

Conference Paper

Use of Lignocellulosic Residues for Post-harvest Conservation of the Production of the Edible Fungus *Pleurotus Ostreatus*

Aprovechamiento de residuos lignocelulósicos para la conservación post cosecha de la producción del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*

IX CONGRESO
INTERNACIONAL DE
INVESTIGACIÓN DE LA RED
ECUATORIANA DE
UNIVERSIDADES Y
ESCUELAS POLITÉCNICAS Y
IX CONGRESO
INTERNACIONAL DE
CIENCIA TECNOLOGÍA
EMPRENDIMIENTO E
INNOVACIÓN
SECTEI-ESPOCH 2022

Jocelyne Maite Granizo Sarmiento^{1*}, Paúl Marcelo Manobanda Pinto², Mabel Mariela Parada Rivera³, and Jaqueline Elizabeth Balseca Castro³

¹Investigador Independiente del Área de Ingeniería Química, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Puyo, Ecuador

²Docente Investigador, Universidad Estatal Amazónica (UEA), Facultad de Ciencias de la Vida, Puyo, Ecuador,

³Profesor Investigador, Escuela Politécnica Superior de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Ciencias, Riobamba, Ecuador

ORCID

Jocelyne Maite Granizo Sarmiento: <https://orcid.org/0000-0001-5842-359X>

Paúl Marcelo Manobanda Pinto: <https://orcid.org/0000-0003-0207-9229>

Mabel Mariela Parada Rivera: <https://orcid.org/0000-0001-7491-2078>

Jaqueline Elizabeth Balseca Castro: <https://orcid.org/0000-0001-8402-770X>

Corresponding Author:

Jocelyne Maite Granizo

Sarmiento; email:

pmanobanda@uea.edu.ec

Published: 9 November 2023

Production and Hosting by
Knowledge E

© Sarmiento et al. This article is distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](#), which permits unrestricted use and redistribution provided that the original author and source are credited.

Abstract

In recent decades, agribusiness has grown rapidly to meet human needs but has simultaneously caused environmental pollution by the by-products that they originate without use. For this reason, this article evaluated the post-harvest conservation system for the production of the fungus *Pleurotus ostreatus* developed in lignocellulosic residues of cocoa (*Theobroma cacao*), guaba (*Inga edulis*), and quinoa (*Chenopodium quinoa*) from agro-industrial activities. During the evaluation, the disposition of the strain, inoculation in wheat grains, preparation of the substrate, cultivation and conservation were carried out. Likewise, the lignocellulosic characterization of the substrates and the bromatological characterization of the carpophores, for which the precocity, fresh weight of the fungus, production yield, efficiency, and analysis of the mushrooms in each treatment were considered. The evaluation of the conservation system by thermal processes by three combinations were designed using a completely randomized design based on ANOVA and 95% reliability criteria. The best treatment obtained was T2 (60% cocoa shell, 25% guaba shell, 15% quinoa stubble) with 380.69g of weight, 38.07% efficiency, and 70.08% yield. On the other hand, treatment T1 (40% cocoa shells, 30% guaba shells, and 30% quinoa stubble) had better protein content and precocity, being 16.80% for 10 days, respectively. Based on the conservation system, it was suggested that drying on the same substrate was more acceptable. Thus, the T2 treatment has better characteristics of profitability at industrial scales.

Keywords: *Pleurotus ostreatus*, cocoa pod, guaba shell, quinoa stubble, biological efficiency.

Resumen

Las últimas décadas la agroindustria ha crecido rápidamente para satisfacer las necesidades humanas, pero simultáneamente ha provocado contaminación ambiental por los subproductos que originan sin utilidad. Por tal razón este artículo evaluó

 OPEN ACCESS



el sistema de conservación post cosecha para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus* desarrollado en residuos lignocelulósicos de cacao (*Theobroma cacao*), guaba (*Inga edulis*) y quinua (*Chenopodium quinoa*) provenientes de actividades agroindustriales. En la valoración se realizó la disposición de la cepa, inoculación en granos de trigo, preparación de sustrato, cultivo y conservación; asimismo la caracterización lignocelulósica de los sustratos y bromatológica de los carpóforos para lo cual se considera la precocidad, peso fresco del hongo, rendimiento de producción, eficiencia y análisis de las setas en cada tratamiento y además la evaluación del sistema de conservación por procesos térmicos por lo que se diseñaron tres combinaciones empleando un diseño completamente al azar en base a un ANOVA y criterios de confiabilidad del 95% obteniendo que el mejor tratamiento fue T2 (60% cáscara de cacao, 25% cáscara de guaba, 15% rastrojo de quinua) con 380,69g de peso, 38,07% de eficiencia, 70,08% de rendimiento; en cambio el tratamiento T1 (40% cáscara de cacao, 30% cáscara de guaba, 30% rastrojo de quinua) presenta mejor contenido de proteína y precocidad siendo 16,80% y 10 días respectivamente y en base al sistema de conservación se denota que el secado en el mismo sustrato fue más aceptable. Así el tratamiento T2 posee mejores características de rentabilidad a escalas industriales.

Palabras Clave: *Pleurotus ostreatus*, mazorca de cacao, cáscara de guaba, rastrojo de quinua, eficiencia biológica.

1. Introducción

La actividad agroindustrial ha crecido con pasos gigantescos por ser un proceso agrícola complementado con el proceso industrial para transformar la riqueza natural de cultivos en productos de satisfacción humana que generan economía [1].

No obstante, su implementación ha contraído un gran impacto ambiental por la abundante cantidad de residuos como hojas, tallos, rastrojos y componentes lignocelulósicos que no tienen utilidad generando inestabilidad en el ciclo natural de los recursos vegetales y convirtiéndose en una problemática ambiental por ser difíciles de degradar y ser abandonados [2].

1.1. Residuos agroindustriales

Un residuo agroindustrial es un componente lignocelulósico que después de aprovechado, no tiene utilidad y generalmente es desechado sin tratamiento originando una severa contaminación ambiental [3]. Estos componentes lignocelulósicos contienen:



1.2. Celulosa

Es el polímero más abundante y simple, conformado por un polímero de α -glucosa adherido por enlaces β -1,4 y enlaces de celulosa unidos por puentes de hidrógeno intermoleculares integrando agregados que brinda sostén y estructura a la planta, resistente a la hidrólisis e impermeable [4].

1.3. Hemicelulosa

Es un polímero heterogéneo constituido por cadenas pequeñas contenidas hexosas y pentosas agrupados con ácidos urónicos y que pueden vincularse con la celulosa y lignina [3].

1.4. Lignina

Es un polímero complejo tridimensional, globular, insoluble con gran peso molecular, el cual se compone por unidades de fenilpropano. En el reino vegetal, la lignina está entrelazada a la hemicelulosa y rodeando las fibras de celulosa; se encarga de dar rigidez a las plantas y resistente al estrés y a ataques microbianos [3].

En su mayoría, los subproductos agroindustriales pueden ser en relación a la composición como el bagazo, paja, cachaza, cogollo, desechos cítricos, cascarilla de arroz, zuro de maíz y un sinnúmero de residuos que contienen celulosa, lignina y hemicelulosa siendo su aprovechamiento una óptima elección para impulsar la obtención de combustibles, valorización térmica y valoración biológica y química siendo esta última para la producción de hongos comestibles [5-6].

Por tal razón se ha empleado el uso de los subproductos de cacao, guaba y quinua.

1.5. Cacao

Denominado científicamente *Theobroma cacao*, es una planta perenne pequeña con ramas desperdigadas. Los subproductos son de los frutos mencionados como mazorcas [7]. Se destaca que este desecho es empleado como abono

orgánico, antecesor para elaborar sales de potasio en el jabón, alimento de ganado y como sustrato de hongos comestibles [8].



1.6. Guaba

Es *Inga edulis* científicamente, un árbol leguminoso y americano que es cubierta de árboles cafetales y cacaoteros [9]. Los subproductos provienen del fruto originados de un ovario acoplados por un carpelo que se descubre en dos valvas en su etapa de madurez [10].

1.7. Quinua

De nombre científico *Chenopodium quinoua*, es un cereal que crece desde el nivel del mar hasta los 4000 metros, pero se desarrolla desde los 2500 metros naturalmente [11]. Los subproductos que origina la agroindustria son los tallos y hojas los mismos que contienen un considerable valor económico y ambiental [12].

1.8. Hongos

Son organismos unicelulares, pluricelulares o dimórficos, heterótrofos sin poseer clorofila y compuestos de quitina principalmente; se pueden clasificar en macroscópicos o microscópicos [13]. siendo los macroscópicos los ascomicetos o basidiomicetos con estructuras de hifas alargadas y ramificadas que al enlazarse originan cordones y cuerpos reproductivos visibles de tal manera que pueden ser venenosos, psicoactivos y comestibles como el *Pleurotus ostreatus* [14].

1.8.1. *Pleurotus ostreatus*

Es un hongo pluricelular, macroscópico y basidiomiceto de gran tamaño, comestible conocido como saprofito. Proviene de *pleuro*, pie desplazado y *ostreatus*, forma del sombrero como ostra. Algunos nombres comunes son champiñón ostra, gírgola, orellana, etc. que es particular por formar parte de la podredumbre blanca, crece en árboles de los valles de ríos naturalmente y es característico de descomponer la materia orgánica por sus enzimas lignocelulolíticas [15].

La morfología de *Pleurotus ostreatus* se fundamenta en un sombrero irregular, aplanado y similar a una concha u ostra que va de 5 a 20 cm de diámetro, posee unas laminillas radiales en la parte inferior. Un pie desplazado lateralmente de contextura gruesa y corto de 0.5 a 2.0 cm de espesor y 0.5 a 3.0 cm de longitud. Y el tejido constitutivo o carne de color blanco, firme y compacta con un intenso olor similar al de anís y sabor agradable para los seres vivos [16-18].



El crecimiento de *Pleurotus ostreatus* se divide en dos fases: el crecimiento vegetativo donde se presentan las esporas como estructuras reproductoras que buscan la propagación al formar hifas que en agrupación forman el micelio; y el crecimiento reproductivo que son los cuerpos fructíferos generados cuando cesa el crecimiento del micelio naciendo los primordios los mismos que se convierten en carpóforos que estos, a su vez, emanan esporas para engendrar una nueva generación [18-19].

La composición nutricional del *Pleurotus ostreatus* es prominente por los macronutrientes de vitaminas, grasas, carbohidratos, fibra y proteínas que son mejores en comparación con los vegetales por la buena disposición de aminoácidos no esenciales y esenciales [20]. Adicionalmente, presenta propiedades medicinales como anticancerígenas, antitumoral, antiviral, antibacterial, reduce el colesterol y fortifica el sistema cardiovascular [21-22].

1.9. Conservación

Los sistemas de conservación son procesos que se aplican para mantener las propiedades en el tiempo [23] que implica técnicas de tipo físicos (ultrasonidos, envasado e irradiación), químicos (revestimientos comestibles, películas y soluciones de lavado) y procesos térmicos como la deshidratación y secado natural en el mismo sustrato [24].

1.10. Deshidratación

Es la eliminación de agua del producto mediante un tratamiento por calor artificial ya sea por medio de aire calentado con anticipación, superficies calientes, etc. [25]. Se considera que para deshidratar hongos comestibles se debe ejecutar

a temperaturas medidas, debido a que se puede alterar las propiedades físico-químicas, provocar pérdidas de micronutrientes y degenerar las proteínas a altas temperaturas.

1.11. Secado natural

Es la eliminación del agua de un producto cuando este se encuentre en etapa de madurez tomando en consideración que no se lo cosecha, más bien con todo y el medio de desarrollo se lo lleva a un choque térmico.



2. Materiales y métodos

Los instrumentos que se utilizó se detallan en la (Tabla I)

Tabla 1

Instrumentos utilizados en el estudio.

Materiales	Reactivos	Equipos	Materia prima
Mecheros Papel Aluminio Bisturí Pinzas Frascos de vidrio Asa de incubación Fundas polifan 10x16 in. Ligas de caucho Cajas Petri Erlenmeyer	Agua destilada Alcohol antiséptico 70% Alcohol antiséptico 90% Agar glucosa Sabouraud	Agitador magnético Balanza analítica Mechero bunsen Cámara de flujo laminar Cámara de refrigeración Incubadora Autoclave Termohigrómetro Secador Tanque de acero inoxidable Quemador industrial Estufa	Carpóforo de <i>Pleurotus ostreatus</i> Cáscara de cacao Cáscara de guaba Rastrojo de quinua Granos de trigo

2.1. Procedimiento

2.1.1. Preparación del inóculo

Se prepara en un matraz el medio de cultivo, 9.75mg Sabouraud dextrose agar en 150ml de agua destilada y se homogeniza sobre un reverbero. Luego se autoclava a 121°C por 20 minutos. Después, se dispone la preparación en 10 cajas Petri y luego, se corta la parte de unión del tallo y sombrero de una seta y se sitúa un fragmento sobre cada caja Petri sellando para evitar contaminación. Finalmente se coloca en la incubadora a 25-28°C y humedad relativa de 80% durante 12 días.

2.1.2. Inoculación en semillas de trigo

Se seleccionan granos de trigo para limpiarlos de impurezas. Después, se introducen en agua fría por 24 horas para obtener 80% de humedad, después se colocan en frascos de vidrio hasta $\frac{3}{4}$ partes y se autoclava a 121 °C por 45 minutos, se enfría y se inocula con 5 fragmentos de inóculo cubriendo con papel aluminio y se ingresa incuba a 28-30 °C hasta la invasión del micelio.

2.1.3. Producción

Se receptan los subproductos de cacao, guaba y rastrojo de quinua, se reduce el tamaño hasta 1-2cm. Luego, se seca a 15-32°C para eliminar el agua. Por consiguiente, se pasteuriza cada residuo introduciendo en bolsas absorbentes en un tanque de



acero alrededor de 70°C durante 1 hora pretendiendo que el agua entre en contacto. Posteriormente, se escurre por 6 horas como mínimo para alcanzar una humedad de 50-65%, una vez logrado se pesa 4kg para T1 (40% cáscara de cacao, 30% cáscara de guaba, 30% rastrojo de quinua), T2 (60% cáscara de cacao, 25% cáscara de guaba, 15% rastrojo de quinua) y T3 (30% cáscara de cacao, 45% cáscara de guaba, 25% rastrojo de quinua) y se homogeniza en un ambiente de asepsia. Después, se inocula sobre un mesón desinfectado y área cerrada en fundas polifan 10x16 pulgadas de 1kg (6 de cada tratamiento) y alcanzando las $\frac{3}{4}$ para sellar con ligas; la inoculación se da al espolvorear 100g de semilla en cada funda para luego ser incubado alrededor de 25 días en una cámara oscura, cerrada, con 70-

78% de humedad relativa y alrededor de 24-28°C; al cabo de tres a cinco días se perfora cada bolsa para la transpiración. Luego que el micelio invade totalmente el sustrato, se coloca en un invernadero con luminosidad, aireación, oxígeno, mayor humedad y temperatura de 20-25°C. Al transcurso de 10 días aparecen los primordios y 4 días más, se presencia hongos adultos. Finalmente, se recolectan manualmente cuando poseen sombreros planos o hacia abajo. La producción se realiza en 3 oleadas.

2.1.4. Conservación de hongos *Pleurotus ostreatus*

Una vez que se obtuvo cuerpos fructíferos adultos, se valoró el sistema de conservación por el secado en el mismo sustrato sometiendo a un ramillete sin cosecharlo a un ambiente frío de 10-12°C por 48 horas; en cambio, para evaluar por deshidratación, se recolectó hongos con un diámetro de sombrero de 5-10cm, se lavó y limpió para quitar impurezas de tal forma que se lo lleve a un horno de bandejas a 55°C por 5 horas para su secado hasta lograr una humedad del 9%. Finalmente, en los dos sistemas de conservación se tritura y se almacena en fundas plásticas.

3. Resultados y discusión

3.1. Determinación de características lignocelulósicas de los sustratos

Los sustratos lignocelulósicos de cacao, guaba y quinua fueron analizados y mostrados en la (Tabla II).

Los valores de lignina de la mazorca de cacao y rastrojo de quinua son idénticos a los expuesto por Rojas *et al.* [26] quienes en su investigación obtienen 30,1% de lignina en el sustrato de fibra prensada de palma. Con relación a la presencia de celulosa

**Tabla 2**

Composición lignocelulósica de los sustratos.

Sustratos	Lignina	Celulosa	Hemicelulosa
Cacao	32,40	17,39	6,38
Quinoa	37,00	50,15	37,60
Guaba	67,16	5,85	3,94

se evidencia que el residual de quinua contiene 50,15% con mejor porcentaje y se encuentra en los niveles manifestados por Ardón [27] siendo de 45 a 60% como un rendimiento de hongos comestibles aceptable. En base al porcentaje de hemicelulosa, la mazorca de cacao resulta de 6,38% y el rastrojo de quinua de 37,60% siendo muy alto.

Los resultados expuestos del residuo de guaba no se hacen relación con otros estudios por cuanto esta indagación es precursora en su uso como sustrato.

3.2. Características de la cepa

El crecimiento micelial del hongo en el medio de cultivo cesó en 13 días a 25°C aproximadamente denotando las características macroscópicas de la (Tabla III).

Tabla 3

Características macroscópicas.

Características	Resultados
Color	Blanco
Textura	Algodonosa
Densidad	Regular
Micelio	Aéreo

Pérez [28] describe características muy similares a los datos de la Tabla 3 en su investigación titulada “Descripción de las características macroscópicas, de cultivo in vitro de cepas de *Pleurotus* aisladas en Guatemala”.

3.3. Inoculación en granos de trigo

El proceso de inoculación para obtener la semilla presenta variables expuestas en la (Tabla IV).

Las sugerencias desarrolladas por Bazán *et al.* [29] permitió obtener un apropiado desarrollo micelial.

**Tabla 4**

Inoculación en semillas de trigo.

Características	Resultados
Temperatura	24°C
Humedad	85%
Duración	12 días

3.4. Duración de colonización en cada tratamiento

El desarrollo para colonizar se realizó en un determinado tiempo denotando en la (Tabla V) su porcentaje.

Tabla 5

Tiempo en colonizar.

Tiempo (días)	Tratamiento	Humedad (%)	Temperatura (°C)	Colonización (%)
5	T1			33,33
	T2	70	25.5	20,83
	T3			29,41
10	T1			66,66
	T2	75	25.5	41,66
	T3			58,82
15	T1			100,00
	T2	79	29	62,50
	T3			88,24
17	T2	76	23.5	70,83
	T3			100,00
24	T2	73	25	100,00

La colonización más rápida es en el T1 que alcanzó el 100% a los 15 días en comparación con el T2 que fue a los 24 días y T3 a los 17 días, tiempos idénticos a los reportados por Gaitán *et al.* [30] quienes reiteran que la incubación crece alrededor de 2 a 3 semanas y Vargas, *et al.* [31] reporta que el tratamiento de bagazo de caña llegó a su 91,33% a los 16 días.

3.5. Análisis de la fase de fructificación

La precocidad de *Pleurotus ostreatus* de la (Tabla VI), indica que en T2, se obtiene más primordios en 15 días, dato que es similar al reportado por Fernández [32] quien expone que obtuvo a los 15 días, asimismo Cueva [14] que manifiesta la aparición de primordios en mazorcas de cacao a los 19 días, no obstante Romero, *et al.* [33] describe



Tabla 6

Porcentaje de primordio.

Tratamiento	Cantidad de primordios	Tiempo aparición primordios	de de	Porcentaje
T1	35	10		71,42
T2	40	15		77,50
T3	30	12		66,66

que sus primordios aparecen a los 22 días, además Garzón y Cuervo [34] reafirman que el tiempo puede ser hasta 34 días.

Tabla 7

Características físicas de los carpóforos.

Tratamiento	Cantidad de setas cosechadas	Dimensión del Tallo	Diámetro del sombrero
T1	88	5,8	11,3
T2	104	6,0	15,5
T3	80	5,5	14,5

El tratamiento T2 presenta mayor número de hongos recolectados según la Tabla VII, así como el tamaño de la oreja, datos que son similares a los de García [35] y Vargas [36] quienes detallan que diámetro del sombrero varía de 2 a 20cm. No obstante, el diámetro no es una característica de relevancia ya que la calidad del sustrato se determina por la eficiencia relacionada al peso fresco [18].

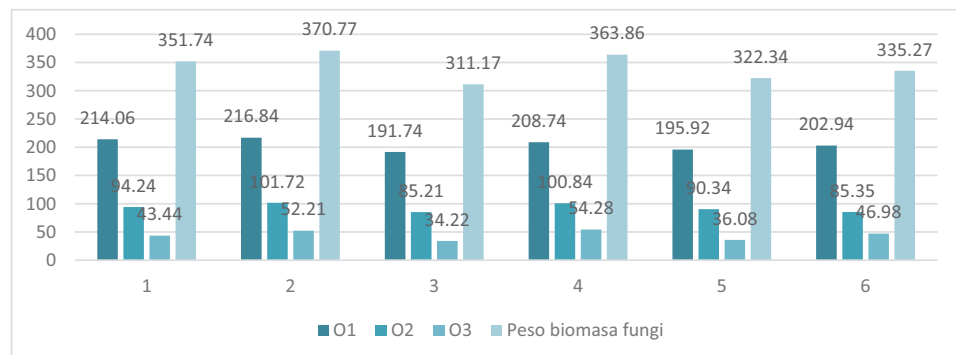


Figura 1

Producción total de T1.

Como se puede identificar en la Figura 1, el mayor peso en gramos obtenido es en la unidad experimental 4 de 396,18g, el cual es similar con el manifestado por Vargas, *et al.* [31], quienes obtienen 391,00g en el tratamiento con roble y bagazo de caña; al



igual que el reportado por Coronel [37] que expone obtener en uno de sus tratamientos 391,56g.

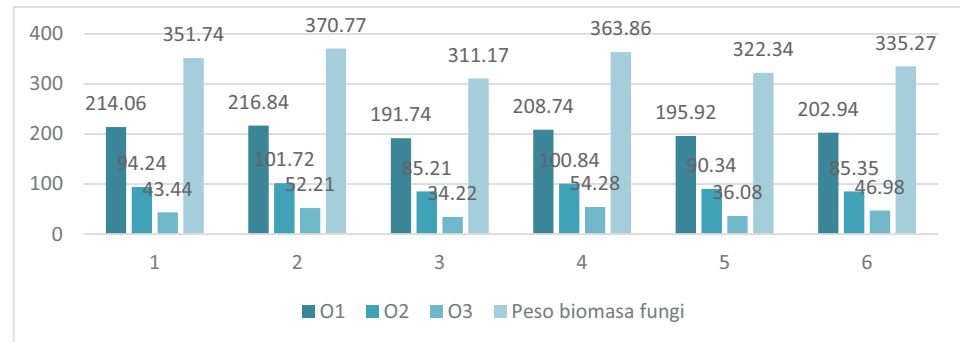


Figura 2

Producción total de T2.

La Figura 2 detalla que dentro de T2 se obtiene el mejor peso en la unidad experimental 3 siendo de 405,79g así como el dato reportado por Vargas, *et al.* [31] puesto que en el tratamiento con roble alcanzan 424,00g y por Quizhpilema [3] quien produce 457,28g en el sustrato a base de trigo.

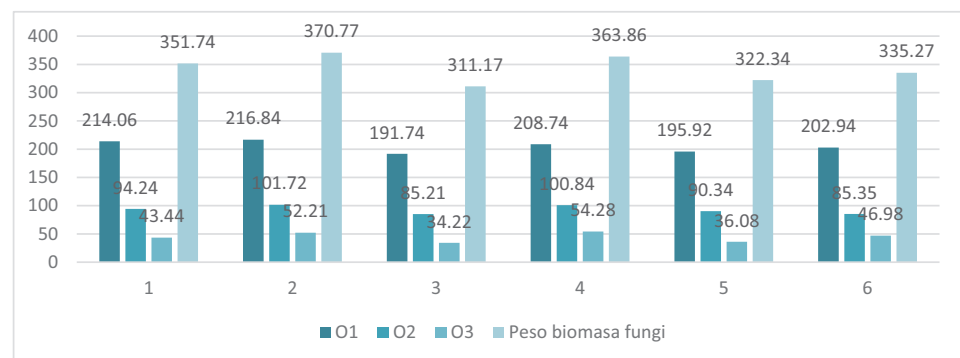


Figura 3

Producción total de T3.

La Figura 3 denota la producción de T3 presentando el mayor peso en la unidad experimental 2 siendo 370,77g, un valor mucho mejor al reportado por Mendoza, *et al.* [38] que obtienen un peso promedio de 283,00g; asimismo se relaciona al valor de Vargas, *et al.* [31], quienes producen 384,01g en un tratamiento compuesto de 75% de bagazo de caña y 25% de roble.

El tiempo en días requerido desde la preparación del inóculo hasta la obtención de carpóforos es variante en cada tratamiento, el T1 tardó 53 días que es un dato idéntico al expuesto por Hernández y López [13] ya que obtuvieron un tiempo de producción de 52 días en el sustrato de tuza de mazorca; el T2 se produjo en 71 días semejante al

**Tabla 8**

Días totales de producción del Pleurotus ostreatus.

Tratamiento	Preparación del inóculo	Inoculación en semillas de trigo	Inoculación en el sustrato	Fructificación	Tiempo total de producción
T1	13	12	15	13	53
T2	13	12	24	22	71
T3	13	12	17	17	59

reportado por Jaramillo y Albertó [39] ya que mencionan un tiempo total entre 66 y 81 días; y T3 tuvo una duración de 59 días del mismo modo que el dato de Mendoza, *et al.* [38] quienes mencionan un rango total entre 60 y 77 días.

3.6. Rendimiento

El rendimiento permite la determinación del porcentaje de producción (hongos frescos) que se produce de una cantidad delimitada de materia prima reduciendo el desperdicio y generando una revalorización.

Tabla 9

Rendimiento de producción.

Variable	T1	T2	T3
Peso del hongo fresco	366,82	380,69	342,53
Peso del sustrato húmedo	1000,00	1000,00	1000,00
Rendimiento	36,68	38,07	34,25

De la (Tabla IX) se observa que el tratamiento con mayor rendimiento es el T2 siendo de 38,07%, un porcentaje valor semejante al reportado por Toledo [11] quien obtuvo 37,035% de rendimiento en sustratos de mazorcas de cacao y además es mejor a los valores de Mendoza, *et al.* [38] quien obtuvo 28,30% y Cueva [14] de 23,89%.

3.7. Análisis de la eficiencia biológica

La eficiencia biológica delimita la calidad del sustrato que se implementa en el cultivo de hongos, la cual es aceptable a partir del 50% [40].

El porcentaje de eficiencia biológica es mayor en el tratamiento T2 siendo de 70,08%, el cual es similar al reportado por Jaramillo y Albertó [39] puesto que obtienen 71,07% de eficiencia en su investigación y por Tuchán [7] quien manifiesta 70,08% de eficiencia en una combinación de sustrato de mazorca de cacao con madera de bambú pero es un

**Tabla 10***Eficiencia biológica.*

Variable	T1	T2	T3
Peso del hongo fresco	366,82	380,69	342,53
Peso del sustrato seco	571,77	543,22	565,36
Eficiencia biológica	64,16	70,08	60,58

valor superior al reportado por Gaitán, *et al.* [30] quienes exponen 51,40% de eficiencia en un tratamiento con paja de cebada fermentada y al de Aguinaga [18] porque obtiene 40,5% de eficiencia en bagazo de caña.

3.8. Análisis proximal de los cuerpos fructíferos

La (Tabla XI) expresa las características bromatológicas de los carpóforos.

Tabla 11*Características bromatológicas de las setas.*

Combinación	Humedad	Materia seca	Cenizas	Fibra	Proteína	Grasa
T1	85,56	14,44	0,901	13,80	16,80	0,88
T2	84,58	15,42	1,16	17,87	15,19	0,82
T3	85,08	14,92	0,99	17,89	12,71	0,79

Las características bromatológicas presentadas en la Tabla XI detalla que el T2 presenta 15,42% de materia seca y 1,16% de cenizas como valores mayores a los demás tratamientos; T3 posee mayor cantidad de fibra con 17,89% en comparación a los demás; T1 presenta mejores valores en tres características siendo 85,56% de humedad, 0,88% de grasa y 16,80% de proteína, siendo este último parámetro un dato que se puede declarar como certero en base al criterio de Koutrotsios, *et al.* [41] y Gupta, *et al.* [42] quienes afirman que la presencia de proteína cruda en *Pleurotus ostreatus* es variante de 14,64 a 31,36% dependiendo de la clase de sustrato empleado. Del mismo modo, nuestros datos de proteína son semejantes al de García, *et al.* [43] que reporta en su investigación valores de 18,10 y 23,90%, al igual que Ramos [44] quien reporta 20,08% de proteína en una de sus mezclas y Jin, *et al.* [45] quien manifiesta obtener datos entre 18,35 y 25,68% en mazorcas de maíz suplementadas con residuos de hierbas. Además, se resalta que el contenido de proteína es una característica bromatológica que decreta la calidad nutritiva de un alimento.



3.9. Características organolépticas de los cuerpos fructíferos

En la evaluación del sistema de conservación se obtienen características organolépticas de los cuerpos fructíferos detallados en la (Tabla XII).

Tabla 12

Características organolépticas.

Tipo		Secado natural	Deshidratación
Tiempo (h)		48	5
Temperatura (°C)		10-12	55
	Forma	Mantiene el 90%	Mantiene el 90%
	Textura	Rugosa y áspera	Rugosa y áspera
Parámetros	Color	Blanco	Amarillento
	Sabor	Cárnico (umami)	Cárnico (umami)
	Olor	Fúngico suave	Fúngico suave

La descripción de la (Tabla XII) detalla que se preserva un aspecto más agradable en el procedimiento de secado en el mismo sustrato siendo el color blanco y su estructura se mantienen en un 90% del hongo fresco. Este sistema de secado fue realizado a 10-12°C por 48 horas representando una alternativa notablemente nueva por el motivo que no existen datos por discutir.

Con respecto al procedimiento por deshidratación a 55°C por 5 horas, se denota que la biomasa posee un color amarillento y a la vez disminución de tamaño, tal como se menciona en la investigación de “Impacto de los métodos de conservación poscosecha sobre el valor nutricional y las propiedades bioactivas de los hongos” [24].

En estos sistemas de conservación por procesos térmicos, las características nutritivas de los carpóforos tienden a mantener la forma del hongo fresco con una textura rugosa y áspera, olor fúngico suave y sabor cárnico (umami), datos semejantes al estudio “Avances en el sabor y aroma umami de los hongos comestibles” expuestos por Sun, *et al.* [46].

3.10. Análisis estadístico basado en la eficiencia

Basados en el conocimiento de que la eficiencia determina la calidad de un sustrato empleado para la producción, se plantea como hipótesis nula que el uso de la cáscara de cacao, guaba y rastrojo de quinua, como sustratos para *Pleurotus ostreatus*, no influye en la eficiencia biológica caso contrario, se acepta la hipótesis alterna. Este criterio se realiza mediante el cálculo estadístico ANOVA, $p \leq 0.05$.

**Tabla 13***Eficiencia biológica.*

T1	T2	T3
66,69	74,56	66,58
60,75	66,42	67,34
59,36	73,96	59,25
71,82	72,45	60,33
66,99	69,15	54,01
60,24	64,67	57,01

Tabla 14*Resumen de parámetros según la eficiencia.*

Tratamientos	Unidades experimentales	Suma	Promedio	Varianza
T1	6	385,8426	64,3071	24,5716
T2	6	421,2046	70,2008	16,8312
T3	6	364,5109	60,7518	27,8504

Tabla 15*Análisis de varianza.*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	p Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	273,3154	2	136,6577	5,9199	0,0127	3,6823
Dentro de los grupos	346,2659	15	23,0844			
Total	619,5814	17				

La (Tabla XV) representa la prueba de hipótesis en base a la eficiencia por medio de ANOVA obteniendo una probabilidad de 0,0127 siendo menor a 0,05 que es el nivel de significancia, además se obtiene 5,9199 en la prueba F considerado como mayor al valor crítico para F por lo mismo que se decide rechazar la hipótesis nula y a su vez, aceptar la hipótesis alterna de tal forma que se ratifica que la producción de *Pleurotus ostreatus* es variante según la combinación de sustratos utilizados y la eficiencia si implica en la producción.

La prueba de Tukey al 95% de confiabilidad con respecto a la eficiencia describe que existe una diferencia significativa entre los grupos T2 y T3 lo que corrobora que se presenta una mejor producción de *Pleurotus ostreatus* en el tratamiento T2.

**Tabla 16**

Prueba de Tukey.

Parámetro	Valor		Diferencia	
HSD	7,1986	T1	T2	T3
Multiplicador	3,6700	T1	-5,8937	3,5553
MSE	23,0844	T2		9,4489
N	6	T3		

4. Conclusiones

Los subproductos de cacao, guaba y quinua poseen las características que necesita el *Pleurotus ostreatus* para su crecimiento como son la lignina, celulosa y hemicelulosa considerando siempre los parámetros ambientales que son imprescindibles. El T2 (60% cáscara de cacao, 25% cáscara de guaba, 15% rastrojo de quinua) compone el sustrato con datos más elevados en la producción (380,69g), rendimiento (38.07%) y eficiencia (70,08%) lo que asegura su implementación a escala industrial. Por otro lado, la conservación mediante el procedimiento de secado natural en el mismo sustrato permite conservar la apariencia y características como el color, tamaño, textura, sabor y olor provocando una mejor aceptación comercial con relación a la deshidratación. Finalmente, las características bromatológicas de los cuerpos fructíferos de los tres tratamientos analizados resultan ser valores que se pueden comparar con alimentos de fuente proteica como huevos, leche, carne y además pueden ser parte del tipo de alimentos funcionales, principalmente por el 16,80% de contenido de proteína.

Conflicto de intereses

Los autores de este artículo declaramos que no existe ningún conflicto de intereses.

References

- [1] Saval S. Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: pasado. Presente y Futuro. Biol. y Bioing. 2012;16(2):14–46.
- [2] SINERGIA. Impactos ambientales en agricultura (sitio en internet). Lifesinergia. 2003. Available from: http://www.lifesinergia.org/formacion/curso/03_impactos_ambientales_en_agr.pdf. Accessed on 4 November 2021.
- [3] Quizhpilema L. Validación de la tecnología para la producción e industrialización de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* utilizando sustratos orgánicos (Trabajo de



- titulación). Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2013.
- [4] Martín A. Introducción a la microbiología del suelo (sitio en Internet). México: AGT; 1981.
- [5] Ramírez S. Aprovechamiento de residuos agroindustriales, cascarilla de arroz (*Oriza sativa*) y residuos de papa (*Solanun tuberosun*) para la producción de *Trichoderma* spp. (Trabajo de titulación). Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato; 2012.
- [6] Vargas Y, Pérez L. Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Facul Cien Bás.* 2018;14(1):59–72.
- [7] Tuchan O. Evaluación del efecto de la pulpa de café (*coffea arábica*) en el incremento de la eficiencia biológica de la cepa inireb-8 de *Pleurotus ostreatus* utilizando cáscara de cacao (*theobroma cacao*) y bambu (*bambusa vulgaris* var. *striata*) como sustratos (Trabajo de titulación). Guatemala, México: Universidad de San Carlos de Guatemala; 2004.
- [8] Ardila C, Carreño S. Aprovechamiento de la cáscara de la mazorca de cacao como absorbente (Trabajo de titulación). Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander; 2011.
- [9] Flores A, Henao M. Almacenamiento optimizado en la *Inga edulis*. (Trabajo de titulación). Medellín, Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana; 2013.
- [10] Gutiérrez J. Estudio investigativo de la guaba y sus propuestas gastronómicas. (Trabajo de titulación). Quito, Ecuador: Universidad Tecnológica Equinoccial; 2012.
- [11] Toledo M. Residuos de Maíz y Quínoa como potenciales sustratos para el cultivo de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus* (Trabajo de titulación). Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2008.
- [12] Rodríguez A. Evaluación de la eficiencia de crecimiento de *Pleurotus ostreatus* en residuos del cultivo de *chenopodium quinoa* (Trabajo de titulación). Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2019.
- [13] Hernández R, López C. Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca. (Trabajo de titulación). Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana; 2010.
- [14] Cueva C. Aprovechamiento de residuos de plátano, cacao y maíz como sustratos para la producción del hongo “*Pleurotus ostreatus*”, en la comunidad la Magdalena de Francisco de Orellana (Trabajo de titulación). Orellana, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2018.
- [15] Stamets P. Mycomedicinal: an information booklet on medicinal mushroom. 3ª ed. Olympia-EEUU: Mycomedia, 2003. ISBN 0963797190, pp. 5-90.



- [16] Perdomo T. *Pleurotus ostreatus*: características, nutrición, reproducción (sitio en Internet). Lifeder. Available from: <https://www.lifeder.com/pleurotus-ostreatus/>. Accessed on 17 September 2021.
- [17] Ardón C. Evaluación de pericarpio de jacaranda (*Jacaranda mimosaeifolia*) y pasto estrella africana (*Cynodon plectostachyus*), para el cultivo artesanal del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*, Ecosur-0112) (Trabajo de titulación). Guatemala, México: Universidad San Carlos de Guatemala; 2004.
- [18] Aguinaga P. Evaluación de cuatro sustratos para la producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) en tres ciclos de producción en la zona de Tambillo, provincia de Pichincha (Trabajo de titulación). Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional; 2012.
- [19] Song B. Manual del cultivador de hongos 1. Cultivo del Hongo Ostra. Corea: MushWorld; 2005.
- [20] Hotchkiss J, Potter N. Química y bioquímica de los alimentos, Ciencia y tecnología de los alimentos. España: Acribia S.A.; 1999.
- [21] Baena A. Aprovechamiento del Bagazo del Maguey Verde (*Agave Salmiana*) de la Agroindustria del Mezcal en San Luis Potosí para la producción de Hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus*). (Tesis doctoral). San Luis, México: Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.; 2005.
- [22] Rodríguez G. "Cultivo de hongos comestibles". *Frutic. y divers.* 2005;52(1):10-15.
- [23] Rodríguez N, Araque M, Perdomo F. Manejo postcosecha de hongos comestibles y medicinales. Colombia: FNC-Cenicafé; 2006.
- [24] Marcal S, Sousa AS, Taofiq O, Antunes F, Morais A, Freitas A, et al. Impact of postharvest preservation methods on nutritional value and bioactive properties of mushrooms. *Trends in Food Science and Technology.* 2021;110(12):418–431.
- [25] Michelis A, Rajchenberg M. *Hongos Comestibles: Teoría y práctica para la recolección, elaboración y conservación.* Argentina: Estación Experimental Agropecuaria Bariloche; 2006.
- [26] Rojas L, Piñeros Y, Velásquez M. Producción de azúcares fermentables a partir de fibra prensada de palma de aceite pretratada biológicamente por *Pleurotus ostreatus* y *Phanerochaete chrysosporium*. *ION.* 2011;24(2):29–35.
- [27] Ardón C. La Producción de los hongos comestibles. (Trabajo de titulación). Guatemala, México: Universidad San Carlos de Guatemala; 2007.
- [28] Pérez B. Descripción de las características macroscópicas, de cultivo in vitro de cepas de *Pleurotus* aisladas en Guatemala (Trabajo de titulación). Guatemala, México: Universidad de San Carlos de Guatemala; 2006.



- [29] Bazán D, Salas N, Aguirre R, Bravo M, Becerra E, Lengua R, et al. Análisis comparativo del cultivo de cepas de *Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus eringii*. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*. 2004;7(1):24–29.
- [30] Gaitán R, Salmenes D, Pérez R, Mata G. Manual práctico del cultivo de setas. Aislamiento, siembra y producción. México: Instituto de Ecología; 2006.
- [31] Vargas P, Hoyos J, Mosquera S. Uso de hojarasca de roble y bagazo de caña en la producción de *Pleurotus ostreatus*. *Biot. en el Sec. Agrop. y Agroi*. 2012;10(1):136–145.
- [32] Fernández Y. Cultivo de orellas (*Pleurotus ostreatus*) en cinco sustratos generados en los procesos productivos agropecuarios, en dos épocas de siembra, en el municipio de Ituango. (Trabajo de titulación). Medellín, Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia; 2014.
- [33] Romero O, Huerta M, Damián M, Macías A, Tapia A, Parraguirre J, et al. 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. *Agron Costarric*. 2010;34(1):81–90.
- [34] Garzón J. Cuervo, J. Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. *Cien. Biomedical Engineering*. 2008;6(10):101–236.
- [35] García M. Nuevas técnicas de cultivo del *Pleurotus ostreatus*. España: Extensión agraria; 1987.
- [36] Vargas R. Producción de hongos ostra (*Pleurotus ostreatus*) usando como sustrato residuos de corteza de eucalipto ricos en lignina producidos por la empresa NOVOPAN (Trabajo de titulación). Sangolquí, Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas; 2020.
- [37] Coronel O. Aprovechamiento del subproducto bagazo de malta de la industria cervecera para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* (Trabajo de titulación). Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2021.
- [38] Mendoza K, Huamán M, Bravo N, Silva A, Silva R. Evaluación del cultivo de *Pleurotus ostreatus* en mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L.)”. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*. 2016;19(1):63–75.
- [39] Jaramillo S, Albertó S. Incremento de la productividad de *Pleurotus ostreatus* mediante el uso de inóculo como suplemento. *Science of Fungi*. 2019;49(1):1–8.
- [40] Acevedo R. Valoración y crecimiento del cultivo de *Pleurotus ostreatus* en cuatro sustratos generados a partir de procesos productivos agropecuarios, en el Municipio de Malaga, Santander. *Agro-Investment Corporation*. 2017;4(1):15–23.



- [41] Koutrotsios G, Mountzouris KC, Chatzipavlidis I, Zervakis GI. Bioconversion of lignocellulosic residues by *Agrocybe cylindracea* and *Pleurotus ostreatus* mushroom fungi—assessment of their effect on the final product and spent substrate properties. *Food Chemistry*. 2014 Oct;161(1):127–135.
- [42] Gupta A, Sharma S, Saha S, Walia S. Yield and nutritional content of *Pleurotus sajor caju* on wheat straw supplemented with raw and detoxified mahua cake. *Food Chemistry*. 2013 Dec;141(4):4231–4239.
- [43] García P, Rodríguez W, Chalarca E, Zambrano A. Estudio microbiológico y fisicoquímico de hongos comestibles (*Pleurotus ostreatus* y *Pleurotus pulmonarius*) frescos y deshidratados. *Ing. Ama*. 2014;7(1):41–47.
- [44] Ramos G. *Pleurotus ostreatus* cultivado en residuos de palma aceitera como importante fuente proteica para la dieta humana (Trabajo de titulación). Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2007.
- [45] Jin Z, Li Y, Ren J, Qin N. Yield, nutritional content, and antioxidant activity of *Pleurotus ostreatus* on corncobs supplemented with herb residues. *Mycobiology*. 2018 Mar;46(1):24–32.
- [46] Sun L, Zhang Z, Xin G, Sun B, Bao X, Wei Y, et al. Advances in umami taste and aroma of edible mushrooms. *Trends in Food Science and Technology*. 2020;96(1):176–187.