciones empleadas en el pulpeo y el tipo de especie de los residuos, ya que al alterar alguno de estos factores, puede no generar el mismo contenido de celulosa.

En el caso de los residuos de plátano, Canché et al. (2005) obtuvieron un 22% a 27%, mientras que, Turrado et al. (2009) un 38,13% y 40.21% de *M. balbisiana* y *M. acuminata*, respectivamente, Herrera (2019) obtuvo un 50%, Valendia y Valencia (2015) un 55%, Mazzeo et al (2010) un 61,1% y Bolio et al. (2011) un 66%. Los porcentajes de celulosa de este residuo son variables, los cuales dependen de la especie de plátano, así como el método de pulpeo.

Entre los residuos poco estudiados, Pacheco et al. (2018) obtuvieron 51% de celulosa de los residuos de la poda del arándano (ramas, tallos, hojas secas), por otro lado, Aguilar et al (2014) obtuvieron un 43.28% de celulosa de los residuos de la industria del café, mientras que Ordoñez y Sepúlveda (2019) obtuvieron 65,77% de celulosa del mismo residuo, obteniendo una variación considerable en estos estudios, no pudiendo corroborar los datos acertados, debido a la falta de estudios relacionados a estos residuos.

En el proceso de obtención de celulosa es importante el contenido natural de cada residuo, sin embargo el método de pulpeo también es un factor importante a tomar en cuenta. Se observó que los residuos de caña de azúcar, plátano y agave son óptimos para la elaboración de variedades de papel.

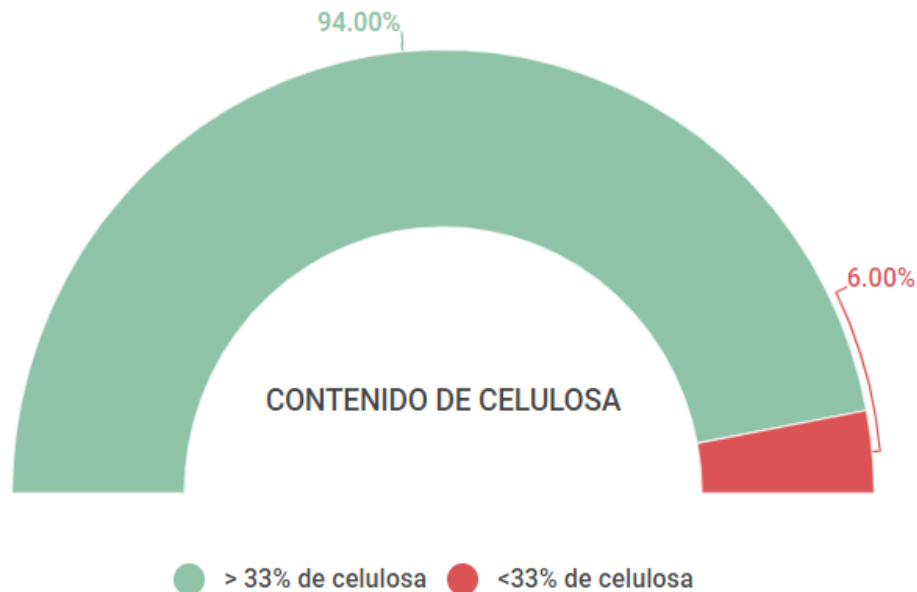


Figura 08. Contenido de celulosa de residuos revisados

Fuente: Elaboración propia

Según Casey (como se citó en Chambi y Cancapa, 2012) para lograr obtener papel, el residuo orgánico debe tener como mínimo un 33% de celulosa (p.12). De 33 residuos estudiados, el 94 % (31 estudios) presentan un contenido de celulosa mayor al 33% y solo 6% (2 estudios) presentan un contenido menor a 33% de celulosa. Entonces el 94 % de los residuos estudiados presentan la característica principal para la elaboración de papel, en este caso el contenido de celulosa.

4.2. Identificar el método de obtención de celulosa recomendable para la elaboración de papel ecológico a base de residuos orgánicos agroindustriales

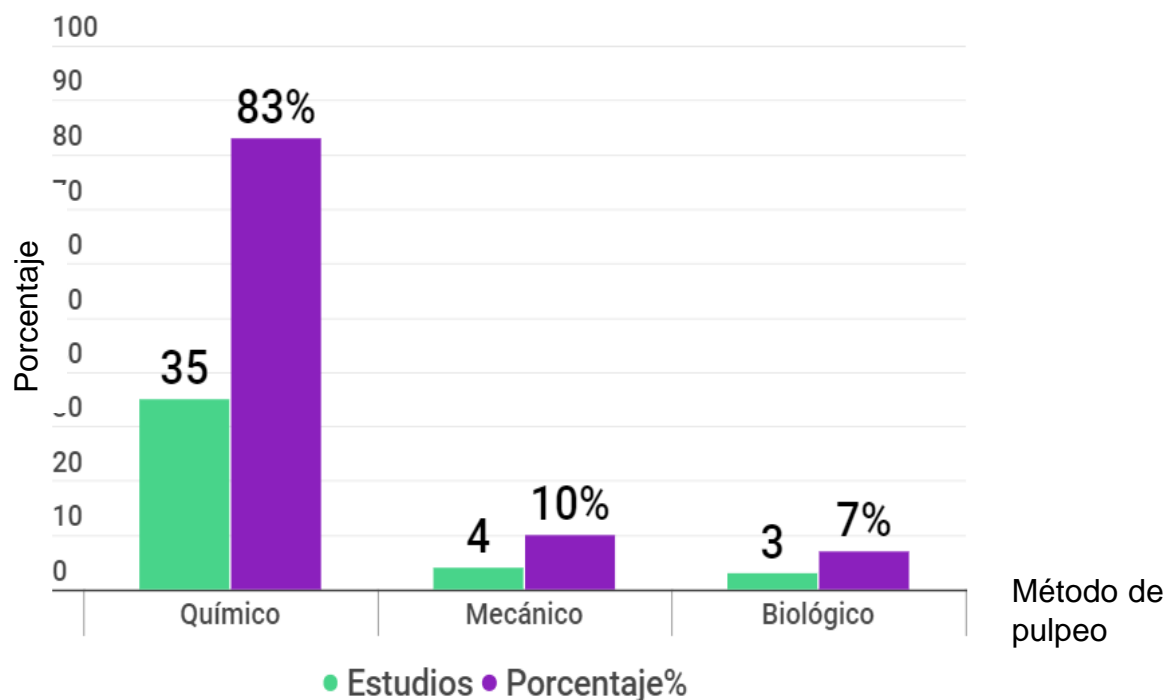


Figura 09. Métodos de pulpeo empleado en los estudios revisados

Fuente: Elaboración propia

Se revisaron 42 artículos con relación al método de pulpeo, de los cuales el 83% (35 estudios) pertenecen al método de pulpeo químico, el 10% (4 estudios) pertenecen al método de pulpeo mecánico y el 7% (3 estudios) pertenecen al método de pulpeo biológico.

Según Jiménez et al (2017) en la actualidad se conocen diferentes métodos de pulpeo en la elaboración de papel, los cuales pueden ser mecánicos, químicos, químico-mecánicos, biológico o también conocido como biopulpeo. En la revisión realizada se evidenció que la mayoría de estudios emplearon el pulpeo químico (86%), dentro de los cuales se encuentran el pulpeo alcalino, hidrólisis ácida, kraft y el hidroalcohólico, y en menor porcentaje se han empleado los métodos mecánicos (10 %) y biológico (7%).

El pulpeo químico busca separar la lignina de la celulosa, acelerando dicho proceso mediante el uso de insumos químicos, el mayor número de estudios realizaron método químico alcalino (27 estudios), seguido por el método químico de hidrólisis (6 estudios), método químico kraft (1 estudio) y químico hidroalcohólico (1 estudio). (Ver Figura 10.)

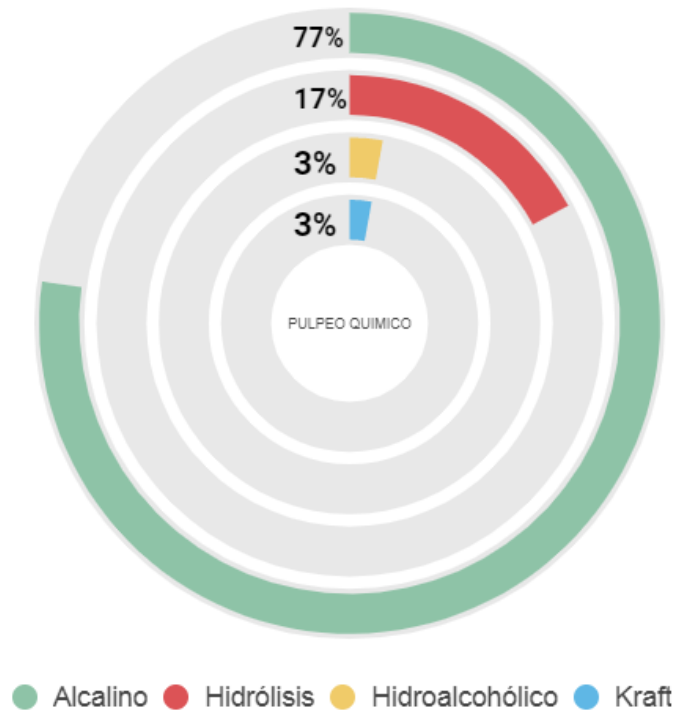


Figura 10. Pulpeo químico empleado en los estudios revisados

Fuente: Elaboración propia

Las concentraciones de los químicos utilizados, la temperatura y el tiempo de cocción varían de acuerdo al criterio usado, Aguilar et al. (2015) aplicó el pulpeo químico alcalino, usando NaOH al 25%, de 70 - 80 °C, por un tiempo de cocción de 30 minutos, muy similar al tiempo y temperatura aplicada por Jiménez et al. (2016), pero en estos estudios emplearon una concentración de 1% de NaOH. Así como también existen autores que han empleado concentraciones más altas de NaOH, como es el caso de Antonio et al. (2011) quienes usaron este insumo químico a un 40%, a una temperatura de 160 °C con un tiempo de cocción de una hora. En algunos casos se puede evidenciar que en cuanto más alta es la concentración del

químico, el tiempo de cocción es mucho menor, como es el caso de Gonzales et al. (2016) que emplearon una concentración de 17.5 % a un tiempo de 2 minutos, quienes coinciden con la concentración y tiempo empleados por Prado et al (2012).

Entre las concentraciones más bajas se encuentra las empleadas por Acosta et al (2017) y Presenda et al (2020), quienes usaron NaOH al 0.5 %, ambos con tiempo de cocción de 60 minutos, pero con una variación de temperatura, 120 °C y 130° respectivamente. Las concentraciones, temperatura y tiempo varía de acuerdo a la los objetivos de la investigación de los autores.

La concentración de la sustancia química, la temperatura y el tiempo de cocción es variante en las investigaciones, por lo cual se puede inferir que no existen datos estandarizados que indiquen cuáles son las concentraciones, temperatura y tiempo adecuados para la obtención de una pulpa óptima. Es necesario que el residuo llegue al punto de ebullición para ablandar las fibras y favorecer la separación de la lignina de la celulosa, llegar al punto de ebullición dependerá de la concentración del insumo químico empleado, ya que este permitirá acelerar este proceso, mientras menor es la concentración, mayor deberá ser el tiempo de cocción.

Los métodos químicos empleados lograron extraer celulosa de calidad apta para la elaboración de papel. Los que usaron NaOH (alcalino) lograron extraer entre un 40% a 70% de celulosa, datos cercanos a los obtenidos con NaOH y H₂SO₄ (hidrólisis ácida) de 30% a 90 % de celulosa, con NaOH y C₂H₅OH (hidroalcohólico) obtuvieron un rendimiento de 80%, este proceso tiene un menor impacto ambiental comparado con los otros métodos químicos y finalmente con Al₂(SO₄)₃ (Kraft) se obtuvo una celulosa apta para producir papel muy similar al obtenido del eucalipto.

En el caso del pulpeo mecánico existen pocos estudios que han hecho uso de este método para la obtención de pulpa, entre ellos tenemos a Gonzales et al (2016), Moreno et al. (2017), Gonzales y Valencia (2015) y Herrera (2019), en este tipo de método no se usan insumos químicos, solo se trituran los residuos orgánicos agroindustriales y en algunos casos se lleva al proceso de cocción, como es en el caso de Herrera (2019), quién empleó diferentes tiempos de cocción: 120, 150 y

180 minutos. El proceso de cocción es recomendable para los residuos de plátano, ya que presenta una estructura más rígida, de esta manera ayudará a ablandar sus fibras antes de ser trituradas.

El pulpeo biológico ha sido el menos empleado en los estudios, Rozo et al. (2016) emplearon un extracto de caña de azúcar, en el cual se sumergieron los residuos durante 25 horas, por otro lado Ramirez y Muñoz (2016) usaron una solución de 100 ml de Hongos *Pleurotus* sp., durante 12 a 72 horas a una temperatura de 50 °C con la finalidad de acelerar la degradación de lignina y finalmente Parra, Villar y Prieto (2010) usaron un aguamiel como fuente de azúcares, lo cual facilita la proliferación de microorganismo, el cuál fue depositado junto a los residuos en bolsas negras, sin especificar el tiempo.

Según Pandey (como se citó en Jiménez, 2017) la celulosa obtenida mediante pulpeo mecánico, tiene un rendimiento de 85 a 95 %, pero la lignina tiende a oxidarse, lo cual genera un color amarillo, que identifica a los papeles viejos. Siendo sus principales usos en periódicos. Esta celulosa es menos resistente que la química, porque sus fibras han sido cortadas en el proceso de fabricación (p.10). Esto permite corroborar por qué los autores optan por emplear el método de pulpeo químico, dejando de lado el mecánico. Por otro lado, el método de pulpeo biológico es el menos usado, debido a que su proceso toma mucho más tiempo. Sin embargo, este método es el que menor impacto ambiental genera.

Tabla 5. Comparación de los métodos de pulpeo

	Ventajas	Desventajas
Pulpeo químico	Rápido Resistente	Bajo rendimiento Genera contaminación Insumos costosos
Pulpeo mecánico	Alto rendimiento Económico No genera contaminación	Gasta energía eléctrica y humana Papel amarillento Menos resistente
Pulpeo biológico	No genera contaminación Económico Emplea microorganismos No necesita energía eléctrica	Proceso medianamente lento

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de los tres métodos de pulpeo empleados, el método mecánico y biológico son los más recomendables para la elaboración de papel ecológico.

4.3. Establecer el residuo orgánico agroindustrial apto para la industrialización de papel ecológico.

Existen diferentes clases de papel los cuales se rigen a normas que regulan la calidad, el color, el gramaje, la resistencia al doblado entre otros, es por eso que hemos clasificado a los artículos revisados en tres grupos: papel para escritura e impresión, papel cartulina y papel cartón.

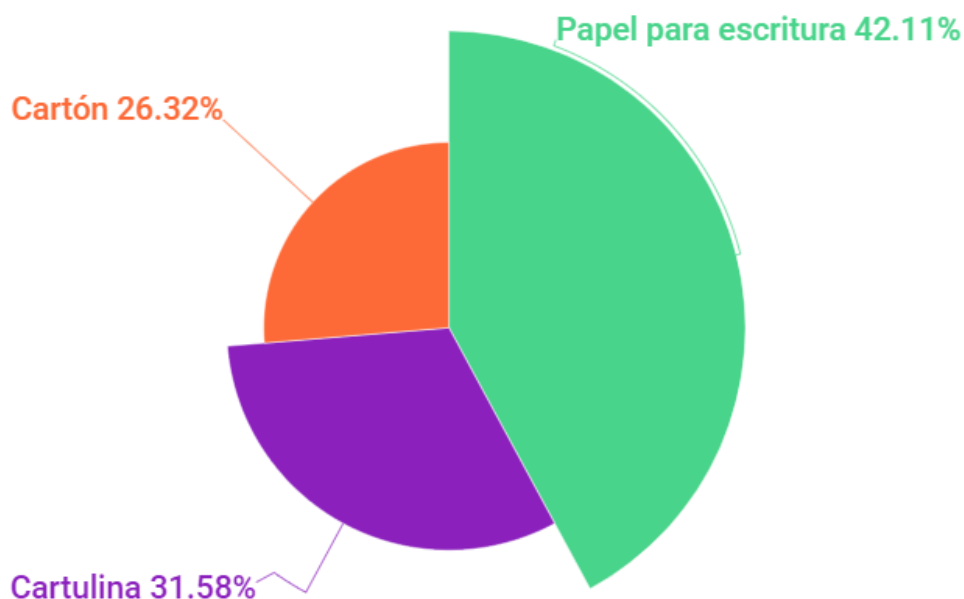


Figura 11. Calidad de papel obtenido de residuos orgánicos agroindustriales estudiados

Fuente: Elaboración propia

Los 19 estudios revisados, han logrado obtener tres tipos de papel, los cuales han sido clasificado en papel apto para la escritura 42.11 % (8 estudios), cartulina 31.52% (6 estudios) y cartón 26.32% (5 estudios). Lo cual indica que en su mayoría han logrado obtener papel apto para la escritura, siendo un buen indicador de que los residuos orgánicos agroindustriales pueden ser empleados para la elaboración de papel.

La clasificación de los tipos de papel se ha realizado de acuerdo al gramaje, teniendo en cuenta la clasificación establecida según autores:

Tabla 6. Tipo de papel de acuerdo al gramaje

Tipo de papel	Gramaje (g/m²)
Papel	9-150
Papel grueso (cartulina)	150-250
Cartón delgado (cartoncillo)	250-450
Cartón	> 450

Fuente: Navarro y Sagrista (como se citó en Antonio et al., 2011)

Los estudios demuestran que el tipo de papel obtenido se ubica dentro de la clasificación de papel (para escritura), papel grueso o cartulina y cartón, de acuerdo al gramaje. Las calificaciones de rugosidad y resistencia se realizaron tomando en cuenta en una escala del 1 a 5 (**Ver Anexo 7**)

En el primer grupo clasificado como papel para escritura e impresión, Rozo, Gonzales y Villamizar (2016) y Hernández (2008) obtuvieron este tipo de papel de residuos de piña, Parra, Villar y Prieto (2010) y Jiménez (2017) de los residuos de especies agave, Paula et al. (2019) y Agnihotri, Dutt y Tyagi (2010) de bagazo de caña, Moreno y García (2017) de raquis de plátano y Andy (2020) de maíz y cáscara de plátano. Las características que presentan este tipo de papel es una rugosidad de 1 a 2 (muy poca), resistencia de 4 a 5 (excesiva), gramaje de 9 a 150 gr/m², espesor de 0.065-0.15 mm y un color opaco o blanco crema. Para obtener este tipo de papel se utilizaron métodos más eficaces, permitiendo obtener un papel resistente al doblado. El color obtenido no es completamente blanco, debido a que no utilizan sustancias químicas para el blanqueamiento, manteniendo su color original.

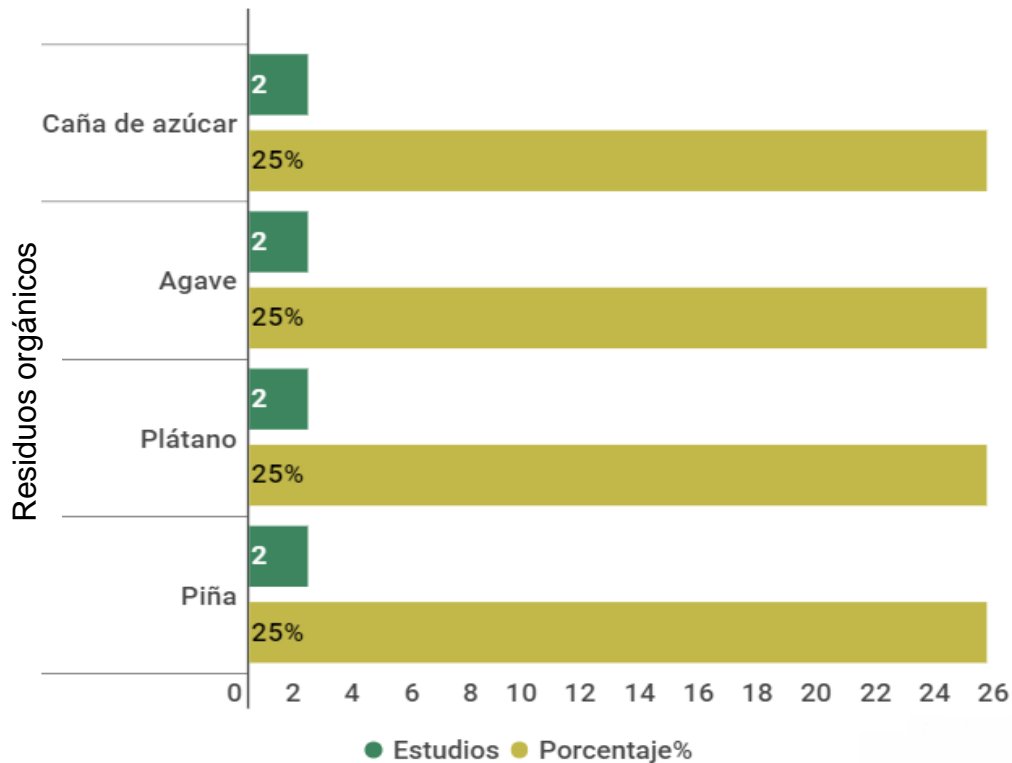


Figura 12. Papel para escritura obtenido de residuos orgánicos agroindustriales estudiados

Fuente: Elaboración propia

En el grupo de papel cartulina se obtiene de diferentes residuos, como Alfonso et al. (2016) y Gonzáles y Valencia (2015) de residuos de flores y vástago de plátano, Jaramillo et al. (2017) de cáscaras de plátano, Acosta, Pacheco y García (2017) del endocarpio de cacao, Ordoñez y Sepúlveda (2019) de residuos de café y plátano y Domínguez (2019) de residuos de piña. Las características de este tipo de papel son una rugosidad de 3 a 4 (regular), resistencia de 3 a 5 (regular a excesiva), gramaje de 150 – 450 gr/m², espesor de 0.23-0.800 mm y un color variable que va desde amarillo a un café intenso. Este papel puede servir para tarjetas de invitaciones, cartón para diferentes fines y bolsas de mercado.

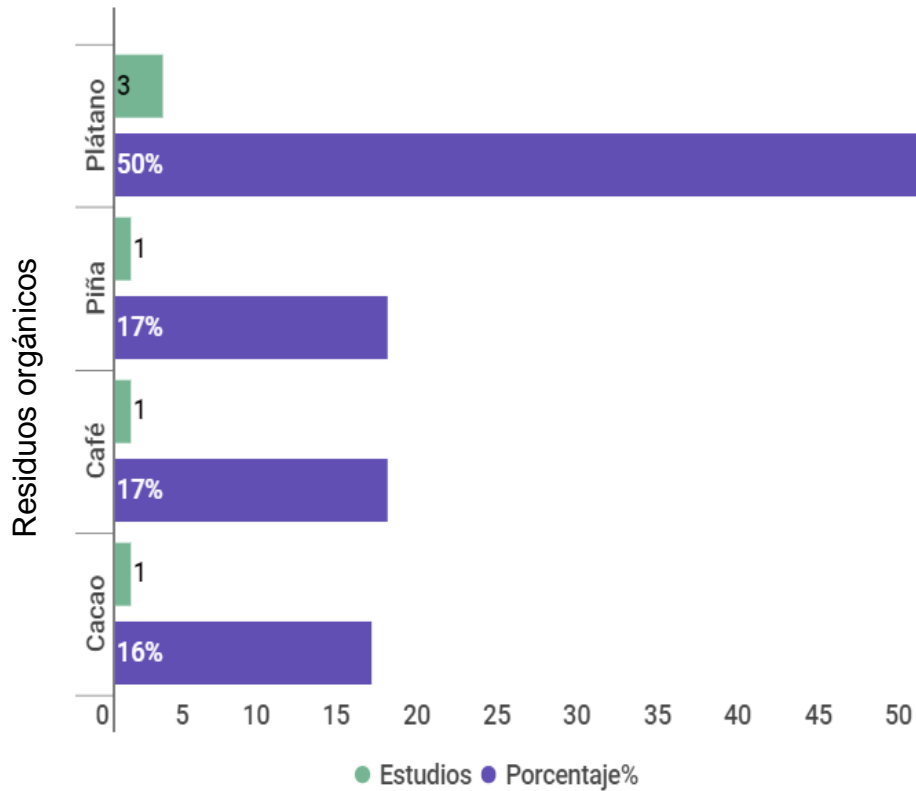


Figura 13. Cartulina obtenida de residuos orgánicos agroindustriales estudiados

Fuente: Elaboración propia

El papel cartón obtenido por Aguilar et al. (2014) de residuos de café, Salgado et al. (2017) de paja de caña, Moreno, Robles y Rojas (2019) de cáscaras de naranja, Benítez et al. (2019) tallos y hojas de limoncillo y fibras de fique y Herrera (2019) residuos de pseudotallos de plátano, presentan las características de rugosidad de 4 a 5 (excesivo), resistencia de 3 a 5 (regular a excesiva), gramaje mayor a 450 gr/m², espesor mayor 0.800 mm y un color variable que va de beige, amarillo rojizo a café. Este tipo de papel sirve para demostrar que, sí se puede obtener papel a base de ciertos residuos orgánicos agroindustriales, pero sin llegar a ser muy útil, más que para artesanía.

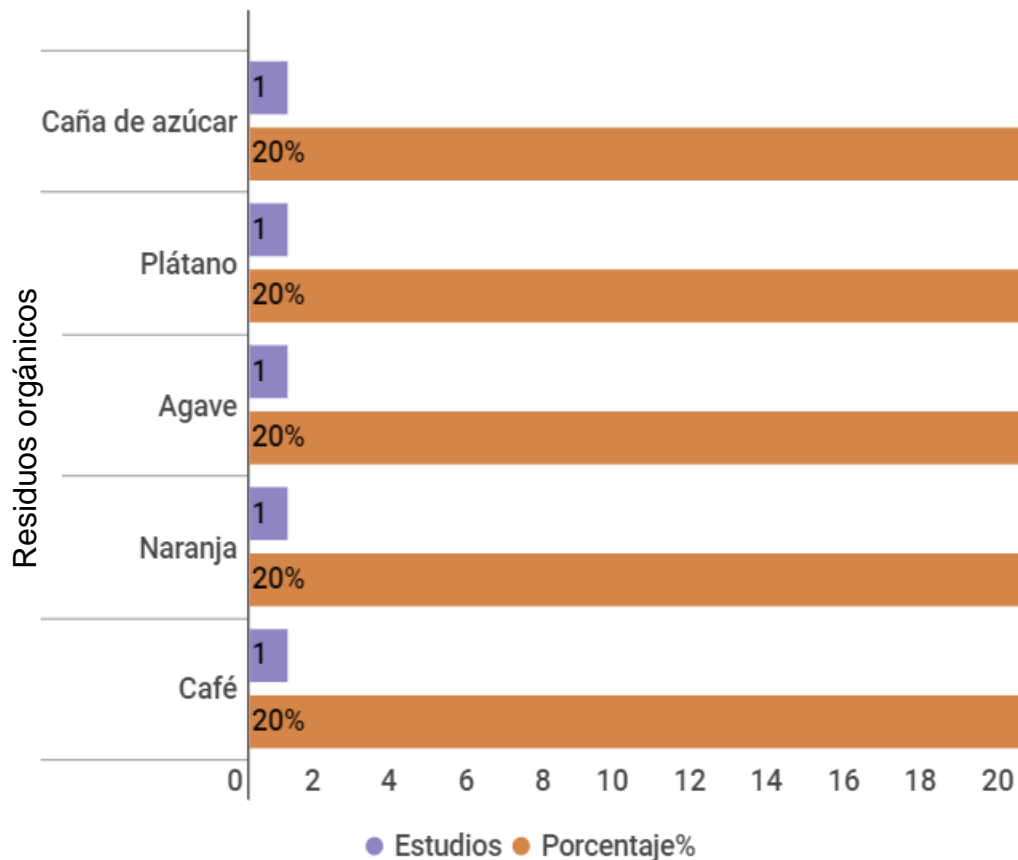


Figura 14. Cartón obtenido de residuos orgánicos agroindustriales estudiados

Fuente: Elaboración propia

Los residuos de caña de azúcar, agave, plátano y piña son los más usados para la elaboración de papel, debido a su alto contenido de celulosa, el tipo de papel obtenido varía de acuerdo al gramaje del papel, es decir el peso de la hoja de papel por metro cuadrado y también del espesor o calibre de la hoja, como se observa en las figuras 12, 13 y 14, del mismo residuo se han obtenido diferentes calidades de papel, lo cual está muy ligado al proceso que han realizado para elaborar el papel, por ejemplo el papel que ha sido elaborado de manera artesanal ha obtenido un papel cartón o cartulina, mientras que el papel para escritura ha sido obtenido mediante un proceso más sofisticado en laboratorio.

Por lo tanto, los residuos mencionados son recomendables para producir cualquier tipo de papel, dependerá del proceso usado para obtener el tipo de papel deseado.

V. CONCLUSIONES

1. Los residuos de mayor abundancia son los de caña de azúcar, ya que estos se generan todo el año, llegando a tener una generación de hasta 234 millones de toneladas por año a nivel mundial y tiene un contenido de celulosa que va desde un 39% hasta un 70%, lo cual lo hace apto en la obtención de pulpa para la elaboración de papel ecológico, contribuyendo de esta manera la disminución de la tala de árboles, los cuales son la actual fuente de materia prima de las industrias papeleras y a un mejor aprovechamiento de los residuos orgánicos agroindustriales.
2. Los métodos para la obtención de pulpa celulósica empleados son el químico, mecánico y biológico, siendo el químico el más empleado con un 83 %, seguido del mecánico con un 10 % y finalmente el biológico con 7 %, sin embargo, los métodos recomendados para la producción de papel ecológico son el pulpeo mecánico o biológico, ya que estos son los más amigables con el ambiente y presentan un buen rendimiento de celulosa, comparados con el pulpeo químico, que es el más usado en la industria papelera y el que más contaminación ambiental genera.
3. Los residuos de caña de azúcar, agave, plátano y piña son los residuos orgánicos agroindustriales que podrían ser empleados en la industrialización del papel ecológico, debido a los resultados positivos obtenidos en los estudios, presentando un alto contenido de celulosa, mayor a 33 %, el cual es el porcentaje mínimo para poder producir papel y un gran volumen de generación por parte del sector agroindustrial, de esta manera podrían abastecer a la industria del papel la mayor parte del año, o emplearse de manera intercalada, de acuerdo a sus temporadas de producción.

4. Los residuos de caña de azúcar presentan mejores características para ser empleados en la industrialización de papel ecológico, ya que estos presentan un alto contenido de celulosa y fibras largas de 1.51 mm x 21.4 μ m, lo cual permite dar una mayor resistencia al tipo de papel que se quiere producir, presentan gran abundancia y son de bajo costo económico. Además de estos residuos se puede obtener tres tipos de papel: para escritura, cartulina y cartón; el tipo de papel obtenido está relacionado al gramaje y calibre, ya que de estas propiedades, dependerá el grosor obtenido del papel y al fin que se destinará, así mismo estos están relacionados al procedimiento empleado en la obtención del papel, el cual puede ser artesanal o a nivel de laboratorio.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar más investigaciones relacionadas al método de pulpeo biológico, para determinar qué microorganismos facilitan la obtención de celulosa de los residuos orgánicos agroindustriales.
2. Realizar investigaciones acerca de la composición del aguamiel empleada como promotor biológico, para determinar cuál es el factor determinante que influye de manera directa en el proceso de obtención de celulosa.
3. Estandarizar las concentraciones, temperatura y tiempo de cocción empleados en el método químico, para de esta manera poder obtener datos homogéneos en el contenido de celulosa de los residuos orgánicos agroindustriales estudiados.
4. Realizar investigaciones con residuos orgánicos poco estudiados, tales como: cáscara de yuca, cáscara de mango y cáscara de maracuyá, con la finalidad de obtener pulpa celulosa para ser empleados en la elaboración de papel ecológico.
5. Optar por el papel elaborado a base de residuos orgánicos, para que de este modo se pueda contribuir a la disminución de la tala de árboles y al aprovechamiento de los residuos orgánicos agroindustriales.

REFERENCIAS

ACOSTA, Ángela, PACHECO, Kathryn y GARCÍA, Jean. Obtención de papel a partir del endocarpio seco del cacao. Revista De Investigaciones Agroempresariales [en línea]. 2017, vol. 3, p. 97-102. [Fecha de consulta: 23 de agosto de 2020].

Disponible en: <http://revistas.sena.edu.co/index.php/riag/article/view/1439/1572>

AGNIHOTRI, Swarnima, DUTT, Dharm; TYAGI, C. Complete characterization of bagasse of early species of *Saccharum officinerum*-Co 89003 for pulp and paper making. BioResources [en línea]. 2010, vol. 5, n° 2, p. 1197-1214. [Fecha de consulta: 09 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://n9.cl/gy43l>

ISSN : 1930-2126

AGUILAR, Noe. Sugarcane bagasse pulp with a high ratio of long fiber. Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia [en línea]. 2016, vol. 39, no 2, p. 047-055. [Fecha de consulta: 13 de abril de 2020].

Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0254-07702016000200001&script=sci_arttext

ISSN: 0254-0770

AGUILAR, Silvio, RAMÍREZ, Jorge y MALAGÓN, Omar. Extracción de fibras no leñosas: Cabuya (*Furcraea andina* Trel.) y Banano (*Musa paradisiaca* L.) para estandarizar un proceso tecnológico destinado a la elaboración de pulpa y papel. Revista Iberoamericana de polímeros [en línea]. 2007, vol. 8, no 2, p. 89-98. [Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2020].

Disponible en: <https://n9.cl/nurm6>

ISSN: 0121-665

ANDY, Lucia. Elaboración de papel artesanal a base de los residuos vegetales de los tallos de maíz (Zea Mays L) y cáscara de plátano (Musa Paradisiaca L) utilizando los métodos químicos de JAYME-WISE, KURSHNER Y HOFFNER. Tesis (Titulo de Ingeniería Agroindustrial). Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo, 2020.

Disponible en: <https://n9.cl/j7fg3>

APROVECHAMIENTO del bagazo de piña para obtener celulosa y bioetanol por Rocío Antonio Cruz [et al]. Afinidad [en línea]. 2011, vol. 68, n° 551, p. 38-43. [Fecha de consulta: 09 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/view/267945/355543>

ISSN: 0001-9704

APROVECHAMIENTO industrial de residuos de cosecha y poscosecha del plátano en el departamento de caldas por Miguel Mazzeo Meneses [et al]. Revista Educación en Ingeniería [en línea]. 2010, vol. 5, no 9, p. 128-139. [Fecha de consulta: 05 de septiembre de 2020].

Disponible en: <https://educacioneningeneria.org/index.php/edi/article/view/14/13>

ISSN: 1900-8260

AREA, María. Tecnologías limpias para la producción de papel y pulpa de eucalipto. XX Jornadas Forestales de Entre Ríos [en línea]. 2005, vol. 2, n°2, p. 9-10. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2020].

Disponible en : <https://n9.cl/iz37>

ARIAS, Fidias. El proyecto de investigación, introducción a la metodología científica [en línea] 6° ed. Venezuela: Editorial Episteme, 2006. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2020].

Disponible en: <https://n9.cl/fke66>

ISBN: 980-07-8529-9

BOARINI, Jonathan. Utilización del bagazo de caña de azúcar para la elaboración de briquetas de combustible sólido para usos domésticos en la ciudad de Guatemala. Tesis (Título de diseñador industrial). Ciudad de Guatemala: Universidad Rafael Landívar, 2006.

Disponible en: <http://biblio3.url.edu.gt/Tesis/2006/03/06/boarini-jonathan/boarini-jonathan.pdf>

CALIDAD de papel artesanal a partir de fibras no convencionales de cinco especies colombianas por Julieta Benitez [et al]. Revista de Ciencia y Tecnología [en línea]. 2019, vol 31, p. 1-10. [Fecha de consulta: 20 de abril de 2020].

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7273401>

ISSN: 0329-8922

CARACTERIZACIÓN de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta por Maribel Prado Martinez [et al]. Madera y bosques [en línea]. 2012, vol. 18, no 3, p. 37-51. [Fecha de consulta: 19 de mayo de 2020].

Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-04712012000300004&script=sci_arttext

ISSN: 2448-7597

CARACTERIZACIÓN fisicoquímica de cuatro especies de agaves con potencialidad en la obtención de pulpa de celulosa para elaboración de papel por Edith Jimenez Muñoz [et al]. Dyna [en línea]. 2016, vol. 83, no 197, p. 232-242. [Fecha de consulta: 15 de mayo de de 2020].

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49645986030>

ISSN: 0012-7353

CASTILLO, Edelmira y VÁSQUEZ, Martha. El rigor metodológico en la investigación cualitativa. Revista Colombia Médica [en línea]. 2003, vol. 34, no 3, p. 164-167. [Fecha de consulta: 16 de abril de 2020].

Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/283/28334309.pdf>

ISSN: 0120-8322

CHAMBI, Gloria y CANCAPA, Vanessa. Determinación de parámetros del equipo refinador de pasta para la obtención de papel kraft a partir de tallos de quinua (chenopodium quinoa willd.). Tesis (Título de Ingeniero Agroindustrial). Puno: Universidad Nacional Del Altiplano, 2012.

Disponible en: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3397/Chambi_Quispe_Gloria_Cancapa_Caceres_Vanessa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CLAUSSO, Adelina. Análisis Documental: el análisis formal. Revista General de Información y Documentación [en línea]. 1993, vol. 3, no 1, p. 11-19. [Fecha de consulta: 19 de mayo de 2020].

Disponible en: <file:///C:/Users/USER/Downloads/12586-Texto%20del%20art%C3%ADculo-12666-1-10-20110601.PDF>

DOMINGUEZ, Guissela. Estudio de las características fisicoquímicas de la piña (Ananas comosus y Cayena lisa) para la obtención de pulpa celulósica. Tesis (Título de Ingeniero Agroindustrial). Los Ríos: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 2019.

Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/4126/1/T-UTEQ-131.pdf>

ECOPAPEL a base del cogollo de la piña por Moisés Aguilar [et al]. Revista De Iniciación Científica [en línea]. 2015, vol. 1, n° 1, p. 38-41. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2020].

Disponible en: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/347>

ISSN: 2412-0464

ELABORACIÓN de papel vegetal que cumpla las normas TAPPI para el diseño e impresión a partir de la fibra de la cáscara del plátano verde por Felix Jaramillo [et al]. Polo del Conocimiento [en línea]. 2017, vol. 2, no 6, p. 499-515. [Fecha de consulta: 18 de junio de 2020].

Disponible en: <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/145>

ISSN: 2550-682X

EVALUACIÓN de la tensión elástica de papel elaborado a partir de desechos de raquis de palma africana y bagazo de caña por Karina Rodriguez Mora [et al]. Ingeniería [en línea]. 2018, vol. 28, no 1, p. 29-41. [Fecha de consulta: 03 de septiembre de 2020].

Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/article/download/30587/3130?inline=1>

ISSN: 2215-2652.

FAO y UNEP. The State of the World's Forests 2020. Forests, biodiversity and people [en línea]. Roma, 2020. [Fecha de consulta: 21 de mayo de 2020].

Disponible en: <http://www.fao.org/3/ca8642en/CA8642EN.pdf>

ISBN: 978-92-5-132419-6

FAO. El Estado de los bosques del mundo 2016. Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades en relación con el uso de la tierra [en línea]. Roma, 2016. [Fecha de consulta: 21 de mayo de 2020].

Disponible en: <http://www.fao.org/3/i5588s/i5588s.pdf>

ISBN: 978-92-5-309208-6

FLUJO de residuos: Elemento base para la sostenibilidad del aprovechamiento de residuos sólidos municipales por Luis Marmolejo [et al]. Ingeniería y competitividad [en línea] 2009, vol. 11, no 2, p. 79-93. [Fecha de consulta: 19 de junio de 2020].

Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2913/291323541009.pdf>

ISSN: 0123-3033

GARCÉS, Jorge y DUQUE, Edison. Metodología para el análisis y la revisión crítica de artículos de investigación. Innovar [en línea]. 2007, vol. 17, no 29, p. 184-194. [Fecha de consulta: 19 de junio de 2020].

Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/818/81802912.pdf>

ISSN: 0121-5051

GARCÍA, Andres y RIAÑO, Campo. Extracción de celulosa a partir de la borra de café. Cenicafé [en línea]. 1999, vol. 50, n°3, p. 205-214. [Fecha de consulta: 11 de agosto de 2020].

Disponible en: [https://www.cenicafe.org/es/publications/arc050\(03\)205-214.pdf](https://www.cenicafe.org/es/publications/arc050(03)205-214.pdf)

GONZÁLES Krystle G, VALENCIA, Indira. Obtención sostenible de papel y de empaques a partir de residuos orgánicos [en línea]. En V Congreso Latinoamericano de Agroecología-SOCLA. La Plata, 2015. [Fecha de consulta: 09 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/76497415.pdf>

ISBN: 978-950-34-1265-7

GONZALEZ, Manuel. Aspectos éticos de la investigación cualitativa. Revista Iberoamericana de educación [en línea]. 2002, vol. 29, p. 85-104. [Fecha de consulta: 18 de junio de 2020].

Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/800/80002905.pdf>

ISSN: 1681-5653

GUBA, Egon. Criterios de credibilidad en la investigación naturalista. En La enseñanza: su teoría y su práctica. Akal [en línea]. 1989. p. 148-165. [Fecha de consulta: 19 de junio de 2020].

Disponible en: <https://www.infor.uva.es/~amartine/MASUP/Guba.pdf>

ISBN: 84-7600-428-1

HERNÁNDEZ, Mariciela. Elaboración y caracterización de papel artesanal de la corona del fruto de dos variedades de piña Ananas comosus (L.) Merr. Tesis (Título de Ingeniero Forestal Industrial). Texcoco: Universidad Autónoma Chapingo, 2008.

Disponible en: <https://n9.cl/lubs2>

HERRERA, Ángela. Elaboración del papel orgánico a base de pseudotallo de banano, Cantón Santa Rosa, provincia de El Oro, Ecuador. Tesis (Título de Ingeniera Ambiental). Guayaquil: Universidad de Guayaquil, 2019.

Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/reduq/44826/1/TESIS%20FINAL%20FINAL%20CD.pdf>

JIMENEZ, Edith. Obtención de pulpa de celulosa a partir de residuos de agaváceas: potencial elaboración de papel tipo artesanal. Tesis (Doctor en ciencias Ambientales). Pachuca: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2017.

Disponible en: https://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/doctorado/documentos/tesis_edith.pdf

JIMÉNEZ, María. Rigor científico en las prácticas de investigación cualitativa. Ciencia, docencia y tecnología [en línea] 2011, vol. 22, no 42, p. 107-136. [Fecha de consulta: 16 de junio de 2020].

Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/145/14518444004.pdf>

ISSN: 0327-5566

MACIA, Manuel. Las plantas de fibra. Botánica Económica de los Andes Centrales [en línea] 2007, vol.42, n.1, p. 370-384. [Fecha de consulta: 18 de junio de 2020].

Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282007000400007

ISSN 2075-5023.

MANUAL de procedimiento en la empresa por María Asanza [et al]. Revista Caribeña de Ciencias Sociales [en línea]. 2016. [Fecha de consulta: 20 de abril de 2020].

Disponible en: <http://www.eumed.net/rev/caribe/2016/11/manual.html>

ISSN: 2254-7630

MÉTODOS para extraer celulosa de la paja de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) por García Estrada [et al]. Agroproductividad [en línea]. 2017, vol. 10, no 11, p. 54-6. [Fecha de consulta: 06 de septiembre de 2020].

Disponible en: <https://n9.cl/f8i5>

MORENO, Christian y GARCÍA, Edgardo. Determinación de la concentración óptima de hidróxido de sodio para la obtención de papel y sus propiedades físico-mecánicas, a partir del raquis del racimo de plátano (*Mussa paradisiaca*). Investigación Universitaria [en línea]. 2019, vol. 8, no 2, p. 1-10. [Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2020].

Disponible en: <http://181.176.160.67/index.php/iu/article/view/88>

MUNARRIZ, Begonia. Técnicas y métodos en investigación cualitativa [en línea]. España: Universidade da Coruña, Servizo de Publicacións, 1992. [Fecha de consulta: 19 de junio de 2020].

Disponible en: <https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/8533/CC-02art8ocr.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ISBN 84-600-8006-4

OBSERVATORIO de commodities: Azúcar, 2019 [en línea]. Minagri, Perú, 2019 [Fecha de consulta: 16 de octubre de 2020].

Disponible en: https://repositorio.minagri.gob.pe/bitstream/MINAGRI/95/1/commodities_azucar_enero2019.pdf

OBTAINING pulp from waste of Agave salmiana B. Otto ex Salm. Optimization por Edith Jiménez Muñoz [et al]. Dyna [en línea]. 2017, vol. 84, no 200, p. 253-260. [Fecha de consulta: 15 de mayo].

Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532017000100253

ISSN: 0012-7353

OBTENCIÓN de celulosa a partir de bagazo de caña de azúcar (Saccharum spp.) por López Martínez [et al]. Agroproductividad [en línea]. 2016, vol. 9, no 7, p. 41-45. [Fecha de consulta: 13 de agosto de 2020].

Disponible en: <https://n9.cl/hb2rs>

OBTENCIÓN de celulosa a partir de los desechos agrícolas del banano por Canché Escamilla [et al]. Información tecnológica [en línea]. 2005, vol. 16, no 1, p. 83-88. [Fecha de consulta: 18 de septiembre de 2020].

Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642005000100012&script=sci_arttext&tIng=p

ISSN: 0718-0764

OBTENCIÓN de celulosa a partir de residuos de piña (Ananas comosus L. Merrill) por Presenda Gerónimo [et al]. Agroproductividad [en línea]. 2020, vol. 13, no 2, p. 77-83. [Fecha de consulta: 18 de septiembre de 2020].

Disponible en: <https://go.gale.com/ps/anonymous?id=GALE%7CA622268416&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=fulltext&issn=&p=IFME&sw=w>

OBTENCIÓN de celulosa microcristalina a partir del bagazo de la caña de azúcar por Lucía García García [et al]. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar [en línea]. 2013, vol. 47, n° 1, p. 57-63. [Fecha de consulta: 08 de agosto de 2020].

Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223126409008.pdf>

ISSN: 0138-6204

OEFA. Fiscalización Ambiental en Residuos Sólidos en gestión municipal provincial [en línea]. Lima, 2016. IAKOB Comunicadores & Editores S.A.C. [Fecha de consulta: 23 de junio de 2020].

Disponible en: http://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=16983

ORDOÑEZ, Karen y SEPÚLVEDA, Camila. Caracterización fisicoquímica de los residuos del plátano y el café para su posible uso como materias primas en la fabricación de papel. Tesis (Título de Tecnólogo en Saneamiento Ambiental). Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2019.

Disponible en: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/24795/1/Ordo%C3%B1ezPinedaKarenLizethSep%C3%BAlvedaMonroyCamila2020.pdf>

PAPEL amate de pulpa de café (*Coffea arabica*)(Residuo de beneficio húmedo) por Noe Aguilar Rivera [et al]. Revista Ra Ximhai [en línea]. 2014, vol. 10, no 3, p. 103-117. [Fecha de consulta: 17 de abril de 2020].

Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/461/46131111008.pdf>

ISSN: 1665-0441

PAPEL artesanal de paja de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) por Salgado García [et al]. Agroproductividad [en línea] 2017, vol. 10, no 11, p. 48-54. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2020].

Disponible en: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/66/61>

ISSN: 2594-0252

PARRA, Luis, VILLAR, Pedro y PRIETO, Antonio. Extracción de fibras de agave para elaborar papel y artesanías. Acta Universitaria [en línea]. 2010 vol. 20, no 3, pp. 77-83. [Fecha de consulta: 19 de junio de 2020].

Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/416/41618860011.pdf>

ISSN: 0188-6266

PAULA, Isabela, CEBALLOS, Adelsimara y MILIANI, Renata. Comparison of eucalypt, pine and sugarcane cellulose fibers used for paper production. Revista Árvore [en línea]. 2019 vol 43, no 4, e430411. [Fecha de consulta: 19 de junio de 2020].

Disponible en: <https://www.scielo.br/pdf/rarv/v43n4/0100-6762-rarv-43-04-e430411.pdf>

ISSN 1806-9088

PEÑA, Jose y GONZALEZ, Rosa. Estudio de prefactibilidad para la producción de pulpa para papel aprovechando los desechos del cultivo del plátano en la región del viejo caldas. Tesis (Título de especialista en evaluación socioeconómica de proyectos). Antioquia: Universidad Nacional de Antioquia, 2002.

Disponible en: <https://fddocuments.es/document/estudio-de-prefactibilidad-para-la-produccion-de-pulpa-para-papel-.html>

PÉREZ, Ruy. Ciencia básica y ciencia aplicada. Salud pública de México [en línea] 2001, vol. 43, p. 368-372. [Fecha de consulta: 16 de mayo del 2020]

Disponible en: <https://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/6330>

ISSN: 0036-3634

PINZOTE de Musa balbisiana y Musa acuminata como Fuente de Fibras para Papel por José Turrado [et al]. Información tecnológica [en línea]. 2009, vol. 20, no 4, p. 117-122. [Fecha de consulta: 20 de junio del 2020].

Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v20n4/art13.pdf>

ISSN: 0718-0764.

PLANTA piloto para obtención de celulosa de residuos de caña de azúcar (Sccharum spp.) y elaboración de recipientes biodegradables por Ross Alcudia [et al]. Agroproductividad [en línea]. 2017, vol. 10, no 11, p. 60-66. [Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2020].

Disponible en: <http://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/64/59>

PREPARATION of cellulose nanoparticles from agave waste and its morphological and structural characterization por Ponce Reyes [et al]. Revista Mexicana de Ingeniería Química [en línea]. 2014, p. 897-906. [Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2020].

Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmiq/v13n3/v13n3a21.pdf>

ISSN: 1665-2738

PRODUCE e ITP. Sostenibilidad de los residuos agroindustriales. CITE Agroindustrial [en línea]. 2018. [Fecha de consulta: 23 de junio de 2020].

Disponible en: https://issuu.com/citeagroindustrialica/docs/in-18-002_sostenibilidad_de_los_residuos_agroindus

PULPA. En: Real Academia Española [en línea]. RAE.es, 2019. [fecha de consulta: 20 de junio de 2020].

Disponible en: <https://dle.rae.es/pulpa?m=form>

PULPADO hidroalcohólico de alto rendimiento de bagazo de caña. II cocciones por María Cristina Area [et al]. Centro azúcar [en línea]. 2006, vol. 33, n°1, p. 45-53. [Fecha de consulta: 03 de octubre de 2020].

Disponible en: <http://delacruzservicios.com.ar/ffg/47.pdf>

PUMA, Jessika. Estudio de factibilidad para la creación de una microempresa dedicada al procesamiento y comercialización de pulpa de granadilla en la ciudad de Ibarra provincia de Imbabura. Tesis (Titulo en Contabilidad y Auditoría). Ibarra: Universidad Técnica del Norte, 2015.

Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6715>

RAMÍREZ, M y MUÑOZ, O. Agroindustrial waste cellulose using fermented broth of white rot fungi. Revista Mexicana de Ingeniería Química [en línea]. 2016, vol. 15, n°1, p. 23-31. [Fecha de consulta: 01 de octubre de 2020].

Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/620/62045307003.pdf>

ISSN: 1665-2738

RESIDUOS agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento por Katia Cury [et al]. Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA [en línea]. 2017, p. 122-132. [Fecha de consulta: 06 de mayo de 2020].

Disponible en: <https://www.recia.edu.co/index.php/recia/article/view/530/pdf>

ISSN: 2027-4297

RESIDUOS de poda de arándano: una potencial fuente de celulosa por Claudia Pacheco [et al]. Informador Técnico [en línea]. 2018, vol. 82, no 2 SI, p. 107-112. [Fecha de consulta: 05 de agosto de 2020].

Disponible en: <https://go.gale.com/ps/anonymous?id=GALE%7CA590858266&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=0122056X&p=IFME&sw=w>

REYNA, Cesar. Reutilización de plástico PET, papel y bagazo de caña en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo. Tesis (Titulo de Ingeniería Ambiental). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2016.

Disponible en: <https://www.coursehero.com/file/34549417/TESIS-NACIONALpdf/>

ROZO, Sandra; GONZÁLES, Andrés y VILLAMIZAR, Jesús. Elaboración de un papel ecológico a base de cogollos de piña. Revista Nova [en línea] 2016, vol. 2, no 1, p. 50-55. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2020].

Disponible en: <https://docplayer.es/50061172-Elaboracion-de-un-papel-ecologico-a-base-de-cogollos-de-pina-creation-of-an-ecological-paper-based-on-pineapple-buds-resumen.html>

ISSN: 2462-9448

SALCEDO, Jairo, LÓPEZ, Jorge y FLOREZ, Luz. Evaluación de enzimas para la hidrólisis de residuos (hojas y cogollos) de la cosecha caña de azúcar. Dyna [en

línea]. 2011, vol. 78, no 169, p. 182-190. [Fecha de consulta: 30 de septiembre de 2020].

Disponible en: <https://search.proquest.com/openview/cb9aeb9ee07824c54af13e0ad6284ac8/1?q-origsite=gscholar&cbl=2035736>

ISSN: 0012-7353

SALGADO, Ana. Investigación cualitativa: diseños, evaluación del rigor metodológico y retos. Liberabit [en línea] 2007, vol. 13, no 13, p. 71-78. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2020].

Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1729-48272007000100009&script=sci_arttext&lng=en

ISSN: 1729-4827

SAVAL, Susana. Aprovechamiento de residuos agroindustriales: pasado, presente y futuro. Biotecnología [en línea]. 2012, vol. 16, no 2, p. 14-46. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2020].

Disponible en: <https://n9.cl/2dc95>

SUAREZ, Erika. Obtención de pulpa de papel a partir de residuos de la naranja común y limón ponderoso. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Quito: Universidad Central del Ecuador, 2016.

Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6856/1/T-UC-0017-0014-2016.pdf>

URRÚTIA, Gerard y BONFILL, Xavier. Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. Medicina clínica [en línea]. 2010, vol. 135, no 11, p. 507-511. [Fecha de consulta: 19 de mayo de 2020].

Disponible en: <http://www.psiencia.org/docs/PRISMA%20declaration.pdf>

VALDÉS, Manuel, VALDÉS, Emilio y VALDÉS, Manuel. La cáscara del huevo: ¿Desecho o valor agregado para la salud humana y la producción avícola? Una experiencia cubana. Revista cubana de ciencia avícola [en línea]. 2006, vol. 30, no 2, p. 137-154. [Fecha de consulta: 13 de junio de 2020].

Disponible en: <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5393/CONFERENCIA%20INVESTIGACION%20Y%20APLIC.%20CASCARA%20DE%20HUEVO-2.pdf>

ISSN: 0138-6352

VALERDI, Maria. El tiempo libre en condiciones de flexibilidad del trabajo: Caso Tetla, Tlaxcala. Tesis (Grado de Doctora en Sociología). Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2005.

Disponible en: <http://mastor.cl/blog/wp-content/uploads/2018/07/Valerdi-Tesis.-El-tiempo-libre-en-condiciones-de-flexibilidad-del-trabajo.-2005.-pdf.pdf>

VARAS, Jimmy. Evaluación de la aptitud de los suelos para el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) en la Comunidad El Rocano del Cantón Arenillas de la Provincia de El Oro. Tesis (Título de Ingeniero Agropecuario). Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, 2016.

Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/6934/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-103.pdf>

VARGAS, Zoila. La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. Revista educación [en línea]. 2009, vol. 33, no 1, p. 155-165. [Fecha de consulta: 19 de junio de 2020].

Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>

ISSN: 0379-7082.

VAZQUEZ, María José, LAHITTE, Héctor y TUJAGUE, María. El análisis descriptivo como recurso necesario en ciencias sociales y humanas. Fundamentos en humanidades [en línea]. 2010, vol. 11, no 22, p. 103-116. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2020].

Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/184/18419812007.pdf>

ISSN: 1515-4467

WHISKERS de celulosa a partir de residuos agroindustriales de banano: Obtención y caracterización por Bolio López [et al]. Revista mexicana de ingeniería química [en línea]. 2011, vol. 10, no 2, p. 291-299. [Fecha de consulta: 29 de septiembre de 2020].


Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmiq/v10n2/v10n2a13.pdf>

ISSN: 1665-2738

ANEXOS

Anexo 1.

Ficha de recolección de datos

Ficha de recolección de datos							 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	
Investigación:		Aprovechamiento de residuos orgánicos agroindustriales para la elaboración de papel ecológico: Revisión Sistemática				Investigadores:		
						1. Huaman Bocanegra, Ginsing Giarli 2. Tapia Paz, Yersi Fernando		
Cód	Referencia	País	Residuos	Volumen	% Celulosa	Tamaño de fibra	Método de pulpeo	Calidad de Papel
1	Aguilar et al (2015)	Panamá	Piña				Químico	
2	Jiménez et al (2016)	México	Agave		36.8% 44.3%	- 0,5-2,0 mm óptimo	Químico	
3	Gonzales et al (2016).	Colombia	Plátano, maíz, piña, yuca	Bogotá, diariamente 6000 y 10000 t de residuos, el 60% son residuos orgánicos	por encima del 40%		Mecánico y químico	
4	Turrado et al. (2009).	México	Agave	Producción mundial alcanza 32,8x10 ⁶ t	40.21 % y 38.13%	3,05 mm x 35.0 µm y 2,65 mm x 32,0 µm	Químico	
5	Prado et al (2012).	México	Maíz y bagazo de caña	Maíz: 10 t de residuos por hectárea y caña de azúcar (por t de caña procesada se obtienen de 30 kg a 50 kg de este residuo)	Maíz: 43,14 %, bagazo de caña de azúcar: 41,67	Maíz: 1,86 mm x 47,4 µm Caña de azúcar: 1,50 mm x 20 µm	Químico	
6	Jiménez et al (2017).	Colombia	Agave		39.69% a 71.57%.	A. salmiana (<0.5 mm)	Químico)	

7	Rozo et al. (2016).	Colombia	Piña	La producción en Colombia es 9,1 % del valor total de producción mundial. Cáscara (41 %) y Corona (20 %); Pulpa (33 %), Corazón (6 %),			Biológico (Extracto de caña)	Tipo : Kymberly Rugosidad: Varios Resistencia: media Gramaje: Varios Espesor: Varios Color: varios
8	Alfonso et al (2016).	Colombia	Plátano y flores	70.5 T/día, contribuyendo con el 1.4% de los residuos totales de la ciudad; el 88.5% es de residuos vegetales equivalente a 62.4 toneladas,			Químico	Tipo: Empaques y tarjetería Rugosidad: Alta Resistencia: alta y media Color: varios
9	Jaramillo et al (2017).	Ecuador	Plátano				Químico (NaOH)	Tipo: cartulina Rugosidad: alta Resistencia: media Gramaje: 130gr/m2 Espesor: 0.31 mm Color: amarillo
10	Aguilar, et al (2014)	México	Café		43.28%	Original: 8.25mm, pulpeo 7.3 mm	Químico	Tipo: amate Rugosidad: alta Resistencia: media Gramaje: 146.86 gr/m2 Espesor: 0.023 mm Color: varios
11	Salgado et al (2017)	México	Caña de azúcar	La producción potencial es de 14, 020,740 t/año, de las cuales 50 % podrían ser utilizadas para la producción de papel	39.50%		Químico	Tipo: artesanal Rugosidad: baja Resistencia: media Gramaje: 9.5 gr/m2 Espesor: 0.79 mm Color: crema

12	Moreno et al. (2019).	México	Naranja	En 2016 producción promedio de 4.2 millones de toneladas		Mecánico	Tipo: Cartón artesanal Rugosidad: alto Resistencia: baja Gramaje: 37 gr/m2 Espesor: 0.2 cm Color: beige
13	Parra et al (2010).	México	Agave	En el 2000 se han registrado producciones hasta de 64,000 t de pulpa blanqueada de alta calidad		Biológico y Químico	Tipo: Escritura Rugosidad: 2 (poco) Resistencia: 4 (mucho) Color: amarillo pálido
14	Aguilar R. (2016).	México	Caña de azúcar	674,000 t/año de bagazo de caña, destinado a la elaboración de papel (2 - 5%)	Bagazo de caña: 47 %	1.10 mm x 18, 87 um	Químico (Alcalino)
15	Paula et al (2019).	Brasil	Caña de azúcar	Subproducto de bajo costo que ampliamente disponible durante la mayor parte del año			Kraft (químico) Tipo: similar al de eucalipto Rugosidad: 6 media Resistencia: 23,16 Gramaje: 122.4 gr/m2 Espesor: 2.16 mm Color: Crema
16	Benitez et al. (2019).	Colombia	Limoncillo y Fique	Fique: 1 kg o de 3 a 6 kg por año (baja)		Fique: 2.7 mm x 9.66 um, Limoncillo: 0.9 mm x 12.16 um	Alcalino (químico) Tipo: artesanal Resistencia: alta Gramaje: 122.4 gr/m2 Color: amarillo-rojizo
17	Pacheco et al. (2018).	Chile	Poda de arándano	3000 y 7500 kg ha (peso seco) como residuos de poda por ha plantada. En Maule y Bío-Bío se plantan 10,000 ha, que corresponden al 56% de la producción total chilena	Ramas y troncos fue ~ 52 % y 51 %, respectivamente. Ambos 51 %		

18	García et al. (2013).	Cuba	Caña de azúcar		47 % a 52 %		Químico	
19	García et al. (1999).	Colombia	Café	En Colombia se generan 22.000 toneladas al año, en base seca, de borra de café o café agotado	38.83%		Químico	
20	Martínez et al. (2014).	México	Caña de azúcar	La producción mundial de bagazo es de 234 millones de t/año. El 50% es usado como combustible para las calderas	48% a partir del bagazo de caña	tamaño promedio 2.2 nm (22 Å)	Químico (Hidrólisis ácida)	
21	Acosta et al. (2017).	Colombia	Cacao	10 t de residuos de cáscaras por cada tonelada de pasta de cacao			Químico (NaOH)	Tipo: cartón Resistencia: alta Color: café intenso
22	Mora et al. (2018).	Costa Rica	Palma aceitera y caña de azúcar		Bagazo: 73 % y Palma: 62 %		Químico	
23	Meneses et al. (2010).	Colombia	Plátano	De un racimo, solo se utiliza del 20 al 30% de su biomasa	61.1%		Químico	
24	García et al. (2017).	México	Caña de azúcar	la cosecha de caña de azúcar genera 14,020,740 t/ año de paja	39.5%.	Tamaño promedio 2.7 nm	Químico (NaOH)	
25	Canché et al. (2005).	México	Plátano		22-27%		Químico	
26	Presenda et al. (2020).	México	Coronas de piña	México, 47,210 t/año, 20 % residuos de coronas de piña	contenido de alfa celulosa de 93%	63.65 nm x 2.33 - 0.78 um	Químico (Pre-hidrólisis ácida)	

27	Ross et al (2017).	México	La paja de caña	Por ha: 75 t de caña de azúcar, generando 9 t de paja y 29.25 t de bagazo, haciendo un promedio de 38.25 t de residuos	34 % de celulosa final	2.3 nm a 2.6 nm	Químico (Hidrólisis ácida)	
28	Canché et al. (2005).	México	Cabuya y plátano	Ecuador, con 180.331 ha de superficie plantada, produce 5.274.232 t/año			Químico	Color: café claro o beige
29	Area et al (2006).	Colombia	Bagazo de caña				Químico (Hidroalcolico)	
30	Ramírez et al. (2016)	México	Fique	Antioquia, 1495 hectáreas se cultivan Fique, su rendimiento representa 2356 t/año de cabuya, generando 600 t/año de residuo agrícola	61,8 a 73,1%.		Biológico	
31	Antonio et al (2011).	México	Piña	12,900 t de bagazo al año, de los cuales un 30% es utilizado como alimento para ganado y el resto se desecha	57%		Químico	
32	Velandia et al. (2015)	Argentina	Plátano, pétalos de flores y piña		Plátano (55%), flores (40-50%), piña (11-45%) y pasto (40%)		Mecánico	Tipo: cartón Rugosidad: casi lisa Resistencia: alta Color: Varios
33	Agnihotri et al (2010).	India	Caña de azúcar	En la India: 50 millones de t/año de bagazo, solo 10 millones de t	42,34 %	1,51 mm x 21,4 µm y tienen lumen (6,27 µm)	Químico (Alcalino)	Tipo: escritura e impresión Rugosidad: baja Resistencia: alta Color: opacos

				disponibles para la pulpa				
34	Moreno et al (2017).	Perú	Plátano	95% de los residuos que se generan del plátano no son aprovechados	31,9 %		Químico	Tipo: delgado Resistencia: alta Gramaje: 87 g/m2 Espesor: 0.060 mm Color: blanco, crema
35	Bolio et al (2011).	México	Plátano	México, 2 millones de t/año, Se aprovecha el fruto que constituye el 12 % en peso siendo desechado el resto	66%	-70 nm, con un diámetro promedio de 30.9 nm	Químico	
36	Ponce et al (2014).	México	Agave	El 62% de la producción se usa para producir tequila y mezcal; solo usan el 40% del agave; 60% del producto nunca llega al mercado	40-80%	100 nm y diámetros de 3-20nm,	Químico	
37	Mendoza et al. (2011)	Colombia	Caña de azúcar	Valle del Cauca: siembran 2,210 ha de caña y se cosechan 14 millones T/año. Desechos: 7 millones de t/año (50%)	36.57% 77.53%	-	Químico	
T1	Huatatoca (2020)	Ecuador	Maíz y plátano	De 20 a 30 toneladas por hectárea sembrada de tallos de maíz (Zea Mays) y 6,505.635 toneladas por año de cascara de plátano (Musa paradisiaca)	(Zea Mays L) 51.33% (Musa paradisiaca) 63.66%		Químico	Tipo: Copias y bolsa de alimentos Resistencia: frágil Gramaje: 53,39 g/m2 Espesor: 0.06 mm, Color: varios

T2	Jiménez (2017)	México	Agave	70 toneladas por hectárea produciendo 1.7 millones de toneladas al año	50-70%	0.7 a 1.8 mm de las fibras cortas	Químico (Organos olv)	Tipo: Bolsas y escritura Resistencia: frágil Gramaje: 121.47g/m2 Espesor: 0.66 mm Color: varios
T3	Ordoñez et al. (2019)	Colombia	Café y plátano	2-2.5 millones de pulpa de café al año y 3.684.344 t en un área cultivada de 394.072 ha de plátano	65,77% para café y 74,75% para plátano	Diámetro: 1 a 10 nm y longitud: 25 nm.	Químico	Papel de baja calidad utilizado para periódico
T4	Herrera (2019)	Ecuador	Plátano	1000-1500 de pseudotallo por acre sembrado	50%		Mecánico	Color: oscuro y beige Textura: rugosa
T5	Domínguez (2019)	Ecuador	Piña	2 millones de Toneladas por año	60%	Longitud: 1.37 mm, Diámetro 0.35 mm	Químico (NaOH)	Gramaje: 677,452 g/m2, Espesor: 0,825mm, Color: beige, Rugosidad: lisa.
T6	Hernández (2008)	México	Piña	678,602 t/año	52-56%	Longitud: 2.858 mm, Diámetro: 9.628 u Lumen: 5.079 u	Químico (NaOH)	Opacidad entre el 89 - 98%, Resistencia: entre 373 a 445 gf, Resistencia al doblar 33 pliegues

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2.

Revisión sobre método de pulpeo empleado

País	Residuo	Pulpeo	Insumo	Concentración	T°	Tiempo	Autor
Panamá	Piña	Químico	NaOH	25%	70-80°C	30 min	Aguilar et al. (2015)
México	Agave	Químico	NaOH	1%	70°C	30 min	Jiménez et al. (2016)
Colombia	Plátano, maíz, piña, yuca	Mecánico y químico	NaOH	17,50%	20°C	2 min	Gonzales et al. (2016).
México	Agave	Químico	NaOH	14, 16, 18 y 20	170 °C	40, 60, 80, 100	Turrado et al. (2009).
México	Maíz y bagazo de caña	Químico	NaOH	17,50%	20°C	5 min	Prado et al. (2012).
Colombia	Agave	Químico	NaOH - CH ₃ COOH y HCL	12 % NaOH - 80% CH ₃ COOH y 0.5 % HCl	50°C	24 horas y 6 horas	Jiménez et al. (2017).
Colombia	Piña	Ecológico	Extracto de caña de azúcar	16 L H ₂ O, 2,5 L de sábila de la caña de azúcar	Ambiente	25 horas	Rozo et al. (2016).
Colombia	Plátano y flores	Químico	NaOH	30 g en 6L agua-0.5 %	Ebullición	1 hora	Alfonso et al (2016).
Ecuador	Plátano	Químico	NaOH	8%	Ebullición	Variante	Jaramillo et al. (2017).
México	Café	Químico	NaOH	5%	100°C	120 min	Aguilar et al. (2014)

México	Caña de azúcar	Químico	NaOH	300 g de hidróxido/L-30%	160°C	20 min	Salgado et al. (2017)
México	Naranja	Mecánico	-	-	-	-	Moreno et al. (2019).
México	Agave	Biológico y Químico	Ambiente y promotor biológico	-	-	-	Parra et al (2010).
México	Caña de azúcar	Químico	NaOH	13%	170°C	30 min	Aguilar R. (2016).
Brasil	Caña de azúcar	Químico (Kraft)	Al ₂ (SO ₄) ₃	10%	Ebullición	NE	Paula et al (2019).
Colombia	Limoncillo y Fique	Químico	NaOH	25%	100°C	60 min	Benítez et al. (2019).
Cuba	Caña de azúcar	Químico	NaOH	16%	160 °C	45 min	García et al. (2013).
Colombia	Café	Químico	NaOH	1%	60 °C	2 horas	García et al. (1999).
México	Caña de azúcar	Hidrólisis ácida (Químico)	NaOH	10%	Ebullición	20 min	Martínez et al. (2014).
Colombia	Cacao	Químico	NaOH	0,50%	120°C	60 min	Acosta et al. (2017).
Costa Rica	Palma aceitera y caña de azúcar	Químico	NaOH	6%	70°C	4 horas	Rodriguez et al. (2018).
Colombia	Plátano	Artesanal y Químico	NaOH	30%	30°C	30 min	Mazzeo et al. (2010).
México	Caña de azúcar	Químico	NaOH	10%	90°C	10 min	García et al. (2017).
México	Plátano	Químico	NaOH	20 y 25 %	120 a 300 °C	NE	Canché et al. (2005).

México	Coronas de piña	pre-hidrólisis ácida (Químico)	H2SO4	0.50%	130°C	60 min	Presenda et al. (2020).
México	La paja de caña	Químico (Hidrólisis ácida)	H2SO5	0.40%	Ebullición	60 min	Ross et al. (2017).
México	Cabuya y plátano	Químico	NaOH	10,15 y 20	Ebullición	50, 100 y 150 min	Canché et al. (2005).
Colombia	Bagazo de caña	Químico (Hidroalcohólico)	NaOH y etanol	3%	150 °C	120 min	Area et al. (2006).
México	Fique	Biológico	Hongos Pleurotus sp.	100 ml	50 °C	12 y 72 h	Ramírez et al. (2016)
México	Piña	Químico	NaOH, H2SO4	40 % , 75 %	160°C, 30°C	3 horas, 1 hora	Antonio et al. (2011).
Argentina	Plátano, pétalos de flores y piña	Mecánico	-	-	-	-	Gonzáles, et al. (2015)
India	Caña de azúcar	Químico	NaOH	12%	150°C	60 min	Agnihotri et al. (2010).
Perú	Plátano	Químico	NaOH	1-6 %	165 °C	2 horas	Moreno et al. (2017).
Colombia	Café y plátano	Químico	NaOH	17.50%	20°C	30 min	Ordoñes et al. (2019)
Ecuador	Plátano	Mecánico	-	-	-	120, 150 y 180 min	Herrera (2019)
Ecuador	Piña	Químico	NaOH	4 % y 2%	90-95 o C,	1 hora	Domínguez (2019)
México	Piña	Químico	NaOH	20.80%	75°C	30 min	Hernández (2008)

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Revisión de calidad de papel

País	Tipo de residuo	Tipo de papel	Rugosidad	Resistencia	Gramaje	Espesor	Color	Autor
Colombia	Piña	Kymerly (escritura)	1 a 5	3	9-150 gr/m2	0.23-0.635 mm	Varios	Rozo et al. (2016).
Colombia	Plátano y flores	Empaque y tarjetería	4 a 5	3 a 5	150-250 gr/m2	0.23-0.635 mm	Varios	Alfonso et al (2016).
Ecuador	Plátano	Cartulina	4 a 5	3	130 gr/m2	0.31 mm	Amarillo	Jaramillo et al. (2017).
México	Café	Amate	4 a 5	3	146.86 gr/m2	0.023 mm	Varios	Aguilar et al. (2014)
México	Caña de azúcar	Artesanal	1 a 2	3	9.5 gr/m2	0.79 mm	Crema	Salgado et al. (2017)
México	Naranja	Cartón artesanal	4 a 5	1 a 2	37 gr/m2	0.2 cm	Beige	Moreno et al. (2019).
México	Agave	Papel para escritura	2	4	9-150 gr/m2	0.065-0.15 mm	Amarillo pálido	Parra et al (2010).
Brasil	Caña de azúcar	Papel para escritura (similar al eucalipto)	3	4 a 5	122.4 gr/m2	2.16 mm	Crema	Paula et al (2019).
Colombia	Limoncillo y Fique	Artesanal	1 a 2	4 a 5	Fique 64.1; Limoncillo 58.7	0.065-0.15 mm	Amarillo - rojizo	Benítez et al. (2019).
Colombia	Cacao	Cartón	1 a 2	4 a 5	>450 gr/m2	> 0.63 mm	Café intenso	Acosta et al. (2017).
Argentina	Caña de azúcar	Cartón	1 a 2	4 a 5	>450 gr/m3	> 0.63 mm	Varios	Gonzales et al. (2015)

India	Plátano	Para escritura e impresión	1 a 2	4 a 5	9-150 gr/m2	0.065-0.15 mm	Opaco	Agnihotri et al (2010).
Perú	Café y plátano	Papel delgado	3 a 4	4 a 5	87 gr/m2	0.060 mm	Blanco crema	Moreno et al (2017).
Ecuador	Maíz y plátano	Copias y bolsas para alimentos	3 a 4	1 a 2	53.39 g/m2	0.06 mm	Varios	Andy (2020)
México	Agave	Escritura y bolsas de alimentos	3 a 4	1 a 2	121.47 g/m2	0.66 mm	Varios	Jiménez (2017)
Colombia	Café y plátano	Papel periódico	2	3	48,8 g/m ²	0.025-0.07 mm	Amarillento	Ordoñez et al. (2019)
Ecuador	Plátano	Artesanal	3	3	150-250 g/m2	0.23-0.635 mm	Café, Beige	Herrera (2019)
Ecuador	Piña	Cartón, pintura, diplomas	1	5	677.452 g/m2	0.825 mm	Beige	Domínguez (2019)
México	Piña	Escritura, impresión, bolsas, envolturas	2	5	63 - 66 g/m2	0.107-0.130 mm	Opaco	Hernández (2008)

Fuente: Elaboración propia

Anexo 4.

Calificación de rugosidad y resistencia

Escala	Indicador
1	Muy poco
2	Poco
3	Regular
4	Mucho
5	Excesivo

Fuente: Parra, Villar y Prieto, 2010

Anexo 5.

Palabras clave / Keywords

Título: Aprovechamiento de residuos agroindustriales para la elaboración de papel ecológico			
Palabras clave			
Del título	Relacionados al título	Tipo de artículo	Técnica estadística
Aprovechamiento	Reutilización	Investigación cualitativa	Regresión lineal
Residuos orgánicos	Restos	Revisión sistemática	Análisis factorial exploratorio
Agroindustria	Agricultura, Industria	Investigación cualitativa	Análisis factorial de componentes
Elaboración	Obtención	Investigación cuantitativa	Análisis factorial confirmatorio
Papel	Tipos de papel	Tipología	Análisis factorial confirmatorio
Ecológico	Natural, amigable, degradable	Revisión sistemática	Análisis factorial exploratorio
Title: Use of agro-industrial waste for the production of ecological paper			
keywords			
From the title	Related to the title	Article Type	Statistical technique
Achievement	Reuse	Qualitate research	Linear regression
Organic waste	Remains	Systematic review	Exploratory factor analysis
Agroindustry	Agriculture, Industry	Qualitate research	Factorial analysis of components
Elaboration	Obtaining	Quantitative research	Confirmatory factor analysis
Paper	Types of paper	Typology	Confirmatory factor analysis
Ecological	Natural, friendly, degradable	Systematic review	Factorial analysis of components

Fuente: Elaboración propia