

Transformación de la paja de Oryza sativa para la obtención de papel orgánico Trujillo - 2025

Transformation of Oryza sativa straw for the production of organic paper Trujillo - 2025

Aarón Jhordy Diaz Galan ¹ , Luis Jesus Chavez De La Cruz ² ,
Victor Andres Huaman Obregon ³ , Yadira Valeria Casana Cano ⁴ ,
Haniel Solis Muñoz ⁵ 

RESUMEN

La quema de paja de arroz genera grandes emisiones de gases de efecto invernadero, lo que contribuye a la contaminación ambiental y pérdida de recursos. Frente a ello, este estudio busca transformar la paja de Oryza sativa en papel orgánico como alternativa sostenible para reducir residuos agrícolas y promover la economía circular. El objetivo principal es desarrollar un proceso sostenible para obtener papel orgánico a partir de paja de arroz, evaluando sus propiedades físico-químicas e impacto ambiental. Para ello, se identificarán las características de la materia prima, se diseñará y optimizará el proceso de transformación y se evaluará la calidad del producto final. La investigación es de tipo experimental con enfoque cuantitativo, aplicando un diseño experimental factorial para analizar variables como la concentración de reactivos (KOH, H₂O₂, ZnO), temperatura y pH. Se recolectarán paja de arroz del valle Jequetepeque y se realizarán procesos de deslignificación, blanqueamiento, formación de pulpa y secado. Los datos se analizarán mediante pruebas estadísticas como ANOVA. Se espera obtener un papel orgánico con propiedades comparables al papel convencional, demostrando su viabilidad técnica y ambiental. Este resultado impulsará el aprovechamiento de residuos agrícolas y reducirá la contaminación por quema de paja.

Palabras clave: Paja de arroz, economía circular, papel orgánico, diseño experimental, celulosa.

ABSTRACT

Burning rice straw generates significant greenhouse gas emissions, contributing to environmental pollution and resource loss. In response, this study seeks to transform Oryza sativa straw into organic paper as a sustainable alternative to reduce agricultural waste and promote the circular economy. The main objective is to develop a sustainable process to obtain organic paper from rice straw, evaluating its physical and chemical properties and environmental impact. To this end, the characteristics of the raw material will be identified, the transformation process will be designed and optimized, and the quality of the final product will be evaluated. The research is experimental with a quantitative approach, applying a factorial experimental design to analyze variables such as reagent concentration (KOH, H₂O₂, ZnO), temperature, and pH. Rice straw will be collected from the Jequetepeque Valley, and delignification, bleaching, pulping, and drying processes will be performed. Data will be analyzed using statistical tests such as ANOVA. The goal is to produce organic paper with properties comparable to conventional paper, demonstrating its technical and environmental viability. This result will boost the use of agricultural waste and reduce pollution from straw burning.

Keywords: Rice straw, circular economy, organic paper, experimental design, cellulose.

1. INTRODUCCIÓN

En el Perú, una de las actividades productivas más importantes del sistema agrícola es el arroz, considerado uno de los cultivos de importancia nacional; este es uno de los productos que más aporta al Producto Bruto

¹ Universidad Nacional de Trujillo, Ciudad Trujillo, País Perú. ajdiazg@unitru.edu.pe

² Universidad Nacional de Trujillo, Ciudad Trujillo, País Perú. ljchavezd@unitru.edu.pe

³ Universidad Nacional de Trujillo, Ciudad Trujillo, País Perú. vahuamano@unitru.edu.pe

⁴ Universidad Nacional de Trujillo, Ciudad Trujillo, País Perú. yvcasanac@unitru.edu.pe

⁵ Universidad Nacional de Trujillo, Ciudad Trujillo, País Perú. hsolism@unitru.edu.pe

Interno (PBI) agropecuario y agrícola (Sanjinez & Julca, 2019). Sin embargo, la producción de este cultivo produce aproximadamente entre 0,7 y 1,4 kg de paja de arroz por kilogramo de arroz molido, dependiendo de factores como la variedad, la altura de corte del rastrojo y el contenido de humedad en el momento de la cosecha (Cuong et al., 2025). Debido a las limitaciones de tiempo para preparar la tierra para el siguiente cultivo, aproximadamente una cuarta parte de la paja se quema en el campo, esto contribuye significativamente a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (VAN et al., 2014). Los gases que se emiten a la atmósfera incluyen el dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), metano (CH₄), óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO₂), material particulado (PM) y otras sustancias (Gadde et al., 2009). Los agricultores suelen quemar la paja después de la cosecha o antes de la siembra debido a la falta de técnicas, la escasez de mano de obra rural, la falta de conciencia ambiental y la ausencia de mercados para productos derivados de la paja (Demont et al., 2020).

La presente investigación genera gran énfasis en la transformación de los desechos de las industrias agrícolas, al darles un valor agregado y ser convertidos en residuos que generen gran aprovechamiento. En este contexto, la paja de oryza sativa es un subproducto que ha generado gran interés al ser poseedora de propiedades aptas para ser transformada en papel orgánico. Este subproducto agrícola ha despertado un creciente interés en la industria como recurso multifuncional, capaz de integrarse en aplicaciones de alto valor y abordar los retos de sostenibilidad. La paja de arroz se ha convertido en un recurso importante para producir materiales como lignina, celulosa y papel, ofreciendo una alternativa viable a la pulpa de madera.

Una forma de aprovechar la paja de *Oryza sativa* es transformándola en papel orgánico, lo que ayuda a cuidar los bosques y a reducir los residuos agrícolas. Por lo que estudios recientes han señalado que el papel elaborado a partir de paja de arroz presenta propiedades físicas inferiores en comparación con el papel producido a partir de pulpa de madera (Tian et al., 2025). Estas diferencias se reflejan en aspectos como la resistencia, la textura y la durabilidad del material, lo que representa un desafío en su implementación a gran escala y en aplicaciones que requieran altos estándares de calidad.

La problemática que enfrenta el valle es la gestión de residuos en la producción de arroz, especialmente a la disposición de la paja de arroz, destacando la necesidad de estrategias innovadoras y sostenibles para reducir el impacto ambiental. La quema de paja, la cual es una práctica habitual entre los agricultores, contribuye de manera significativa en la emisión de gases de efecto invernadero y a la calidad del aire de las cercanías. Este problema no solo afecta a la salud de los residentes sino que representa una pérdida de recurso y potencial valor económico. Por ello el desarrollo de un proceso para transformar la paja de *Oryza sativa* en un papel orgánico brinda una solución a este problema, pues se reducen los residuos agrícolas y disminuye la dependencia de materia como la madera, que cada vez tenemos en menor cantidad debido a la constante deforestación y por todo esto la presente investigación se justifica por su potencial en generar un impacto positivo en la economía circular al darle un valor agregado a algo que es considerado como un desperdicio además que su implementación contribuirá al cumplimiento de objetivos globales como la sostenibilidad ambiental.

El desarrollo de esta investigación permite identificar y optimizar las variables clave del proceso, como la concentración de reactivos, tiempo y temperatura de reacción, con el objetivo de producir un papel con características físicas y mecánicas comparable al papel convencional, generando un menor impacto ambiental en la contaminación atmosférica por la quema del residuo de oryza sativa.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal desarrollar un proceso sostenible que permita la transformación de la paja de oryza sativa en papel orgánico.

Para alcanzar este objetivo, se plantea identificar las características y propiedades físico-químicas que posee la paja de oryza sativa. Además, se busca diseñar y optimizar el proceso de transformación de la paja de oryza sativa en papel orgánico. Adicionalmente, se procederá a evaluar el impacto ambiental que genera el procedimiento propuesto. Finalmente, se pretende someter a evaluación la calidad del papel orgánico obtenido, procurando que este cumpla con los estándares de calidad permisibles.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales

- Paja de arroz (*Oryza sativa*)
- Agua
- Tijeras
- Hidróxido de potasio (KOH)
- Peróxido de hidrógeno al 50%
- Óxido de zinc (ZnO)
- Cacerola
- Tres cubetas de plástico
- Cuchara de metal
- Vaso de precipitado

- Termómetro
- pH-metro
- Cocina eléctrica o de gas
- Licuadora
- Marco de madera con rejilla de malla
- Retazos de tela absorbentes

2.2 Metodología

2.2.1 Preparación de la materia prima

- Lavar la paja de arroz con agua corriente para quitar la suciedad.
- Enjuagar con agua destilada para eliminar impurezas restantes.
- Secar al sol o en una estufa a 60 °C durante 24 horas.
- Triturar la paja hasta obtener partículas pequeñas (menores a 1 cm).

2.2.2 Deslignificación con Hidróxido de Potasio

- Preparar una solución de KOH al 2–5% p/v en agua destilada.
- Añadir 100 g de paja triturada a 1 litro de la solución.
- Calentar la mezcla a 80 °C con agitación constante durante 90 minutos.
- Dejar enfriar y luego filtrar para obtener las fibras tratadas.
- Lavar las fibras con abundante agua destilada hasta alcanzar un pH neutro (~7).
- Fundamento: El KOH rompe los enlaces entre la lignina y la celulosa, lo que facilita la separación de las fibras celulósicas.

2.2.3 Blanqueamiento con hidróxido de potasio

- Preparar una solución de H₂O₂ al 1–3% en agua destilada.
- Sumergir las fibras previamente tratadas en esta solución.
- Dejar actuar durante 30 a 60 minutos bajo luz solar indirecta o en un ambiente controlado.
- Lavar las fibras con agua destilada hasta eliminar completamente los residuos de H₂O₂.
- Disolver 1 g de ZnO en 100 ml de agua destilada, agitando fuertemente hasta formar una suspensión.
- Agregar la suspensión a la pulpa ya blanqueada.
- Mezclar bien para distribuir el ZnO de manera uniforme.

2.2.4 Formación de la pulpa

- Mezclar las fibras tratadas con suficiente agua para formar una suspensión líquida homogénea (aproximadamente 2% de sólidos).
- Batir la mezcla con una licuadora o molino hasta obtener una pulpa fina y uniforme.

2.2.5 Moldeo y secado

- Usar un marco con malla fina y sumergirlo en la cubeta que contiene la pulpa.
- Retirar el marco lentamente, permitiendo que se forme una capa uniforme de fibras sobre la malla.
- Presionar suavemente la superficie para drenar el exceso de agua.

2.2.6 Prensado y secado

- Colocar la hoja húmeda entre telas absorbentes.
- Presionar con una prensa manual o con pesas durante 2–4 horas para eliminar el exceso de agua.
- Retirar con cuidado y colocar sobre una superficie lisa.
- Dejar secar al aire libre o en estufa a 60 °C durante 12–24 horas.

Tabla 1. Tabla del diseño experimental.

Nº Papel	Concentración KOH (p/v)	Temperatura a (°C)	Uniformidad
1	5%	100 °C	2
2	4%	80 °C	4
3	5%	80 °C	5
4	4%	100 °C	3

Nota. La presente tabla muestra el diseño experimental utilizado en el estudio para evaluar la influencia de los factores de concentración de hidróxido de potasio (4% y 5% p/v) y la temperatura (80 °C y 100 °C) sobre la uniformidad del papel elaborado a partir de paja de arroz. Cada combinación fue evaluada en cuanto a la uniformidad del papel resultante, la cual

se calificó mediante una escala subjetiva de 1 a 5, donde 1 representa una muestra muy irregular y 5 corresponde a una muestra muy uniforme.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proyecto "Transformación de la paja de *Oryza sativa* para la obtención de papel orgánico" generará nuevos conocimientos en el campo de la valorización de residuos agrícolas, específicamente en el aprovechamiento sostenible de la paja de arroz como materia prima para la fabricación de papel ecológico. Este estudio permitirá identificar y caracterizar las propiedades físico-químicas de la paja de arroz local del valle Jequetepeque, lo cual puede variar según condiciones climáticas y prácticas agrícolas regionales. Además, se desarrollará un proceso experimental ajustado a las condiciones locales para obtener papel orgánico con características comparables al papel convencional, considerando variables como la concentración de reactivos (KOH, H₂O₂, ZnO) y temperatura. Este procedimiento representa una innovación metodológica que podría aplicarse a otros residuos agrícolas en contextos similares.

Asimismo, la investigación tendrá un impacto positivo en Trujillo y en la Universidad Nacional de Trujillo (UNT) desde múltiples perspectivas. En primer lugar, ayudará a reducir la quema indiscriminada de paja de arroz en los campos del valle Jequetepeque, una práctica común que genera emisiones de gases de efecto invernadero como CO₂, CO, CH₄. En segundo lugar, esta iniciativa brindará nuevas oportunidades económicas para agricultores y comunidades locales, fomentando la creación de microempresas artesanales dedicadas a la producción de papel reciclado y productos derivados.

Tabla 2. Características obtenidas del papel orgánico de *Oryza sativa* en función a las variaciones realizadas.

N°	Concentración KOH (p/v)	Concentración H ₂ O ₂ (v/v)	Temperatura (°C)	Uniformidad	Coloración	Características obtenidas
1	5%	2%	100	Bastante no uniforme	amarillento	Papel grueso y resistente
2	4%	4%	80	Ligeramente no uniforme	amarillo pálido	Papel fino y flexible
3	5%	4%	80	Muy uniforme	blanco	Papel equilibrado entre resistencia y flexibilidad.
4	4%	2%	100	Moderadamen te no uniforme	amarillento	Papel fino y con buena resistencia.

Nota. Se evaluó el efecto de diferentes concentraciones de KOH y H₂O₂, así como la temperatura, sobre las características del papel obtenido. La muestra 3 (5% KOH, 4% H₂O₂ a 80 °C) mostró los mejores resultados, con una coloración blanca, alta uniformidad y un balance adecuado entre resistencia y flexibilidad. Las demás muestras presentaron menor uniformidad y tonalidades amarillentas, con variaciones en grosor y resistencia

Tabla 3. Parámetros físicos de cada variación del papel orgánico de *Oryza sativa*.

Pámetros	Papel 1	Papel 2	Papel 3	Papel 4
pH	7.0	7.07	6.84	6.78
Conductividad (uS/cm)	410	609.4	110	509.2
Sales (ppm)	204	258	553	315
Sales (%)	0.02	2.58	7.4	5.54

Nota. Presenta los parámetros físicos obtenidos para cuatro muestras de papel orgánico elaborado a partir de *Oryza sativa* (arroz). Estos parámetros incluyen el pH, la conductividad eléctrica, las sales expresadas en ppm y las sales expresadas como porcentaje (%).

Figura 1. Resumen gráfico del procedimiento experimental para la obtención de papel a base de oryza sativa.

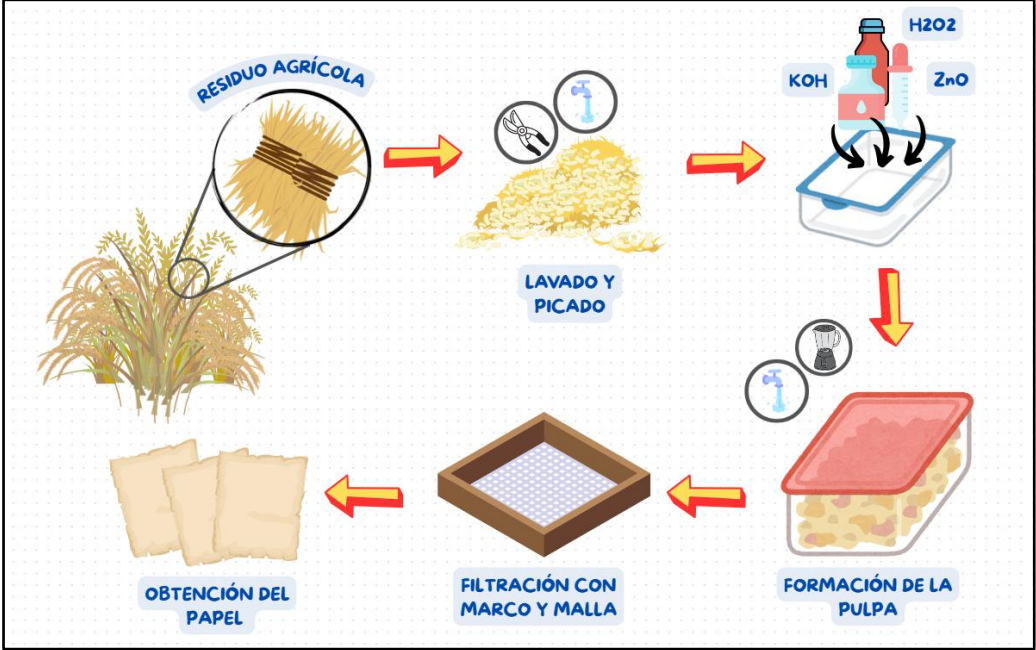


Figura 2. Preparación de la pulpa.



Figura 3. Medición de pH.



Figura 4. Enmoldado.



Figura 5. Papel finalizado.



3.1 DISCUSIONES

Este trabajo confirma que es técnica y económicamente viable convertir la paja de arroz (*Oryza sativa*) en papel orgánico, ofreciendo una solución innovadora para aprovechar los residuos agrícolas y fomentar la economía circular en comunidades rurales. Al utilizar estos desechos, no solo se evita su quema al aire libre, una práctica que, según Gadde et al. (2009) y Cuong et al. (2025), libera grandes cantidades de gases de efecto invernadero (GEI) y perjudica la salud ambiental, sino que también se genera un producto con valor agregado, alineándose con los principios del desarrollo sostenible.

Investigaciones previas indican que la paja de arroz contiene entre un 35% y 45% de celulosa, suficiente para producir papel de calidad aceptable. Si bien sus propiedades físicas pueden ser inferiores a las del papel tradicional de pulpa de madera, avances recientes han logrado mejoras significativas en su resistencia y uniformidad. Por ejemplo, Tian et al. (2025) destacan que ajustes en el proceso, como la concentración de reactivos (KOH y H_2O_2), la temperatura y otras variables, pueden optimizar el resultado. En este estudio, la mejor combinación se obtuvo con un 5% de KOH y un 4% de H_2O_2 a 80 °C, produciendo un papel equilibrado en resistencia, flexibilidad y tonalidad.

Aunque el método desarrollado es replicable incluso con recursos limitados, es necesario seguir investigando para escalar a nivel industrial. Sería útil explorar la mezcla de la paja de arroz con otros biopolímeros o aditivos naturales que mejoren sus propiedades, así como realizar análisis de ciclo de vida para comparar su impacto ambiental con otros métodos de gestión de residuos. Estas innovaciones podrían consolidar al papel de paja de arroz como una alternativa ecológica y económicamente viable.

4. CONCLUSIONES

El estudio demostró que es técnicamente factible obtener papel orgánico a partir de paja de arroz. Se identificaron los parámetros óptimos para el proceso, incluyendo concentraciones específicas de reactivos (KOH al 4–5%, H_2O_2 al 2–4%), temperaturas entre 80 y 100 °C, y condiciones controladas de tiempo y secado. Estas variables influyen directamente en las características del papel obtenido, como su resistencia mecánica, color y uniformidad. Aunque las propiedades físicas del papel orgánico no llegaron a igualar completamente las del papel convencional hecho a partir de pulpa de madera, se logró un producto viable, especialmente considerando su bajo costo de producción y su potencial para aplicaciones artesanales o de embalaje biodegradable.

Un hallazgo importante fue la viabilidad económica del proyecto. Con un presupuesto total de solo S/ 50.40, se logró desarrollar un prototipo de papel orgánico, lo cual sugiere que el proceso puede ser replicado por comunidades rurales o microempresas sin necesidad de altas inversiones. Esto abre oportunidades para generar empleo local y valor agregado a un recurso que actualmente se considera desperdicio.

5. AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de este proyecto de elaboración de papel de arroz a partir de paja de arroz. Este trabajo no hubiera sido posible sin la colaboración y el apoyo de quienes nos acompañaron en cada etapa del proceso.

En primer lugar, queremos reconocer al profesor Haniel Solís Muñoz, cuya orientación, conocimientos y constante apoyo fueron esenciales para el desarrollo exitoso de este proyecto. Su paciencia y compromiso con el aprendizaje nos inspiraron a dar lo mejor de nosotros mismos y a mantener el enfoque en la investigación y la innovación.

Agradecemos también a la Universidad Nacional de [Nombre de la universidad], por brindarnos los recursos necesarios y un entorno propicio para el desarrollo académico. La formación y el apoyo que hemos recibido de esta institución han sido fundamentales para llevar a cabo esta iniciativa y seguir ampliando nuestros horizontes en la investigación aplicada.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chollakup, R., Kongtud, W., Sukatta, U., Piriyaasatits, K., Premchookiat, M., & Jarerat, A. (2020). Development of Rice Straw Paper Coated with Pomelo Peel Extract for Bio-Based and Antibacterial Packaging. *Key Engineering Materials*, 847, 141-146. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/kem.847.141>
- Cuong, O. Q., Demont, M., Pabuayon, I. M., & Depositario, D. P. T. (2025). What drives rice farmers away from straw burning? Evidence from the Mekong Delta, Vietnam. *Environmental Challenges*, 19, 101150. <https://doi.org/10.1016/J.ENVC.2025.101150>
- Demont, M., Truc, N.T.T., Hung, N.V., Giang, D.P., Toàn, G.M., Hinh, N.T., Ninh, H.T., Custodio, M.C., Quilloy, R., Gummert, M. (2020). Rice straw value chains and a case study on straw mushroom in Vietnam's Mekong River Delta. Sustainable Rice straw management. Gummert, M., Nguyen, V.H., Chivenge, P. & Douthwaite, B., eds., pp. 175–192. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-32373-8_11
- Gadde, B., Bonnet, S., Menke, C., & Garivait, S. (2009). Air pollutant emissions from rice straw open field burning in India, Thailand and the Philippines. *Environmental Pollution*, 157(5), 1554–1558. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2009.01.004>
- Goodman, B. A. (2020). Utilization of waste straw and husks from rice production: A review. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 5(3), 143-162. <https://doi.org/10.1016/J.JOBAB.2020.07.001>
- Kumar, P., et al. (2020). Utilization of rice straw for bio-based products: Opportunities and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 132, 110003.
- Martínez-Guillén, J. R., Álvarez-Martínez, F. J., Micol, V., & Barrajón-Catalán, E. (2025). More than a by-product: Scientific advances on the valorization of rice straw for a greener future. *Industrial Crops and Products*, 230, 121101. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2025.121101>
- Porwal, S., Malviya, R., Sridhar, S. B., Shareef, J., & Warsi, M. H. (2025). Processing and biomedical applications of sustainable rice straw polysaccharide biomaterials: Waste to wealth. *Food Bioscience*, 63, 105778. <https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2024.105778>
- Sanjinez, F., & Julca, A. (2019). Caracterización de parcelas productoras de arroz (*Oryza sativa* L.) en Tumbes, Perú. *Agroindustrial Science*, 9(1), 67–75. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2019.01.09>
- Tian, Y. S., Zuo, Z. H., Deng, Y. D., Zhang, W. H., Wang, Y., Zhang, H., Wang, B., Gao, J. J., Li, Z. J., Wang, L. J., Fu, X. Y., Han, H. J., Xu, J., Peng, R. H., & Yao, Q. H. (2025). Engineering the biosynthetic pathway of bacterial cellulose in rice to improve the performance of straw-derived paper. *Plant Communications*, 101259. <https://doi.org/10.1016/J.XPLC.2025.101259>
- VAN, N. P. H., NGA, T. T., ARAI, H., HOSEN, Y., CHIEM, N. H., & INUBUSHI, K. (2014). Rice Straw Management by Farmers in a Triple Rice Production System in the Mekong Delta, Viet Nam. *Tropical Agriculture and Development*, 58(4), 155–162. <https://doi.org/10.11248/JSTA.58.155>
- Yennam R., Priyanka S., Gaurav D., Venkat M., Vijay M. & Sandip D. 2024. Synthesis of handmade craft-paper from agricultural waste. *Indian Journal of Chemical Technology*, 31,(4), 546-552. <https://doi.org/10.56042/ijct.v31i4.2667>