

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2025,  
Volumen 9, Número 1.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i1](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1)

**BIODEGRADACIÓN DE RESIDUOS  
AGROINDUSTRIALES: USO DE *Pleurotus  
ostreatus* EN EL COMPOSTAJE DE CÁSCARAS  
DE CACAO Y COCO**

**BIODEGRADATION OF AGRO-INDUSTRIAL WASTES: USE  
OF *Pleurotus ostreatus* IN COCOA AND COCONUT HUSK  
COMPOSTING**

**Karina Margoth De La Cruz Vichicela**  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador

**Jonathan Gabriel Castro Castro**  
Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador

DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i1.16601](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.16601)

## Biodegradación de Residuos Agroindustriales: Uso de *Pleurotus ostreatus* en el Compostaje de Cáscaras de Cacao y Coco

Karina Margoth De La Cruz Vichicela<sup>1</sup>

[karina.delacruz2015@uteq.edu.ec](mailto:karina.delacruz2015@uteq.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0001-6457-7069>

Facultad de Posgrado, Estudiante de Maestría  
en Biotecnología Agropecuaria

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Ecuador

Jonathan Gabriel Castro Castro

[jonathan.castro2015@uteq.edu.ec](mailto:jonathan.castro2015@uteq.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0002-7706-7097>

Facultad de Posgrado, Estudiante de Maestría  
en Biotecnología Agropecuaria

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Ecuador

### RESUMEN

El estudio sobre la biodegradación de residuos agroindustriales mediante el hongo *Pleurotus ostreatus* se enfocó en abordar la problemática ambiental que generó la acumulación de subproductos de la producción de cacao y coco en Ecuador. La investigación propuso el uso de *P. ostreatus* como una solución viable para transformar estos desechos en abonos orgánicos de alta calidad, alineándose con los principios de sostenibilidad y economía circular. En la metodología, se utilizaron dos cepas de *P. ostreatus* (Gris y Blanca) y se prepararon sustratos a partir de cáscaras de cacao y coco, que fueron triturados y esterilizados. Se realizaron mezclas en diferentes proporciones para evaluar su efectividad en la biodegradación, y el inóculo se cultivó en medio PDA antes de aplicarse a los sustratos preparados. Los resultados mostraron que la cáscara de coco al 100% presentó la mayor eficiencia biológica y la tasa de biodegradación más alta, superando a la cáscara de cacao. La combinación de ambos sustratos optimizó la biodegradación y la producción de compost. Estos hallazgos confirmaron que *P. ostreatus* fue efectivo en la biodegradación de residuos agroindustriales, contribuyendo a la producción de compost de calidad y promoviendo prácticas agrícolas sostenibles. La investigación resaltó la importancia de implementar estrategias que redujeran la dependencia de fertilizantes químicos y mejoraran la gestión de residuos en el sector agroindustrial, beneficiando así al medio ambiente y a la agricultura local.

**Palabras claves:** agroindustriales, biodegradación, compostaje, pleurotus ostreatus, residuos

---

<sup>1</sup> Autor principal

Correspondencia: [jonathan.castro2015@uteq.edu.ec](mailto:jonathan.castro2015@uteq.edu.ec)

# Biodegradation of Agro-industrial Wastes: Use of *Pleurotus ostreatus* in Cocoa and Coconut Husk Composting

## ABSTRACT

The study on the biodegradation of agro-industrial waste using the fungus *Pleurotus ostreatus* focused on addressing the environmental problems generated by the accumulation of by-products from cocoa and coconut production in Ecuador. The research proposed the use of *P. ostreatus* as a viable solution to transform these wastes into high quality organic fertilisers, in line with the principles of sustainability and circular economy. In the methodology, two strains of *P. ostreatus* (Grey and White) were used and substrates were prepared from cocoa and coconut shells, which were crushed and sterilised. Mixtures were made in different proportions to evaluate their effectiveness in biodegradation, and the inoculum was grown on PDA medium before being applied to the prepared substrates. The results showed that 100% coconut husk had the highest biological efficiency and the highest biodegradation rate, outperforming cocoa husk. The combination of both substrates optimised biodegradation and compost production. These findings confirmed that *P. ostreatus* was effective in biodegrading agro-industrial waste, contributing to the production of quality compost and promoting sustainable agricultural practices. The research highlighted the importance of implementing strategies that reduce dependence on chemical fertilisers and improve waste management in the agro-industrial sector, thus benefiting the environment and local agriculture.

**Keywords:** agro-industrial, biodegradation, composting, pleurotus ostreatus, waste

*Artículo recibido 16 diciembre 2024*  
*Aceptado para publicación: 18 enero 2025*



## INTRODUCCIÓN

La generación de residuos Agroindustriales representa un desafío ambiental significativo a nivel mundial. En países como Ecuador, actividades como la producción de cacao y coco generan grandes cantidades de subproductos, principalmente cáscaras, que a menudo carecen de una gestión adecuada. Este manejo deficiente contribuye a problemas ambientales como la contaminación de suelos y cuerpos de agua, así como a la emisión de gases de efecto invernadero (Corredor *et al.*, 2018; Ortiz *et al.*, 2020). Entre las alternativas sostenibles para abordar esta problemática, destaca la biodegradación mediante hongos del género *Pleurotus*. En particular, *Pleurotus ostreatus* es conocido por su capacidad para descomponer materia lignocelulósica, transformando residuos agrícolas en abonos orgánicos de alta calidad (Ramos *et al.*, 2014; Garzón y Cuervo, 2008). Este enfoque no solo reduce el impacto ambiental de los desechos, sino que también genera productos útiles para la agricultura, alineándose con los principios de sostenibilidad y economía circular.

Los residuos agrícolas y agroindustriales están compuestos principalmente por celulosa y lignina. La celulosa, un polímero de glucosa, constituye el componente principal de la pared celular de las plantas, mientras que la lignina, un compuesto fenólico, aporta rigidez estructural, pero dificulta la degradación de la celulosa (López *et al.*, 2006; García, 2007; Sánchez y Royse, 2001). Los hongos de la pudrición blanca, como *Pleurotus* spp., destacan por su capacidad para secretar enzimas que degradan tanto la celulosa como la lignina, obteniendo nutrientes del sustrato (Garzón y Cuervo, 2008; Albertó, 2008).

El cultivo de *P. ostreatus* ofrece una solución eficiente para la reutilización de residuos lignocelulósicos. Este hongo, conocido también como “hongo ostra”, utiliza como sustratos materiales ricos en celulosa y lignina, como las cáscaras de cacao y coco, y crece bajo condiciones controladas (García *et al.*, 2011; Gaitán-Hernández *et al.*, 2006). Las condiciones óptimas para su desarrollo incluyen temperaturas entre 23 y 32 °C (siendo 28 °C ideal para el crecimiento micelial y 18-20 °C para la formación de primordios), un pH de 4.5-7, y una humedad relativa del 80-90 % (Sánchez y Royse, 2001).

Investigaciones han demostrado que la combinación de diferentes sustratos puede mejorar significativamente la eficiencia del proceso y la calidad del compost producido (Mendoza *et al.*, 2019). Esto subraya la importancia de explorar mezclas como las de cáscaras de cacao y coco para optimizar los beneficios del compostaje.



El éxito en la producción de *P. ostreatus* depende en gran medida del inoculante, conocido también como "spawn", que se elabora sembrando micelio en granos de cereal estériles. Las tasas de inoculación suelen variar entre el 2 % y el 5 %, aunque algunos estudios han explorado porcentajes superiores para aumentar la productividad (Zhang *et al.*, 2002; Royse *et al.*, 2004).

El uso de inoculantes líquidos, aunque menos frecuente debido a dificultades de almacenamiento y altas tasas de contaminación, ha mostrado resultados prometedores en la producción de basidiomas (Smita, 2011; Abdullah *et al.*, 2013). Además, innovaciones recientes como el encapsulamiento de micelio en esferas de alginato han mejorado la calidad microbiológica del inoculante (Ortiz *et al.*, 2017).

El compost producido mediante este proceso puede enriquecer los suelos agrícolas, mejorar su fertilidad y reducir la dependencia de fertilizantes químicos, promoviendo un enfoque integral para la sostenibilidad ambiental. Este estudio se enmarca en la búsqueda de soluciones viables frente a los desafíos actuales y futuros de la agricultura y la gestión de residuos agroindustriales.

La presente investigación busca optimizar el proceso de biodegradación de residuos agroindustriales mediante el uso de *P. ostreatus*, evaluando tanto las combinaciones de sustratos como las tasas de inoculación. Este trabajo no solo contribuye al manejo sostenible de desechos, sino que también fomenta prácticas agrícolas más respetuosas con el medio ambiente, fortaleciendo al mismo tiempo la economía circular en el sector agroindustrial (Colavolpe *et al.*, 2014; Sánchez y Royse, 2017).

## **METODOLOGÍA**

### **Lugar de Estudio**

La investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Bromatología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicado en el campus "La María", en el km 7 ½ de la vía Quevedo – El Empalme, recinto San Felipe, Cantón Mocache, Provincia de Los Ríos. Durante el periodo de estudio, que abarcó aproximadamente ocho meses, se registró una temperatura media de 25.82 °C y una humedad relativa del 86 %.

### **Cepas del Hongo**

Se utilizaron dos cepas de *P. ostreatus*, Gris y Blanca. Estas cepas fueron seleccionadas por su capacidad conocida para degradar residuos lignocelulósicos y su potencial para la producción de biomasa.

### **Preparación del Sustrato**

Los sustratos utilizados en el estudio fueron cáscaras de cacao y cáscaras de coco, recolectados de instalaciones agroindustriales locales.

Los residuos fueron triturados y esterilizados en autoclave a 121 °C durante 15 minutos para eliminar contaminantes. Posteriormente, se prepararon mezclas de sustrato en diferentes proporciones: 100 % cáscara de cacao, 100 % cáscara de coco y combinaciones de ambos.

### **Preparación del Inóculo**

El inóculo se preparó a partir de cultivos de las cepas seleccionadas, mantenidas en medio PDA (Potato Dextrose Agar). Se inocularon placas de Petri con las cepas y se incubaron a 25 °C durante 7 días. Una vez que el micelio cubrió la superficie del medio, se recolectó y se mezcló con el sustrato preparado en una proporción del 10 % (v/v).

### **Siembra e Incubación**

El sustrato inoculado se colocó en bandejas de aluminio y se incubó en condiciones controladas de temperatura y humedad. Se mantuvo una temperatura de 25-30 °C y una humedad relativa del 60-70 % durante un periodo de 30 días. Se monitoreó el crecimiento del micelio y se registraron las condiciones ambientales.

### **Inducción y Cosecha**

La inducción de la fructificación se realizó mediante la reducción de la temperatura a 20 °C y el aumento de la ventilación. Estas condiciones se mantuvieron durante 10 días, tras los cuales se observaron los cuerpos fructíferos.

La cosecha se llevó a cabo cuando los hongos alcanzaron un tamaño óptimo, y se registró el peso total de la biomasa producida.

### **Evaluación de los Rendimientos**

Se evaluaron los rendimientos mediante la medición de la tasa de producción de biomasa y la eficiencia biológica de las cepas en los diferentes sustratos.

### **La eficiencia biológica (EB)**

Se calculó mediante la fórmula utilizada fue la siguiente (Mendoza et al. 2019)



$$EB = \frac{PFto}{PSS} * 100$$

Donde:

PFto: Peso fresco total, expresado en gramos (g).

PSS: Peso seco del sustrato, expresado en gramos (g).

### **Tasa de biodegradación**

Se calculó midiendo la cantidad de sustrato restante en comparación con la cantidad inicial. Este proceso se pesó el sustrato al inicio y a intervalos regulares durante el experimento. La fórmula utilizada para el cálculo fue la siguiente:

$$\text{Tasa de Biodegradación (\%)} = \frac{(\text{Masa Inicial} - \text{Masa Restante})}{\text{Masa Inicial}} \times 100$$

Donde:

Masa Inicial es la cantidad de sustrato al inicio del experimento.

Masa Restante es la cantidad de sustrato en cada punto de muestreo.

Se calcularon parámetros como la tasa de degradación de los residuos y el contenido de nutrientes (N, P, K) en el compost resultante.

### **Caracterización Molecular**

Las muestras fúngicas fueron enviadas al laboratorio ID Gen, ubicado en Quito, donde se realizó la extracción de ADN mediante el método de fenol-cloroformo, utilizando aproximadamente 100 mg de muestra. La integridad y calidad del ADN se evaluaron mediante espectrofotometría de microvolúmenes y visualización en gel de agarosa. El ADN se diluyó hasta una concentración aproximada de 20 ng/μL para su amplificación mediante PCR, utilizando los primers EF1-alfa: EF1-983F/EF1-2218R.

Los productos de PCR se purificaron antes de la secuenciación por el método Sanger. Posteriormente, las secuencias obtenidas se limpiaron y ensamblaron utilizando programas bioinformáticos. Finalmente, se compararon las secuencias ensambladas con la base de datos de nucleótidos de GenBank del NCBI para su identificación taxonómica. El árbol filogenético se construyó usando el programa MEGA 11 mediante el método Neighbor-Joining Tree, evaluando la confiabilidad con un bootstrapping de 1000 repeticiones (Sánchez *et al.*, 2021).



## Análisis Estadístico

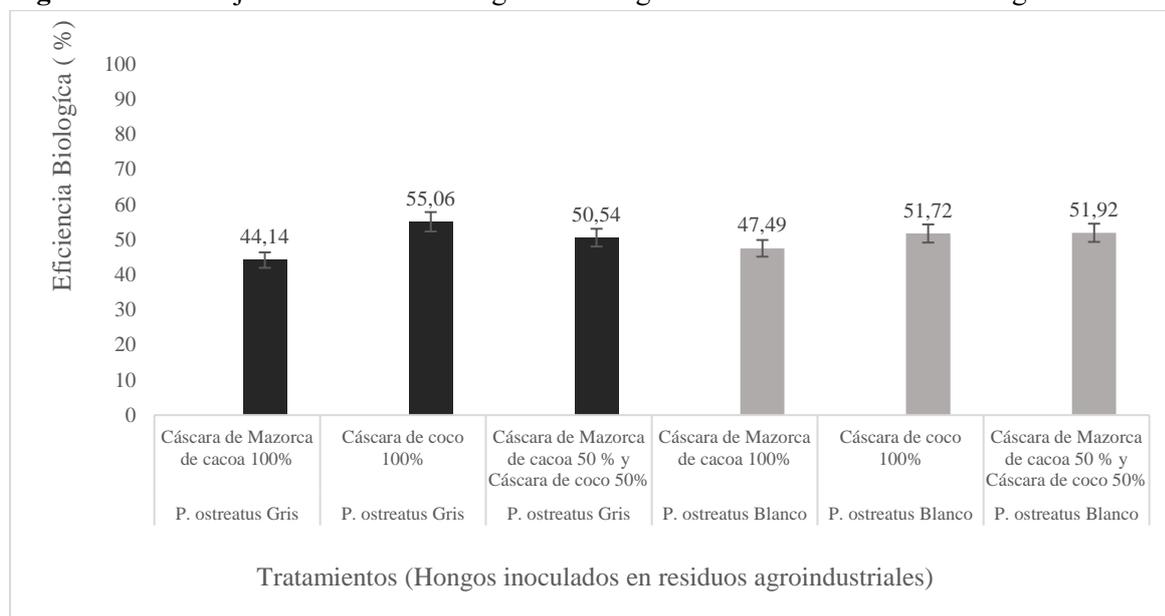
Los datos obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos. Se utilizó un nivel de significancia de  $p < 0.05$ . Los análisis se realizaron con software estadístico Infostat libre de acceso y se presentaron como media  $\pm$  desviación estándar.

## RESULTADOS

### Eficiencia Biológica

En la Figura 1, se observó que la eficiencia biológica varía según el tipo de residuo utilizado. La cáscara de coco al 100% muestra la mayor eficiencia biológica con un 55.06%, lo que indica que este residuo es más adecuado para el crecimiento del hongo. La combinación de cáscara de cacao y cáscara de coco (50%) tiene una eficiencia del 50.54%, mientras que la cáscara de cacao al 100% presenta la menor eficiencia con un 44.14%. Esto sugiere que la cáscara de coco es más favorable para el desarrollo del hongo en comparación con la cáscara de cacao.

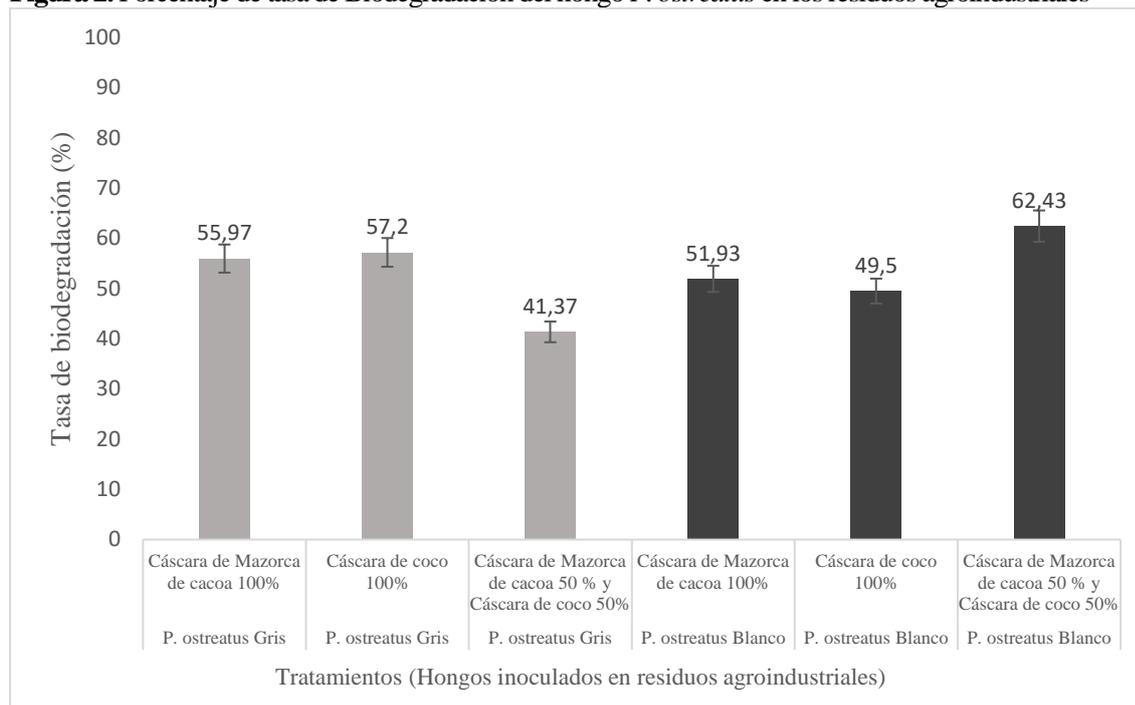
**Figura 1.** Porcentaje de Eficiencia Biológica del hongo *P. ostreatus* en los residuos agroindustriales.



### Tasa de biodegradación

La Figura 2 muestra la tasa de biodegradación del hongo en los mismos tratamientos. Los resultados indican que la tasa de biodegradación también es más alta en la cáscara de coco al 100% (62.43%), seguida por la combinación de residuos (49.5%) y la cáscara de cacao al 100% (41.37%). Esto refuerza la idea de que la cáscara de coco es más efectiva para la biodegradación de residuos.

**Figura 2.** Porcentaje de tasa de Biodegradación del hongo *P. ostreatus* en los residuos agroindustriales



### Identificación molecular de cepas *Pleurotus*

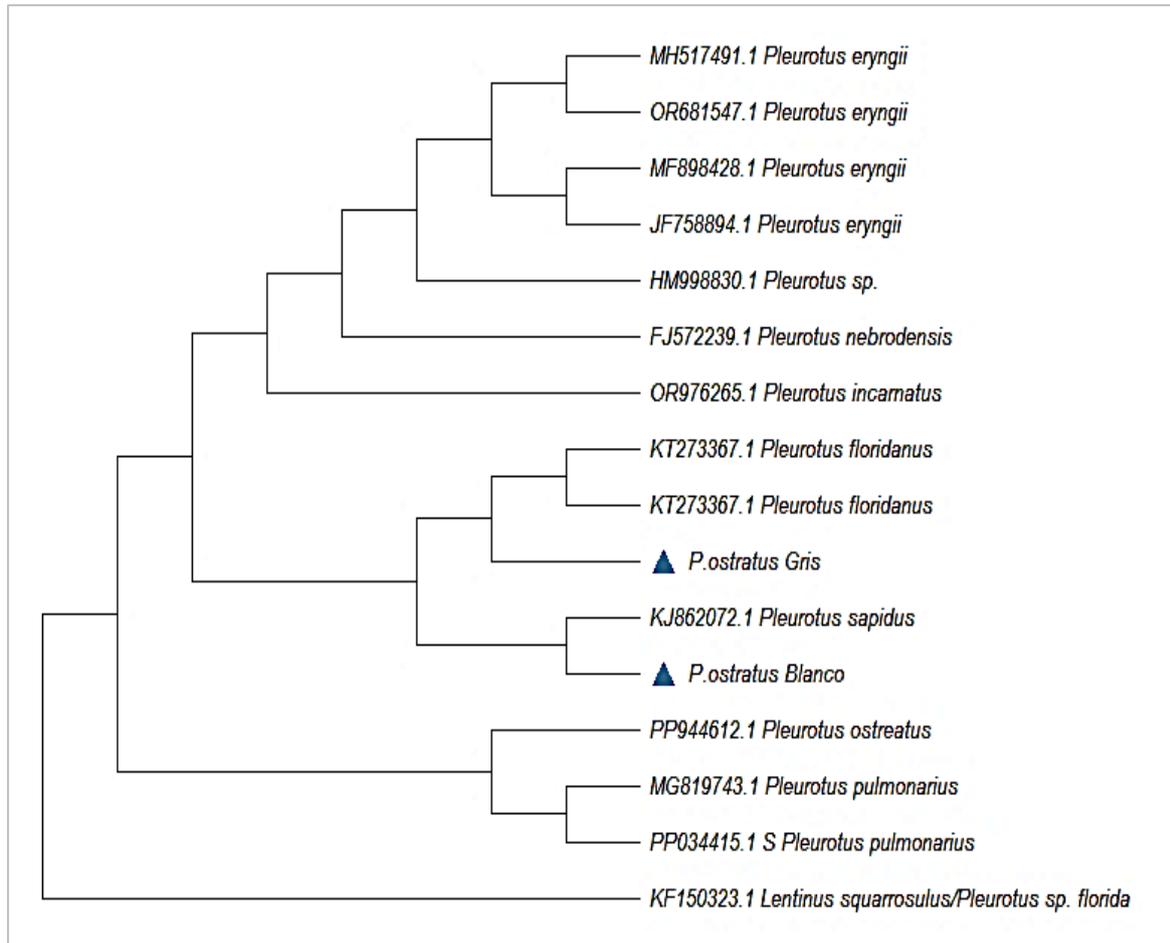
En la Tabla 1, se logró la identificación molecular de las cepas de *Pleurotus* spp. inoculadas en los residuos agroindustriales de la cáscara de cacao y cascará de coco. Los resultados revelaron que ambos aislados fueron identificados como *P. ostreatus*, mostrando un alto grado de similitud genética, con un 100 % de identidad.

El árbol filogenético muestra las relaciones entre diferentes especies de *Pleurotus* identificadas mediante análisis molecular. En este tipo de representación, como se observa en la figura 3, las cepas de *Pleurotus ostreatus* (tanto el hongo gris como el blanco) se agrupan y se relacionan genéticamente con otras especies dentro del mismo género. En un árbol filogenético, las ramas reflejan las relaciones evolutivas, donde las especies más cercanas entre sí están representadas por ramas más próximas.

**Tabla 1.** Identificación molecular de los aislados de *Pleurotus* spp inoculadas en distintos residuos agroindustriales en la caracterización genética de *P. ostreatus* mediante análisis filogenético.

Muestra	Organismo	Fragmento	% de identidad	N.º Accesoión
Hongo Gris	<i>Pleurotus ostreatus</i>	ITS	100	PP594197.1
Hongo Blanco	<i>Pleurotus ostreatus</i>	ITS	98.96	OL308083.1

**Figura 3.** Presenta el árbol filogenético que muestra las relaciones entre las diferentes especies de *Pleurotus* identificadas en el análisis molecular, preservando la clasificación genética de los aislados dentro de este género.



### Análisis Fisicoquímico del Compost:

La Tabla 2 muestra que los tratamientos con *Pleurotus ostreatus* en cáscara de cacao y cáscara de coco presentan variaciones significativas en los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio. El tratamiento T4 (*P. ostreatus* blanco en cáscara de cacao) tiene el mayor contenido de nitrógeno (2.8), mientras que el T3 (mezcla de cáscara de cacao y coco) destaca por su alto nivel de potasio (5.06). Esto indica que la elección del sustrato y la variedad de hongo son cruciales para maximizar el contenido nutricional del compost orgánico producido.

**Tabla 2.** Prueba de significación de Tukey para análisis de: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K)

Tratamientos	Detalle	N	P	K
T1	<i>P. ostreatus</i> Gris; cáscara de cacao (100%)	2.2 b	0.58 a	3.87 d
T2	<i>P. ostreatus</i> Gris; cáscara de coco (100%)	2.2 b	0.4 c	2.48 e
T3	<i>P. ostreatus</i> Gris; cáscara de cacao (50%) cáscara de coco (50%)	2.1 c	0.4 c	5.06 a
T4	<i>P. ostreatus</i> Blanco; cáscara de cacao (100%)	2.8 a	0.41 c	4.27 b
T5	<i>P. ostreatus</i> Blanco; cáscara de coco (100%)	1.9 d	0.42 c	2.44 f
T6	<i>P. ostreatus</i> Blanco; cáscara de cacao (50%) cáscara de coco (50%)	1.6 e	0.46 b	4.00 c
Promedio		2.13	0.45	3.69
CV%		0.47	2.25	0.27
DS		0.37	0.07	0.97

CV= Coeficiente de variación; DS= Desviación Estándar

## DISCUSIÓN

En este estudio destacan la capacidad de *Pleurotus ostreatus* para biodegradar residuos agroindustriales, maximizando su eficiencia biológica y contribuyendo a la generación de compost con alto contenido nutricional. La cáscara de coco al 100% presentó la mayor eficiencia biológica (55.06%), mientras que la combinación de cáscara de cacao y coco (50%) y la cáscara de cacao al 100% mostraron valores de 50.54% y 44.14%, respectivamente. Estos resultados son consistentes con investigaciones previas, como las de Bermúdez-Savón *et al.* (2022), quienes reportaron una eficiencia biológica del 84.25% utilizando cáscara de cacao como sustrato. La diferencia podría atribuirse a las condiciones específicas del estudio y a las propiedades químicas de los residuos utilizados.

En cuanto a la tasa de biodegradación, la cáscara de coco al 100% también presentó el mayor valor (62.43%), seguida por la combinación de residuos (49.5%) y la cáscara de cacao al 100% (41.37%). Esto refuerza el potencial de la cáscara de coco como un sustrato más eficiente para el desarrollo de *P. ostreatus*. Estudios previos, como los de Díaz *et al.* (2019), también resaltan la capacidad del hongo para biodegradar eficientemente residuos lignocelulósicos, lo que apoya nuestros hallazgos.



El análisis molecular confirmó que los aislados utilizados corresponden a *Pleurotus ostreatus*, con un 100% y 98.96% de identidad genética para el hongo gris y blanco, respectivamente. Esto garantiza la precisión en la identificación de las cepas y su relación con la eficiencia en la biodegradación de los sustratos. Investigaciones como las de Guoqing *et al.* (2022) destacan la importancia de identificar genéticamente las cepas para optimizar su uso en procesos de biodegradación.

Por otro lado, los tratamientos con *P. ostreatus* mostraron diferencias significativas en los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio en el compost producido. El tratamiento T4 (hongo blanco en cáscara de cacao) presentó el mayor contenido de nitrógeno (2.8%), mientras que T3 (mezcla de cáscara de cacao y coco) destacó en potasio (5.06%). Estos resultados coinciden con estudios como los de Mendoza *et al.* (2019) y Ruilova *et al.* (2020), que subrayan la influencia del sustrato en la composición nutricional del compost producido.

La eficiencia biológica observada en este estudio es ligeramente inferior a la reportada por Romero-Arenas *et al.* (2018) y Bermúdez-Savón *et al.* (2022), quienes lograron valores superiores al 70%. Sin embargo, la tasa de biodegradación y los niveles nutricionales del compost producido destacan el potencial de los residuos estudiados como sustratos viables para el cultivo de *P. ostreatus*.

Los resultados de esta investigación confirman que la cáscara de coco es un sustrato más favorable que la cáscara de cacao para el cultivo de *P. ostreatus*, tanto en términos de eficiencia biológica como de tasa de biodegradación. Además, la identificación molecular valida la calidad de las cepas utilizadas, y el análisis fisicoquímico del compost resalta su potencial como enmienda orgánica. Estos hallazgos contribuyen al desarrollo de estrategias sostenibles para la gestión de residuos agroindustriales y la producción de abonos orgánicos de calidad.

## **CONCLUSION**

La combinación de cáscaras de cacao y coco optimiza la tasa de biodegradación y la eficiencia biológica del hongo. El compost producido posee propiedades fisicoquímicas adecuadas para su aplicación como abono orgánico. Este enfoque contribuye a la gestión sostenible de residuos, promoviendo la agricultura sostenible y reduciendo la dependencia de fertilizantes químicos.

La inclusión de la identificación molecular en la metodología garantiza la autenticidad de las cepas de *Pleurotus ostreatus* utilizadas en el estudio. Los resultados respaldan la eficacia de este hongo en la



biodegradación de residuos agroindustriales y la producción de compost de alta calidad, contribuyendo a la gestión sostenible de residuos y mejorando las prácticas agrícolas.

### **Agradecimientos**

Quiero expresar mi más sincero y profundo agradecimiento a la SENESCYT por haberme otorgado la Beca Fortalécete. Esta valiosa oportunidad no solo ha sido un impulso significativo para mi desarrollo académico y profesional, sino que también me ha permitido avanzar con determinación hacia la consolidación de mis metas. Su apoyo ha sido esencial para transformar mis aspiraciones en logros concretos, y por ello, estaré eternamente agradecido.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- Abdullah, N., Ismail, R., Johari, N. M. K. (2013). Liquid inoculants for mushroom production: Challenges and prospects. *Journal of Applied Microbiology*, 115(3), 600-612.
- Albertó, E. (2008). Cultivation of edible mushrooms in lignocellulosic residues: A review. *Revista Iberoamericana de Micología*, 25(1), 1-8.
- Bermúdez-Savón, M., Hernández, M., Martínez, L. (2022). Evaluación de la eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* en residuos lignocelulósicos. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*, 56(3), 45-55.
- Colavolpe, M. B., Albertó, E., Curvetto, N. R. (2014). Growth and productivity of *Pleurotus ostreatus* on different lignocellulosic wastes. *Mycobiology*, 42(1), 14-20.
- Corredor, D., Patiño, C., Suárez, J. (2018). Impacto ambiental de residuos agroindustriales en Ecuador. *Revista de Medio Ambiente y Sostenibilidad*, 10(2), 25-35.
- Díaz, L., Torres, R., Martínez, G. (2019). Biodegradación de residuos agrícolas mediante hongos comestibles. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 21(1), 35-42.
- Gaitán-Hernández, R., Esqueda, M., Gutiérrez, A. (2006). Cultivo de hongos comestibles en México: Una revisión. *Revista Mexicana de Micología*, 23, 23-34.
- García, M. A., González, M. E., González, J. L. (2007). Caracterización química de residuos agrícolas lignocelulósicos. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 5(3), 219-228.
- Garzón, J. M., Cuervo, P. A. (2008). Producción de abonos orgánicos mediante hongos de pudrición blanca. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 10(2), 45-52.



- Guoqing, W., Wei, Z., Yanan, L. (2022). Molecular identification of *Pleurotus ostreatus* strains and their potential in lignocellulose degradation. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 15(4), 50-63.
- López, R. M., Sánchez, J. E., Royse, D. J. (2006). Biodegradación de residuos lignocelulósicos mediante el cultivo de *Pleurotus* spp.. *Revista Mexicana de Micología*, 22, 25-35.
- Mendoza, M., Herrera, R., Ríos, L. (2019). Eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* en mezclas de residuos agroindustriales. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología*, 30(1), 15-22.
- Ortiz, A., Rodríguez, C., Pérez, J. (2017). Encapsulación de micelio de hongos comestibles para mejorar su viabilidad. *Revista de Biotecnología Agropecuaria*, 9(3), 20-30.
- Ortiz, C., Torres, J., Suárez, M. (2020). Manejo sostenible de residuos de cacao en Ecuador. *Agroecología y Desarrollo Sostenible*, 12(4), 30-42.
- Ramos, A., González, C., Martínez, E. (2014). Biodegradación de lignina mediante *Pleurotus* spp. en residuos agrícolas. *Revista Iberoamericana de Micología*, 26(2), 50-58.
- Romero-Arenas, O., Méndez, C., Rodríguez, J. (2018). Producción de *Pleurotus ostreatus* en residuos lignocelulósicos: Eficiencia biológica y calidad del compost. *Revista Mexicana de Agricultura Sostenible*, 12(1), 55-65.
- Royse, D. J., Baars, J., Tan, Q. (2004). Current overview of mushroom production in the world. *Mushroom Biology and Mushroom Products*, 5, 1-9.
- Ruilova, R., Martínez, M., López, J. (2020). Influencia del sustrato en la calidad nutricional del compost producido con *Pleurotus* spp.. *Revista de Agricultura Ecológica*, 15(3), 45-53.
- Sánchez Miranda, M. D., Moreno Mayorga, L. F., Páramo Aguilera, L. A. (2021). Identificación morfológica y molecular de especies autóctonas *Trichoderma* spp., aisladas de suelos de importancia agrícola. *Revista Ciencia Y Tecnología El Higo*, 11(1), 26-42.  
<https://doi.org/10.5377/elhigo.v11i1.11715>
- Sánchez, J. E., Royse, D. J. (2001). Producción de hongos comestibles en residuos lignocelulósicos: Un enfoque sostenible. *Revista de Biotecnología Aplicada*, 18(3), 15-22.
- Sánchez, J. E., Royse, D. J. (2017). Advances in the cultivation of *Pleurotus* spp.: Challenges and perspectives. *Mycobiology*, 45(2), 20-30.



Smita, R. (2011). Liquid spawn production for the cultivation of *Pleurotus ostreatus*. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 8(3), 12-18.

Zhang, Z., Zheng, Y., Chen, H. (2002). Optimization of spawn production for *Pleurotus ostreatus*. *Biotechnology Progress*, 18(5), 923-928.

