

DOI: <https://doi.org/10.56124/allpa.v8i16.0116>

## Utilización del bagazo del café (robusta) para la producción de papel

### Use of coffee bagasse (robusta) for paper production

Holguín-Flores Edisson Andrés <sup>1</sup>; Santacruz-Terán Stalin Gustavo <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Manta, Ecuador.

Correo: edisson.holguin@uleam.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-1223-2302>.

<sup>2</sup> Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Manta, Ecuador.

Correo: stalin.santacruz@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0801-9876>.

#### Resumen

El café es uno de los productos más valiosos a nivel mundial. Su proceso de elaboración genera residuos que podrían ser transformados en algún producto. El propósito de este estudio fue obtener un papel con características similares al producto comercial. Para ello, se estudió el uso de hidróxido de sodio con tres concentraciones (13, 15 y 17%) y el tipo de almidón de la fase de encolado con dos niveles (almidón de yuca y maíz) sobre las características físicas y mecánicas del papel. El papel con mejores características se obtuvo con la fécula de yuca como aditivo encolante. En cuanto al espesor los tratamientos T2, T3, T5, T6, T8 y T9, presentaron espesor entre 0.76 a 0.83mm, cumpliendo con lo que establece la Norma TAPPI T 410. En el caso de los análisis de ceniza el tratamiento T4 mostró el menor contenido (4.12%). Los tratamientos realizados para el gramaje superaron lo estipulado por la normativa TAPPI T410 (70-119 g/m<sup>2</sup>), más sin embargo se adecuan para cartulina y cartón. En la evaluación del índice de blancura se demostró que la concentración de NaOH influye en su tonalidad. Se concluye que el bagazo de café es una alternativa en elaboración de papel, y se sugiere continuar en esta línea de investigación empleando otras fuentes de almidón, concentraciones y variedades de café.

**Palabras clave:** Subproducto, revalorización, concentración, bagazo de café.

#### Abstract

Coffee is one of the world's most valuable commodities. Its manufacturing process generates waste that could be transformed into a product. The purpose of this study was to obtain a paper with characteristics similar to commercial paper. To this end, the use of sodium hydroxide at three concentrations (13, 15, and 17%) and the type of starch used in the sizing phase (cassava starch and corn starch) were studied on the paper's physical and mechanical characteristics. The paper with the best characteristics was obtained with cassava starch as a sizing additive. Regarding thickness, treatments T2, T3, T5, T6, T8, and T9 ranged in thickness from 0.76 to 0.83 mm, complying with TAPPI Standard T 410. In the case of ash analysis, treatment T4 showed the lowest ash content (4.12%). The weight treatments exceeded the requirements of TAPPI T410 (70-119 g/m<sup>2</sup>), but are nevertheless suitable for paperboard and cardboard. The evaluation of the whiteness index showed that the concentration of NaOH influences its hue. It is concluded that coffee grounds are an alternative for papermaking, and it is suggested that this line of research be continued using other starch sources, concentrations, and coffee varieties.

**Keywords:** By-product, revaluation, concentration, coffee bagasse.

## 1. Introducción

El café es considerado como uno de los productos más consumido a nivel mundial, el cual es obtenido del fruto de café "cereza de café" (*Coffe canephora*) que previamente ha pasado por un proceso de elaboración (Nitthinkan et al., 2018). A nivel mundial según Hoseini et al., (2021) se producen alrededor de 6.000.000 de toneladas métricas de cultivos de café anualmente, las cuales generan más 0,68 toneladas de residuos, por cada tonelada de café fabricado al año.

Se estima que a nivel nacional, se obtiene aproximadamente a la semana 58.829 toneladas de residuos agroindustriales, de los cuales 16.381,05 toneladas métricas proceden del resultado de la elaboración del café, son pocas las industrias que cuentan con un buen plan de residuos, siendo algunos de estos deficientes ante los residuos del café, solo el 20% de este residuo se deposita en instalaciones adecuadas; lo demás se envía a vertederos, ríos o se incinera (Acosta, 2012). De acuerdo con Vargas & Pérez, (2018) la presencia de residuos de café en los vertederos crea un lixiviado líquido ácido que puede dañar el suelo circundante, y que

además la descomposición resulta en la emisión de gases de efecto invernadero, los cuales aportan al fenómeno del cambio climático.

Actualmente, la producción papel se asocia a impactos ambientales, por la sobreexplotación de recursos naturales por la tala de bosques nativos para plantaciones de pino y eucalipto afecta la producción de pulpa y papel, representa aproximadamente el 90 % de la materia prima convencional (González & Valencia, 2015)

En el mundo se están realizando diversas investigaciones enfocadas en nuevas técnicas y fuentes para la elaboración de papel, utilizando nuevas composiciones a base de polímeros naturales Egamberdiev et al., (2023) donde los residuos de cultivos que representan más de la mitad de la fitomasa agrícola del mundo han sido objetos de diversos estudios enfocados en esta línea de investigación (Lozano & Lozano, 2018)

En la industrialización del café se producen grandes cantidades de desechos lignocelulósicos que pueden ser utilizados como materia prima en la fabricación de papel (Linare-Catañeda et al., 2021). Los sustitutos no madereros,

como el bagazo de café pueden aliviar en gran medida la escasez de materias primas utilizadas para fabricar pulpa y papel, de tal manera que, el creciente interés por conservar el medioambiente

ha motivado el desarrollo de fuentes lignocelulósicas biodegradables a partir de residuos agroindustriales (Worku et al., 2023) (Tabla 1).

**Tabla 1.** Antecedentes del uso de residuos agroindustriales en la elaboración de papel.

Investigación	Autores
Utilización de desechos de <i>Musa paradisiaca</i> como material sustituto en la producción de papel	(Alvarado et al., 2021)
Producción de papel ecológico con cogollos de piña ( <i>Ananas comosus</i> )	(Rozo et al., 2016)
Papel de hojas fina de cáscaras de <i>Allium sativum</i> L.	(Yahya et al., 2023)
Efectos de la cáscara de plátano verde en la fabricación de papel	(Jaramillo Valle et al., 2017)
Papel amate elaborado a partir de residuos húmedos de pulpa de café ( <i>Coffea arabica</i> )	(Aguilar-Rivera et al., 2014)
Residuo de café transformación en bioplástico	(Borunda Baquera et al., 2021)
Exploración del uso de residuos de la agroindustria del café en la producción de materiales compuestos con matriz polimérica: una revisión	(Urrego Yepes & Godoy Pernal, 2021)
Desarrollo de una solución de empaque primario para productos alimenticios utilizando residuos de maíz y piñón mexicano	(Linare-Catañeda et al., 2021)
Análisis de posibilidades de aprovechamiento de biomasa lignocelulósica de café en la región de Chimborazo	(Burgos Arcos & Sablón Cossio, 2022)
Utilización de la cáscara de arroz ( <i>Oryza sativa</i> ) en la producción de fibras de celulosa	(Zambrano Zambrano et al., 2021)

Tal como lo expresa Moreno & Garcia, (2018) el hidróxido de sodio es muy importante en la extracción de la celulosa para la elaboración del papel, debido a que permite separar la lignina de la estructura que la complementa. De igual forma en la producción del papel se requiere que las muestras sean estables, siendo la etapa de encolado un rol

influyente e importante ya que éste el material funciona mejorando los enlaces entre fibras dentro del papel, aumentando así su resistencia. desarrollando un mejor resultado durante las operaciones de prensado, secado y manipulación del producto final (Zanuttini et al., 2008).

Durante la elaboración del papel el almidón contribuye para mejorar la resistencia, la retención de finos y rellenos, o una combinación de ambos (Roberts, 1996). Las principales materias primas de los productos de almidón utilizados en la industria papelera dependiendo de la región son; maíz, maíz ceroso, trigo, patatas y tapioca o yuca. Comúnmente, solo los almidones degradados y/o modificados se utilizan para procesar y producir el papel (Hubbe, 2007).

En base a la información previa, la presente investigación tuvo como finalidad la revalorización del residuo de café (bagazo) empleándolo en la elaboración de papel. Para ello, se evaluó la influencia de la concentración de hidróxido de sodio y el tipo de almidón en la fase encolando.

## 2. Metodología (materiales y métodos)

La materia prima, fue obtenida de la fabrica "El Café C.A" ubicada en el kilómetro 2 1/2 vía Montecristi-Manta, provincia de Manabí. Una vez recolectada la muestra fue trasladada a los laboratorios de la ULEAM.

### Diseño experimental

En el presente estudio, se implementó el diseño completamente al azar (DCA) con un diseño bifactorial A\*B, donde el factor A corresponde concentración de hidróxido de sodio (13, 15 y 17% NaOH) y el factor B corresponde a método de encolado (almidón de yuca, almidón de maíz y un control) (Tabla 2). Se aplicó un análisis de ANOVA y una prueba de Tukey ( $p > 0,05$ ). Los datos fueron procesados con el programa estadístico Infostat versión 2020.

**Tabla 2.** Combinaciones de los tratamientos del presente estudio.

Tratamientos	Bagazo Celulosa	NaOH (Factor A)	Método de encolado (Factor B)
T1	Pulpa	13%	Almidón de yuca
T2	Pulpa	15%	Almidón de yuca
T3	Pulpa	17%	Almidón de yuca
T4	Pulpa	13%	Almidón de maíz
T5	Pulpa	15%	Almidón de maíz
T6	Pulpa	17%	Almidón de maíz
T7	Pulpa	13%	Control
T8	Pulpa	15%	Control
T9	Pulpa	17%	Control

La muestra de bagazo fue deshidratada en un horno de convección a 100°C durante 24 horas, alcanzó una humedad residual entre 3 y 4%. Este residuo fue preparado para los análisis siguiendo el método utilizado por García M & Riaño L., (1999) y Borunda Baquera et al., (2021) con modificaciones. Una vez seca la muestra se desintegró, en un molino (Biobase MD120, Shandong) y se clasificó por tamaño haciendo uso de tamices U.S.A Standard N° 60 (250 µm) y 80 (180 µm). A través de varias pruebas se seleccionó las partículas retenidas en el tamiz N°80 ya que las partículas de tamiz N°60 daban lugar a grumosidad.

### **Digestión Kraft**

Para la extracción de celulosa de la pulpa, mediante la aplicación del método de Borunda Baquera et al. (2021) con modificaciones. A una muestra de 10 g de bagazo de café previamente tratado y seleccionado el tamaño de partículas, se le sometió una hidrólisis con 100 mL de soda cáustica de concentración de 13, 15 y 17% (según el diseño experimental). La mezcla se calentó a 100°C en baño maría (Selecta-precisdig, España), manteniendo la temperatura durante 3 horas.

### **Blanqueamiento de la celulosa**

La celulosa obtenida de la digestión Kraft, fue sometida a blanqueo vaciando 10 g de muestra en un vaso de precipitación, donde se adicionó 25 mL de hipoclorito de sodio (3%), diluyéndolo con 17.5 mL de agua destilada. La mezcla se fijó a 90°C con agitación de 350 rpm haciendo uso de una plancha de calentamiento (Isotemp Fisher scientific, Alcobendas) durante 2 horas. Finalmente, para retirar el exceso de líquido se filtró la mezcla utilizando tela filtrante, a la celulosa obtenida se le aplicó dos procesos de blanqueamiento adicionales.

### **Elaboración de papel**

El prototipo de papel fue formulado de acuerdo con el diseño experimental. Una vez que se obtuvo la pulpa previamente blanqueada y filtrada se manejó la cantidad del 1% de almidón de "yuca" o de "maíz" en las muestras a evaluar, diluyendo el almidón en 5 mL de agua destilada a 85°C, para luego ser mezclada con la pulpa. Esta etapa se denomina encolado, teniendo como objetivo obtener laminas estables en las que el almidón sirve como adhesivo. Las muestras ya listas se sometieron a prensado, con una compresión de 6000

kgf por 40 minutos, utilizando una prensa de laboratorio y colocando la muestra de papel entre tela filtrante. Posteriormente se dio paso a la etapa de secado, en donde la muestra fue calentada con una plancha doméstica (Dry Iron modelo N°235005) a temperaturas entre 100 y 125°C por 10 minutos.

### Características fisicoquímicas

#### Humedad

Para la medida de humedad se utilizó la Norma TAPPIT 412. Se cortó las muestras en partes iguales y se las pesó en una báscula antes y después del secado, empleando una estufa a 105 °C por 2 h. El porcentaje de humedad se calculó por medio de la ecuación (1).

$$\%Humedad = \frac{W1-W2}{W1} \times 100 \quad (1)$$

W1: Peso inicial de la muestra (g) W2:  
Peso libre de humedad (g)

#### Espesor

Se determinó el espesor del papel mediante la Norma TAPPI T 411, en donde se usó un micrómetro digital (Mitutoyo, Japón), se procedió a cortar ocho pedazos de igual tamaño y se tomó

los datos del espesor que arrojo valores mínimos y máximos.

#### Ceniza

Para la medida de ceniza utilizará la Norma TAPPI T211, se empleó una mufla a 525°C

#### Gramaje

Se determino el gramaje de acuerdo a la norma TAPPI T 410, donde el gramaje se expresa (g/m<sup>2</sup>) utilizando una balanza analítica (Sartorius voce ,Escocia) empleando muestra de 5cm x 5cm, la toma de muestra se repitieron tres veces determinando los valores con la siguiente (ecuación 2).

$$gramaje = \frac{masa (g)}{area de la muestra (m^2)} \quad (2)$$

#### Índice de blancura

Para la determinación del índice de blancura (WI), se determinaron L\*, a\* y b\*, con un colorímetro (CR-2500d Konika Minolta, Minolta Croma Meter CR-400, Japón), donde L\* indica la luminosidad (0 a 100) siendo 0 para negro y 100 para blanco. La coordenada a\* es para rojo (+) y verde (-), y b\* es para amarillo (+) y azul (-). A partir de los valores L\*, a\* y b\* se puede calcular el índice de blancura que tiene una de 0 a

100, y se expresa con la ecuación (3) (Guo et al., 2019).

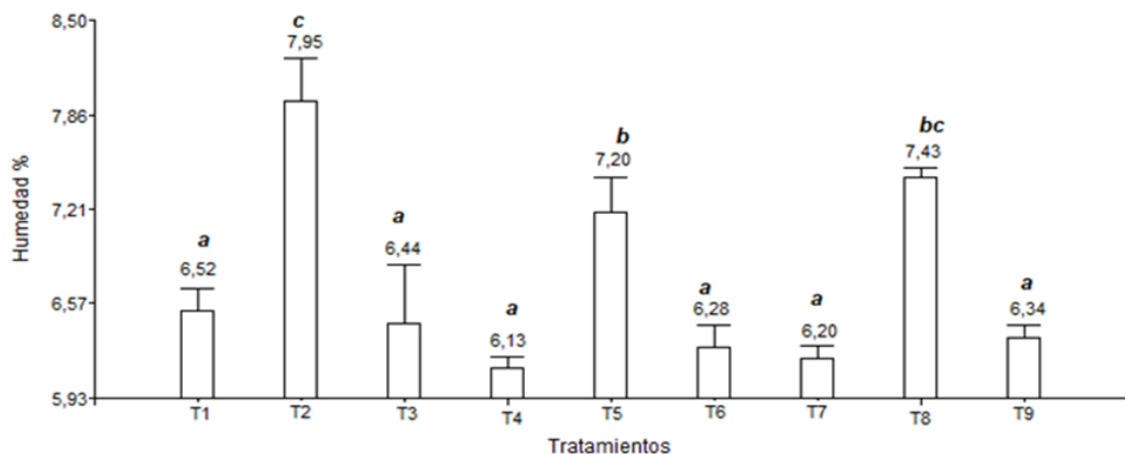
$$WI = 100 - [(100 - L)^2 + a^2 + b^2]^{0.5} \quad (3)$$

### 3. Resultados y discusión

En la Figura 1, se observa que las medias de las humedades de los tratamientos estudiados se encontraron entre 6,13 y 7,95%, siendo el método en los que aplicó almidón de yuca como método de encolado T2 donde se obtuvo mayor relevancia. Este valor, podría estar relacionado con el porcentaje de humedad propio del almidón de yuca.

Respecto a este parámetro, los tratamientos estudiados cumplen con los valores establecidos en la norma TAPPIT 412, la misma que hace referencia a que los porcentajes de humedad son entre 6 y 10%. El nivel de humedad es un parámetro importante que influye en la calidad del papel, pues según (Rhin, 2010) puede actuar en la flexibilidad y la tracción del mismo. Los resultados de este estudio fueron inferiores a los reportados por (García Berfón et al., 2021) quienes obtuvieron valores que oscilaron entre 8 y 11% en papel artesanal obtenidos de malva real, hierba gamba entre otras.

**Figura 1.** Humedad del papel artesanal obtenido del bagazo de café. Las letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Tukey  $p > 0.05$ ).



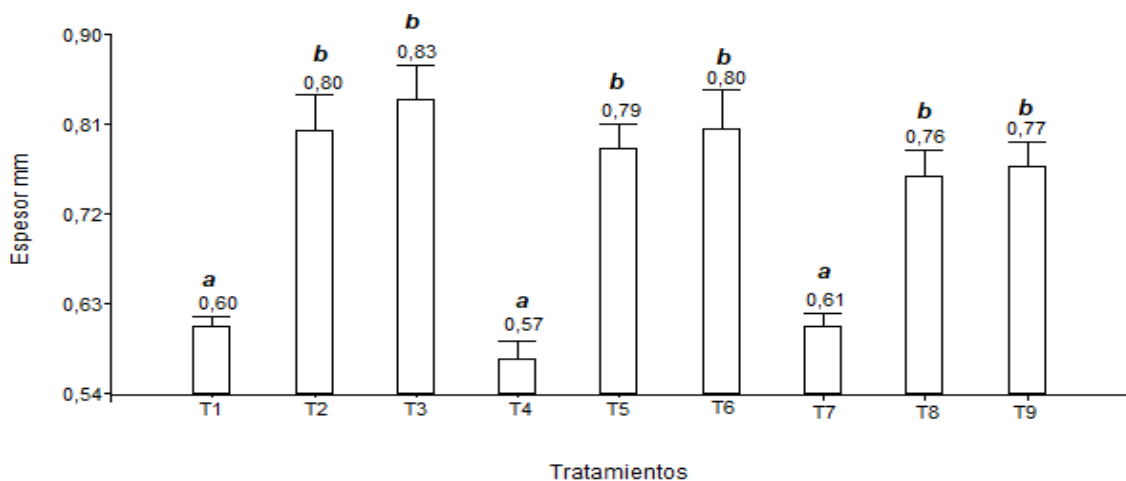
Los tratamientos T2, T3, T5, T6, T8 y T9, presentaron espesor entre 0.76 a 0.83mm (Figura 2), cumpliendo con lo que establece la Norma TAPPIT 411 (0.75 – 0.99mm). Los valores entre los

tratamientos T1, T4 y T7 oscilaron entre 0.57 a 0.61mm los que no alcanzaron los establecido por la norma. Observando que los tratamientos en los que se empleó almidón de maíz no se

alcanzaron lo establecido por la norma, independientemente de la concentración del NaOH. Algo semejante, se mostró en el T8, en que se empleó NaOH al 15% y no se usó encolado. Estos valores son inferiores a lo que indica la norma en el caso de papel Kraft. Así también los resultados obtenidos son mayores a los reportados por (Jaramillo Valle et al., 2017) quien analizó el efecto de la cáscara de plátano verde en la elaboración de papel; sin

embargo, fue superior a la presentada por De Paula et al. (2019) quien evaluó las características de uno elaborado con celulosa de eucalipto y bagazo de azúcar. Los hallazgos también demostraron que, los tratamientos en los que se empleó NaOH al 17%, presentaron mayor espesor, lo que concuerda con lo reportado por (Hasan et al., 2016), quien además indica que la adición de NaOH en la elaboración de papel artesanal mejora la calidad de las fibras y su interacción.

**Figura 2.** Espesor del papel artesanal obtenido del bagazo de café. Las letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Tukey  $p > 0.05$ )



Se puede observar en la Figura 3, el tratamiento T4 presentó un menor contenido de cenizas (4,12%) mostrando diferencias significativas en relación con los otros tratamientos estudiados ( $p > 0,05$ ). En este caso, el T8 fue el tratamiento en donde se evidenció un mayor contenido de cenizas (5,56%). Estos resultados, fueron menores a los

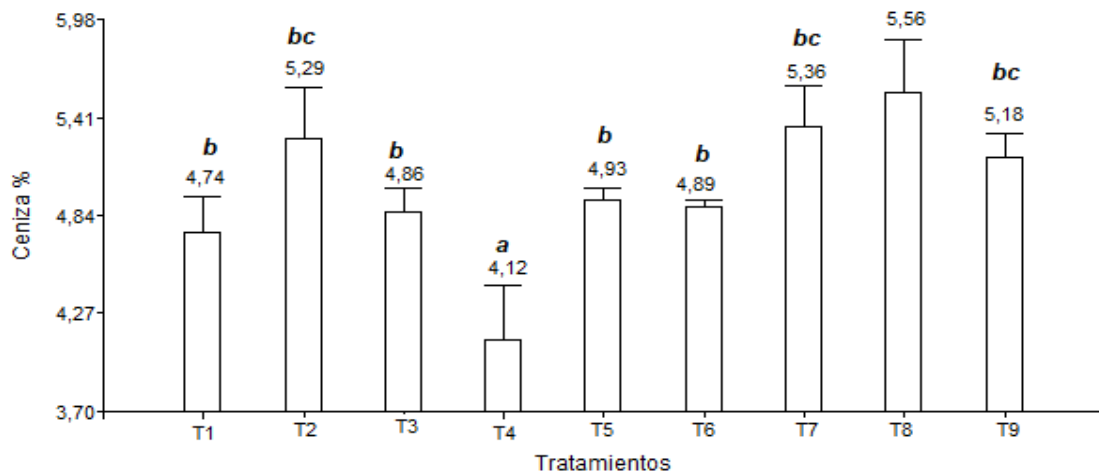
reportados por Arafat et al., (2018) quien encontró contenido de cenizas en papel elaborado con fibra y desechos de plátano, obteniendo valores de 10,4 y 13,8% respectivamente. Sin embargo, los valores obtenidos, son superiores a los presentados por Vianney et al. (2023) quien analizó las características físicas del papel elaborado con cascara de



banano y obtuvo 2,11% de cenizas. Estas diferencias demuestran que el contenido de cenizas en papel Kraft

puede estar influenciado por el material vegetal.

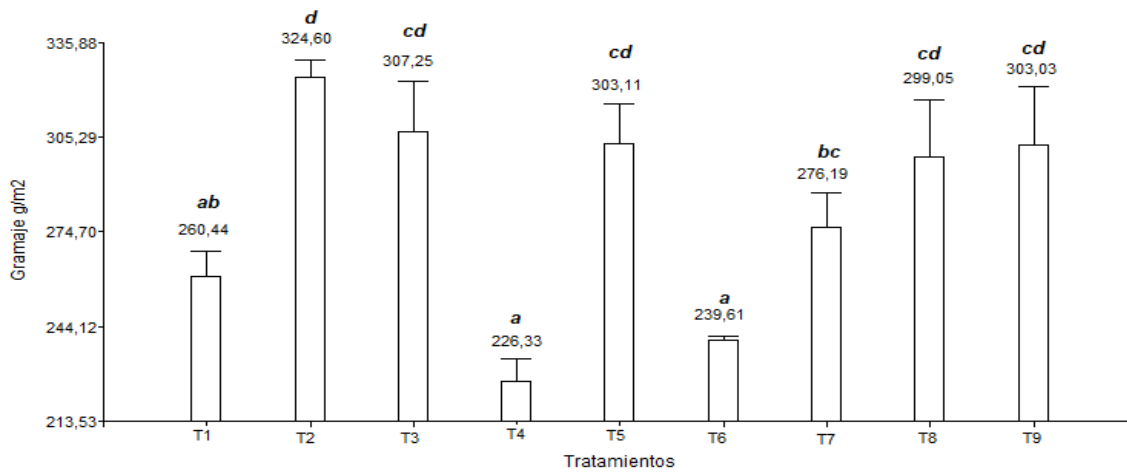
**Figura 3.** Concentraciones cenizas de papel artesanal obtenido del bagazo de café. Las letras diferentes significan diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. (Tukey  $p>0.05$ )



En el caso de este parámetro, se puede observar en la Figura 4, que existieron diferencias significativas entre los tratamientos ( $p>0,05$ ). El T4 presentó un gramaje de 226,33 g/m<sup>2</sup>, y fue el más inferior obtenido en este estudio, mientras que T2 obtuvo el mayor gramaje con 324,60 g/m<sup>2</sup>. Estos resultados tuvieron similitud con los de un papel de empaque hecho con cáscara de plátano y aceites esenciales (Widiastut & Susanti, 2018). Según Coles et al. (2003) un papel con un gramaje superior a 200 g/m<sup>2</sup> se lo clasifica como tipo cartón, cartulina y cartón ondulado. Los valores de gramaje del presente trabajo están fuera de rango de lo establecido por la norma TAPPI T 410

que da valores entre 70 y 119 g/m<sup>2</sup> para papel comercial. Los tratamientos con NaOH al 15 y 17% más almidón de yuca presentaron mayor gramaje, así también el T8 y T9 en donde se usaron concentraciones similares de NaOH sin sustancia de encolado. Esto, podría suponer que la concentración de sosa cáustica podría tener relación, no obstante, esta tendencia no fue igual en el caso de los tratamientos en lo que se usó almidón de maíz, en donde solo el T5 cumplió con lo requerido por la norma. Es interesante observar cómo los tratamientos en los que se empleó NaOH al 15% se observó un mayor gramaje en la muestra, mientras que no se observó dependencia del método de encolado.

**Figura 4.** Gramaje del papel obtenido del bagazo de café. Letras diferentes representan diferencias significativas entre los tratamientos. (Tukey  $p > 0.05$ )



En la Tabla 3 se puede observar el índice de blancura de las muestras bajo estudio, estos se encuentran en el mismo cuadrante: luminosidad significativa ( $L^*$  de aprox.  $-75 \pm$ ), exhibiendo una leve inclinación hacia tonalidades verdosas ( $-a^*$ ) y amarillentas ( $b^*$ ). No se han identificado condiciones acromáticas en ninguno de los escenarios analizados, donde los valores de  $a^*$  y  $b^*$  se mantuvieron en cero. Según las tendencias observadas, es patente que se refieren a tonalidades de blanco cálido, con una leve inclinación

hacia el amarillo, en lugar de blancos fríos con un sutil matiz azul/grisáceo.

Los valores de índice de blancura obtenidos variaron en un rango de  $WI=74.83$  a  $WI=78.09$ . Se observó una tendencia de una mejor tonalidad a mayor concentración de NaOH, efecto que fue observado por (Yahya et al., 2023), en donde se empleó concentraciones de NaOH (5%, 12.5% y 20%) en la elaboración de papel (*Allium sativum* L) obteniendo que a mayor concentración el papel tiende a ser más claro.

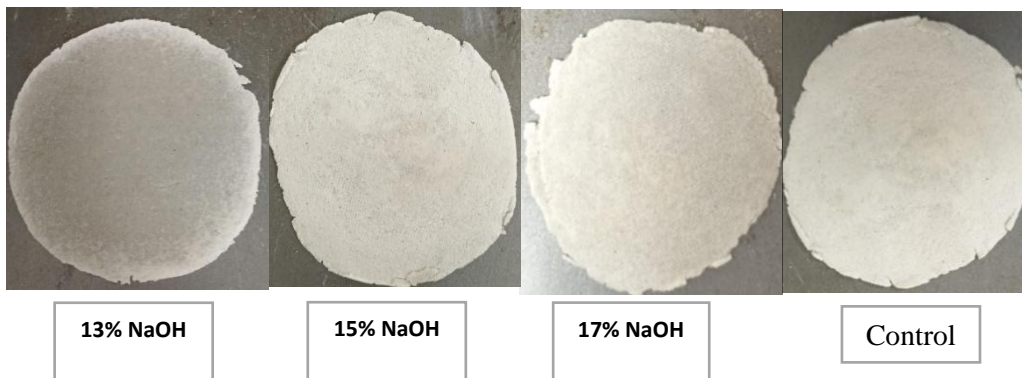
**Tabla 3.** Índice de blancura de papel Kraft elaborado con bagazo de café

Tratamientos	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$W^*$
T1	80,23	-0,32	13,95	75,80
T2	83,64	-0,58	15,9	77,18
T3	83,11	-0,39	14,06	78,03
T4	79,5	-0,32	13,96	75,19
T5	82,19	-0,71	13,91	77,39
T6	81,71	-0,71	12,03	78,09

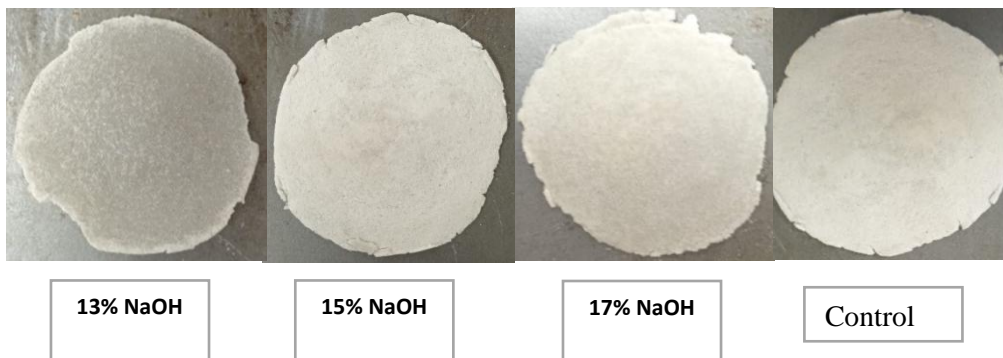
T7	80,53	-0,57	15,94	74,83
T8	80,83	-0,27	13,85	76,34
T9	82,84	-0,35	13,76	78,00

En este proceso de investigación, los resultados se evidencian en la figura 5 y 6. En donde se aplicaron los niveles de NaOH y el almidón.

*Figura 5. Resultado del papel obtenido con distintos niveles de NaOH más el 1% de almidón de yuca*



*Figura 6. Resultado del papel obtenido con distintos niveles de NaOH más el 1% de almidón de Maíz*



#### 4. Conclusiones

En el presente trabajo se comprobó que es viable la utilización del bagazo de café en la producción de papel. Los resultados obtenidos indicaron que el método de encolado y la concentración de NaOH influyen en las características

del papel. En el caso de la humedad, se observó que los tratamientos en los que se aplicó almidón de yuca como método de encolado, si cumplieron con lo requerido en la norma de calidad. En cuanto al espesor, solo los tratamientos en los que uso NaOH al 15 y 17%

cumplieron con lo requerido en la normativa. De la misma manera, se observó que el almidón de yuca favoreció la concentración de cenizas, en contraste con el efecto del almidón obtenido de maíz. Los tratamientos realizados para el gramaje superaron lo estipulado por la normativa TAPPI T410 (70-119 g/m<sup>2</sup>), para ser considerado papel comercial, más sin embargo se adecuan para producir cartulina, cartón o cartón ondulado, observándose. Finalmente, los resultados obtenidos en este trabajo reflejaron que la concentración de NaOH incide en el índice de blancura.

## Bibliografía

- Acosta, R. (2012). Utilización de Residuos de Café Tostado y Molido como Bioadsorbente para la Remoción de Arsénico ( V ) en Agua Resumen Wasted Roast and Ground Coffee as Bioadsorbent to Removal Arsenic ( V ) in Water Abstract. *Química central*, 2(1), 49–59.
- Aguilar-Rivera, Houbron, E., Rustrian, E., & Reyes-Alvarado. (2014). Papel amate de pulpa de café (*Coffea arabica*) Residuos de beneficios húmedos. *Ra Ximhai*, 10(3), 103–117.
- Alvarado, L., Cevallos, P., Alcívar, B., Dueñas, V., & Antonieta, R. (2021). Residuos del banano (*Musa paradisiaca*) como materia prima alternativa en la elaboración de papel. *Colón Ciencias Tecnología y Negocios*, 8(1), 35–46. <https://doi.org/DOI:10.48204/j.colonciencias.v8n1a3>
- Arafat, K., Nayyen, J., Quadery, A., Quaiyyum, M., & Sarwar Jahan, M. (2018). Handmade paper from waste banana fibre. *Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research*, 55(2)(2), 83–88. <https://doi.org/https://doi.org/https://doi.org/10.3329/bjsir.v55i2.36668>
- Borunda Baquera, P., Hernández Quintero, A., & Marcela Ramírez López, E. (2021). Residuo de café transformado en bioplástico. *Ciencia transdisciplinaria para el desarrollo y la supervivencia de la humanidad*, 59–72.
- Burgos Arcos, C., & Sablón Cossio, N. (2022). Evaluation of alternatives for the use of coffee lignocellulosic biomass in Chimborazo. *Ingeniería Industrial*, XLIII(4), 1–16. <https://doi.org/https://orcid.org/0000-0001-7925-7746>
- Coles, R., McDowell, D., & MJ, K. (2003). *Food Packaging Technology*, in *Technology & Engineering*. CRC Press, 241–281.
- De Paula, I., Ceballos Guerta, A., & Miliani Martinez, R. (2019). Comparison of Eucalypt, Pine,

- and sugarcane cellulose fibers used for paper production. *Árvore*, 43(3), 1–7. <https://doi.org/https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/1806-90882019000400011>
- Egamberdiev, E., Akmalova, G., & Rahmonberdiev, G. (2023). Obtaining paper products from cellulose-containing plants and researching its field of application (en línea). *IOP Conference Series. Earth and Environmental Science*, 1142((1):12054.).
- García Berfòn, L., Armijos Riofrio, C., Aguilar Ramirez, S., Lòpez Cordova, C., Ramírez-Roble, J., Ramírez-Roble, L., & Pogo-Tacuri, E. (2021). Non-woody species study from Loja Province (Ecuador) as potential raw materials for handmade paper manufacture. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 22(2), 1–13. <https://doi.org/https://doi.org/https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2021.22.2.011>
- García M, A. F., & Riaño L, C. . (1999). Extracción de celulosa a partir de la borra de café. *Cenicafé*, 50(3), 205–214.
- González, V. K., & Valencia, I. (2015). Memorias del V Congreso Latinoamericano de Agroecología - SOCLA. En Abbona Esteban (Ed.), Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP) (Sarandón, S, Vol. 1). Santiago, J.
- Guo, J., Kong, L., Du, B., & Xu, B. (2019). Morphological and physicochemical characterization of starches isolated from chestnuts cultivated in different regions of China. *International journal of biological macromolecule*, 130, 357–368.
- Hasan, A., Salleh, S., & Hafferi, N. (2016). The effects of sodium hydroxide content on mechanical and physical properties of rice straw paper. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 4(6), 2–8.
- Hoseini, M., Cocco, S., Casucci, C., Cardelli, V., & Corti, G. (2021). Coffee by-products derived resources A review (en línea). *Biomass and Bioenergy* 148:106009.
- Hubbe, M. A. (2007). Paper's resistance to wetting-A review of internal sizing chemic and their effects. *BioResources*, 1, 106–145.
- Jaramillo Valle, F., Corral Ruiz, A., Fois Lugo, M., & Reyes Pincay, B. (2017). Elaboración de papel vegetal que cumpla las normas TAPPI para el diseño e impresión a partir de la fibra de la cascara del plátano verde. *Polo del Conocimiento*, 2(6), 499–515. <https://doi.org/https://doi.org/10.23857/pc.v2i6.145>

- Linare-Catañeda, A., Corzo-Ríos, L., Bautista-Ramírez, E., & Gómez, Y. (2021). Elaboración de un envase primario para alimentos a partir de residuos de maíz y piñón mexicano. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 24(1), 1–15.
- Lozano, F. J., & Lozano, R. (2018). Assessing the potential sustainability benefits of agricultural residues: Biomass conversion to syngas for energy generation or to chemicals production. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4162–4169. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.037>
- Moreno, R., & Garcia, S. (2018). Determinación de la concentración óptima de hidróxido de sodio para la obtención de papel y sus propiedades fisicomecánicas, a partir del raquis del racimo de plátano (*Musa paradisiaca*). *Investigación Universitaria UNU*, 8(2), 1–10.
- Nitthinkan, N., Leelapornpisid, P., Natakankitkul, S., Chaiyana, W., Mueller, M., Viernstein, H., & Kiattisin, K. (2018). Improvement of Stability and Transdermal Delivery of Bioactive Compounds in Green Robusta Coffee Beans Extract Loaded Nanostructured Lipid Carriers. *Journal of Nanotechnology*, 2018(1), 1–12.
- Rhin, J. (2010). Effect of moisture content on tensile properties of paper-based food packaging materials. *Food Sci Biotechnol*, 19(4), 243–247. <https://doi.org/10.1007/s10068-010-0034-x>
- Roberts, J. (1996). *The chemistry of paper*. Cambridge: Royal Society of Chemistry. Royal Society of Chemistry. [https://books.google.com.ec/books?id=JhGNFFAlZtYC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=JhGNFFAlZtYC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Rozo, G., González, L., & Villamizar, L. (2016). Elaboración de un papel a base de cogollos de piña. *Revista Nova (Colombia)*. [file:///C:/Users/PC/Downloads/hcoronado,+Articulo+6 \(2\).pdf](file:///C:/Users/PC/Downloads/hcoronado,+Articulo+6%20.pdf)
- Urrego Yepes, W., & Godoy Pernal, M. (2021). Revisión Aprovechamiento de los residuos de la agroindustria del café en la elaboración de materiales compuestos de matriz polimérica. *Dialnet*, 19(2), 2216–1368.
- Vargas, Y., & Pérez, L. (2018). Aprovechamiento De Residuos Agroindustriales En El Mejoramiento De La Calidad Del Ambiente. *Revista facultad de ciencias básicas*, 14(1), 59–72.
- Vianney, A., Lubgama, M., Opio, J., Mennya, E., Nono, D., &

- Nalubega, H. (2023). Production and Characterization of Paper from Banana Stem Fiber: Optimization Using Box-behnken Design (BBD). *Journal Natural Fibers*, 20(5), 1–15. <https://doi.org/https://doi.org/https://doi.org/10.1080/15440478.2023.2192019>
- Widiastut, A., & Susanti, E. (2018). Natural wrapping paper from banana (*Musa paradisiaca* Linn) peel waste with additive essential oils. *Journal of Physics: Conference Series*, 1022. <https://doi.org/doi:10.1088/1742-6596/1022/1/012032>
- Worku, L., Bachheti, A., Bachheti, R., Rodrigues Reis, C., & Chandel, A. (2023). Agricultural Residues as Raw Materials for Pulp and Paper Production. Overview and Applications on Membrane Fabrication, 13.
- Yahya, M. H. M., Nasir, A. A., Hassim, N., A. Shafie, Umor, N. A., Othman, Z., & Ahmad, M. R. (2023). The Effect of Different Concentration of NaOH on Mechanical Properties of *Allium sativum* L. Peels Thin Sheet Paper. *ASM Sc. J*, 18. <https://doi.org/https://doi.org/10.32802/asmscj.2023.1519>
- Zambrano Zambrano, G., García Macías, V., Cedeño Palacios, C., & Alcívar Cedeño, U. (2021). Aprovechamiento de la cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) para la obtención de fibras de celulosa. *Polo del Conocimiento*, 6(4), 415–437. <https://doi.org/DOI:10.23857/pc.v6i4.2572>
- Zanuttini, M., Antúnez, C., Clemente, A., Torres, A., Ferreira, P., & Mochiutti, P. (2008). Capítulo VI Propiedades del papel (pp. 236–275).