

Análisis del crecimiento y producción de orellana *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) P. Kumm. 1871, en tres sustratos diferentes

Analysis of growth and production of orellana *Pleurotus ostreatus*; (Jacq. ex Fr.) P. Kumm. 1871, in three different substrates

Catalina Rodríguez Borray,¹ Miguel Sepúlveda Ortiz² y Mary Lee Berdugo-Lattke³

Resumen

Se analizó el crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* en cáscara de banano, fibra de coco, cascarilla de arroz y una mezcla. El micelio (semilla de trigo) se inoculó en sustratos esterilizados, en cinco réplicas por tratamiento (relación 16 gr/400 gr). Durante cinco semanas se monitoreó la humedad, temperatura y características cualitativas; al concluir el tiempo se cosecharon las setas para determinar su biomasa, diámetro del píleo, altura total y altura del pie. Se registraron temperaturas entre 19 °C a 36 °C y niveles de humedad entre 25 % y 92 %; en estas condiciones el micelio fructificó con la fibra de coco y la cáscara de banano (*Musa × paradisiaca*); mientras que en el control, la cascarilla de arroz y la mezcla, no se observaron setas y se propagó *Trichoderma cf. harzianum*. En conclusión, la producción de *P. ostreatus* en términos de biomasa seca fue mayor para la fibra de coco y en contenido de agua para la cáscara de banano (sin diferencias significativas), estos sustratos pueden ser ideales para mejorar las características de producción de este hongo y una forma de aprovechar los residuos de la cáscara de banano para la producción de orellanas.

Palabras clave: *Pleurotus ostreatus*, orellanas, crecimiento.

Créditos

Autores

¹ Estudiante del programa de Biología, quinto semestre, Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Universidad Central, Semillero Tygua.
crodriguezb14@ucentral.edu.co

² Estudiante del programa de Biología, quinto semestre, Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Universidad Central, Semillero Tygua.
msepulvedao@ucentral.edu.co

³ Ph. D. en Ciencias – Biología (UNAL). Profesora de tiempo completo del programa de Biología, Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Universidad Central, Semillero Tygua.
mberdugol@ucentral.edu.co

Abstract

The growth and production of *Pleurotus ostreatus* on banana peel, coconut fiber, rice husk and a mixture were analyzed. The mycelium (wheat seed) was inoculated on sterilized substrates, five replicates per treatment (ratio 16 gr/400 gr). Humidity, temperature and qualitative characteristics were monitored for five weeks. At the end of this period, the mushrooms were harvested to determine their biomass, diameter of the stalk, total height and stipe height. Temperatures between 19 °C and 36 °C, and humidity levels between 25 % and 92 % were recorded. Under these conditions the mycelium fructified with coconut fiber and banana peels (*Musa × paradisiaca*); while in the control, rice husk and mixture, no mushrooms were observed and *Trichoderma cf. harzianum* was propagated. In conclusion, the production of *P. ostreatus* in terms of dry biomass was higher for coconut fiber and in water content in banana peel (without significant differences). These substrates can be ideal for improving the production characteristics of this fungus and a way to use banana peel waste for oyster mushroom production.

Keywords: *Pleurotus ostreatus*, oyster fungus, growth.

Cómo citar:

Rodríguez, C., Sepúlveda, M. & Berdugo-Lattke, M. (2023). Análisis del crecimiento y producción de orellana *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) P. Kumm. 1871, en tres sustratos diferentes. *Ingeciencia*, 8, 63-76.

1. Introducción

El cultivo formal de *Pleurotus ostreatus* tuvo su origen en Europa en la década de 1960, aunque, previamente, estas setas solían recolectarse de troncos de árboles en descomposición, sitios ideales para la recolección de los carpóforos. Con el tiempo se desarrollaron técnicas de cultivo más sofisticadas en diversos países europeos, como Francia, Hungría, Italia y Checoslovaquia. En estas regiones se incubaban los hongos en zanjas llenas de troncos en descomposición y se sometían a riego constante para estimular el proceso de fructificación (López *et al.*, 2008). A partir de la década de 1990, *P. ostreatus* se convirtió en uno de los hongos más cultivados en todo el mundo, con una producción promedio de 25 000 toneladas aproximadamente. En Colombia, los primeros intentos de cultivo de este hongo se llevaron a cabo en el Laboratorio de Microbiología de la Universidad de Antioquia y, posteriormente, se desarrollaron métodos de cultivo más rústicos en los departamentos de Caldas y Cundinamarca (López *et al.*, 2008). Este avance en el cultivo de *P. ostreatus* no solo ha tenido un impacto significativo en la producción de alimentos, sino que también ha brindado oportunidades importantes para la investigación y el desarrollo de prácticas sostenibles en la producción de hongos comestibles.

Por otro lado, es importante destacar que los sustratos basados en fibras vegetales han demostrado tener un impacto positivo en el cultivo de *P. ostreatus*. En el estudio de Pardo-Giménez *et al.* (2012), el uso de fibra de coco y corteza de pino se asoció con el aumento significativo en el número de setas producidas, así como en las características de color relacionadas con sus propiedades nutricionales. Sin embargo, el tamaño de las setas fue ligeramente menor en comparación con el promedio.

Otro sustrato es la cáscara de banano (*Musa x paradisiaca*), reconocida por su contenido de lípidos, fibra, carbohidratos, fósforo, potasio, proteínas y compuestos fenólicos (Zaini *et al.*, 2022), además exhibe una marcada actividad antioxidante, antibacteriana y antibiótica; estas características favorecen el cultivo de hongos, su uso podría duplicar la producción en comparación con otros sustratos.

Por otra parte, la cascarilla de arroz es reconocida por su aporte nutricional en términos de nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica, con una notable capacidad de drenaje, lo que reduce la retención de humedad y previene la compactación del sustrato (Molina, 2010). A pesar de su ligereza, esta cascarilla favorece la aireación y es resistente al fuego.

Finalmente, la fibra de coco es un sustrato renovable y fácilmente disponible en el mercado; contiene pectina y lignina, lo que le confiere resistencia a la tracción, elasticidad y ligereza (Cruz-Crespo *et al.*, 2013); adicionalmente, su alta porosidad y capacidad de drenaje garantizan una excelente retención de humedad, mientras que su pH ácido, que oscila entre 5 y 6, y su inercia térmica le permiten ceder o absorber calor de manera eficiente (Jerez, 2007). La granulometría de la fibra de coco puede variar, desde fina (similar a la tierra) hasta gruesa (con pedazos más grandes); este tamaño influye directamente en la disponibilidad de agua para el hongo y favorece su producción en sustratos de granulometría gruesa (Larrañabal, 2019, como aparece en Fonseca, H., 2022).

En esta investigación se analizó el crecimiento y producción de *P. ostreatus* en tres sustratos, cascarilla de arroz, fibra de coco y cáscara de plátano, y una mezcla de estos, bajo condiciones ambientales variables durante cinco semanas de observación, con el fin de establecer diferencias en la producción de biomasa de las setas, el diámetro del píleo y la altura del pie. Se espera incentivar el cultivo de orellana blanca desde el hogar o en el auge de pequeños negocios, con el sustrato que facilite una mayor producción de setas. Además, estos cultivos se relacionan con acciones de sostenibilidad de pequeños sistemas agrícolas por medio del reciclaje de materia orgánica (compost), esto podría promover su consumo masivo y su inclusión en programas de seguridad alimentaria y dietas nutritivas para la sociedad (Sahagún, 2021).

2. Cuerpo del trabajo

2.1 Materiales y métodos

El cultivo se ubicó en el invernadero de la Universidad Central. En este lugar se instaló un espacio de dos metros de ancho, un metro de largo y un metro de alto, para este se usaron tubos de PVC de dos centímetros de diámetro unidos por codos, luego fue cubierto por cartón y bolsas de plástico negras para dar la condición de oscuridad. En la entrada se dispuso una polisombra ajustada a las medidas (2 m * 1 m) para mantener el 80 % de sombra y garantizar la aireación.

En la fase de laboratorio se procedió con la preparación y esterilización de los siguientes sustratos: fibra de coco, cascarilla de arroz y cáscara de banano. En todos los casos, se usó 8 kg de tierra comercial (grandes superficies) de la marca Anasac Jardín, para completar las bolsas de crecimiento, aunque este hongo es lignocelulósico (Sánchez, 2010), la tierra humificada favorece el desarrollo del micelio, mientras que las fuentes de lignina favorecen el desarrollo de los basidiocarpos (Ríos-Ruiz y Ladislao, 1993).

La esterilización se realizó con el uso de autoclave, según Yang *et al.* (2013), durante 120 minutos con una temperatura de 121 °C, en la autocalve, alternando su uso, se dispusieron los sustratos de la siguiente manera: 15 bandejas de aluminio con 500 g de tierra, con la cascarilla de arroz y fibra de coco en vasos de precipitado de 500 ml, todos los recipientes y bandejas fueron forradas con papel Kraft. Para la cáscara de banano se siguieron indicaciones de Manjarrés *et al.* (2010), donde se modificaron los cortes en cuadritos de 1x1 cm hasta obtener un peso de 1,05 kg y se depositaron en una bandeja con 450 ml de hipoclorito de sodio 1 % y 60 ml de agua destilada durante 20 minutos; después de este tiempo se les retiró el líquido y se guardaron en bolsas transparentes de polipropileno y luego se dejaron en la cámara de flujo laminar con luz UV durante 15 minutos para esterilizarlas (Yang *et al.*, 2013).

2.2 Siembra de micelio y diseño experimental

Se implementó lo recomendado por Yang *et al.* (2013); se sembraron 380 g de semillas de micelio comercial de *P. ostreatus*, adquiridas en Ticsa Takal S. A. S., inoculada en trigo para cada muestra (bolsa) y mantenida en oscuridad de acuerdo con la fuente comercial. El diseño experimental consistió en cinco tratamientos, incluyendo el control, cada uno con cinco réplicas, la unidad experimental fue cada una de las bolsas, para un total de 25 (tabla 1). Al finalizar la siembra, las bolsas fueron trasladadas al sitio de crecimiento siguiendo recomendaciones de (Salamea-Tigsi, 2019), se realizó un suministro de agua dos veces a la semana por aspersión con un atomizador y agua destilada. Adicionalmente, se registró la temperatura y la humedad dos veces por semana, con el uso de dos termohigrómetros con sonda, durante cinco semanas. Según Sánchez (2010),

después de inocular el sustrato, en aproximadamente 6 semanas se obtiene la primera producción, en este caso el tiempo fue menor por el acceso al invernadero; sin embargo, se observó la formación de cuerpos fructíferos desde la tercera semana.

Tabla 1. Proporciones de peso por tratamiento y la cantidad de micelio aplicada en bolsas de polipropileno.

Tratamiento	Proporciones
Control (C)	200 g de tierra + 16 g de micelio + 200 g de tierra
Fibra de coco (FC)	200 g de tierra y fibra de coco + 16 g de micelio + 200 g de tierra y fibra de coco
Cascarilla de arroz (CA)	100 g de tierra + 50 g cascarilla de arroz + 12 g de micelio + 100 g de tierra + 50 g cascarilla de arroz
Cáscara de banano (CB)	200 g de tierra y cáscara de banano + 16 g de micelio + 200 g de tierra y cáscara de banano
	105 g de tierra + 40 g de fibra de coco + 40 g de cascarilla de arroz + 0,5 g de cáscara de banano
Mix	+ 16 g de micelio + 105 g de tierra + 40 g de fibra de coco + 40 g de cascarilla de arroz + 0,5 g de cáscara de banano

Fuente: elaboración propia.

2.3 Recolección y análisis de los datos

El monitoreo se realizó durante cinco semanas consecutivas, se registraron características cualitativas sobre cada bolsa. En la cosecha se cortaron las setas con una altura mayor a un centímetro y se registró el diámetro del píleo, la altura total, la altura del pie con un calibrador y se estimó la biomasa de las setas según cada sustrato; para esto se registró el peso fresco y el peso seco de las setas. Todos los datos fueron tabulados en una hoja de datos, seguidamente con el uso del software PAST (Hammer *et al.*, 2001); se realizaron análisis descriptivos e inferenciales, según lo descrito en Guisande *et al.* (2014), para establecer si los datos eran normales (Shapiro-Wilk y Anderson Darling) y homocedásticos (Levene), también para determinar medidas de tendencia central como el promedio y el coeficiente de variación. En este caso, los datos no cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, por esta razón se realizaron las pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis y la suma de rangos de Wilcoxon (Mann-Whitney) para establecer diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los datos de las variables registradas para los tratamientos. Por otro lado, se realizaron gráficas de boxplot para observar la variación de temperatura, humedad y las biológicas para fijar tendencias (Guisande *et al.*, 2014). Finalmente, se realizó una revisión de información con el uso de palabras clave y operadores booleanos para la discusión de los resultados.

3. Resultados y discusión

3.1 Caracterización de la temperatura y humedad relativa durante el crecimiento de *P. ostreatus*

Los valores promedio se presentaron entre 21 °C y 22,5 °C para todos los tratamientos. En la figura 1 (I) se observa en términos generales una variación de temperatura

entre 18 °C y 28 °C; sin embargo, se evidencia una mayor variación con la cascarilla de arroz con un coeficiente de variación (CV) de 8,8 °C, seguido por la cáscara de banano (T CB) con un CV de 8,5 °C. En contraste, el control (T C) y la fibra de coco (T FC) presentaron la menor variación con CV de 4,6 °C y 5,2 °C, respectivamente. En el caso de la fibra de coco, se presentó un rango ideal (18-23 °C) para la colonización del micelio, según Flores y Contreras (2012), relacionado con la amortiguación térmica frente a la variación ambiental de la temperatura; en consecuencia, mejora la retención de humedad (Basurto y Vera, 2022).

En la figura 1(II), la humedad presentó variación entre el 20 % y 100 %, se observa el mayor coeficiente de variación (CV) con el 42,2 % en el tratamiento con cáscara de banano (25 %-92 %). Mientras que con la fibra de coco se obtuvo el menor CV con el 36,9 %; la cascarilla de arroz (T CA) y el Mix (T Mix) presentaron menor humedad con valores promedio de 39,5 % y 36,8 %, respectivamente. Según Basurto y Vera (2022), este resultado puede relacionarse con la alta porosidad que ocasiona baja retención de humedad en los sustratos con menor humedad. Además, Mas-Diego *et al.* (2015) plantea que, por efecto del aire, el agua suele condensarse rápidamente, lo que disminuye los porcentajes de humedad de forma rápida, sumado a la continua exposición al ambiente. En promedio, para todos los tratamientos se presentó una humedad entre 36 % y 49 %.

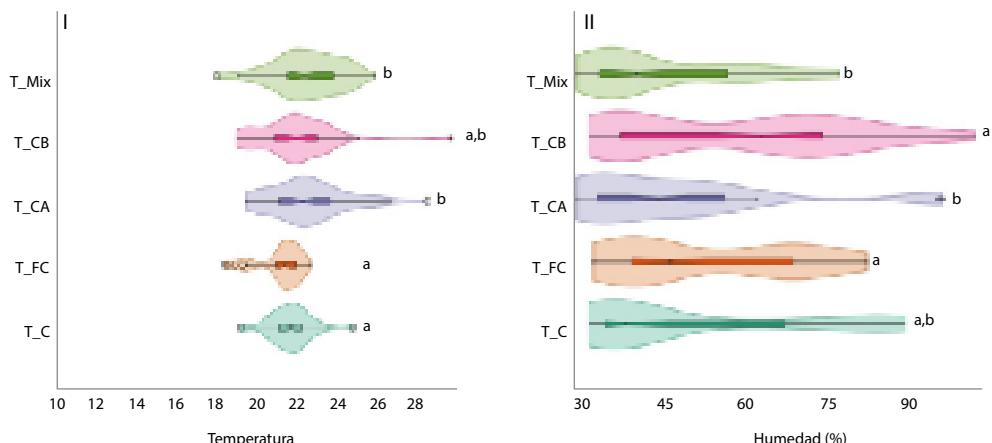


Figura 1. Gráficas de boxplot para la temperatura en °C (I - izquierda) y humedad relativa (II - derecha)

Nota. Para ambas variables se registran datos de cinco semanas para el tratamiento control (T C), cascarilla de arroz (T CA), cáscara de banano (T CB) y mixto (T Mix). Las letras indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Fuente: elaboración propia.

3.2 Caracterización crecimiento y fructificación de *P. ostreatus*

Se observó una rápida colonización del micelio durante la primera semana, especialmente en el sustrato de fibra de coco, cáscara de banano y control (figura 2 [A y B]). En contraste, la cascarilla de arroz y la mezcla no presentaron la misma expansión del micelio y en la tercera semana se observó la contaminación de los sustratos con otro hongo de color verde (Figura 2 [C y D]). Según la revisión bibliográfica, los hongos que contaminan con más frecuencia el cultivo de orellana es *Trichoderma cf. harzianum* (Tapias y Rodríguez, 2019); los autores indican que presenta la misma coloración y es el principal competidor de *P. ostreatus*, este inhibe el crecimiento micelial y le impide el consumo del sustrato.

Por otro lado, Gaitán *et al.* (2006) indica que la contaminación suele ocurrir en la fase de inoculación; además la propagación de *T. cf. harzianum* es favorecida por la alta humedad en el ambiente, altas temperaturas, luz directa y sustrato mal esterilizado (figura 2 [C y D]). En este caso, su presencia en estos sustratos se relaciona con la cascarilla de arroz, posiblemente se requiera otro método de esterilización o la preferencia del hongo competidor por este tipo de sustrato; por lo tanto, no se recomienda para el cultivo de *P. ostreatus*.



Figura 2. Fotografías del proceso de colonización del micelio durante las primeras semanas

Nota. En las imágenes A y B se observa la colonización del micelio en la primera semana para los sustratos de fibra de coco, banano y control, en contraste las imágenes C y D muestran la contaminación causada por *T. cf. Harzianum*.

Fuente: elaboración propia.

3.3 Comparación entre sustratos

El proceso de fructificación comenzó desde la tercera semana en el sustrato de fibra de coco (25 setas) y en la cáscara de banano (28 setas), donde las setas más prominentes se presentaron en cuatro de las cinco bolsas para la fibra de coco y en todas las bolsas para la cáscara de banano; mientras que en el control, en la cascarilla de arroz y en el mix no se presentaron setas. Por lo tanto, se discuten los resultados obtenidos para dos tratamientos.

En cuanto al diámetro del píleo (figura 3 [a]), no se observaron diferencias significativas entre la cáscara de banano y la fibra de coco; sin embargo, se registró un promedio de 1,53 cm (desviación estándar [DE] de 1,66) en la cáscara de banano con respecto a la fibra de coco, con un promedio de 1,18 cm (DE 0,77). De acuerdo con estos resultados, es posible que la cáscara de banano sea un mejor sustrato para el desarrollo de píleos más grandes, esto se corrobora con el estudio de Rivera *et al.* (2013), quienes obtuvieron un promedio de 3,1 cm en el diámetro del píleo de *P. ostreatus* en tratamientos con cáscara de banano. Por otro lado, Álvarez y Bautista (2021) obtuvieron valores entre 3,3-0,7 cm para *P. sajor caju* con el mismo sustrato, relacionaron esta respuesta con la retención de humedad y las propiedades físicas del sustrato. Por último, Ma *et al.* (2020) obtuvieron valores en el diámetro entre 8-0,9 cm, resultados que pueden ser semejantes a la tendencia señalada, aunque el tiempo de crecimiento no sea el mismo, pues en esta investigación se realizó durante cinco semanas. Con respecto a la fibra de coco, Donado (2014) y Lindao (2016) reportan promedios de 6,08 cm para *P. ostreatus* y afirman que este parámetro se relaciona con el sustrato. Asimismo, en Menon *et al.* (2021) se registró un promedio de 10,26 cm, valor relacionado con la temperatura, humedad y material compacto del sustrato de fibra de coco. Esto sugiere un control en sinergia de las tres variables de nuestro estudio, puesto que favorecen la temprana maduración de los cuerpos fructíferos o una respuesta limitante al volumen del sustrato (bolsas), por lo general se manejan bolsas con capacidades mayores a seis kilogramos (Romero *et al.*, 2010).

En la altura total de las setas (A) (figura 3 [b]) y el pie (figura 3 [c]) no se presentaron diferencias estadísticamente significativas; sin embargo, en las dos variables se observa un mayor promedio en el sustrato con cáscara de banano con 5,1 cm (DE 2,6) y 3,5 cm (DE 1,7), en comparación con la fibra de coco 4,7 cm (DE 2,1) y 3,3 cm (DE 1,4). Esta tendencia observada puede relacionarse con los resultados de Ma *et al.* (2020), donde la altura del pie fue mayor con cáscara de banano (5,3 y 0,5 cm) para *P. ostreatus*. Por otro lado, estudios en *P. sajor caju* de Álvarez y Bautista (2021) registran un rango entre 2,3-1,2 cm con el mismo sustrato, ellos relacionan esta respuesta con el efecto de la luz, donde pies más largos resultan en condiciones con menos luz, mientras que longitudes cortas se relacionan con una mayor cantidad de luz, en nuestro caso es posible que, al aumentar la reducción de luz con la polisombra, sin perder la ventilación, aumente la altura de la seta y del pie. Con respecto a la fibra de coco, según Menon *et al.* (2021), el promedio registrado para el pie de *P. ostreatus* fue

de 9,96 cm e indicó que la preparación de los sustratos y el espacio de colonización influyen en estas variables. Nuevamente consideramos que el volumen de este experimento incide en setas más pequeñas en relación con otros estudios, pero la respuesta de crecimiento fue semejante; esto demuestra las ventajas de usar cáscara de banano con respecto a la fibra de coco o, quizás, una mezcla entre los sustratos.

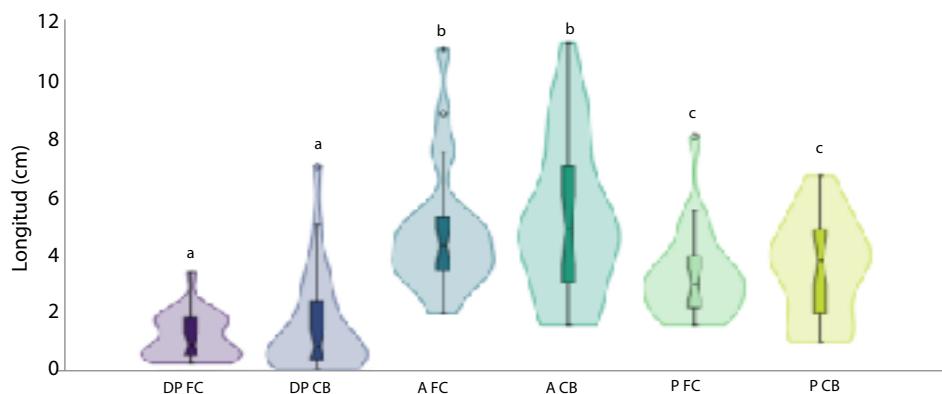


Figura 3. Comparación del diámetro del píleo (DP), altura total (A) y altura del pie (P)

Nota. Para cada sustrato: fibra de coco (FC) y cáscara de banano (CB), todas las medidas se tomaron en centímetros. Las letras para cada una de las variables, en este caso iguales para los tratamientos, indican que no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$).

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, en la tabla 2 se presentan los resultados para la comparación de la biomasa obtenida en los dos sustratos, se aclara que la cantidad promedio de setas por bolsa fue mayor en el tratamiento de fibra de coco (FC) con respecto a la de cáscara de banano (CB). Por otro lado, el promedio del peso seco fue mayor en el tratamiento de fibra de coco (7,11 g), mientras que la cantidad de agua fue mayor con la cáscara de banano (4,19 ml), lo que puede estar relacionado con una mayor retención de humedad con la cascara de banano, esto confirma lo señalado por Álvarez y Bautista (2021) para *P. sajor caju*, aunque ambos sustratos tienen retención. En cuanto al porcentaje de materia seca, se evidencia un mayor promedio (46,2 %) con la fibra de coco, en relación al otro sustrato. Esto evidencia que, según las propiedades que se requieran del cultivo, se podría realizar una mezcla entre estos dos sustratos para mejorar características de contenido hídrico, ya sea para venta de la orellana fresca o, también, para mejorar las propiedades de la orellana para venta en seco.

Tabla 2. Número de setas, valores de biomasa fresca y seca, cantidad de agua y porcentaje de biomasa para las setas según el sustrato de fibra de coco (FC) y cáscara de banano (CB)

Tratamiento	Bolsa	N.º setas	Peso fresco (gr)	Peso seco (gr)	Cantidad de agua (ml)	% biomasa seca
FC	1,1	9	7,90	7,37	0,53	48,3
	1,2	7	7,59	7,04	0,55	48,1
	1,3	5	9,05	7,33	1,72	44,8
	1,4	4	8,60	6,70	1,90	43,8
	% (DE)	6,25 (2,2)	8,28 (0,7)	7,11 (0,3)	1,17 (0,7)	46,2
CB	3,1	5	9,58	7,14	2,44	42,7
	3,2	6	11,54	7,36	4,18	39,0
	3,3	7	16,24	8,30	7,94	33,8
	3,4	6	6,28	5,84	0,44	48,2
	3,5	4	12,66	6,68	5,97	34,6
	% (DE)	5,6 (1,1)	11,25 (3,7)	7,06 (0,9)	4,19 (2,9)	39,6

Nota. Se presentan los promedios (%) y la desviación estándar (DE) en negrilla.

Fuente: elaboración propia.

Algunos estudios sugieren una mayor producción de *P. ostreatus* con fibra de coco, por ejemplo, en Sánchez *et al.* (2007) la producción en peso seco fue de 216 g, comparado con el estudio de Álvarez y Bautista (2021) que reportó en peso seco 75,51 g con cáscara de banano.

No obstante, Lindao (2016) advierte que el efecto de la temperatura es un factor determinante sobre la producción de *P. ostreatus*, donde el rango debe situarse con temperaturas inferiores a 20 °C. Además, realizó una comparación en la biomasa e indicó que bajo estas condiciones la producción podría ser mayor con la cáscara de banano con respecto a la fibra de coco. En nuestro caso (figura 4), las condiciones térmicas de la fibra de coco pueden tener un efecto positivo sobre la fructificación en términos de biomasa. Otra razón subyace con la ecología de *P. ostreatus*, ya que se caracteriza por degradar materia orgánica rica en celulosa y lignina, en este caso, la fibra de coco tiene mayor concentración de estos componentes comparado con la cáscara de banano, lo que da como respuesta una mayor producción de orellana (Lindao, 2016). Sin embargo, la mezcla de estos dos sustratos podría permitir un mayor aprovechamiento de la cáscara de banano, según lo citado en Manjarrés *et al.* (2010), las cáscaras presentan una fuente importante de lignocelulosa con la presencia de celulosa, hemicelulosa (14 %) y lignina (17 %); esto permite evaluar su potencial para producir subproductos enzimáticos de importancia industrial como lacasas, lignina peroxidadas, xilanásas, CMCasas y Fpasas (Reddy *et al.*, 2003; Ly *et al.*, 2004; Granda *et al.*, 2005; Motato *et al.*, 2006; Osma *et al.*, 2007; Dufor *et al.*, 2007). Consideramos oportuno, para futuras investigaciones, aumentar el tiempo de producción, establecer un control sobre la contaminación del sustrato, la humedad y frecuencia de riego para fortalecer las conclusiones

de esta investigación. Para trabajos futuros se debería incorporar la medición de las enzimas de interés industrial con el potencial de su producción a gran escala.

Setas CB:



Setas FC:



Figura 4. Comparación de las setas producidas en cinco semanas

Nota. En la fila superior se encuentra el sustrato de cáscara de banano (CB) y en la fila inferior, la fibra de coco (FC).

Fuente: elaboración propia.

4. Conclusiones

La cáscara de banano ofrece una mayor variación de temperatura, mientras que la fibra de coco, por su capacidad térmica, reduce la variación, esto genera un rango ideal para el cultivo de *P. ostreatus* principalmente para la colonización del micelio. En cuanto a la humedad, con la cáscara de banano se presentaron mayores valores, condición que se relaciona con una mayor cantidad de agua en las setas, mientras que la fibra de coco presentó menor variación en la humedad.

No se recomienda el uso de la cascarilla de arroz y la mezcla de los tres sustratos debido a que favorece la llegada de otros hongos que compiten con *P. ostreatus*, en este caso se reporta la contaminación por *Trichoderma cf. harzianum*, condición relacionada con la porosidad de los sustratos, una variable para incluir en futuros estudios.

No encontramos diferencias significativas entre la fibra de coco y la cáscara de banano, para el diámetro del píleo, altura total y altura del pie. Esto responde a los múltiples factores que inciden en la fructificación como la temperatura, la humedad, la textura del sustrato y la luz. Sin embargo, encontramos una tendencia mayor con la cáscara de banano, posiblemente por los contenidos de polímeros como la celulosa, la lignina y la hemicelulosa, sustratos óptimos para este hongo.

La mayor producción y promedio de peso seco se obtuvo en el tratamiento de fibra de coco debido a su propiedad para reducir la variación térmica, esto favorece una mayor

biomasa seca, mientras que la cáscara de banano favorece una mayor cantidad de agua. Se recomienda realizar nuevos experimentos con la mezcla de estos dos sustratos en condiciones controladas y con volúmenes comparables con los cultivos a gran escala, así como aumentar el tiempo de monitoreo según los estándares del cultivo y hacer seguimiento en la producción de enzimas con uso potencial en la industria.

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Central por disponer de las instalaciones, los equipos y parte de los insumos para realizar esta investigación, asimismo agradecemos al programa de Biología por fomentar los espacios académicos para fortalecer nuestro perfil como investigadores. Adicionalmente, agradecemos a la tutora doctora Mary Lee Berdugo-Lattke por su paciencia, apoyo, tiempo, dedicación y empatía para enseñarnos y motivarnos a investigar. A nuestras familias por el incondicional apoyo y por su respaldo de nuestra formación como biólogos. Igualmente, a Diego Orjuela por sus comentarios y recomendaciones para el cultivo de *P. ostreatus*, a Fabián Velásquez por sus recomendaciones y a Juan Felipe Rojas de Ticsa Takal S. A. S. por darnos las observaciones y proveer la semilla del micelio. Finalmente, a la doctora Laura Afanador por la evaluación de este manuscrito, recomendaciones y comentarios que mejoraron el documento final.

Referencias

- Álvarez, L. & Bautista, A. (2021). Growth and yield performance of Pleurotus on selected lignocellulosic wastes in the vicinity of PUP main campus, Philippines. *Indian Journal of Science and Technology*, 14(3), 259-269.
- Basurto, C. & Vera, P. (2022). *Evaluación de los residuos agrícolas cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) y fibra de coco (*Cocos nucifera*) como sustratos para sistemas acuaponicos* [Tesis de pregrado, Calceta: ESPAM MFL].
- Cruz-Crespo E., Can-Chulim, A., Sandoval-Villa, M., Bugarín-Montoya, R., Robles-Bermúdez, A. & Juárez-López, P. (2013). Sustratos en la horticultura. *Revista Biociencias*, 2(2), 17-26.
- Donado, T. (2014). *Evaluación de tres sustratos para la producción de hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*)*, Moyuta, Jutiapa [Tesis de pregrado, Universidad Rafael Landívar].
- Dufour, D., Giraldo, A., López, X., Castellanos, F., Sánchez, T., Fernández, A. & Díaz, A. (2007). Diversidad del plátano de cocción consumido en Colombia. *Alimentación Ciencia e Ingeniería*, 16 (1), 168-172.
- Flores, A. & Contreras, M. (2012). *Manual de cultivo de hongo seta (*Pleurotus ostreatus*) de forma artesanal*. UNAM. <https://bit.ly/3WEmaum>
- Gaitán-Hernández, R., Salmones, D., Pérez-Merlo, R. & Mata, G. (2006). *Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción*. Instituto de Ecología, AC.

- Granda, D., Mejía, A. & Jiménez, G. (2005). Utilización de residuos de plátano para la producción de metabolitos secundarios por fermentación en estado sólido con el hongo *Lentinus crinitus*. *Vitae*, 12(2), 13-20.
- Guisande C., Heine, J., González-Dacosta, J. & García-Roselló, E. (2014). *Rwizard* (versión 4.3) [Software]. StatR Manual. University of Vigo.
- Hammer, Ø., Harper, D. & Ryan, P. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1), p. 9.
- Jerez, Z. (2007). Comparación del sustrato de fibra de coco con los sustratos de corteza de pino compostada, perlita y vermiculita en la producción de plantas de *Eucalyptus globulus* (Labill) [Monografía, Universidad Austral de Chile].
- Larrazabal, M. (2019) Sustrato de fibra de coco. Tipos, formatos, características y propiedades. Como aparece en Fonseca, H. (2022). *Elaboración de un material compuesto por una matriz de resina poliéster y fibra natural de coco para su caracterización mecánica a tensión y flexión* [Tesis de pregrado, Fundación Universidad de América].
- Lindao, J. (2016). *Producción y análisis bromatológico del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), cultivado con sustratos de cáscara de cacao, plátano, coco y raquis de palma africana* [Tesis de pregrado, Quevedo: UTEQ].
- López-Rodríguez, C., Hernández-Corredor, R., Suárez-Franco, C. & Borrero, M. (2008). Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. *Universitas Scientiarum*, 13(2), 128-137.
- Ly, J., Postal, G. & Brava, P. (2004). Bananas y plátanos para alimentar cerdos: aspectos de la composición química de las frutas y de su palatabilidad. *Revista Computarizada de Producción Porcina*, 11(3).
- Ma, N., Khoo, S., Peng, W., Ng, C., Teh, C., Park, Y. & Lam, S. (2020). Green application and toxic risk of used diaper and food waste as growth substitute for sustainable cultivation of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Journal of cleaner production*, 268, 122-272.
- Manjarrés, K., Castro, A. & Rodríguez, E. (2010). Producción de lacasa utilizando *Pleurotus ostreatus* sobre cáscaras de plátano y bagazo de caña. *Revista Lasallista de investigación*, 7(2), 9-15.
- Mas-Diego, S., Rodríguez-Rico, I., Martínez-Manrique, C. & Michelena-Álvarez, G. (2015). Fermentación en estado sólido de *Trichoderma harzianum* bajo campos magnéticos. *Sobre los derivados de la caña de azúcar*, 49(1), 40-45.
- Menon, S., Ayesha, S. & Pavithra, K. (2021). Growth and nutritional indices of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on different substrates. *Current Trends in Biotechnology and Pharmacy*, 15(5), 365-372.
- Molina, E. (2010). *Evaluación del uso de la cascarilla de arroz en la fabricación de bloques de concreto* [Tesis de pregrado, Instituto Tecnológico de Costa Rica].

- Motato, K., Mejía, A. & León, A. (2006). Evaluación de los residuos agroindustriales de plátano (*Musa paradisiaca*) y aserrín de abarco (*Cariniana piriformes*) como sustratos para el cultivo del hongo *Pleurotus djamor*. *Vitae*, 13(1), 24-29.
- Osma, J., Herrera, J. & Couto, S. (2007). Banana skin: A novel waste for laccase production by *Trametes pubescens* under solid-state conditions. Application to synthetic dye decolouration. *Dyes and Pigments*, 75(1), 32-37.
- Pardo-Giménez, A., Figueirêdo, V., Zied, D. & Pardo, J. (2012). Sustratos de cobertura y suplementación del compost en cultivo de champiñón. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 47, 1125-1132.
- Reddy, G., Babu, P., Komaraiah, P., Roy, K. & Kothari, I. (2003). Utilization of banana waste for the production of lignolytic and cellulolytic enzymes by solid substrate fermentation using two *Pleurotus* species (*P. ostreatus* and *P. sajor-caju*). *Process Biochemistry*, 38(10), 1457-1462.
- Ríos-Ruiz, R. & Ladislao, R. (1993). Aislamiento y cultivo del hongo comestible *Pleurotus* afín *ostreatus* (Jacq. ex Fr) Kumm en Tingo María. *Folia amazónica*, 5(1-2), 5-14.
- Rivera, R., Martínez, C. & Morales-Velasco, S. (2013). Evaluación de residuos agrícolas como sustrato para la producción de *Pleurotus ostreatus*. *Luna azul*, (37), 89-100.
- Romero, O., Huerta, M., Damián, M., Macías, A., Tapia, A., Parraguirre, J. & Juárez, J. (2010). Evaluación de la capacidad productiva de *Pleurotus ostreatus* con el uso de hoja de plátano (*Musa paradisiaca* L., cv. Roatan) deshidratada, en relación con otros sustratos agrícolas. *Agronomía Costarricense*, 34(1), 53-63.
- Sahagún, F. (2021). Aprovechamiento sostenible de hongos comestibles; hacia una seguridad alimentaria. *Meio Ambiente*, 2(5).
- Salamea-Tigsi, N. (2019). *Estudio de factibilidad para la instalación de una planta de cultivo de champiñones ubicada en la parroquia de Conocoto del distrito metropolitano de Quito para comercialización en el mercado mayorista de Quito* [Tesis de tecnólogo, Instituto Superior Tecnológico].
- Sánchez, C. (2010). Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. *Applied microbiology and biotechnology*, 85, 1321-1337.
- Sánchez, J., Carrera, D., Mata, G. & Lara, H. (2007). *El cultivo de setas *Pleurotus* spp en México*. Ecosur. 380.
- Tapias, W. & Rodríguez, W. (2019). *Cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Orellana) utilizando cisco de café, cascarilla de arroz, pulpa de cartón y heno encontrados en la ciudad del Socorro, Santander* [Tesis de pregrado, Universidad Libre].
- Yang, W., Guo, F. & Wan, Z. (2013). Yield and size of oyster mushroom grown on rice/wheat straw basal substrate supplemented with cotton seed hull. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 20(4), 333-338.
- Zaini, H., Roslan, J., Saallah, S., Munsu, E., Sulaiman, N. & Pindi, W. (2022). Banana peels as a bioactive ingredient and its potential application in the food industry. *Journal of Functional Foods*, 92, 105054.