



# Ácidos grasos del hongo funcional *pleurotus ostreatus* cultivado en residuos sólidos agroindustriales\*

Olga Lucia Benavides Calvache\*\*, Érika Viviana Cabrera Hidalgo\*\*\*, Andrés Ovidio Villota Muñoz\*\*\*, David Arturo Perdomo\*\*\*\*

**Fatty acid of functional mushroom *pleurotus ostreatus* grown in agro-industrial solid waste**

**Ácidos graxos do cogumelo funcional *pleurotus ostreatus* crescido em resíduos sólidos da agroindústria**

## RESUMEN

**Introducción.** *Pleurotus ostreatus* es un hongo comestible y medicinal cultivable sobre residuos lignocelulósicos agroindustriales. Su concentración de lípidos totales puede encontrarse entre 2 % y 6 %, siendo mayoritarios los ácidos grasos insaturados (omega), los cuales junto a otros compuestos bioactivos, actúan en la reducción de triglicéridos y colesterol en humanos.

**Objetivo.** Evaluar la composición de ácidos grasos en los cuerpos fructíferos de *P. ostreatus* cultivado en diferentes sustratos de origen agrícola. **Materiales y Métodos.** Los residuos empleados fueron pulpa de café, bagazo de fique, raquis de palma de aceite y granza de avena forrajera. Se empleó micelio comercial de *P. ostreatus* (CP-50) y su cultivo se desarrolló bajo

---

\* Este artículo se deriva del Proyecto de Investigación Docente "Variabilidad bromatológica y de ácidos grasos tipo omega de orellanas (*Pleurotus* sp.)", financiado por el Sistema de Investigaciones de la Universidad de Nariño (Pasto-Colombia), durante 2011 - 2014. \*\* Ingeniera Química, Magíster (Ciencias Química-Productos Naturales), Magíster (Ciencias Agrarias-Producción de Cultivos), Docente Facultad de Ingeniería Agroindustrial (Universidad de Nariño), Directora Grupo de Investigación en Biotecnología Agroindustrial y Ambiental BIOTA (Universidad de Nariño). \*\*\* Ingeniero(a) Agroindustrial, Facultad de Ingeniería Agroindustrial (Universidad de Nariño), Integrante Grupo de Investigación en Biotecnología Agroindustrial y Ambiental BIOTA. \*\*\*\* Químico, Programa de Química (Universidad de Nariño), Técnico en Cromatografía Laboratorios Especializados (Universidad de Nariño), Integrante Grupo de Investigación en Biotecnología Agroindustrial y Ambiental BIOTA.

condiciones controladas. La extracción de lípidos totales de las setas se hizo con el método de Folch y el análisis de los metil ésteres de los ácidos grasos se realizó mediante GC-FID. **Resultados.** La concentración de lípidos totales se expresó como la media  $\pm$  DS de tres repeticiones. Hubo mayor concentración de lípidos totales ( $2,40 \pm 0,09$  %) al emplearse el sustrato con raquis de palma de aceite en 96 %. En la fracción de ácidos grasos mayoritarios de todos los tratamientos hubo presencia de ácido palmítico, ácido oleico y ácido linoleico, encontrándose ese último en valores cercanos al 70 %. **Conclusión.** El incremento de concentración de lípidos totales en *P. ostreatus*, así como la elevada concentración del ácido linoleico en los hongos de todos los tratamientos, se vieron influenciados por las características del sustrato preparado con raquis de palma de aceite cuya composición presentó mayor contenido lipídico

**Palabras clave:** *pleurotus ostreatus*, hongos comestibles, lignocelulosa, ácidos grasos.

## ABSTRACT

**Introduction.** *Pleurotus ostreatus* is an edible and medicinal mushroom susceptible of cultivation on lignocellulosic agroindustrial residues. The content of total lipids in this type of fungus can be found in the order of 2 % to 6 %, with major unsaturated fatty acids (omega), which together with bio-compounds may exhibit bioactivity on the decrease in the concentration of triglycerides and cholesterol in humans. **Objective.** Evaluate the composition of fatty acids in the fruiting bodies of *P. ostreatus* cultivated on different substrates of agricultural origin. **Materials and Methods.** The waste employees were coffee pulp, fique bagasse, oil palm rachis and chaff of forage oats. Commercial mycelial *P. ostreatus* (CP-50) was used and the culture was grown under controlled conditions. Extractions of total lipids in the mushrooms are made with the method of Folch and analysis of methyl esters of fatty acids was performed by GC-FID. **Results.** The total lipid concentration was expressed as the mean  $\pm$  SD of three replicates. There was a higher concentration of total lipids ( $2.40 \pm 0.09$  %) at the substrate used with oil palm rachis in 96 %. In the fraction of major fatty acids of all treatments there was presence of palmitic acid, oleic acid and linoleic acid (values close to 70%). **Conclusion.** The increased concentration of total lipids in *P. ostreatus*, was influenced by the characteristics of the substrate prepared with oil palm rachis whose composition had higher lipid content; and the high concentration of linoleic acid in mushrooms of all treatments.

**Keywords:** *pleurotus ostreatus*, mushrooms, lignocellulose, fatty acids.

## RESUMO

**Introdução.** *Pleurotus ostreatus* é um cogumelo comestível e medicinal crescido em resíduos agroindustriais lignocelulósicos. A concentração dos lipídios totais pode estar compreendido entre 2 % e 6 %, com os principais ácidos graxos insaturados (ômega), o qual juntamente com outros compostos bioativos, actuam na redução do colesterol e triglicéridos em seres humanos. **Objetivo.** Avaliar a composição dos ácidos graxos nos corpos de frutificação de *P. ostreatus* cultivados em diferentes substratos de origem agrícola. **Materiais e Métodos.** Os resíduos foram utilizados polpa de café, bagaço de fique, óleo raque do palma e farelo do aveia forrageira. *Pleurotus ostreatus* micelial e comercial (CP-50) foi usado e seu cultivo foi desenvolvido sob condições controladas. A extração dos lipídios totais nos cogumelos são feitas com o método do Folch e análise dos ésteres metílicos dos ácidos graxos foi realizada com GC-FID. **Resultados.** A concentração dos lipídios totais foi expressa como a média  $\pm$  DP de três repetições. Maior concentração dos lipídios totais ( $2,40 \pm 0,09$  %) foi apresentado em substrato óleo raque do palma a 96 %. Na fração dos ácidos graxos com a maior concentração do todos os tratamentos foram presença dos ácido palmítico, ácido oleico e ácido linoleico (este último com valores próximos dos 70 %). **Conclusão.** O aumento da concentração dos lipídios totais em *P. ostreatus*, foi influenciado pelas características do substrato preparado com óleo raque do palma cuja composição apresentaram maior teor dos lipídios; e a elevada concentração do ácido linoleico em cogumelos de todos os tratamentos.

**Palabras-chave:** *pleurotus ostreatus*, cogumelos, lignocelulose, ácidos graxos.

## INTRODUCCIÓN

El macromicete *Pleurotus ostreatus* conocido en Colombia como hongo ostra u orellana, ha sido objeto de investigación en este país desde los años noventa (Cardona, 2001, 101), dadas sus características nutricionales, medicinales (Nieto y Chegwin, 2010, 170) y su capacidad para desarrollarse en diversos medios de cultivo (Hadar y Cohen-Arazi, 1986, 1352). Es considerado un alimento funcional debido a su composición en metabolitos bioactivos generados durante las etapas fenológicas de crecimiento (Shimizu, 2002, 95). El consumo de *P. ostreatus* disminuye la concentración de triglicéridos y colesterol en humanos, lo cual es atribuido a la presencia de ácido linoleico, ergosterol y ergosta-derivados. Dichos metabolitos también son de ocurrencia en otros hongos medicinales como *L. edodes* (Rivera, Benavides y Ríos-Motta, 2009, 295) y presentan la capacidad de absorción de radicales oxigenados, así como la inhibición de la ciclo-oxigenasa *in vitro* (Schneider et al. 2011, 19).

Las setas comestibles presentan bajo contenido de lípidos totales (2 % al 6 %) con prevalencia en ácidos grasos insaturados y ausencia de ácidos grasos trans (Kalač, 2009, 11), sin embargo, las mismas especies de hongos silvestres o cultivadas, pueden presentar variación en la composición nutricional, especialmente en azúcares, ácidos grasos y tocoferoles debido a las propiedades fisicoquímicas de los sustratos de crecimiento o por influencia de otros factores, tales como la etapa de desarrollo, condiciones pre y post-cosecha y variabilidad intraespecífica. Además si las muestras de hongos son analizadas en fresco o deshidratadas puede existir variabilidad en la composición de principios bioactivos (Eman & Fatma, 2014, 5). La mayoría de setas comestibles presentan un perfil lipídico rico en ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) y monoinsaturados (MUFA), así como una menor concentración de ácidos grasos saturados (SFA). Un factor que influye en la composición de la fracción lipídica en basidiomicetes cultivados es la temperatura durante la etapa de fructificación, la cual al encontrarse por debajo de 17 °C puede incrementar la concentración de lípidos totales y de ácidos grasos insaturados (Pedneault, Angers, Avis, Gosselin y Tweddell, 2007, 1230). Por otro lado, la concentración de la fracción lipídica y micosterol en los hongos comestibles y la eficiencia biológica del cultivo, pueden incrementarse debido al mayor tiempo de exposición a la luz durante el desarrollo de cuerpos fructíferos (Bermúdez, Donoso, Martínez, Ramos y Morris, 2002, 15).

Debido a las inigualables características gastronómicas y culinarias de *P. ostreatus* (Ciappini, Gatti y López, 2004, 128), esta seta ocupa el tercer lugar de comercialización en el mundo, después de shiitake y champiñón. El hongo ostra se encuentra en forma natural en muchos tipos de hábitat del mundo y se desarrolla rápidamente en los troncos de los árboles, tocones, arbustos y bagazos, por lo cual, puede adaptarse a sustratos de crecimiento elaborados a partir de residuos lignocelulósicos (Oei, 2003, 156). En Colombia se producen cantidades apreciables de residuos agroindustriales lignocelulósicos originados en los procesos de transformación de las cadenas productivas, con alto potencial para el cultivo en fase sólida de macromicetes de pudrición blanca, tal como *P. ostreatus* (Rodríguez & Jaramillo, 2004, 6; Varnero, Quiroz y Álvarez, 2010, 14). De hecho, en la industria cafetera se obtiene la pulpa o exocarpio, correspondiente al 44 % del fruto fresco de café (*Coffea arabica*) y la cual puede contaminar en 43,20 % el agua utilizada durante el proceso de beneficio húmedo (Rodríguez, 2007, 7; Zuluaga y Zambrano, 1993, 2); en la industria productora de fibras naturales a partir del cultivo de fique (*Furcraea macrophylla*), se aprovecha tan solo el 4 % de fibras largas, mientras que el 96 % son residuos, de los cuales aproximadamente 40.000 t/año se generan en el departamento de Nariño como residuos sólidos (bagazo) (Cadena Productiva del Fique (Cadefique, 2006, 25) y en el proceso de extracción de aceite crudo de palma (*Elaeis guineensis*) se obtiene un desecho denominado raquis correspondiente al 26 % de la tusa vacía del fruto, cuya disposición se hace en el suelo de las plantaciones de palma, sin embargo puede originar la inmovilización de nutrientes, anaerobiosis, atracción de roedores e insectos, además de la producción de lixiviados, cuando su manejo es directo (Torres, Acosta y Chinchilla, 2004, 378). Por otro lado, el cultivo de cereales como la avena (*Avena sativa*), con

finés de alimentación animal es una alternativa que se ha incrementado en los últimos años en Colombia (Rodríguez y Sana, 2007, 10), generándose alrededor del 70 % de biomasa residual (granza), lo cual es importante, dado que los restos de cereales como sustrato único o en mezcla con otros materiales, son ideales para la producción de hongos comestibles (Varnero et al. 2010, 16).

Por lo anterior, el cultivo de hongos comestibles y medicinales sobre residuos sólidos agroindustriales, es una alternativa de descontaminación ambiental, pero también es una opción biotecnológica para la producción de numerosos compuestos bioactivos, más aún cuando existe influencia de la composición del sustrato, sobre las características nutracéuticas de los hongos que crecen en él (Nieto y Chegwin, 2010, 173). Dada la importancia medicinal de los ácidos grasos, en esta investigación se identificaron y cuantificaron dichos compuestos en los cuerpos fructíferos de *P. ostreatus*, el cual fue cultivado en sustratos preparados con residuos lignocelulósicos de fique (*Furcraea macrophylla*), palma de aceite (*Elaeis guineensis*) o café (*Coffea arabica*), empleando en algunos tratamientos la suplementación con granza de avena forrajera (*Avena sativa*).

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Materiales lignocelulósicos.** La pulpa de café (PC) se obtuvo de cultivos de *Coffea arabica* ubicados en el municipio de La Unión (zona norte de Nariño); el bagazo de fique (BF) se colectó de cultivos de *Furcraea macrophylla* situados en el municipio de Guaitarilla (zona sur de Nariño), la granza de avena forrajera (*Avena sativa*) se obtuvo de cultivos experimentales de Corpoica ubicados en el municipio de Guaitarilla y el raquis de palma aceitera (RP) se adquirió de cultivos de *Elaeis guineensis* establecidos en la zona costera del océano Pacífico (Empresa Palmas de Tumaco-Nariño). En el pretratamiento de residuos lignocelulósicos se empleó la metodología de Rodríguez y Jaramillo (2004, 15) con modificaciones. Todos los materiales frescos se lavaron por separado, se cortaron hasta una longitud aproximada de 2 cm, se acondicionaron con 2 % de  $\text{CaCO}_3$  y 2 % de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , ambos grado analítico (Merck, Alemania) y se suplementaron con 30 % de granza de avena forrajera, según los tratamientos planteados en el diseño experimental.

**Cultivo y pretratamiento de basidiocarpos de *P. ostreatus*.** Bajo condiciones controladas, se desarrolló un cultivo piloto del hongo en fase sólida, en la ciudad de Pasto (Nariño-Colombia) a 2527 m.s.n.m. y coordenadas geográficas  $1^\circ 12' 0'' \text{N}$  y  $77^\circ 16' 1'' \text{O}$ . Se usaron seis tratamientos con tres repeticiones con un diseño experimental de bloques al azar (Tabla 1). Se elaboraron las unidades productivas empacando en bolsas de polipropileno 1 kg de sustrato hidratado al 70 % de humedad, las cuales fueron inoculadas con 4 % de micelio comercial de *P. ostreatus* (CP-50). Las bolsas se perforaron y se dejaron en incubación a  $22^\circ \text{C}$  en condiciones de penumbra hasta la invasión micelial.

Tabla 1. Tratamientos empleados en el cultivo de *P. ostreatus*

Tratamiento	Descripción porcentual en base seca
T1	96 % PC
T2	66 % PC + 30 % GA
T3	96 % RP
T4	66 % RP + 30 % GA
T5	96 % BF
T6	66 % BF + 30 % GA

PC: Pulpa de café, GA: Granza de avena forrajera,

RP: Ráquis de palma de aceite, BF: Bagazo de fique.

Posteriormente, se retiraron las bolsas y el sistema de penumbra para permitir la formación de primordios. La fructificación se presentó a una temperatura promedio de 15 °C y 90 % de humedad relativa, con exposición a 12 h de luz natural. Los basidiocarpos cosechados fueron deshidratados a 60 °C durante 48 h, se sometieron a molienda y tamizaje en criba de 1 mm de diámetro y se conservaron en refrigeración a 4 °C hasta su análisis químico.

**Extracción de lípidos totales (LT)** Se extrajo la fracción de lípidos totales de las setas y de los materiales lignocelulósicos de partida, mediante el método de Folch, Lees y Stanley (1957, 498): Se mezcló 0,50 g de muestra con 15 mL de  $\text{CHCl}_3$ :MeOH (1:2) grado analítico (Merck, Alemania) y se maceró a 16 °C por 24 h. Las muestras se sonicaron en un equipo Fisher Scientific FS20H durante 15 min. Cada extracto se filtró y concentró a presión reducida en un rotoevaporador Eyela 1100.

**Análisis de ácidos grasos (AG) por GC-FID** Los extractos lipídicos fueron sometidos a derivatización según la metodología de Reis, Barros, Martins y Ferreira (2012, 192) con modificaciones, mediante la adición de 0,50 mL de  $n\text{-C}_6\text{H}_{14}$  grado HPLC (Fisher, USA) y 5 mL de HCl:MeOH grado analítico (Merck, Alemania) (al 5 %) y se dejaron en baño termostataado a 55 °C durante 14 h. Una vez se encontraron a temperatura ambiente, se les agregó 0,50 mL de agua destilada, 0,50 mL de NaCl grado reactivo (Fisher, USA) (al 10 %) y 1 mL de  $n\text{-C}_6\text{H}_{14}$  grado HPLC (Fisher, USA). Después de la separación de fases, se recuperó la fase orgánica para el análisis de los metil ésteres de los ácidos grasos, lo cual se realizó mediante cromatografía de gases empleando un equipo Shimadzu GC17A con detector de ionización de llama (FID), columna DB-WAX (J y W Scientific 30 m; 0,25 mm; 0,25 micras) y puerto de inyección split/splitless. La temperatura del inyector se mantuvo a 250 °C y la del detector fue de 280 °C. La identificación de los compuestos se hizo por comparación con los tiempos de retención de estándares de metil ésteres de ácidos grasos (FAMES Supelco, USA) y su cuantificación se expresó en porcentaje relativo según la normalización interna de las áreas cromatográficas.

**Análisis estadístico.** Se determinó la media, la desviación estándar y el análisis de varianza para los valores de cuantificación de lípidos totales en *P. ostreatus* y materiales lignocelulósicos. Las medias de los tratamientos se compararon mediante la prueba de Fisher a un nivel de 95 % de confianza. Se empleó el programa estadístico Statgraphics Centurion XV.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 se presentan los resultados de la concentración de lípidos totales (LT) obtenidos en los diferentes tratamientos. Los basidiocarpos con mayor concentración de lípidos totales fueron los desarrollados sobre sustrato con 96 % de raquis de palma y los menores niveles se presentaron en las setas que crecieron sobre sustratos preparados con 96 % de pulpa de café o 96 % de bagazo de fique, además estos últimos no evidenciaron diferencia estadísticamente significativa respecto a la variable. Lo anterior puede estar relacionado con el contenido lipídico de los materiales de partida, dado que la concentración del extracto etéreo en RP pretratado resultó ser de  $8,32 \pm 0,17$  %, valor mucho mayor que en los otros sustratos pretratados ( $2,57 \pm 0,23$  % en PC y  $0,04 \pm 0,13$  % en BF, respectivamente).

Al parecer, el uso de sustratos ricos en lípidos puede favorecer la síntesis de ácidos grasos o su incorporación en los cuerpos fructíferos de hongos del género *Pleurotus* (Nieto y Chegwing, 2010, 175). En todos los hongos desarrollados sobre materiales de crecimiento mezclados con granza de avena se observó un menor contenido lipídico, en relación a los materiales no enriquecidos con el residuo de cereal, quizá por la influencia del bajo valor lipídico de la granza de avena pretratada, el cual resultó en  $1,88 \pm 0,30$  %. En la investigación desarrollada por Rahman, Ahmed, Roy, Shelly y Rahman (2012, 308), se emplearon diferentes niveles de salvado de trigo como suplemento del medio de crecimiento para *P. ostreatus* y como resultado el nivel de lípidos del hongo desarrollado sobre el testigo fue superior al obtenido en el material suplementado, tal como se presentó en este estudio, al usar granza de cereal como material de suplemento.

**Tabla 2. LT en basidiocarpos de *P. ostreatus***

Tratamiento	% (B. S.)
T1	1,42 ± 0,05 <sup>c</sup>
T2	1,36 ± 0,04 <sup>d</sup>
T3	2,40 ± 0,09 <sup>a</sup>
T4	1,88 ± 0,03 <sup>b</sup>
T5	1,50 ± 0,15 <sup>c</sup>
T6	1,30 ± 0,09 <sup>d</sup>

% (B.S): Porcentaje en base seca. Datos expresados como media ± SD de tres repeticiones.

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ )

entre tratamientos (Prueba Fischer). (Coeficiente de Variación = 5,52)

En esta investigación la fructificación se dio en condiciones de baja temperatura (15 °C) y con 12 h de iluminación, sin embargo, la concentración de lípidos totales se mantuvo relativamente baja en todos los tratamientos, contrario a lo sucedido en el estudio de Pedneault et al. (2007, 1231) quienes obtuvieron 4,50 % de lípidos totales con un grado de insaturación en ácidos grasos de 1,85 cuando *P. ostreatus* se desarrolló a baja temperatura (12 °C). Por otro lado, Bermúdez et al. (2002, 15) determinaron en 11,02 % la concentración de lípidos totales en *P. ostreatus* var. Florida desarrollado sobre residuales de cacao, cuando el cultivo fue expuesto a 12 h de luz durante la etapa de desarrollo de los basidiocarpos; sin embargo en este estudio no se evidenció un incremento de lípidos totales al permitir la fructificación de las setas con iluminación natural de 12 h al día. Relativo a la composición de ácidos grasos, en este estudio se obtuvo una elevada concentración relativa de ácidos grasos insaturados en los cuerpos fructíferos de todos los tratamientos, lo cual podría ser por efecto de las condiciones ambientales durante la etapa de fructificación, especialmente por la baja temperatura.

En las setas de *P. ostreatus*, hubo presencia de tres AG mayoritarios: ácido palmítico ( $C_{16:0}$ ), ácido oleico ( $C_{18:1n-9}$ ) y ácido linoleico ( $C_{18:2n-6}$ ). En la fracción de AG minoritarios de todas las muestras (denominada en este estudio como AGMI) se encontró ácido  $\alpha$ -linolénico ( $C_{18:3n-3}$ ), ácido esteárico ( $C_{18:0}$ ), ácido palmitoleico ( $C_{16:1n-7}$ ) y ácido mirístico ( $C_{14:0}$ ). En la tabla 3, se indican los resultados de la identificación y cuantificación de AG presentes en los basidiocarpos de *P. ostreatus*.

**Tabla 3. Identificación y cuantificación de AG en *P. ostreatus***

Tratamiento	$C_{16:0}$ (%)	$C_{18:1n-9}$ (%)	$C_{18:2n-6}$ (%)	AGMI (%)
T1	10,88	10,50	75,68	2,94
T2	12,19	13,84	71,06	2,90
T3	13,24	12,74	71,05	2,97
T4	12,61	15,29	69,19	2,92
T5	12,34	13,10	71,68	2,88
T6	13,44	12,56	71,15	2,85

Valores de concentración expresados como porcentaje relativo.

En esta investigación, se encontró el ácido linoleico como compuesto mayoritario en todos los tratamientos (con valores cercanos al 70 %). Esto es frecuente para *P. ostreatus* cultivado sobre residuos

sólidos y en condiciones de fructificación a bajas temperaturas, como puede observarse en los resultados obtenidos por otros autores (Tabla 4). El ácido linoleico resulta de gran importancia en la composición química de los hongos comestibles, ya que es precursor del compuesto 1-octen-3-ol conocido como el alcohol de los hongos, el cual contribuye a su aroma, sabor y palatabilidad (Maga, 1981, 3). Por otro lado, es de común ocurrencia encontrar concentraciones menores de ácido linoleico en setas silvestres, que podrían estar asociadas a la composición del medio de crecimiento y las condiciones medio ambientales, sin embargo es importante abordar más estudios en los que se pueda evidenciar la influencia de la variabilidad ambiental sobre la riqueza lipídica de las setas silvestres.

**Tabla 4. AG mayoritarios de *P. ostreatus* identificados en otras investigaciones**

C <sub>16:0</sub> (%)	C <sub>16:1n-7</sub> (%)	C <sub>18:1n-9</sub> (%)	C <sub>18:2n-6</sub> (%)	Característica/Referencia
12,79	---	16,90	62,24	HC / Abeer, Alqarawi, Al-Huqail & Abd Allah, 2013, 1199
11,20	---	12,30	68,90	HC / Reis et al. 2012, 194
11,30	---	5,69	78,90	HC (TF 12°C) / Pedneault et al. 2007, 1232
12,00	---	7,54	76,40	HC (TF 21°C) / Pedneault et al. 2007, 1232
---	12,90	20,80	42,00	HS / Yilmaz et al. 2006, 173
14,00	---	18,00	65,00	HC / Hadar & Cohen-Arazi, 1986, 1353

Valores de concentración expresados como porcentaje relativo. HC: Hongo Cultivado.

HS: Hongo Silvestre. TF: Temperatura de Fructificación.

El cultivo del hongo comestible y medicinal *P. ostreatus* sobre residuos sólidos agroindustriales puede considerarse una alternativa de producción de alimentos funcionales con alto contenido de ácidos grasos insaturados, además de generar una posibilidad de tratamiento de dichos residuos desde el punto de vista ambiental. En este estudio, se determinó que el uso de residuos lignocelulósicos provenientes de la planta oleaginosa *Elaeis guineensis* puede influir sobre el incremento en el contenido de los lípidos totales de los cuerpos fructíferos de *P. ostreatus*, en relación a sustratos preparados con bagazo de fique o pulpa de café; mas no respecto al enriquecimiento de cualquiera de los sustratos con granza de avena forrajera. Por otro lado, se observó que las condiciones ambientales durante la fructificación (temperatura media de 15 °C y 12 h de luz natural) favorecen la presencia de un alto porcentaje de ácidos grasos insaturados como el linoleico, en todos los tratamientos.

## CONCLUSIONES

El cultivo del hongo comestible y medicinal *P. ostreatus* sobre residuos sólidos agroindustriales puede considerarse una alternativa de producción de alimentos funcionales con alto contenido de ácidos grasos insaturados, además de generar una posibilidad de tratamiento de dichos residuos desde el punto de vista ambiental. En este estudio, se determinó que el uso de residuos lignocelulósicos provenientes de la planta oleaginosa *Elaeis guineensis* puede influir sobre el incremento en el contenido de los lípidos totales de los cuerpos fructíferos de *P. ostreatus*, en relación a sustratos preparados con bagazo de *Furcraea macrophylla* o pulpa de *Coffea arabica*; mas no respecto al enriquecimiento de cualquiera de los sustratos con granza de *Avena sativa*. Por otro lado, se observó que las condiciones ambientales durante la fructificación (temperatura media de 15°C y 12 h de luz natural) inducen un elevado porcentaje de ácidos grasos insaturados en especial del ácido linoleico, en todos los tratamientos.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos al Sistema de Investigaciones de la Universidad de Nariño, por el financiamiento de esta investigación. También a la Empresa Palmas de Tumaco, Corpoica y Agricultores de los municipios de Guaitarilla y La Unión, por el aporte de los residuos lignocelulósicos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abeer, H.; Alqarawi, A.; Al-Huqail, A. y Abd Allah, E. (2013). Biochemical Composition of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. Grown on Sawdust of *Leucanena leucocephala* (Lam.) de Wit. *Pak. J. Bot.*, 45(4), 1197-1201.
- Bermúdez, R.; Donoso C.; Martínez, C.; Ramos, E. y Morris, H. (2002). Efecto de la luz en la concentración de micosteroides de *Pleurotus ostreatus* var. Florida. *Revista Cubana Aliment Nutr.*, 16(1), 13-18.
- Cadefique. (2006). *Guía ambiental del subsector fiquero*. (2da ed.). Bogotá.
- Cardona, L. F. (2001). Anotaciones acerca de la bromatología y el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. *Crónica Forestal y del Medio Ambiente*, 16, 99-119.
- Ciappini, M.; Gatti, B. y López, M. (2004). *Pleurotus ostreatus*, una opción en el menú. Estudio sobre las gírgolas en la dieta diaria. *Revista de la Universidad del Centro Educativo Latinoamericano INVENIO*, 127-132.
- Eman, M. y Fatma, A. (2014). Bioactive compounds of fresh and dried *Pleurotus ostreatus* mushroom. *International Journal of Biotechnology for Wellness Industries*, 3, 4-14.
- Folch, J.; Lees, M. y Stanley, G. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissue. *J. Biol. Chem.*, 226, 497-509.
- Hadar, Y. y Cohen-Arazi, E. (1986). Chemical composition of the edible mushroom *Pleurotus ostreatus* produced by fermentation. *Applied and Environmental Microbiology*, 51(6), 1352-1354.
- Kalač, P. (2009). Chemical composition and nutritional value of european species of wild growing mushrooms: a review. *Food Chemistry*, 113, 9-16.
- Maga, J. (1981). Mushroom Flavour. *J. Agric. Food. Chem.*, 29, 1-4.
- Nieto, I. J. y Chegwin, C. (2010). Influencia del sustrato utilizado para el crecimiento de hongos comestibles sobre sus características nutraceuticas. *Rev. Colomb. Biotecnol.*, 12(1), 169-178.
- Oei, P. (2003). *Mushroom cultivation: Techniques species and opportunities for comercial application in developing countries*. (2da ed.). Amsterdam, Holanda: TOOL Publications.
- Pedneault, K.; Angers, P.; Avis, T.; Gosselin, A. & Tweddell, R. (2007). Fatty acid profiles of polar and non-polar lipids of *Pleurotus ostreatus* and *P. cornucopiae* var. 'citrino-pileatus' grown at different temperatures. *Mycological Research*, 111, 1228-1234.
- Rahman, M.; Ahmed, K.; Roy, T.; Shelly, N.; y Rahman, M. (2012). Effect of wheat bran supplements with rice straw on the proximate composition of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Bangladesh Res. Pub. J.*, 7(4), 306-311.
- Reis, F.; Barros L.; Martins, A. y Ferreira, I. (2012). Chemical composition and nutritional value of the most widely appreciated cultivated mushrooms: An inter-species comparative study. *Food and Chemical Composition*, 50, 191-197.



- Rivera, A.; Benavides, O. L. y Rios-Motta, J. (2009). (22E)-Ergosta-6,22-diene-3,5,8-triol: A new polyhydroxysterol isolated from *Lentinus edodes* (Shiitake). *Natural Product Research*, 23(3), 293-300.
- Rodríguez, C. y W. Sana. (2007). Importancia de la cebada y la avena en la alimentación animal. *El Cerealista*, Octubre, 9-12.
- Rodríguez, N. y Jaramillo, C. (2004). *Cultivo de Hongos Comestibles del Género Pleurotus sobre Residuos Agrícolas de la Zona Cafetera*. Chinchiná, Colombia: Cenicafé.
- Rodríguez, N. (2007). Balance energético en la producción de etanol a partir de la pulpa y el mucílago de café y poder calorífico de los subproductos del proceso del cultivo de café. Chinchiná, Colombia: Cenicafé.
- Schneider, I.; Kressel, G.; Meyer, A.; Krings, U.; Berger, R. y Hahn, A. (2011). Lipid lowering effects of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in humans. *Journal of Functional Foods*, 3, 17-24.
- Shimizu, T. (2002). Newly established regulation in Japan: Foods with health claims. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 11(2), 94-96.
- Torres, R.; Acosta, A. y Chinchilla, C. (2004). Proyecto comercial de compostaje de los desechos agroindustriales de la palma aceitera. *Palmas*, 25 (No. Especial) Tomo II, 377-387.
- Varnero, M.; Quiroz, M. y Álvarez, C. (2010). Utilización de residuos forestales lignocelulósicos para producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*). *Información Tecnológica*: 21(2), 13-20.
- Yilmaz, N.; Solmaz, M.; Turkekul, I. y Elmastas, M. (2006). Fatty acid composition in some wild edible mushrooms growing in the middle black sea region of Turkey. *Food Chemistry*, 99, 168-174.
- Zuluaga, J. y Zambrano, D. (1993). Manejo del agua en el proceso de beneficio húmedo del café para el control de la contaminación. *Avances Técnicos Cenicafé*: 187, 1-4.