



# Obtención de celulosa de residuos agrícolas de tres variedades de plátano (*Musa acuminata Red dacca*, *Musa acuminata* y *Musa paradisiaca*) para fines agroindustriales.

## Obtaining cellulose from agricultural waste of three varieties of banana (*Musa acuminata red dacca*, *Musa acuminata*, and *Musa paradisiaca*) for agroindustrial purposes.

Roxanna Mercedes Zambrano Muñoz<sup>1</sup>, Denisse Margoth Zambrano Muñoz<sup>2</sup>, Karol Yanela Revilla Escobar<sup>3</sup>, Jhonnatan Placido Aldas Morejon<sup>4</sup>, Marcos Alberto Avilés Miño<sup>5</sup>

<https://doi.org/10.59410/RACYT-v10n01ep02-0166>



### Resumen

El plátano se cultiva principalmente en climas cálidos, y la producción de esta materia prima genera una creciente cantidad de residuos vegetales. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la obtención de celulosa a partir de los residuos (tallo, hojas y raquis) de tres variedades de plátano para fines agroindustriales. Se aplicó un diseño factorial ABC, donde el Factor A representa las variedades, el Factor B las partes vegetativas y el Factor C los métodos de blanqueo. En la fase inicial de elaboración de papel, la humedad de la celulosa varió entre 4,89 % y 9,86 %, y el contenido de ceniza se situó entre 9,81 % y 18,86 %. Los análisis físico-químicos revelaron que el raquis de la variedad *Musa Acuminata Red Dacca*, usando el método reproceso, presentó el mejor contenido de humedad (7,77 %) y un bajo contenido de ceniza (2,16 %). Además, el raquis de *Musa Paradisiaca*, mediante el método de blanqueo alcanzó un 69,96 %. Por otro lado, las hojas de *Musa Acuminata Red Dacca* tratadas mediante blanqueo, mostraron un calibre de 1,67 mm. Estos resultados destacan la importancia de seleccionar adecuadamente la variedad y el método de blanqueo para optimizar la producción de celulosa.

### Palabras claves

desechos agrícolas; papel artesanal; producción sostenible; variedades de plátano; subproductos

### Abstract

Plantain is grown mainly in hot climates, and the production of this raw material generates an increasing amount of plant residues. This research objective was to evaluate cellulose production from the residues (stem, leaves, and rachis) of three plantain varieties for agroindustrial purposes. An ABC factorial design was applied, where Factor A represents the varieties, Factor B represents the vegetative parts, and Factor C represents the bleaching methods. At the initial papermaking stage, cellulose moisture varied between 4.89 % and 9.86 %, and ash content ranged between 9.81 % and 18.86 %. The physicochemical analyses revealed that the *Musa Acuminata Red Dacca* rachis, using the reprocessing method, presented the best moisture content (7.77 %) and a low ash content (2.16 %). In addition, the rachis of *Musa Paradisiaca* using the bleaching method reached 69.96 %. On the other hand, *Musa Acuminata Red Dacca* leaves treated by bleaching showed a caliber of 1.67 mm. These results highlight the importance of properly selecting the variety and bleaching method to optimize cellulose production.

### Keywords

agricultural waste; handmade paper; sustainable production; banana varieties; by-products

### Direcciones

<sup>1</sup>Plantaciones de Balsa Plantabal S.A. Quevedo, Ecuador; <sup>2</sup>Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador; <sup>3</sup>Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas. Esmeraldas, Ecuador; <sup>4</sup>Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina; <sup>5</sup>Escuela Municipal de Quevedo. Quevedo Ecuador. Email: roxannazambrano1995@gmail.com; dzambranom@uteq.edu.ec; kyrevilla@pucese.edu.ec; jhonnatanaldas719@gmail.com; marcosaviles52@gmail.com

### Autor para la correspondencia

Roxanna Mercedes Zambrano Muñoz. Plantaciones de Balsa Plantabal S.A. Quevedo, Ecuador. Email: roxannazambrano1995@gmail.com

### Como citar

ZAMBRANO MUÑOZ, Roxanna Mercedes, ZAMBRANO MUÑOZ, Denisse Margoth, REVILLA ESCOBAR, Karol Yanela, ALDAS MOREJON, Jhonnatan Placido and AVILÉS MIÑO, Marcos Alberto, 2025. Obtención de celulosa de residuos agrícolas de tres variedades de plátano (*Musa acuminata Red dacca*, *Musa acuminata* y *Musa paradisiaca*) para fines agroindustriales. Revista Amazónica. Ciencia y Tecnología. 2025. Vol. 10, no. 1, p. 20–26. DOI 10.59410/RACYT-v10n01ep02-0166.


### Editores Académicos

Segundo Valle-Ramírez  
Yasiel Arteaga Crespo  
Luis Ramón Bravo Sánchez  
Ramona Cecilia Párraga Alava  
Jhoan Alfredo Plua Montiel  
Roy Leonardo Barre Zambrano

### Editorial

Editorial de la Universidad Estatal  
Amazónica 2024

### Copyright:

Derechos de autor 2012 UEA | Revista Amazónica Ciencia y Tecnología   
Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.  
Los autores del artículo autorizan a la RACYT, a que este artículo se distribuya y sea compartido  
bajo las condiciones de la Licencia Creative Commons 4.0 (CC-BY 4.0)

## 1. Introducción

El plátano es una fruta tropical cultivada en más de 130 países, es la segunda fruta con mayor producción después de los cítricos; aporta alrededor del 16 % de la producción global de frutas (Chala & Yetenayet, 2018). En la última década, países como Ecuador, Filipinas y Costa Rica son los mayores exportadores. Mientras que, los mayores importadores son Estados, Alemania y Bélgica (López-Guerrero, 2017).

Según las Organizaciones de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), es uno de los cultivos económicamente rentables en América Latina y el caribe. De igual manera, es el principal rubro de ingresos económicos de exportación agrícola del Ecuador (FAO, 2019). Ecuador se convirtió en el primer país como exportador global de plátano, debido a la cantidad hectáreas sembradas (Galarza-Suárez, 2019).

Ecuador, en el 2022, se destacó como líder mundial en la exportación y producción de plátano, con una producción de 234,42 millones de cajas, lo que representó el 26,67 % de sus exportaciones hacia la Unión Europea (León-Ajila, 2020). Las principales ganancias de la industria provienen de las ventas de plátano fresco, mientras que solo el 20% de la fruta es procesada. Este hecho revela un significativo potencial de desarrollo en el procesamiento del plátano, especialmente en la utilización de residuos para generar nuevas cadenas de producción (Jian et al., 2020).

Es fundamental destacar que la demanda de pulpa y papel ha crecido considerablemente debido al aumento exponencial de la población, así como a la industrialización y urbanización (Arroyo-Morocho, 2018). Esta creciente demanda ha llevado a una escasez de recursos de madera fibrosa y a un incremento en la deforestación, ambos problemas asociados con la dependencia excesiva de la madera para la producción de celulosa. En este contexto, los sustitutos no madereros, como los residuos agrícolas (tallos de maíz, bagazo de caña de azúcar y plátano), tienen el potencial de mitigar significativamente la escasez de materias primas para la industria maderera y papelera (Jian et al., 2020).

Según García-Bautista et al. (2020), durante las labores culturales en el cultivo de plátano, se generan pérdidas significativas de residuos orgánicos, entre los cuales se destacan el raquis, los *pseudotallos*, las hojas y la cáscara del plátano. Estos residuos, a pesar de su carácter desechable en la producción convencional, poseen un alto potencial para la obtención de subproductos con valor agregado. Este enfoque no solo contribuye a la reducción de residuos, sino que también promueve el desarrollo de alternativas

ecológicas en la industria de materiales (Brais-Suárez et al., 2019).

La obtención de celulosa a partir de residuos de plátano representa una alternativa sostenible para el aprovechamiento de desechos orgánicos y la producción de biomateriales (Nascimento y otros, 2023). Este proceso inicia con la recolección de los restos de plátano, como cáscaras y partes no consumibles, que se someten a una fase de limpieza y secado para eliminar impurezas y humedad. Posteriormente, los residuos secos se trituran en pequeños fragmentos para facilitar su tratamiento (Thuy-Van et al., 2022). La extracción de celulosa se realiza mediante procesos químicos que incluyen la hidrólisis con soluciones de álcalis, como hidróxido de sodio, que disuelven las fracciones no celulósicas y permiten la liberación de celulosa pura. Finalmente, la celulosa obtenida se recupera mediante filtración y se purifica para eliminar cualquier residuo químico, obteniendo así un material fibroso y versátil que puede ser utilizado en la fabricación de papel, biocompuestos y otros productos sostenibles (Briones-García et al., 2023).

Por lo antes expuesto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la obtención de celulosa a partir de residuos (tallo, hojas y raquis) de tres variedades de plátano (*Musa Acuminata Red dacca*, *Musa acuminata* y *Musa paradisiaca*) para fines agroindustriales.

## 2. Materiales y métodos

Las variedades de plátano se obtuvieron en haciendas del cantón Buena Fe, Los Ríos, Ecuador. Respecto a los análisis, estos fueron realizados en el laboratorio de Química y Bioquímica, ubicado en el campus “La María”, de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo-Ecuador, ubicado a 73 msnm. Latitud: Sur 1°02'24", 26°26.70" de longitud oeste.

### 2.1. Análisis estadístico

Se empleó un diseño trifactorial A\*B\*C, donde el Factor A corresponde a las variedades de planta de plátano; el Factor B es igual a la parte vegetativa y el Factor C es el método de blanqueo. Para determinar diferencia significativa entre la media de los tratamientos se utilizó una prueba de rangos múltiples ( $p < 0,05$ ) mediante el software estadístico INFOSTAT. Los factores y subniveles de estudio se muestran en la **Tabla 1**.

### 2.2. Procedimiento experimental

#### 2.2.1. Procedimiento para la obtención de celulosa

Se emplearon 2000 g para los diferentes residuos de plátano (hojas, tallos y raquis). Para el proceso de obtención de celulosa, se partió desde el

acondicionamiento de las partes vegetativas del plátano, donde se trituraron las muestras para su posterior remojo en 2 L de agua con 20 g de ácido ascórbico por 10 min. Posterior al remojo, estas fueron deshidratadas a 60 °C por 5 días. Transcurrido el tiempo, se procedió a triturar las muestras secas, las que fueron expuestas a una solución del 0,5 % de ácido ascórbico con la finalidad de evitar oxidación (Nascimento et al., 2023).

**Tabla 1** | Tratamientos para el proceso de obtención de celulosa y elaboración de papel artesanal

Corridas	Descripción
T1	<i>Musa acuminata</i> Red Dacca + Hojas + Proceso
T2	<i>Musa acuminata</i> Red Dacca + Hojas + Reproceso
T3	<i>Musa acuminata</i> Red Dacca + Raquis + Proceso
T4	<i>Musa acuminata</i> Red Dacca + Raquis + Reproceso
T5	<i>Musa acuminata</i> Red Dacca + Tallo+ Proceso
T6	<i>Musa acuminata</i> Red Dacca + Tallo + Reproceso
T7	<i>Musa acuminata</i> + Hojas + Proceso
T8	<i>Musa acuminata</i> + Hojas + Reproceso
T9	<i>Musa acuminata</i> + Raquis + Proceso
T10	<i>Musa acuminata</i> + Raquis + Reproceso
T11	<i>Musa acuminata</i> + Tallo + Proceso
T12	<i>Musa acuminata</i> + Tallo + Reproceso
T13	<i>Musa paradisiaca</i> + Hojas + Proceso
T14	<i>Musa paradisiaca</i> + Hojas + Reproceso
T15	<i>Musa paradisiaca</i> + Raquis + Proceso
T16	<i>Musa paradisiaca</i> + Raquis + Reproceso
T17	<i>Musa paradisiaca</i> + Tallo + Proceso
T18	<i>Musa paradisiaca</i> + Tallo + Reproceso

Para el proceso de liberación de celulosa, se utilizó una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 0,5 molar, donde fueron colocadas en baño maría a 95 °C – 98 °C por 30 min; posteriormente, se envasaron en recipientes de 8 L por 8 días. Con relación al blanqueo, este se realizó mediante el uso de peróxido de hidrógeno al 30 % durante 24 horas. Finalmente, se retiraron los residuos del agente blanqueador mediante agua desionizada (García-Alcocer et al., 2019).

### 2.2.2. Procedimiento para la obtención de celulosa

La elaboración de las láminas de papel artesanal se realizó utilizando un bastidor rectangular (14,8 x 21,1 cm) y con ayuda de una prensa manual se extrajo el sobrante de agua durante 24 horas; el secado se realizó por 96 horas a temperatura ambiente (25 °C) (Pérez Niebla & Sánchez Chunga, 2020).

### 2.2.3. Determinación de humedad

Se determinó el porcentaje de humedad, tanto en la celulosa como en el papel artesanal obtenido a partir de ella, siguiendo los procedimientos establecidos por Małachowska et al. (2020). Para ello, se tomaron 5 g de muestra, que se colocaron en una estufa Memmert a una temperatura de 105 °C durante 60 minutos. Transcurrido este tiempo, las muestras se extrajeron de la estufa y se dejaron reposar durante 10 minutos. Finalmente, se pesaron nuevamente y se calculó el porcentaje de humedad por diferencia de peso.

### 2.2.4. Análisis de ceniza

Para determinar el contenido de ceniza, se utilizó una mufla a 550 °C durante 3 horas, conforme al procedimiento descrito por Małachowska et al. (2020). Esta medición se realizó tanto en la fase de obtención de celulosa y producto final (papel artesanal).

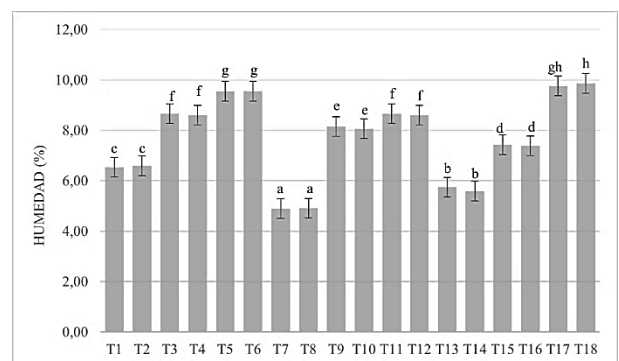
### 2.2.4. Determinación del blanqueo y espesor/calibre

En cuanto al análisis de blancura en las láminas de papel, se empleó el método de *Technidyne*, el cual se centra en la medición de la intensidad de luz reflejada por un material, como papel o tejido, para evaluar su grado de blanqueo (Benítez et al., 2019). Por otro lado, el análisis de calibre/espesor se determinó mediante el uso de un micrómetro digital (*Mitutoyo*) (Martínez-Cardozo et al. 2017).

## 3. Resultados y discusión

### 3.1 Parámetros de calidad de la celulosa

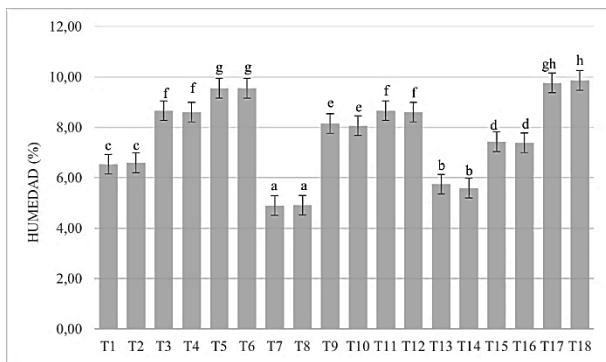
En la **Figura 1** se presentan los resultados de humedad en la celulosa, evidenciando diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre las medias de los tratamientos analizados. El tratamiento T18 mostró la mayor humedad, alcanzando un 9,86 %, mientras que el T7 registró el valor más bajo, con un 4,89 %. Esta mayor humedad en el tratamiento T18 se puede atribuir al alto porcentaje de humedad presente en el tallo de plátano, que puede llegar hasta el 65 %. Además, el método de reproceso utilizado incrementa considerablemente el contenido de humedad. Investigaciones previas han documentado un porcentaje de humedad del 8 % en la celulosa obtenida de residuos de la producción de papel (Labrador & Osto, 2021). Por otro lado, Muhammad-Aiman et al. (2023) reportaron una humedad del 11,32 % en celulosa derivada de tallos de plátano, específicamente utilizados en la fabricación de bolsas de papel.



**Figura 1** | Resultados de humedad en la celulosa a partir de residuos del plátano. Los súper índices muestran diferencia significativa ( $p < 0,05$ ), entre las medias de los tratamientos.

Según el contenido de ceniza (**Figura 2**), la mayor incidencia se observó en los tratamientos 5 y 6, con 16,88 %, en comparación con el T3, que presentó un

menor valor de 9,81 %. Estos resultados difieren de los expuestos por Pérez-Niebla y Sánchez-Chunga (2020), quienes determinaron un contenido de ceniza de 6 % a 8 % en residuos de plátano durante la fase de formación de la celulosa. Por otro lado, autores como Flores-Vargas et al. (2020) establecieron un rango de cenizas entre 3,70 % y 7,40 % en su estudio sobre residuos de plátano como potencial industrial. Es importante señalar que el método de blanqueo utilizado provoca una mayor descomposición de compuestos orgánicos y una mayor concentración de cenizas, debido a las altas temperaturas y al tiempo prolongado involucrados.



**Figura 2** | Resultados de ceniza en la celulosa a partir de residuos del plátano. Los superíndices muestran diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre las medias de los tratamientos.

### 3.2 Parámetros evaluados en el papel artesanal

En la **Tabla 2** se presentan los resultados de los diferentes tratamientos aplicados, donde se puede apreciar que difieren significativamente ( $p < 0,05$ ).

En relación con el contenido de humedad, se observó que el T13 presentó el mayor porcentaje, alcanzando

**Tabla 2** | Resultados obtenidos en el papel artesanal

Corridas	Humedad (%)	Ceniza (%)	Blanqueo (%)	Espesor/calibre (mm)	Humedad (%)
T1	17,68 ± 0,13 <sup>G</sup>	9,88 ± 0,11 <sup>I</sup>	23,64 ± 0,20 <sup>A</sup>	3,66 ± 0,62 <sup>F</sup>	17,68 ± 0,13 <sup>G</sup>
T2	10,80 ± 0,08 <sup>B</sup>	12,40 ± 0,03 <sup>K</sup>	34,68 ± 0,21 <sup>D</sup>	2,13 ± 0,08 <sup>ABCD</sup>	10,80 ± 0,08 <sup>B</sup>
T3	13,65 ± 0,10 <sup>D</sup>	3,58 ± 0,04 <sup>DE</sup>	38,26 ± 0,07 <sup>E</sup>	2,09 ± 0,10 <sup>ABCD</sup>	13,65 ± 0,10 <sup>D</sup>
T4	7,77 ± 0,07 <sup>A</sup>	29,00 ± 0,49 <sup>M</sup>	67,08 ± 0,55 <sup>J</sup>	2,76 ± 0,39 <sup>DE</sup>	7,77 ± 0,07 <sup>A</sup>
T5	17,41 ± 0,08 <sup>FG</sup>	2,88 ± 0,21 <sup>A</sup>	57,51 ± 0,54 <sup>H</sup>	2,92 ± 0,25 <sup>E</sup>	17,41 ± 0,08 <sup>FG</sup>
T6	11,93 ± 0,53 <sup>BC</sup>	10,68 ± 0,04 <sup>J</sup>	54,27 ± 0,05 <sup>G</sup>	2,72 ± 0,06 <sup>DE</sup>	11,93 ± 0,53 <sup>BC</sup>
T7	18,43 ± 0,51 <sup>G</sup>	4,93 ± 0,04 <sup>F</sup>	24,41 ± 0,66 <sup>A</sup>	1,76 ± 0,16 <sup>AB</sup>	18,43 ± 0,51 <sup>G</sup>
T8	12,05 ± 0,44 <sup>C</sup>	12,51 ± 0,15 <sup>K</sup>	32,41 ± 0,69 <sup>C</sup>	2,35 ± 0,19 <sup>ABCDE</sup>	12,05 ± 0,44 <sup>C</sup>
T9	15,60 ± 0,27 <sup>E</sup>	2,16 ± 0,05 <sup>A</sup>	57,22 ± 0,07 <sup>H</sup>	1,69 ± 0,11 <sup>A</sup>	15,60 ± 0,27 <sup>E</sup>
T10	11,57 ± 0,41 <sup>BC</sup>	6,28 ± 0,02 <sup>G</sup>	58,14 ± 0,71 <sup>H</sup>	2,32 ± 0,30 <sup>ABCDE</sup>	11,57 ± 0,41 <sup>BC</sup>
T11	27,84 ± 0,17 <sup>H</sup>	3,19 ± 0,02 <sup>CD</sup>	63,91 ± 0,03 <sup>I</sup>	1,94 ± 0,06 <sup>ABC</sup>	27,84 ± 0,17 <sup>H</sup>
T12	12,37 ± 0,03 <sup>C</sup>	18,27 ± 0,08 <sup>L</sup>	63,25 ± 0,03 <sup>I</sup>	2,63 ± 0,07 <sup>CDE</sup>	12,37 ± 0,03 <sup>C</sup>
T13	40,44 ± 0,20 <sup>I</sup>	3,75 ± 0,06 <sup>E</sup>	27,71 ± 0,53 <sup>B</sup>	2,31 ± 0,21 <sup>ABCDE</sup>	40,44 ± 0,20 <sup>I</sup>
T14	11,46 ± 0,04 <sup>BC</sup>	9,60 ± 0,05 <sup>I</sup>	42,35 ± 0,73 <sup>F</sup>	2,40 ± 0,08 <sup>BCDE</sup>	11,46 ± 0,04 <sup>BC</sup>
T15	16,38 ± 0,38 <sup>EF</sup>	2,72 ± 0,05 <sup>BC</sup>	64,55 ± 0,60 <sup>I</sup>	1,72 ± 0,04 <sup>AB</sup>	16,38 ± 0,38 <sup>EF</sup>
T16	12,49 ± 0,63 <sup>C</sup>	8,52 ± 0,14 <sup>H</sup>	69,96 ± 0,28 <sup>K</sup>	2,10 ± 0,09 <sup>ABCD</sup>	12,49 ± 0,63 <sup>C</sup>
T17	14,17 ± 0,95 <sup>D</sup>	2,44 ± 0,12 <sup>AB</sup>	64,68 ± 1,13 <sup>I</sup>	1,67 ± 0,26 <sup>A</sup>	14,17 ± 0,95 <sup>D</sup>
T18	10,80 ± 0,14 <sup>B</sup>	9,88 ± 0,05 <sup>I</sup>	68,07 ± 1,18 <sup>J</sup>	2,75 ± 0,18 <sup>DE</sup>	10,80 ± 0,14 <sup>B</sup>

En el análisis de calibre y espesor, el mayor valor correspondió al T1, con 3,66 mm, mientras que el T9 presentó el menor valor, con 1,69 mm. Varios investigadores han reportado valores similares en la

un 40,44 %, mientras que el T4 mostró el menor, con un 7,77 %. Los resultados indican que el método de blanqueo tuvo una influencia significativa, evidenciando un notable incremento en el contenido de humedad. Es importante señalar que, al tratarse de papel artesanal, su contenido de humedad supera lo estipulado por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1428, que establece un rango de 5 a 8,5 % para el papel *kraft* utilizado en cajas de cartón corrugado. Por otro lado, Taco-Rivera et al. (2023) reportaron un contenido de humedad del 7,46 % en la producción de papel ecológico obtenido a partir del residuo del endocarpio del plátano verde (*Musa paradisiaca*).

El análisis del porcentaje de ceniza muestra que el mayor contenido se registró en el T4, con 29,00 %, mientras que el menor se encontró en el T9, con 2,16 %. Según Andy-Huatatoca (2020), al emplear distintos métodos químicos (Jayme-Wise, Kurshner y Hoffner), se determinó un contenido de ceniza de 6,74 % en papel elaborado a partir de celulosa de maíz y 7,75 % en papel obtenido de celulosa de cáscara de maíz. Otros autores señalan que el contenido de ceniza se relaciona con la eficiencia en la eliminación de la médula parénquima y los tejidos presentes en los residuos del plátano (Ramdhonee y Jeetah, 2017). En la determinación de blancura, el T16 alcanzó un valor del 69,96 %, que superó al T1 y que presentó un contenido de solo 23,64 %. Según, autores como Pavlović et al. (2023) mencionan un índice de blancura de 80 %. Sin embargo, autores como Burgos-Briones et al. (2022), al utilizar agentes blanqueadores como hidróxido de sodio (NaOH) en concentraciones del 10,00 %, 15,00 % y 20,00 %, lograron un valor promedio de 0,18 % de blancura en papel elaborado con pinzonte de plátano.

producción de papel a partir de diversas materias primas. Por ejemplo, se observó un calibre de 1,90 mm en papel elaborado con cáscara de plátano, 1,59 mm en papel de bagazo de caña de azúcar y 0,96 mm al



utilizar tallo de girasol (Andy-Huatatoca, 2020; Samariha & Khakifirooz, 2011; Daud et al., 2015). Además, Asociación Técnica de la Industria de Pulpa y Papel por sus siglas en inglés TAPPI 411 establece que el espesor permitido en papel se encuentra entre 0,75 y 0,99 mm.

#### 4. Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que los residuos de plátano, en particular de las variedades *Musa acuminata Red Dacca* y *Musa paradisiaca*, poseen un potencial significativo para la obtención de celulosa destinada a la producción de papel artesanal. En la fase de formación de celulosa, el uso del tallo de *Musa*

*acuminata Red Dacca* mediante el método de reproceso dio como resultado un contenido óptimo de humedad del 7,77 % y una calidad de blanqueo notable del 69,96 %. Por otro lado, al emplear el raquis de *Musa acuminata Red Dacca* en el reproceso, se logró un contenido de ceniza del 29,00 %, lo que destaca su composición mineral. La variabilidad en el calibre de las muestras sugiere que, a pesar de las diferencias en sus características físicas, los residuos de plátano representan una oportunidad valiosa para desarrollar alternativas sostenibles en la producción de papel artesanal, promoviendo así un enfoque más ecológico y eficiente en el uso de recursos naturales.

**Agradecimientos** Los autores agradecen a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo

**Contribuciones de los autores** **Roxanna Mercedes Zambrano Muñoz:** Recolección de Datos, Conceptualización de la Investigación, Análisis Formal

**Denisse Margoth Zambrano Muñoz:** Supervisión, Metodología y Visualización

**Karol Yannela Revilla Escobar:** Investigación, Redacción – Borrador Original, Revisión Crítica del Manuscrito

**Jhonnatan Placido Aldas Morejon:** Validación y Curación de Datos. Software

**Marcos Alberto Avilés Miño:** Diseño Figuras y Tablas,

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

**Conflicto de intereses de los autores**

#### 5. Referencias

ANDY-HUATATOCA, L. S. 2020. 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 de pregrado]. Repositorio Institucional: Universidad Nacional del Chimborazo. Available from: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6567>

ARROYO-MOROCHO, F. R. (2018). La economía circular como factor de desarrollo sustentable del sector productivo. *INNOVA Research Journal*. Vol. 3, n.º 12, p. 78-98. DOI: 10.33890/innova.v3.n12.2018.786. Available from: <https://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/article/view/786>

BRAIS SUÁREZ, E., EMILIO, F., MÉNDEZ MARTÍNEZ, G., & SOTO OÑATE, D. (2019). Operational principles of circular economy for sustainable development: Linking theory and practice. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 214, p. 952-961. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.12.271. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618340009>

BENITEZ, J., POPO-AMU, M., VALLEJOS, M., & AREA, M. (2019). Calidad de papel artesanal a partir de fibras no convencionales de cinco especies colombianas. *Revista de Ciencia y Tecnología*. Online.

Vol 1, n.º31. p.28–35. Available from: [https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1851-75872019000100005](https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-75872019000100005)

BRIONES-GARCÍA, J. I., FIALLOS-RAMOS, M. M., EDUARDO-ARIAS, L. S., & VELASTEGUÍ-LÓPEZ, E. (2023). El experimento formativo en la obtención de celulosa microcristalina a partir del *Pennisetum purpureum*. *Revista Universidad y Sociedad*. Online. Vol. 15, n.º 2. p. 389–399. Available from: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202023000200389&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202023000200389&script=sci_arttext)

BURGOS BRIONES, G. A., MENDOZA VÉLEZ, C. J., MENDOZA VÉLEZ, C. E., BEDÓN ARTEAGA, V. G., & ALCÍVAR CEDEÑO, U. E. (2022). Aprovechamiento del pinzote de banano (*Musa paradisiaca*) en la elaboración de papel. *La Técnica*. Online. Vol. 10, n.º 4. p. 69–78. DOI: 10.33936/la\_tecnica.v0i0.4494. Available from: <https://publicacionescd.uileam.edu.ec/index.php/finibus/article/download/147/287/702>

CHALA, K. G., & YETENAYET, T. B. (2018). Assessment of banana fruit handling practices and associated fungal pathogens in Jimma town market, southwest Ethiopia. *Food Science Nutrition*. Online. Vol. 6, n.º 3. p. 609–616. DOI: 10.1002/fsn3.591. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5980282/>

- DAUD, Z., MOHD-HATTA, M., ABDUL-LATIFF, A., & AWANG, H. (2015). Comparison of pulping and bleaching behaviors of some agricultural residues. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. Online. Vol. 39, n.º 3. p. 144–153. DOI: 10.3906/tar-1403-41. Available from: <https://journals.tubitak.gov.tr/agriculture/vol39/iss1/17/>
- FLÓREZ VARGAS, O., SÁNCHEZ ZUÑIGA, J. V., & SÁNCHEZ MOLINA, J. 2020. Caracterización de los residuos de la cosecha del plátano hartón para un potencial uso industrial. *Revista de Investigación, Administración e Ingeniería*. Online. Vol 8, n.º 3. p. 54-69. DOI: 10.15649/2346030X.821. Available from: <https://revistas.udes.edu.co/aibi/article/view/2179>.
- GALARZA SUÁREZ, L. 2019. Tierra, trabajo y tóxicos: sobre la producción de un territorio bananero en la costa sur del Ecuador. *Estudios Atacameños*. Online. Vol. 3, n.º 63. p. 341-364. DOI: 10.22199/ISSN.0718-1043-2019-0034. Available from: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-10432019000300341](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-10432019000300341).
- GARCÍA BAUTISTA, R. M., QUEVEDO GUERRERO, J. N., & SOCCORRO CASTRO, A. R. 2020. Prácticas para el aprovechamiento de residuos sólidos en plantaciones bananeras y resultados de su implementación. *Universidad y Sociedad*. Online. Vol. 12, n.º 1. p. 280-291. Available from: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2218-36202020000100280](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2218-36202020000100280).
- GARCÍA-ALCOCER, S., SALGADO-GARCÍA, S., CÓRDOVA-SÁNCHEZ, S., RINCÓN-RAMÍREZ, J., BOLIO-LÓPEZ, G., CASTAÑEDA-CEJA, R., SAUCEDO-CORONA, A., FALCONI-CALDERÓN, R., & VALERIO-CÁRDENAS, C. 2019. Blanqueo de la fibra de celulosa de paja de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) con peróxido de hidrógeno. *Agro Productividad*. Online. Vol. 12, n.º 7. p. 11-17. DOI: 10.32854/agrop.v0i0.1434. Available from: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1434>.
- JIAN, S., XUEMEI, H., YAYUAN, T., JIE, T., & LI, Z. 2020. Research progress of banana processing. *Chinese Journal of Tropical Crops*. Online. Vol. 32, n.º 34. p. 180-186. DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2020.10.009. Available from: <https://iac.iacademic.info/nxtb/EN/10.11924/j.issn.1000-6850.casb16010144>.
- LÉON AJILA, J. P., ESPINOZA AGUILAR, M. A., CARVAJAL ROMERO, H. R., & QUEZADA-CAMPOVERDE, J. 2022. Análisis de la producción y comercialización de banano en la provincia de El Oro en el periodo 2018-2022. *Ciencia Latina*. Online. Vol. 7, n.º 1. p. 7494-7507. DOI: 10.37811/cl\_rcm.v7i1.4981. Available from: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/4981>.
- MARTÍNEZ-CARDOZO, C., CAYÓN-SALINAS, G., & LIGARRETO-MORENO, G. 2017. Composición química y distribución de materia seca del fruto en genotipos de plátano y banano. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*. Online. Vol. 17, n.º 2. p. 217-227. DOI: 10.21930/rcta.vol17\_num2\_art:491. Available from: <https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/articler/view/491>.
- MAŁACHOWSKA, E., DUBOWIK, M., LIPKIEWICZ, A., PRZYBYSZ, K., & PRZYBYSZ, P. 2020. Analysis of Cellulose Pulp Characteristics and Processing Parameters for Efficient Paper Production. *Sustainability*. Online. Vol. 12, n.º 17. p. 7219. DOI: 10.3390/su12177219. Available from: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/17/7219>.
- MUHAMMAD-AIMAN, M. S., MUHAMMAD-HAZIM, Z. A., & ADNIN-AFIFI, N. 2023. Production of paper bags using banana stem Kraft pulp process. *Multidisciplinary Applied Research and Innovation*. Online. Vol. 4, n.º 3. p. 164–170. Available from: <https://publisher.uthm.edu.my/periodicals/index.php/mari/article/download/9345/3431/66454>.
- NASCIMENTO, R., CARVALHEIRA, M., CRESPO, J., & NEVES, L. 2023. Extraction and characterization of cellulose obtained from banana plant pseudostem. *Clean Technologies*. Online. Vol. 5, n.º 3. p. 1028-1043. DOI: 10.3390/cleantechnol5030052. Available from: <https://www.mdpi.com/2571-8797/5/3/52>.
- LABRADOR, H., & OSTO, S. 2021. Caracterización de la celulosa proveniente del lodo papelerero y su esterificación. *Revista de la Facultad de Ciencias*. Online. Vol. 10, n.º 2. p. 67-81. DOI: 10.15446/rev.fac.cienc.v10n2.94003. Available from: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/115/1152771006/index.htm>
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA [FAO]. 2019. Análisis del mercado del banano: resultados preliminares 2019. Available from: <http://www.fao.org/3/ca7567es/ca7567es.pdf>.
- PAVLOVIĆ, J., PUŠKÁROVÁ, A., PLANÝ, M., FARKAS, Z., RUSKOVÁ, M., KVALOVÁ, K., KRAKOVÁ, L., BUČKOVÁ, M., & PANGALLO, D. 2023. Colored stains: Microbial survey of cellulose-based and lignin rich papers. *International Journal of Biological Macromolecules*. Online. Vol. 241, n.º 4. p. 158. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2023.124456. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813023013508>.
- PÉREZ NIEBLA, T. A., & SÁNCHEZ CHUNGA, D. J. 2020. Análisis de la obtención de fibras de celulosa a partir de raquis de banano mediante extracción tradicional y extracción acelerada [Tesis de pregrado]. Repositorio Institucional: Universidad Técnica de Machala. Available from: <https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15661>.

RAMDHONEE, A., & JEETAH, P. 2017. Production of wrapping paper from banana fibres. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. Online. Vol. 5, n.º 5. p. 4298-4306. DOI: 10.1016/j.jece.2017.08.011. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343717303950>.

SAMARIHA, A., & KHAKIFIROOZ, A. 2011. Application of NSSC pulping to sugarcane bagasse. *BioResources*. Online. Vol. 6, n.º 3. p. 3313–3323. DOI: 10.15376/biores.6.3.3313-3323. Available from: <https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/application-of-nssc-pulping-to-sugarcane-bagasse/>.

TACO RIVERA, J. C., QUIÑONEZ ALVARADO, M. D., CHICAIZA MORALES, W. V., PINCAY AGUIRRE, G. E., & ARELLANO HUERTA, J. A. 2023. Aprovechamiento del endocarpio del plátano verde (*Musa paradisiaca*) para la obtención de papel ecológico. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. Online. Vol. 7, n.º 2. p. 9980-9994. DOI: 10.37811/cl\_rcm.v7i2.6092. Available from: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/6092>.

Technical Association of the Pulp and Paper Industry [TAPPI]. 2019. Grammage of paper and paperboard (weight per unit area). Available from: [https://books.google.com.ec/books/about/Grammage\\_of\\_Paper\\_and\\_Paperboard\\_weight.html?id=gMqv0AEA CAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ec/books/about/Grammage_of_Paper_and_Paperboard_weight.html?id=gMqv0AEA CAAJ&redir_esc=y).

THUY-VAN, N. T., PAG-ASA, G., T.-T. H., THAO-NHI, N. H., NHAT-LONG, H., TRI, N., TRUC-VAN, N. T., TIEN-THANH, N., & HUYNH-KY, P. H. 2022. Cellulose from the banana stem: Optimization of extraction by response surface methodology (RSM) and characterization. *Heliyon*. Online. Vol. 8, n.º 1. p. 1-10. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e11845. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844022031334>.