

# Producción de hongo orellana (*Pleurotus ostreatus*) sobre residuos agrícolas y pastos generados en la comunidad de Obonuco, Nariño

## Production of Orellana mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on agricultural residues and pastures generated in the community of Obonuco, Nariño

Gabriel Andrés Obando<sup>1</sup> 

Andrea Vásquez García<sup>2</sup> 

Diana Esperanza Benavides Palacios<sup>3</sup> 

Henry Fabián Jojoa Martínez<sup>4</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Nacional Abierta y a Distancia ✉ [gabriel.obando@unad.edu.co](mailto:gabriel.obando@unad.edu.co)

<sup>2</sup>Universidad Nacional Abierta y a Distancia ✉ [andrea.vasquez@unad.edu.co](mailto:andrea.vasquez@unad.edu.co)

<sup>3</sup>Universidad Nacional Abierta y a Distancia ✉ [diana.benavides.8016@hotmail.com](mailto:diana.benavides.8016@hotmail.com)

<sup>4</sup>Universidad Nacional Abierta y a Distancia ✉ [henryjojoa97@gmail.com](mailto:henryjojoa97@gmail.com)

Recibido: 07/06/2022 Aceptado: 14/06/2022

**Resumen** Fue evaluado el cultivo artesanal de hongo orellana, con cuatro mezclas diferentes de residuos, así: dos agrícolas y dos de pastos, en la comunidad de Obonuco, Nariño, a través de indicadores como número de días de incubación, número de días de aparición de primordios, rendimiento, eficiencia biológica y productividad. Para esta evaluación fueron realizados cuatro experimentos con diferentes tratamientos. Los que se comportaron mejor respecto a días de incubación y aparición de primordios fueron los compuestos por sustratos de cáscara de arveja, rastrojo de cultivo de maíz, pasto kikuyo, aserrín, salvado de trigo y 1 % de carbonato de calcio, con aislamiento térmico y un porcentaje de semilla del 5 y 9 %, con 28 y 30 días de incubación, respectivamente. En cuanto al número de días de aparición de primordios, fue 28 para ambos tratamientos. El rendimiento de los sustratos varió entre 286 a 296 g, con diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) en algunos tratamientos. Se obtuvieron eficiencias biológicas entre 28,4 y 29,6 %, según el porcentaje de semilla empleado. La productividad estuvo entre 0,28 y 0,30 g de hongo por cada 1000 g de sustrato.

**Palabras clave:** cuerpo fructífero; eficiencia biológica; primordios; residuos agroindustriales.

**Abstract** The artisanal cultivation of Orellana mushroom was evaluated by taking four different mixtures of residues: two agricultural and two pastures in the community of Obonuco, Nariño, through indicators such as number of days of incubation, number of days of the appearance of primordia, yield, biological efficiency, and productivity. For this evaluation, four experiments with different treatments were performed. The treatments that behaved best with respect to days of incubation and appearance of primordia were those composed of pea hull substrates, corn crop stubble, Kikuyu grass, sawdust, wheat bran, and 1 % calcium carbonate. Regarding the number of days of appearance of primordia, it was 28 for both treatments, with thermal insulation and a seed percentage of 5 and 9 %, with 28 and 30 days of incubation, respectively. Substrate yield ranged from 286 to 296 g with a significant difference ( $p < 0.05$ ) in some treatments. Biological efficiencies between 28.4 and 29.6 % were obtained depending on the percentage of seed used. The productivity of the fungus was between 0.28 and 0.30 g of fungus per 1000 g of substrate..

**Keywords:** fruiting bodies; biological efficiency; primordia; agro-industrial waste.

## Introducción

Más de 200 especies de hongos se han utilizado como alimentos funcionales debido a la cantidad de metabolitos que generan durante las etapas de crecimiento (Benavides *et al.*, 2015), pero solo se cultivan de forma comercial 35 especies (Bellettini *et al.*, 2019). Los hongos son una rica fuente de nutrientes, en particular de proteínas (Catani *et al.*, 2021), calcio, fósforo y hierro (Nagulwar y More, 2020). De igual forma, presenta en su composición tiamina, riboflavina y niacina, como fuentes de vitaminas (Alzand *et al.*, 2019). El shiitake ocupa el primer puesto en el mercado mundial de hongos (Jaramillo y Albertó, 2019), y el segundo lugar es para los hongos del género *Pleurotus* (Duarte-Trujillo *et al.*, 2020).

*Pleurotus* spp., de la clase basidiomicetos y pertenecientes al grupo de “hongos de la pudrición blanca” (Rahim y Nasruddin, 2019), producen un micelio blanco, y son cultivados en sustratos que contienen lignina y celulosa no compostados (Kabel *et al.*, 2017). Las especies más comunes del género *Pleurotus* son *ostreatus*, *djamor*, *citripileatus*, *eryngii*, *tuber-regium*, *pulmonarius* y *nebrodensis* (Carrasco-González *et al.*, 2017).

La versatilidad y adaptabilidad de las especies de *Pleurotus* son factores relevantes para su cultivo, toda vez que toleran un rango de temperaturas amplio, demuestran resistencia a enfermedades y plagas, y pueden ser cultivados en cualquier sustrato lignocelulósico (Raman *et al.*, 2021). Presentan un alto rendimiento, mayor aprovechamiento del sustrato, ausencia de esporas y amplia tolerancia química (Bellettini *et al.*, 2019). La capacidad de cultivar *Pleurotus* spp. ha sido valorada en diferentes residuos agrícolas y agroindustriales, con el uso de diferentes combinaciones y proporciones de cada residuo. Entre los materiales, se pueden encontrar paja de avena (*Avena sativa* L.), rastrojo de maíz (*Zea*

*mays* L.) (Gaitán-Hernández y Silva, 2016), palma de aceite (*Elaeis guineensis*), café (*Coffea arabica*), residuos lignocelulósicos de fique (*Furcraea macrophylla*) (Benavides *et al.*, 2015) y alfalfa deshidratada (Romero-Arenas *et al.*, 2018).

El corregimiento de Obonuco se encuentra ubicado en el departamento de Nariño, al sur de Colombia, y a 5 km de la ciudad de Pasto, en las estribaciones de las faldas del volcán Galeras. La temperatura promedio es de 12 °C, con una precipitación promedio anual de 840 mm, a una altura de 2800 m s. n. m. (Genoy *et al.*, 2013). Tiene una población de 6.500 habitantes aproximadamente, y su principal actividad económica es la agricultura y ganadería, se dedican a cultivar principalmente arveja y criar especies menores como gallinas, cuyes, cerdos y conejos. En Obonuco se evidencia escaso aprovechamiento de residuos agrícolas y pastos, la mayoría de estos se usan como material en descomposición para abono natural de nuevas siembras o, en el caso de los pastos, para alimento de especies menores.

También es importante destacar que, en este corregimiento, la alimentación proteica básica depende de la cría y sacrificio de especies menores y gallina criolla. Los hongos tienen un importante contenido proteico, que puede variar del 19 al 37 % de peso en seco, de acuerdo con la especie analizada (González *et al.*, 2020). Cuando se compara el contenido proteico de otros productos como carne seca (33,20 %), leche entera (26,32 %), lentejas (22,92 %), frijoles negros (21,60 %), avena (13,15 %) y arroz blanco (6,61 %) (González *et al.*, 2020), se entiende que los hongos presentan un contenido importante de proteínas. El objetivo de esta investigación fue evaluar la productividad del cultivo artesanal del hongo comestible orellana (*Pleurotus ostreatus*) sobre las mezclas de cuatro diferentes residuos: dos agrícolas y dos de pastos, en la comunidad de Obonuco-Nariño.

## Materiales y métodos

Este trabajo se desarrolló en el corregimiento de Obonuco, Nariño. La investigación tuvo lugar entre los meses de agosto y diciembre del 2020, febrero a diciembre del 2021 y enero a marzo de 2022. Para el desarrollo del cultivo, se construyó una estructura de 2 m de largo x 2,5 m de ancho x 2,5 m de altura, los materiales empleados fueron madera y plástico negro. Esta estructura fue dividida en dos partes: la primera ocupó la mitad, y fue un área oscura para la fase de incubación, y la otra parte presentó una ventana y polisombra al 70 %, que permitió la ventilación del recinto y 12 horas de luz indirecta al día en la fase de fructificación.

### Adecuación del sustrato e inoculación

Los residuos que se evaluaron como sustrato se recolectaron en diferentes casas del corregimiento de Obonuco, y fueron acondicionados con secado bajo el sol. Es importante mencionar que, durante el desarrollo del estudio, fueron realizados cuatro experimentos diferentes. En el primero, los sustratos empleados fueron cáscara de arveja (CA), rastrojos del cultivo de maíz (RM), pastos kikuyo (KK) y king grass (KG), cuyas edades variaron desde los 60 hasta los 180 días; en el segundo, se emplearon los mismos sustratos del experimento 1, y se incluyó aserrín (AS), compuesto principalmente por maderas de achapo (*Cedrelinga catenaeformis*) y chanul (*Humiriastrum procera*), y salvado de trigo (ST). En el tercero, fueron empleados los mismos sustratos del experimento 2, con adición de 1 % de carbonato de calcio comercial y un aislamiento térmico, que consistió en forrar las paredes del recinto de incubación con láminas de icopor de 1 cm de espesor. El cuarto, se realizó con la adición 1 % de carbonato de calcio, aislamiento térmico con icopor y variación del porcentaje de inoculación de semilla en relación con el peso del sustrato.

Posterior al secado de los sustratos, en el caso de los residuos agrícolas y los pastos, se cortaron con tijera, a un tamaño de partícula entre 3 y 6 cm de largo. Este procedimiento se hizo para cada tratamiento y nunca se almacenaron para evitar contaminación y plagas.

Los sustratos se pesaron por separado, de acuerdo con la información reportada en la Tabla 1. Todos los residuos se sometieron a lavado en hipoclorito al 1 % durante dos horas, y luego se escurrieron en zarandas durante dos horas más. Luego, los tratamientos se sometieron a calentamiento durante dos horas para esterilizar con vapor de agua, en contacto directo, a una temperatura de  $85 \pm 2$  °C. Se utilizó una estufa convencional de propano como fuente de energía para el calentamiento del agua. Lo anterior garantizó que los sustratos quedaran con una humedad entre 58 y 62 %, y el valor de pH fue ajustado entre 6 a 7; para tal fin se utilizó  $\text{CaCO}_3$  al 1 % del peso del sustrato en base seca.

Se empleó semilla comercial del hongo Orellana (*Pleurotus ostreatus*), reproducida en maíz seco, procedente de la empresa Los Hongos De Merlín SAS, los gramos de semilla fueron calculados a razón del 10 % del peso en base seca de cada sustrato. Posteriormente, se mezcló la semilla con el sustrato dentro de bolsas transparentes, con la garantía de la asepsia en todo momento, para evitar cualquier tipo de contaminación, finalmente las bolsas se cerraron con un nudo en la parte superior de la bolsa. En la Tabla 1 se pueden observar de forma detallada los cuatro experimentos, los sustratos empleados, la relación de sustratos en proporción y gramos, y el porcentaje de semilla empleado. En los tratamientos planteados en esta investigación, la composición de los sustratos se da en gramos con respecto al peso seco del sustrato en cada bolsa, que tenía un peso final de 1000 g.

## Desarrollo de los cuerpos fructíferos

En esta etapa, se observaron temperaturas entre 14,26 y 15 °C, y se tomaron datos de humedad relativa entre 73,29 y 74 %. Las bolsas permanecieron durante ocho días sin ser manipuladas. Transcurrido este periodo,

estas fueron monitoreadas de forma diaria, se hicieron 4 cortes entre 2 y 3 cm por cada lado de la bolsa para permitir el intercambio gaseoso en los sustratos. Cuando se observó que el micelio había colonizado toda la superficie del sustrato, se dio por terminada esta fase, como se observa en la Figura 1.

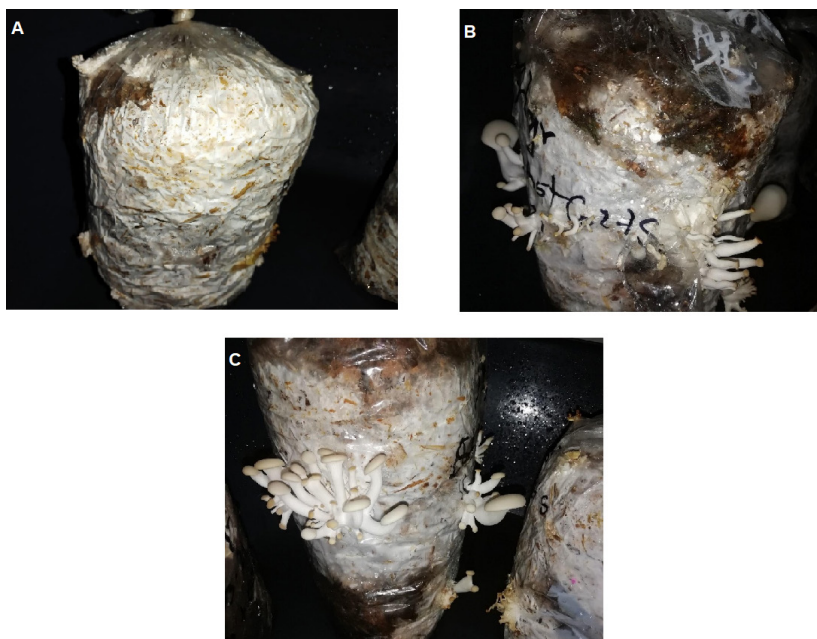
**Tabla 1**

*Relaciones de residuos empleados y cantidad de semilla usada en la producción de hongos orellana generados en la comunidad de Obonuco, Nariño*

Experimento	Sustratos	Tratamiento	Gramos	% Semilla
1	Cáscara de arveja CA Residuos del maíz RM Kikuyo KK King grass KG Paja de trigo PT	T1: KG + CA relación 8:2	T1: KG + CA: 800 g + 200 g	T1, T2 T3, T4, T5, T6 y T7: 10 % (100 g)
		T2: KG + RM relación 8:2	T2: KG + RM: 800 g + 200 g	
		T3: KK + CA, relación 8:2	T3: KK + CA, 800 g + 200 g	
		T4: KK + RM, relación 8:2	T4: KK + RM, 800 g + 200 g	
		T5: KG + KK + CA relación 4:4:2	T5: KG + KK + CA 400 g + 400 g + 200 g	
		T6: KG + KK + RM relación 4:4:2	T6: KG + KK + RM 400g + 400 g + 200 g	
		T7: PT (control) relación 1	T7: PT 1000 g	
2	Cáscara de arveja CA Residuos del maíz RM Kikuyo KK King grass KG Aserrín AS Salvado de trigo ST Paja de trigo PT	T1: KG + CA + AS + ST relación 4:2:2:2	T1: KG + CA + AS +ST: 400 g + 200 g + 200 g + 200 g	T1, T2 T3, T4, T5, T6 y T7: 10 % (100 g)
		T2: KG + RM + AS + ST; relación 4:2:2:2	T2: KG + RM + AS + ST: 400 g + 200 g + 200 g + 200 g	
		T3: KK + CA + AS + ST, relación 4:2:2:2	T3: KK + CA + AS + ST: 400 g + 200 g + 200 g + 200 g	
		T4: KK + RM, relación 4:2:2:2	T4: KK + RM + AS + ST: 400 g + 200 g + 200 g + 200 g	
		T5: KG + KK + CA + AS + ST relación 2:2:2:2:2	T5: KG + KK + CA + AS + ST: 200 g + 200 g + 200 g + 200 g + 200 g	
		T6: KG + KK + RM + AS + ST relación 2:2:2:2:2	T6: KG + KK + RM + AS + ST: 200 g + 200 g + 200 g + 200 g + 200 g	
		T7: PT (control) relación 1	T7: PT 1000 g	
3	Cáscara de arveja CA Residuos del maíz RM Kikuyo KK King grass KG Aserrín AS Salvado de trigo ST Carbonato de calcio CC al 1 % Paja de trigo PT (aislamiento térmico)	T1: KG + CA + AS + ST relación 4:2:2:2	T1: KG + CA + AS + ST: 400 g + 200 g + 200 g + 200 g	T1, T2 T3, T4, T5, T6 y T7: 10 % (100 g)
		T2: KG + RM + AS + ST; relación 4:2:2:2	T2: KG + RM + AS + ST: 400 g + 200 g + 200 g + 200 g	
		T3: KK + CA + AS + ST, relación 4:2:2:2	T3: KK + CA + AS + ST: 400 g + 200 g + 200 g + 200 g	
		T4: KK + RM, relación 4:2:2:2	T4: KK + RM + AS + ST: 400 g + 200 g + 200 g + 200 g	
		T5: KG + KK + CA + AS + ST relación 2:2:2:2:2	T5: KG + KK + CA + AS + ST: 200 g + 200 g + 200 g + 200 g + 200 g	
		T6: KG + KK + RM + AS + ST relación 2:2:2:2:2	T6: KG + KK + RM + AS + ST: 200 g + 200 g + 200 g + 200 g + 200 g	
		T7: PT (control) relación 1	T7: PT 1000 g	

Experimento	Sustratos	Tratamiento	Gramos	% Semilla
4	Cascara de arveja CA	T1 al T6: KK + CA + RM + AS + ST relación 2:2:2:2	T1 al T6: KK + CA + RM + AS + ST: 200 g + 200 g + 200 g + 200 g + 200 g	T1: 5 % (50 g)
	Residuos del maíz RM			T2: 6 % (60 g)
	Kikuyo KK			T3: 7 % (70 g)
	Aserrín AS			T4: 8 % (80 g)
	Salvado de trigo ST			T5: 9 % (90 g)
	Carbonato de calcio CC al 1 %			T6: 10 % (100 g)
	Paja de trigo PT (aislamiento térmico)			T7: 10 % (100 g)
		T7: PT (control)	T7: PT 1000 g	

Nota. Elaboración propia.



**Figura 1**

*Producción del hongo (P. ostreatus). Nota. A: invasión del micelio en el sustrato: KK + AS + ST. B: aparición de primordios en sustrato: KK + CA + RM + AS + ST, relación 2:2:2:2:2. C: cuerpos fructíferos. Elaboración propia.*

### Fase de fructificación

Una vez que el micelio colonizó la superficie del sustrato completamente en los siete tratamientos del experimento 4, se llevaron las bolsas al recinto de fructificación, en donde se midieron temperaturas de 12 °C y una humedad relativa de 90 %, las bolsas fueron colgadas a una altura de 1,20 m, como se ve en la Figura 1. Con un bisturí, se hicieron cortes verticales

y horizontales en los lados de la bolsa para aumentar el intercambio gaseoso y facilitar la salida de los cuerpos fructíferos. Los sustratos se humedecieron con agua potable mediante un atomizador portátil. Las cosechas se realizaron de forma manual con el giro del ramillete de los cuerpos fructíferos del sustrato, cuando el sombrero del hongo tomó una forma aplanada.

En esta fase del cultivo, se midió el efecto de los tratamientos sobre:

- El número de días que tomaron en aparecer los primordios, que corresponden al número de días entre la inoculación y la aparición de los primordios.
- El rendimiento de los sustratos, peso total de los cuerpos fructíferos para cada una de las cosechas.
- La eficiencia biológica, relación entre el peso total de hongos cosechados y el peso seco del sustrato, se toma cada una de las cosechas y la suma de las tres,  $EB = (\text{peso fresco de los hongos (g)}/\text{peso seco del sustrato (g)}) * 100$ .
- La productividad, los gramos de cuerpos fructíferos frescos producidos por cada 1000 gramos de sustrato empleado.  $\text{Productividad} = (\text{g cuerpos fructíferos}/1000 \text{ g sustrato seco}) * 100$ . Todas las variables se evaluaron sobre tres muestras por tratamiento.

### Análisis estadístico

Los datos se procesaron y analizaron con los programas Microsoft Excel y SAS, para establecer diferencias. En las variables que mostraron diferencias estadísticamente significativas, se realizaron comparaciones múltiples con el procedimiento de Tukey a un nivel ( $p = 0,05$ ).

## Resultados y discusión

### Número de días en incubación

En el experimento 1, no se obtuvo colonización de los sustratos, esta situación probablemente se presentó porque hubo falta de nutrientes y por cambios bruscos en la temperatura durante el proceso. En el experimento 2, donde se estableció la adición de salvado de trigo y aserrín como suplementos, se obtuvieron mejores condiciones de colonización. En el caso de los tratamientos 3 y 4, se presentó apareamiento de primordios, pero sin la formación completa de primordios y cuerpos fructíferos (Tabla 2). Para el experimento 3, se estableció un aislamiento térmico con icopor,

el cual mejoró la colonización, que se presentó para los tratamientos 3 al 7. Sin embargo, no se presentó desarrollo del cuerpo fructífero; no se sabe a ciencia cierta el motivo de la muerte de los primordios. Al parecer, se dio por las condiciones climáticas extremas de lluvias, sobre todo en las noches. En el experimento 4, se pudo evidenciar que el tratamiento con mejor invasión del micelio fue la mezcla de 20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS + 1 % carbonato de calcio y 7 % SE (T3), y 20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS + 1 % carbonato de calcio y 9 % SE (T5), con un periodo de incubación de 28 días. Los tratamientos 1, 2, 4, 6 y 7 presentaron un periodo de incubación entre 29 y 30 días, como se evidencia en la Figura 2.

Soto-Cruz *et al.* (1999) muestran que para el crecimiento de *P. ostreatus*, con el empleo de sustratos como paja de avena, cáscara de coco y salvado de avena, la fase de incubación duró aproximadamente 14 días, con temperaturas de 28 °C en un ambiente oscuro. Garzón y Cuervo (2008) emplearon como sustrato para el crecimiento del hongo, bagazo de caña de azúcar (S), aserrín (A), café (C) y tallo de maíz (M), en diferentes proporciones, los tratamientos T8 (C + A + M + S), T10 (A + M + S), T11 (C + A + M) y T12 (C+A+S) presentaron 26 días en la fase de incubación, con temperaturas entre 7 y 34 °C. Las diferencias observadas al comparar los resultados de los estudios mencionados respecto a esta investigación en la cual el número mínimo de días de incubación fue 28, probablemente se debió a que la temperatura ambiental del lugar osciló entre 14,26 y 15 °C. También, es importante destacar que los sustratos, combinaciones y proporciones empleados para el crecimiento del hongo son diferentes, teniendo en cuenta que sustratos como el bagazo de la caña de azúcar y tallo de maíz pueden haber mejorado la porosidad en el sustrato y evitado la compactación, y de esta forma le permitieron al micelio del hongo una mayor y más rápida colonización del sustrato.

**Tabla 2**

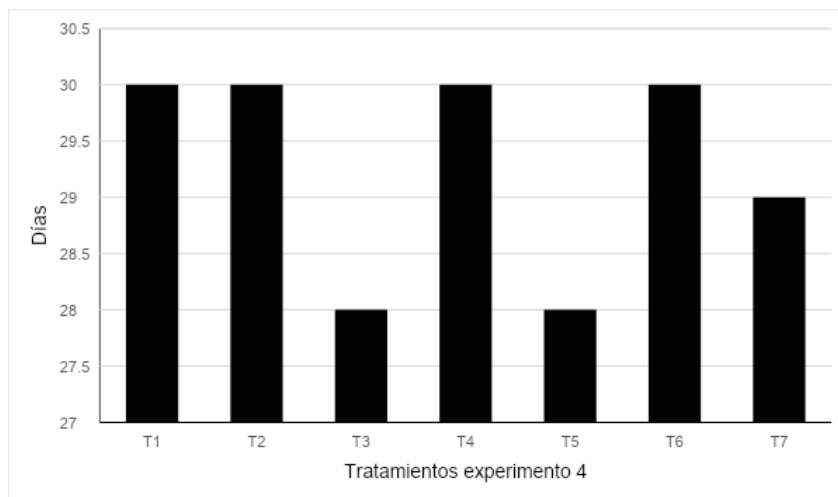
*Número de días de incubación del hongo (P. ostreatus) en los 28 tratamientos.*

Experimento	Tratamiento	Sustrato (% peso)	Días de incubación
1 Cascara de arveja CA Residuos del maíz RM Kikuyo KK King grass KG Paja de trigo PT	T1	Sustrato: T1: 80 % KG + 20 % CA Semilla: 10 % SE	0
	T2	Sustrato: T2: 80 % KG + 20 % RM Semilla: 10 % SE	0
	T3	Sustrato: T3: 80 % KK + 20 % CA Semilla: 10 % SE	0
	T4	Sustrato: T4: 80 % KK + 20 % RM Semilla: 10 % SE	0
	T5	Sustrato: T5: 40 % KG + 40 % KK + 20 % CA Semilla: 10 % SE	0
	T6	Sustrato: T6: 40 % KG + 40 % KK + 20 % RM Semilla: 10 % SE	0
	T7	Sustrato: T7: 100 % PT Semilla: 10 % SE (control)	0
	T1	Sustrato: 40 % KG + 20 % CA + 20 % AS + 20 % ST Semilla: 10 % SE	0
	T2	Sustrato: 40 % KG + 20 % RM + 20 % AS + 20 % ST Semilla: 10 % SE	0
	T3	Sustrato: 40 % KK + 20 % CA + 20 % AS + 20 % ST Semilla: 10 % SE	0
	T4	Sustrato: 40 % KK + 20 % RM + 20 % AS + 20 % ST Semilla: 10 % SE	0
	T5	Sustrato: 20 % KG + 20 % KK + 20 % CA + 20 % AS + 20 % ST Semilla: 10 % SE	0
	T6	Sustrato: 20 % KG + 20 % KK + 20 % RM + 20 % AS + 20 % ST Semilla: 10 % SE	0
	T7	Sustrato: 100 % PT Semilla: 10 % SE (control)	0

Experimento	Tratamiento	Sustrato (% peso)	Días de incubación
3	T1	Sustrato: 40 % KG + 20 % CA + 20 % AS + 20 % ST	0
		Semilla: 10 % SE	
	T2	Sustrato: 40 % KG + 20 % RM + 20 % AS + 20 % ST	0
		Semilla: 10 % SE	
	T3	Sustrato: 40 % KK + 20 % CA + 20 % AS + 20 % ST	0
		Semilla: 10 % SE	
	T4	Sustrato: 40 % KK + 20 % RM + 20 % AS + 20 % ST	0
Semilla: 10 % SE			
T5	Sustrato: 20 % KG + 20 % KK + 20 % CA + 20 % AS + 20 % ST	0	
	Semilla: 10 % SE		
T6	Sustrato: 20 % KG + 20 % KK + 20 % RM + 20 % AS + 20 % ST	0	
	Semilla: 10 % SE		
T7	Sustrato: 100 % PT Semilla: 10 % SE (control)	0	
4	T1	Sustrato: 20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS	30
		Semilla: 5 % SE	
	T2	Sustrato: 20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS	30
		Semilla: 6 % SE	
	T3	Sustrato: 20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS	28
		Semilla: 7 % SE	
	T4	Sustrato: 20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS	30
Semilla: 8 % SE			
T5	Sustrato: 20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS	28	
	Semilla: 9 % SE		
T6	Sustrato: 20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS	30	
	Semilla: 10 % SE		
T7	Sustrato: 100 % PT Semilla: 10 % SE (control)	29	

Nota. KG: king grass, CA: cáscara de arveja, RM: residuo del cultivo de maíz, KK: kikuyo, PT: paja de trigo, ST: salvado de trigo, AS: aserrín, CC: carbonato de calcio, SE: semilla. Elaboración propia.





**Figura 2**

Número de días de incubación del hongo (*P. ostreatus*) en los 7 tratamientos del experimento 4.

Nota. Elaboración propia.

### Aparición de primordios

Los resultados del experimento 4 son presentados en la Tabla 3. Los tratamientos que formaron primordios de forma más rápida en la cosecha 1 fueron el 3 y 5, seguidos del 6, con 29 días después de la inoculación, los cuales no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) con los demás tratamientos.

El número de días para la aparición de primordios en los hongos orellana, generalmente se observa entre 22 y 28. Kalmış y Sargin (2004), emplearon paja de trigo como sustrato, bajo condiciones controladas, con 12 horas de luz artificial y temperatura de 20 °C,

estos autores indican que el número de días para la aparición de primordios de los hongos *P. sajor-caju* y *P. cornucopiae* var. *citrinopileatus* fue 28 y 22 días, respectivamente. Curvetto *et al.* (2002), encontraron que el número de días para la aparición de primordios de cinco diferentes cepas del hongo *P. ostreatus*, cultivados sobre residuos de testas de semilla de girasol y suplementadas con manganeso y amonio, bajo condiciones controladas de humedad relativa entre 80 y 90 %, 12 horas de luz y con temperatura 21 °C, estuvo entre 24 y 28. En el presente ensayo, con temperaturas entre 14,26 a 15 °C, humedad relativa entre 73,29 a 74 % y 12 horas de luz, los tratamientos con más rápida aparición de primordios fueron T3 y T5, con 28 días.

**Tabla 3**

Número de días entre la inoculación y la aparición de los primordios para los siete tratamientos del experimento cuatro.

Tratamiento	Sustrato (% peso)	Días de incubación
T1	20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS + 5 % SE	30
T2	20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS + 6 % SE	30
T3	20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS + 7 % SE	28
T4	20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS + 8 % SE	30
T5	20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS + 9 % SE	28

Tratamiento	Sustrato (% peso)	Días de incubación
T6	20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS + 10 % SE	29
T7	100 % PT + 10 % SE (control)	29

Nota. CA: cáscara de arveja, RM: residuo del cultivo de maíz, KK: kikuyo, PT: paja de trigo, ST: salvado de trigo, AS: aserrín, CC: carbonato de calcio, SE: semilla. Elaboración propia.

## Rendimiento

Los resultados se pueden observar en la Tabla 4, donde se evidencia que el tratamiento que presentó mayor rendimiento (g) en la cosecha 1 fue el número 5 (20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS + 1% de carbonato de calcio y 9 % SE), con una producción de 204 gramos, seguido del tratamiento control, con una producción de 203 gramos. El tratamiento 2 fue el que tuvo menor rendimiento, con 192,3 gramos y presentó diferencias estadísticamente significativas respecto a los tratamientos 1, 3, 4, 5 y 6.

Se puede evidenciar una disminución en el rendimiento de la cosecha 2, esto puede deberse al agotamiento de los nutrientes de los sustratos

empleados. Sin embargo, los tratamientos que tuvieron mayor rendimiento para la cosecha dos fueron el 6, 5 y 1, con una producción de 64,6, 63,6 y 62,6 gramos, respectivamente. En esta cosecha, el tratamiento que tuvo menor rendimiento fue el 3, con 56,6 gramos, que presentó diferencias significativas respecto a los tratamientos 2 y 4. En la cosecha tres, los tratamientos que tuvieron mayor rendimiento fueron el 2, 1 y 4, con una producción de 32,6, 31,6 y 31,3 gramos, respectivamente. En esta cosecha, el tratamiento que tuvo menor rendimiento fue el 5, con 23 gramos. En cuanto al rendimiento total, los tratamientos que presentaron el mejor desempeño, fueron el 1 y 5, con valores de 296 y 291 gramos, respectivamente.

**Tabla 4**

*Rendimiento (g) del hongo (P. ostreatus) (cosechas 1, 2, 3 y total) para los siete tratamientos del experimento cuatro.*

Tratamiento	Sustrato (% en peso)	Rendimiento (gramos) por cosecha y total			
		1	2	3	Total
T1	20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS + 5 % SE	201,3 <sup>a</sup>	62,6 <sup>a</sup>	31,6 <sup>a</sup>	296 <sup>a</sup>
T2	20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS + 6 % SE	192,3 <sup>c</sup>	59,3 <sup>b</sup>	32,6 <sup>a</sup>	284 <sup>c</sup>
T3	20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS + 7 % SE	201,3 <sup>a</sup>	56,3 <sup>c</sup>	28,6 <sup>a</sup>	286 <sup>b</sup>
T4	20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS + 8 % SE	197,6 <sup>b</sup>	59,3 <sup>b</sup>	31,3 <sup>a</sup>	288 <sup>b</sup>
T5	20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS + 9 % SE	204 <sup>a</sup>	63,6 <sup>a</sup>	23 <sup>b</sup>	291 <sup>a</sup>
T6	20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS + 10 % SE	198 <sup>b</sup>	64,6 <sup>a</sup>	23,6 <sup>b</sup>	286 <sup>b</sup>
T7	100 % PT + 10 % SE (control)	203 <sup>a</sup>	61,6 <sup>b</sup>	23 <sup>b</sup>	288 <sup>b</sup>

Nota. CA: cáscara de arveja, RM: residuo del cultivo de maíz, KK: kikuyo, PT: paja de trigo, ST: salvado de trigo, AS: aserrín, CC: carbonato de calcio, SE: semilla. \*Medias con diferente letra dentro de una misma columna tienen diferencia estadísticamente significativa (p < 0,05). Elaboración propia.

## Eficiencia biológica

Los resultados obtenidos para el experimento 4 se muestran en la Tabla 5, los tratamientos con mayor eficiencia biológica (%) para la cosecha 1 fueron 5, 1 y 3, se presenta la mayor eficiencia biológica en el tratamiento 5, con 20,4 %. Sin embargo, no presenta una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) respecto a los demás tratamientos (tratamientos 1, 2, 3, 4 y 6). En cuanto a la eficiencia biológica total, se puede decir que los mejores tratamientos fueron el 1 y 5 (29,6 y 29,1) con 5 % y 9 % SE, respectivamente. Jaramillo y Albertó (2019), utilizaron paja de trigo como sustrato para el crecimiento del hongo, y obtuvieron eficiencias

biológicas de 43,93 a 116,04 %, la cantidad de inóculo fue del 1 al 16,6 %. Díaz *et al.* (2019), encontraron eficiencias biológicas de 8,65 a 16,77 % con sustratos con bagazo de caña de azúcar y paja de arroz, respectivamente, y con un 9,97 % con residuos de la poda de pasto de parques, sustrato comparable con el investigado en este estudio. Valera (2019), al evaluar diferentes sustratos, estableció tres tratamientos, en el primero, con residuo de uva y tusa de maíz, obtuvo eficiencias biológicas de 53,1 a 87,2 %; en el segundo, con residuo de aceituna y tusa de maíz, presento eficiencias biológicas de 36,1 a 66,7 %, respectivamente; y en el tercero con, residuo de uva y de aceituna, obtuvo eficiencias biológicas de 45,5 a 90,2 %.

**Tabla 5**

*Eficiencia biológica (%) del hongo (P. ostreatus) (cosechas 1, 2, 3 y total) para los siete tratamientos del experimento cuatro.*

Tratamiento	Sustrato (% en peso)	Eficiencia biológica (%) por cosecha y total			
		1	2	3	Total
T1	20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS + 5 % SE	20,1 <sup>a</sup>	6,3 <sup>a</sup>	3,2 <sup>a</sup>	29,6 <sup>a</sup>
T2	20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS + 6 % SE	19,2 <sup>a</sup>	5,9 <sup>b</sup>	3,3 <sup>a</sup>	28,4 <sup>a</sup>
T3	20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS + 7 % SE	20,1 <sup>a</sup>	5,6 <sup>b</sup>	2,9 <sup>a</sup>	28,6 <sup>a</sup>
T4	20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS + 8 % SE	19,8 <sup>a</sup>	5,9 <sup>b</sup>	3,1 <sup>a</sup>	28,8 <sup>a</sup>
T5	20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS + 9 % SE	20,4 <sup>a</sup>	6,4 <sup>a</sup>	2,3 <sup>b</sup>	29,1 <sup>a</sup>
T6	20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS + 10 % SE	19,7 <sup>a</sup>	6,5 <sup>a</sup>	2,4 <sup>b</sup>	28,6 <sup>a</sup>
T7	100 % PT + 10 % SE (control)	20,2 <sup>a</sup>	6,2 <sup>a</sup>	2,3 <sup>b</sup>	28,7 <sup>a</sup>

Nota. CA: cáscara de arveja, RM: residuo del cultivo de maíz, KK: kikuyo, PT: Paja de trigo, ST: salvado de trigo, AS: aserrín, SE: semilla. \*Medias con diferente letra dentro de una misma columna tienen diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ). Elaboración propia.

## Productividad

Los resultados se presentan en la Tabla 6. Se toma el peso acumulado de las tres cosechas, la cantidad de sustrato seco y el número total de días para producirlos. El tratamiento 1 fue el que presentó mayor productividad, con 0,30 kg de cuerpos fructíferos en 1000 g de sustrato; respecto a los demás tratamientos (3, 4, 5 y 6), la productividad estuvo entre 0,29 g de cuerpos fructíferos por 1000 g de sustrato seco. Garzón-Gomez *et al.* (2008), destacan que los

tratamientos con mayor productividad y con diferencias estadísticamente significativas respecto de los demás, fueron los que tenían mezclas de café, con o sin aserrín, con bagazo de la caña de azúcar y/o tallo de maíz (tratamientos 8, 9, 11 y 12), donde el tratamiento 8 presentó la mayor productividad, con 0,905 kg de cuerpos fructíferos frescos producidos en 100 kg de sustrato seco, respecto a los demás tratamientos (1, 3, 5, 6, 7 y 10), que presentaron productividad entre 0,324 y 0,494 kg de cuerpos fructíferos por 100 kg de sustrato seco.

**Tabla 6**

*Productividad (1000g día)<sup>-1</sup> del hongo (P. ostreatus) (total de 3 cosechas) para los siete tratamientos del experimento cuatro.*

Tratamiento	Sustrato (% en peso)	Productividad (1000 g día) <sup>-1</sup>
T1	20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS + 5 % SE	0,30
T2	20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS + 6 % SE	0,28
T3	20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS + 7 % SE	0,29
T4	20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS + 8 % SE	0,29
T5	20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS + 9 % SE	0,29
T6	20 % KK + 20 % CA + 20 % RM + 20 % ST + 20 % AS + 10 % SE	0,29
T7	100 % PT + 10 % SE (control)	0,29

Nota. CA: cáscara de arveja, RM: residuo del cultivo de maíz, KK: kikuyo, PT: paja de trigo, ST: salvado de trigo, AS: aserrín, SE: semilla. Elaboración propia.

## Conclusiones

La supervivencia y multiplicación de los hongos está relacionada con varios factores, que pueden actuar individualmente o tener interacciones efectos entre ellos. La combinación de las variables temperatura del aire, humedad, tipos de sustrato, porcentaje de semilla, proporcionan un efecto sinérgico que optimiza la producción del hongo. Por lo cual, cada tratamiento actúa de forma particular de acuerdo con la combinación de sustratos agrícolas y de pastos, incorporación de aserrín, salvado de trigo, carbonato de calcio, condiciones del área de incubación y cosecha, como también las condiciones climáticas.

## Agradecimientos

“El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados”.

Esta investigación fue apoyada por la Convocatoria 009 de 2020 de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, número de proceso PS 062020.

## Referencias

- Alzand, K. I., Bofaris, M. S. M., y Ugis, A. (2019). Chemical Composition and Nutritional Value of Edible Wild Growing Mushrooms: A Review. *World J. Pharm. Res*, 8(3), 31–46. [10.12691/wjpr-3-8-1](https://doi.org/10.12691/wjpr-3-8-1)
- Bellettini, M. B., Assumpção, F. F., Aparecida, M. H., Lopes, T.G., Avila, S., Silveira, H.P., Maccari, A. J., y Hoffmann, R. R. (2019). Factors affecting mushroom *Pleurotus spp.* *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(4), 633–646. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.12.005>
- Benavides, O.L., Cabrera, É.V., Villota, A.O., y Perdomo, D. A. (2015). Ácidos grasos del hongo funcional *Pleurotus ostreatus* cultivado en residuos sólidos agroindustriales. *Producción+ Limpia*, 10(1), 73–81. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-04552015000100007](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552015000100007)
- Carrasco-González, J. A., Serna-Saldívar, S. O., y Gutiérrez-Urbe, J. A. (2017). Nutritional composition and nutraceutical properties of the *Pleurotus* fruiting bodies: Potential use as food ingredient. *Journal of Food Composition and Analysis*, 58, 69–81. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.01.016>
- Cateni, F., Gargano, M. L., Procida, G., Venturella, G., Cirlincione, F., y Ferraro, V. (2021). Mycochemicals in wild and cultivated mushrooms: nutrition and health. *Phytochemistry Reviews*, 21, 339–383. <https://doi.org/10.1007/s11101-021-09748-2>
- Curvetto, N. R., Figlas, D., Devalis, R., y Delmastro, S. (2002). Growth and productivity of different

*Pleurotus ostreatus* strains on sunflower seed hulls supplemented with N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> and/or Mn (II). *Bioresource Technology*, 84(2), 171-176. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00013-5](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00013-5)

Díaz, K., Casanova, M., León, C. A., Gil, L. A., Bardales, C. B., y Cabos, J. (2019). Producción de *Pleurotus ostreatus* (Pleurotaceae) ICFC 153/99 cultivado sobre diferentes residuos lignocelulósicos. *Arnaldoa*, 26(3), 1177-1184. <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26322>

Duarte-Trujillo, A. S., Jiménez-Forero, J. A., Pineda-Insuasti, J., González-Trujillo, C. A., y García-Juarez, M. (2020). Extraction of bioactive substances from *Pleurotus ostreatus* (Pleurotaceae) by dynamic maceration. *Acta Biologica Colombiana*, 25(1), 61-74. <https://doi.org/10.15446/abc.v25n1.72409>

Gaitán-Hernández, R. y Silva Huerta, A. (2016). Aprovechamiento de residuos agrícolas locales para la producción de *Pleurotus* spp., en una comunidad rural de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Micología*, 43, 43-47. <https://www.redalyc.org/pdf/883/88346175007.pdf>

Garzón Gómez, J. P., y Cuervo Andrade PhD, J. L. (2008). Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. *Nova*, 6(10), 126-140. <https://doi.org/10.22490/24629448.403>

Genoy, Y. M., Castillo, J. A., y Bacca, T. (2013). Ácaros oribátidos presentes en seis sistemas de uso del suelo en Obonucó, Pasto (Nariño). *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 17(2), 60-68. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-30682013000200005](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30682013000200005)

González, A., Cruz, M., Losoya, C., Nobre, C., Loredó, A., Rodríguez, R., Contreras, J., y Belmares, R. (2020). Edible mushrooms as a novel protein source for functional foods. *Food & Function*, 11(9), 7400-7414. <https://doi.org/10.1039/D0FO01746A>

Jaramillo, S. y Albertó, E. (2019). Incremento de la productividad de *Pleurotus ostreatus* mediante el uso de inóculo como suplemento. *Scientia Fungorum*, 49, e1243. <https://doi.org/10.33885/sf.2019.49.1243>

Kabel, M. A., Jurak, E., Mäkelä, M. R., y De Vries, R. P. (2017). Occurrence and function of enzymes for lignocellulose degradation in commercial *Agaricus bisporus* cultivation. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101(11), 4363-4369. <https://doi.org/10.1007/s00253-017-8294-5>

Kalmıs, E. y Sargin, S. (2004). Cultivation of two *Pleurotus* species on wheat straw substrates containing olive mill waste water. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 53(1), 43-47. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2003.08.002>

Nagulwar, M. M. y More, D. R. (2020). Studies on chemical and mineral evaluation of oyster mushroom. *The Pharma Innovation Journal*, 9(8), 101-103. <https://www.thepharmajournal.com/archives/2020/vol9issue8/PartB/9-7-95-413.pdf>

Rahim, I. y Nasruddin, A. (2019). The ability of rot fungi from cocoa plant in producing lignocellulosic enzymes. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 270(1), 12037. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/270/1/012037>

Raman, J., Jang, K.-Y., Oh, Y.-L., Oh, M., Im, J.-H., Lakshmanan, H., y Sabaratnam, V. (2021). Cultivation and nutritional value of prominent *Pleurotus* spp.: An overview. *Mycobiology*, 49(1), 1-14. <https://doi.org/10.1080/12298093.2020.1835142>

Romero-Arenas, O., Ita, V.-D., Ángeles, M., Rivera-Tapia, J. A., Tello-Salgado, I., Villarreal Espino-Baños, O. A., y Damián-Huato, M. A. (2018). Productive Capacity of *Pleurotus Ostreatus* Using Dehydrated Alfalfa as Supplement in Different Agricultural Substrates. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15(2), 145-160. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-54722018000200145&script=sci\\_arttext&tling=en](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-54722018000200145&script=sci_arttext&tling=en)

Soto-Cruz, O., Saucedo-Castañeda, G., Pablos-Hach, J. L., Gutiérrez-Rojas, M., y Favela-Torres, E. (1999). Effect of substrate composition on the mycelial growth of *Pleurotus ostreatus*. An analysis by mixture and response surface methodologies. *Process Biochemistry*, 35(1-2), 127-133. [https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(99\)00043-6](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(99)00043-6)

Valera, A. (2019). Rendimiento del hongo comestible *Pleurotus ostreatus* cultivado en diferentes sustratos a base de residuos agroindustriales de la ciudad de Tacna [Tesis de maestría]. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna, Perú. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3728>