

## Reutilización del sustrato degradado de *Pleurotus ostreatus*. Parámetros cuantitativos

M.R. Picornell-Buendía<sup>1,\*</sup>, A. Pardo-Giménez<sup>2</sup> y J.A. de Juan-Valero<sup>1,†</sup>

<sup>1</sup> Escuela Técnica Superior de Ingeniero Agrónomos de Albacete. Castilla – La Mancha University. Campus Universitario s/n, E02071, Albacete – Spain. Teléfono: +34 967 599200

<sup>2</sup> Centro de Investigación, Experimentación y Servicios del Champiñón (CIES). C/ Peñicas, s/n. Apartado 63. 16220 Quintanar del Rey. Cuenca. España

### Resumen

En el presente trabajo se estudia la viabilidad agronómica del cultivo *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. utilizando sustratos selectivos basados en la reutilización de sustratos postcultivo del mismo hongo, mediante la aplicación de los suplementos nutritivos comerciales (Calprozime<sup>®</sup>, Champfood<sup>®</sup> y Promycel<sup>®</sup>), por su posible interés para ser utilizados como aditivos junto con la paja de trigo, el sulfato cálcico y el carbonato cálcico a dosis diferentes. Tras la caracterización física y química de los sustratos, se han evaluado los parámetros de producción cuantitativos en un ciclo de cultivo. La combinación de paja de trigo (3.000 g) y sustrato postcultivo de *Pleurotus ostreatus* (SAP) (3.000 g) suplementada con 120 g de cada uno de los suplementos comerciales ensayados (Promycel<sup>®</sup>, Champfood<sup>®</sup> y Calprozime<sup>®</sup>) generaron sustratos elaborados con adecuados pesos medios unitarios de los carpóforos así como aceptables eficiencias biológicas (muy cerca del 50%). Con la paja de trigo suplementada, las eficiencias biológicas superaron el 65,60% sin sobrepasar el 73,28%. En consecuencia, estas formulaciones basadas en composts degradados por el cultivo de *Pleurotus ostreatus* podrían constituir un sustrato de bajo coste, selectivo y equilibrado en nutrientes, para el crecimiento y desarrollo de las setas ostra.

**Palabras clave:** Sustrato postcultivo de setas, setas comestibles, residuos agrícolas, producción, eficiencia biológica.

### Abstract

#### Use of spent mushroom substrate of *Pleurotus ostreatus*. Quantitative parameters

In this study, the agronomic viability of oyster mushrooms [*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.] is studied by reusing spent mushroom substrates (SMS). For this purpose, SMS from *Pleurotus ostreatus* with commercial nutritional supplements (Calprozime<sup>®</sup>, Champfood<sup>®</sup> and Promycel<sup>®</sup>) as additives and with wheat straw, calcium sulphate and calcium carbonate at different doses has been evaluated. Physical and chemical characterization of the substrates, and quantitative production parameters have been evaluated in one growing season. The mixture of wheat straw (3,000 g) and SMS (3,000 g) supplemented with 120 g of each of the commercial supplements (Promycel<sup>®</sup>, Champfood<sup>®</sup> and Calprozime<sup>®</sup>) generated adequate substrates with an excellent unit weight of the fruiting bodies and acceptable biological effi-

\* Autor para correspondencia: MRaquel.Picornell@hotmail.com

<https://doi.org/10.12706/itea.2016.022>

ciencias (near 50%). In the substrates with supplemented wheat straw, the biological efficiencies ranged from 65.60% to 73.28%. Consequently, the SMS from *Pleurotus ostreatus* could be a low-cost substrate with selective and balanced nutrients for growth and development of oyster mushrooms.

**Key words:** Edible mushrooms, spent mushroom substrates, agricultural wastes, production, biological efficiency.

## Introducción

Las especies del género *Pleurotus* tienen una calidad organoléptica excelente, crecen sobre una gran diversidad de sustratos en un amplio rango de temperaturas, son fáciles de cultivar y disponen de un gran potencial en procesos de biorremediación (Sánchez, 2010). Además, se precisa poco capital inicial para la instauración de naves para su cultivo y para la preparación del sustrato no se requiere de un proceso de compostaje complejo prolongado, ni de la aplicación de tierra de cobertura al final del crecimiento micelial (como el champiñón), ni tampoco necesita una fase de oscurecimiento ni de inmersión en agua (como el shiitake).

Aproximadamente, en el año 2015, 9.200 t de este hongo se produjeron en Castilla-La Mancha (59% del total nacional) (MAGRAMA, 2016). El sector productor de hongos comestibles genera, en España, unas 500.000 t de residuos de sustratos degradados por los hongos tras el cultivo comercial, mientras que el conjunto de la Unión Europea produce más de 3,5 millones de t (Picornell et al., 2010). Este material lignocelulósico, llamado en inglés spent mushroom substrate, o sustrato degradado postcultivo puede ser usado en diversos campos de la agricultura (Rinker, 2002), pero estos aprovechamientos no parecen ser suficientes para dar salida al elevado volumen generado año tras año, que se acumula en los centros de recogida situados en las zonas productoras de España, y que constituye un contaminante potencial, ade-

más de un despilfarro energético. Bisaria et al. (1997) destacaron la importancia de la suplementación proteica de los sustratos pobres en nitrógeno, en forma orgánica o mineral, pero en pequeñas cantidades, puesto que el exceso de nitrógeno también puede disminuir la degradabilidad del sustrato, interfiriendo negativamente en la producción y en la eficiencia biológica.

La viabilidad agronómica de la reintroducción del sustrato postcultivo de *P. ostreatus* en nuevos ciclos de producción, supondría una alternativa a considerar a nivel comercial para reemplazar parcialmente a la paja de trigo utilizada actualmente como material de base de manera prácticamente exclusiva, y más aún si se tiene en cuenta la problemática económica asociada al empleo de este subproducto cerealista, de elevado precio en el mercado, sobre todo, en años de sequía. El material podría ser integrado por medio de nuevas formulaciones y metodologías con las ventajas añadidas de rebajar los costes de producción y disminuir el impacto ambiental que producen estos desechos, en gran parte no reutilizados con otros fines agrícolas.

El objetivo del presente trabajo es la evaluación agronómica cuantitativa del sustrato degradado en el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (SAP), y su mezcla con paja de trigo en distinta proporción, como sustentos lignocelulósicos en nuevos ciclos de cultivo de *P. ostreatus*, sin suplementar y suplementados con 120 g de cada uno de los suplementos comerciales ensayados (Promycel<sup>®</sup>, Champfood<sup>®</sup> y Calprozime<sup>®</sup>).

## Materiales y métodos

### Metodología analítica utilizada para la caracterización de materiales

Para la caracterización de las materias primas y los sustratos elaborados se han determinado los siguientes parámetros: humedad (MAPA, 1994), pH (Ansorena, 1994), nitrógeno total (Tecator, 1987; MAPA, 1994), cenizas (MAPA, 1994), materia orgánica (Ansorena, 1994), relación C/N, fibra bruta (ANKOM, 2008), grasa bruta (ANKOM, 2009), extractivos libres de nitrógeno (ELN) (González et al., 1987), celulosa y solubles neutro-detergentes (SND) (ANKOM, 2005; 2006a,b), y se realizó la prospección de ácaros (Krantz, 1986) y nematodos (Nombela y Bello, 1983).

### Elaboración de los sustratos y diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue un Plan Factorial Equilibrado 3 x 4, con 6 repeticiones (bloques al azar con factorial de dos factores). El Factor 1 correspondió al tipo de sustrato de base usado (paja de trigo, paja de trigo + SAP, SAP), y el Factor 2, al tipo de suplemento comercial empleado [ningún suplemento comercial; Promycel®, (PRO®); Champfood®, (CHAM®); Calprozime®, (CPZ®)]. Con ambos factores, y sus correspondientes niveles, se establecieron 12 tratamientos diferenciados, a los que se añadieron 2 con sustrato comercial (bolsa de 6 kg y saco en formato comercial de 14 kg) procedentes de José Saiz, S. L. (Quintanar del Rey, Cuenca) y de Champinter (Villamalea, Albacete), respectivamente, sumando en total, para este experimento, 14 combinaciones (84 unidades de muestreo). A todos los sustratos de base, excepto al sustrato comercial, se les añadió yeso a razón de 50 g/kg de material de base. Al sustrato de base constituido por la paja de trigo no se le añadió carbonato cálcico (CaCO<sub>3</sub>), mientras que al sustrato de base paja de trigo

+ SAP se le añadió CaCO<sub>3</sub> a razón de 10 g/kg de material de base (pH paja = 7,85) y al sustrato de base constituido únicamente por SAP se le añadió CaCO<sub>3</sub> a razón de 20 g/kg de material de base (pH SAP = 7,13); a los sustratos comerciales tampoco se les añadió CaCO<sub>3</sub> (Tabla 1). El pH óptimo de los sustratos varía entre 6 y 8, dependiendo de las especies de hongos (Song, 2005). El motivo por el que se añadió CaCO<sub>3</sub> fue porque, generalmente, los sustratos necesitan un pre-tratamiento con carbonato de calcio puro CaCO<sub>3</sub> del 1-2% para alcanzar este pH, como un regulador químico de pH.

El primer paso realizado en la elaboración de los sustratos a ensayar consistió en el picado y premojado de la paja de trigo; posteriormente, se procedió a la mezcla de los materiales y un ajuste del contenido de humedad. Una vez efectuadas estas fases en el proceso, se procedió a un tratamiento térmico de pasteurización (60 °C – 65 °C, 8 h) y progresivo descenso en 15 h a temperatura de "siembra" (25 °C). Por último, se realizó la suplementación, "siembra" (dosis, 30 g/kg de micelio 'Mispaj S-44') y ensacado manual en la planta piloto del Centro de Investigación, Experimentación y Servicios del Champiñón (CIES).

Para los sustratos elaborados de base, se utilizaron sacos de polietileno transparente, de 29 cm de diámetro y una altura variable entre 25 y 35 cm, dependiente del tipo de sustrato, albergando pesos aproximados de 6,5 kg. A estos sacos, se les practicaron 4 orificios de 22 mm de diámetro distribuidos uniformemente en la superficie de cada uno de sus lados.

### Conducción y seguimiento del ciclo de cultivo

La duración total del ciclo del experimento fue de 63 días. El desarrollo del ciclo de cultivo tuvo lugar en un túnel-invernadero experimental ubicado en el CIES, ubicado en la localidad de Quintanar del Rey (Cuenca,

Tabla 1. Tratamientos ensayados (g/bolsa) en el experimento  
 Table 1. Treatments performed (g/bag) in the experiment

Tratamiento	Paja de trigo	SAP	PRO	CHAMP	CPZ	YESO	CaCO <sub>3</sub>
T1	6.000	0	0	0	0	300	0
T2	6.000	0	120	0	0	300	0
T3	6.000	0	0	120	0	300	0
T4	6.000	0	0	0	120	300	0
T5	3.000	3.000	0	0	0	300	60
T6	3.000	3.000	120	0	0	300	54
T7	3.000	3.000	0	120	0	300	48
T8	3.000	3.000	0	0	120	300	42
T9	0	6.000	0	0	0	300	120
T10	0	6.000	120	0	0	300	108
T11	0	6.000	0	120	0	300	96
T12	0	6.000	0	0	120	300	84
T13	Sustrato comercial (A) (bolsa de 6 kg)						
T14	Sustrato comercial (B) (saco en formato comercial, 14 kg)						

T: Tratamiento; SAP: Sustrato postcultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.; PRO: Promycel®; CHAM: Champfood®; CPZ: Calprozime®; T13: Sustrato comercial (Quintanar del Rey); T14: Sustrato comercial (Villamalea).

Las cantidades (g) están referidas para bolsas de, aproximadamente, 6,00 kg -6,50 kg.

Spain) en condiciones controladas constantes y estandarizadas: temperatura ambiente, temperatura del sustrato, humedad relativa y concentración de dióxido de carbono dentro de los rangos recomendados para la variedad de micelio seleccionada y en cada etapa del mismo (CIES, 2007). La incubación de los sustratos tuvo una duración aproximada de 17 días, sin ventilación exterior ni iluminación. Durante el período de incubación, la humedad relativa en el interior del túnel-invernadero osciló entre 92,50% y 95,50%, mientras que la temperatura del sustrato lo hizo entre 24,85 °C y 28,33 °C y la

temperatura ambiente, entre 20,40 °C y 23,15 °C. Transcurrido este período, se procedió a la inducción de la fructificación mediante ventilación (regulación del nivel de CO<sub>2</sub> entre 0,23% a 0,09%), reducción de la temperatura (ambiente de 23,15 °C a 12,85 °C y sustrato de 28,33 °C a 14,56 °C) y humedad relativa (de 95,50%, a 94,50%) e iluminación. Estos valores se aproximan a las condiciones microclimáticas recomendadas por otros investigadores (Pardo *et al.*, 2005b; Pardo *et al.*, 2007; Gregori *et al.*, 2008; López-Rodríguez *et al.*, 2008; Gea *et al.*, 2009; Kurt y Buyukalaca; 2010).

## Evaluación de los parámetros cuantitativos

En función del nivel de invasión del sustrato por parte del micelio y las contaminaciones observadas, se estableció un parámetro denominado índice de germinación (IG), en una escala entre 0 (invasión nula) y 5 (invasión completa). La recolección de las setas se realizó diariamente en el estado óptimo comercial de desarrollo. El número de "piñas" y de setas cosechadas se determinó mediante recuento durante todo el ciclo de cultivo, entendiéndose como "piña" al grupo de carpóforos que fructifican simultáneamente desde el mismo orificio practicado en el saco de sustrato. Para calcular el rendimiento se pesó, con precisión de 1 g, la cantidad de setas producidas diariamente por cada saco. La estimación del rendimiento neto se llevó a cabo pesando los carpóforos después de cortar la parte no comercializable del pedicelo, calculándose el porcentaje de merma resultante de esta operación. La eficiencia biológica (EB), que expresa la relación entre el rendimiento de setas producidas y la cantidad de sustrato utilizada (materia seca), se estableció a partir del rendimiento proporcionado por cada paquete, teniendo en cuenta la densidad de carga del sustrato en los sacos y su contenido en humedad. El peso unitario de las setas (bruto y neto), expresado en g, se determinó a partir de los rendimientos obtenidos y del número de esporóforos cosechados.

La precocidad se estableció como el tiempo, en días, transcurridos desde la operación de "siembra" del sustrato hasta la cosecha de la primera florada, ponderando la producción relativa diaria de la misma; una florada se corresponde con cada ciclo de producción que se repite de manera rítmica durante la cosecha. Del mismo modo se realizó una segunda estimación de la precocidad considerando el total de la cosecha.

El grado de fructificación fue definido como el cociente entre el número de piñas producidas y el número de orificios practicados a los sacos.

## Análisis estadístico

Para la realización del análisis estadístico, se utilizaron dos paquetes informáticos: Statgraphics Plus versión® 5.1, y SPSS®. Se emplearon las técnicas de estadística descriptiva, análisis de componentes principales, análisis de varianza, correlación y regresión para evaluar los datos. Los datos siguieron una distribución normal y varianza homogénea.

## Resultados

Caracterización analítica de los materiales de base empleados y de los sustratos elaborados

Los resultados de la caracterización química de los materiales de base utilizados, los sustratos elaborados y los sustratos testigo se presentan en la Tablas 2 y 3.

Comercialmente, en la mayoría de las explotaciones industriales, el sustrato soporte de la producción de esta especie del género *Pleurotus* y de otras, como *Pleurotus eryngii* (DC.: Fr.) Quel., *Pleurotus sajor-caju* (Fr.) Singer, *Pleurotus pulmonarius* (Fr.) Quél., etc.; al que más se recurre es a la paja de cereales de invierno (trigo, cebada y centeno) (Olivier, 1994; Medina y Cisterna, 2002; Rühl et al., 2008) cortada en trozos de 2 a 4 cm de longitud (Philippoussis et al., 2001; Upadhyay et al., 2002; Sánchez, 2010).

En los sustratos elaborados se obtiene un valor medio de los cuatro tratamientos elaborados con paja (sin suplementar y suplementada con 120 g de PRO, CHAM, y CPZ); de los cuatro tratamientos elaborados con paja + SAP (sin suplementar y suplementada con 120 g de PRO, CHAM, y CPZ) y de los cuatro tratamientos elaborados con SAP (sin suplementar y suplementada con 120 g de PRO, CHAM, y CPZ) (Tabla 2).

Tabla 2. Caracterización físico-química de los materiales de base empleados  
 Table 2. Physicochemical characterization of different source materials

	Paja de trigo	SAP <sup>1</sup>	PRO <sup>2</sup>	CHAM <sup>3</sup>	CPZ <sup>4</sup>
pH (aq.1:5, p/v)	7,85	7,13	6,11	5,91	9,46
Humedad (g/kg)	728	758	128	134	110
Nitrógeno total (g/kg MS)	5,5	10,7	91,6	79,2	64,6
Proteína (g/kg MS)	34,4	66,9	572,5	495,0	403,8
Cenizas (g/kg MS)	97,7	202,5	55,0	63,30	118,0
Materia orgánica (g/kg MS)	902,3	797,5	945,0	936,7	882,0
Relación C/N	95,2	43,2	6,0	6,9	7,9
Fibra bruta (g/kg MS)	411,9	253,8	59,3	60,7	174,1
Grasa bruta (g/kg MS)	5,2	3,8	21,1	9,6	13,7
ELN <sup>5</sup> (g/kg MS)	450,8	473,0	292,1	371,4	290,5
Celulosa (g/kg MS)	409,1	272,1	55,8	57,8	99,5
SND <sup>6</sup> (g/kg MS)	83,6	265,4	724,1	696,4	493,9

<sup>1</sup> Sustrato postcultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.; <sup>2</sup> Promycol®; <sup>3</sup> Champfood®; <sup>4</sup> Calprozime®; <sup>5</sup> Extracto Libre Nitrógeno; <sup>6</sup> Solubles Neutro Detergentes.

En este experimento, se parte de dos materiales de base (paja de trigo, SAP) que difieren en todos los parámetros físico-químicos que los definen, siendo de destacar los mayores contenidos de nitrógeno total, y en consecuencia de proteína bruta total y de cenizas para la paja de trigo, así como ELN y SND del SAP, frente a una mayor relación C/N y contenidos de materia orgánica, grasa bruta y celulosa también para la paja de trigo comparado con SAP. A ambos sustratos se les añaden suplementos que, aunque difieren entre sí en sus composiciones químicas, se caracterizan por unos altos contenidos de nitrógeno total (6,46% – 9,16%), y en consecuencia de proteína bruta (40,38% – 57,25%) y grasa bruta (0,96% – 2,11%), y una baja relación C/N (C/N = 6,00 a C/N = 7,90), fibra bruta (5,93% a 17,41%) y celulosa (5,58% a 9,95%); también, es de destacar la composi-

ción de PRO® 600, CHAM® y CPZ® en cuanto al valor de SND (49,39% – 72,41%), valores muy superiores a los obtenidos para la paja de trigo (8,36%) y SAP (26,54%). Los sustratos comerciales en dos tipos de envases (bolsa de 6 kg y saco de 14 kg), constituyen un grupo con unas características que, en la mayoría de los parámetros, se asemejan a las que son propias de la paja de trigo como material de base. La paja de trigo suplementada con un producto rico en proteínas, ha favorecido, frente a la paja de trigo como material de base, el contenido de nitrógeno total, y en consecuencia, el contenido de proteína bruta y, los valores de SND. Los sustratos elaborados a base de paja de trigo son los que más se aproximan al referente comercial en cuanto a la relación C/N; ésto es debido a que la paja de trigo como material de partida contenía unos valores muy altos de dicha re-

lación (C/N = 95,20). También, estos sustratos son los que mayor valor de ELN poseen (44,87%); este valor se aproxima al referente comercial (41,51%) y sus contenidos tanto en fibra bruta (27,44%) como en grasa bruta (0,43%) están en la media de los tres grupos de sustratos elaborados analizados (Tabla 3). Respecto al contenido en nitrógeno total (y, en consecuencia, en proteínas), los sustratos elaborados que más se acercan al óptimo co-

mercial son los sustratos formados por SAP, debido a que el SAP como material de partida, tenía valores superiores en cuanto a nitrógeno y proteína bruta (1,07% y 6,69%, respectivamente) que la paja de trigo como material de partida (0,55% y 3,44%). Los sustratos elaborados a base de mezclas de paja de trigo + SAP constituyen los valores medios de la caracterización físico-química tomando como referente los sustratos comerciales.

Tabla 3. Caracterización físico-química de los sustratos elaborados  
Table 3. Physicochemical characterization of the different substrates

	T1 a T4	T5 a T8	T9 a T12	T13-T14	Media	CV (%)
pH (aq.1:5, p/v)	7,46	7,84	7,53	8,00	7,71	3,32
Humedad (g/kg)	697	707	730	703	709,25	2,03
Nitrógeno total (g/kg MS)	5,7	6,4	7,6	7,4	6,8	13,10
Proteína (g/kg MS)	35,6	40,0	47,5	46,3	42,3	13,2
Cenizas(g/kg MS)	237,00	283,2	401,8	99,0	255,2	49,0
Materia orgánica (g/kg MS)	763,0	716,8	598,2	901,0	744,7	16,8
Relación C/N	77,6	65,0	45,7	70,6	64,7	21,1
Fibra bruta (g/kg MS)	274,4	320,0	234,9	436,0	316,3	27,5
Grasa bruta (g/kg MS)	4,3	3,6	5,6	3,7	4,3	21,4
ELN <sup>5</sup> (g/kg MS)	448,7	353,2	310,2	415,1	381,8	16,2
Celulosa (g/kg MS)	327,3	291,1	210,0	396,4	306,2	25,3
SND <sup>6</sup> (g/kg MS)	86,6	125,3	180,0	196,5	147,1	34,3

T1: Paja 6.000 g; T2: Paja 6.000 g + PRO 120 g; T3: Paja 6.000 g + CHAM 120 g; T4: Paja 6.000 g + CPZ 120 g; T5: Paja 3.000 g + SAP 3.000 g + CaCO<sub>3</sub> 60 g; T6: Paja 3.000 g + SAP 3.000 g + PRO 120 g + CaCO<sub>3</sub> 60 g; T7: Paja 3.000 g + SAP 3.000 g + CHAM 120 g + CaCO<sub>3</sub> 60 g; T8: Paja 3.000 g + SAP 3.000 g + CPZ 120 g + CaCO<sub>3</sub> 60 g; T9: SAP 6.000 g + CaCO<sub>3</sub> 120 g; T10: SAP 6.000 g + PRO 120 g + CaCO<sub>3</sub> 120 g; T11: SAP 6.000 g + CHAM 120 g + CaCO<sub>3</sub> 120 g; T12: SAP 6.000 g + CPZ 120 g + CaCO<sub>3</sub> 120 g; T13: Sustrato comercial (bolsa 6 kg) y T14: Sustrato comercial (saco en formato comercial).

#### Análisis de componentes principales

En la Tabla 4 se muestran las correlaciones entre las distintas variables analíticas de los sustratos elaborados, utilizadas en el análisis

de componentes principales, agrupadas en tres categorías en valores absolutos:  $r = 0,5$  a  $0,69$ ,  $r = 0,7$  a  $0,84$  y  $r \geq 0,85$ .

El contenido de humedad de los sustratos elaborados se correlaciona con todos los pará-

Tabla 4. Matriz de correlaciones de las características física-químicas  
Table 4. Correlation matrix of the physicochemical characteristics

	pH	Humedad	Nitrógeno <sup>1</sup>	Cenizas	Relación C/N	Fibra bruta	Grasa bruta	ELN <sup>2</sup>	Celulosa
Humedad	-0,251								
Nitrógeno <sup>1</sup>	0,371	0,708**							
Cenizas	-0,662*	0,771**	0,097						
Relación C/N	0,185	-0,995***	-0,712**	-0,765**					
Fibra bruta	0,904***	-0,513*	0,221	-0,911***	0,479				
Grasa bruta	-0,707**	0,811**	0,391	0,766**	-0,753**	-0,750**			
ELN <sup>2</sup>	0,044	-0,913***	-0,602*	-0,761**	0,947***	0,427	-0,544*		
Celulosa	0,609*	-0,829**	-0,193	-0,995***	0,824**	0,873***	-0,787**	0,813**	
SND <sup>3</sup>	0,534*	0,532*	0,975***	-0,127	-0,540*	0,431	0,204	-0,440	0,029

<sup>1</sup> Nitrógeno total; <sup>2</sup> Extractivos libres de nitrógeno; <sup>3</sup> Soluble neutro-detergentes.

Valor absoluto del coeficiente de correlación entre 0,50 y 0,69 (\*), entre 0,70 y 0,84 (\*\*), o igual o superior a 0,85 (\*\*\*).

metros químicos que definen a los mismos: positivamente, con los contenidos de nitrógeno total, cenizas, grasa bruta y SND, y negativamente, con la relación C/N y los contenidos de fibra bruta y celulosa y los valores de extractivos libres de nitrógeno (ELN). El nitrógeno total manifiesta una correlación alta y positiva con SND. Salvo con las variables nitrógeno total y SND, el contenido en cenizas se correlaciona positiva y negativamente con el resto de variables, especialmente con la celulosa, la fibra bruta y, en menor medida, con la humedad, la relación C/N, ELN, la grasa bruta y el pH. La relación C/N está altamente correlacionada con la humedad y ELN, siendo inferior y negativa con el nitrógeno total, el contenido en cenizas y la grasa bruta, pero positiva con la celulosa. Por último, son de destacar las buenas correlaciones que manifiesta la variable celulosa con el resto de variables.

Índice de germinación.

Estadística descriptiva y análisis de varianza

El índice de germinación no ha dado valores medios diferentes significativamente, por lo que no se puede hablar de diferencias entre tratamientos. Todos los sustratos ensayados, elaborados y comerciales presentaron una invasión del micelio prácticamente total, con valores máximos (5), salvo el tratamiento formado por SAP no suplementado (T9), donde la invasión del micelio fue parcial, concentrándose en la base de la bolsa y en el tercio intermedio de la misma. Los sustratos elaborados han demostrado obtener características físicas tales como la aireación y el drenaje idóneas para ser invadidos por el micelio.

Parámetros de producción cuantitativos.

Estadística descriptiva y análisis de varianza

Los aspectos más destacables en cuanto a los parámetros de producción cuantitativos se presentan en la Tabla 5, comparando entre valores absolutos y no por grupos de significación.

Tabla 5. Análisis de varianza y separación de medias de los parámetros cuantitativos analizados en el experimento  
 Table 5. Analysis of variance and mean separation of the quantitative parameters analyzed in the experiment

Sustrato	Precocidad (días)		Rendimiento bruto (g/bolsa)	Índice de fructificación Nº piñas/orificio	Número setas/bolsa	PU	EB
	1ª Florada "Siembra"	Total "Siembra"					
T1	31,45e	35,70abc	825,50bc	1,04abc	38,17cde	22,21bc	43,40bcd
T2	31,68e	35,13abc	1.398,67a	1,42a	68,33a	21,71bc	73,28a
T3	32,47cde	35,32abc	1.252,33a	1,29a	52,50abc	24,01bc	65,60a
T4	30,58e	32,33c	1.379,50a	1,13ab	62,33ab	22,77bc	72,27a
T5	32,23de	35,33abc	528,50cd	0,71cde	25,83efgh	20,74bc	28,72def
T6	31,45e	35,82abc	789,83bc	0,79bcd	32,83defg	25,27abc	42,78bcde
T7	31,57e	37,13abc	846,17bc	0,83bcd	35,50cdef	25,09bc	45,82bc
T8	30,53e	36,05abc	903,17b	0,83bcd	46,67bcd	19,80c	48,93b
T9	37,83ab	39,65a	318,00d	0,38e	10,83h	30,92ab	18,73f
T10	36,80abcd	37,58ab	449,67d	0,67cde	16,00fgh	30,09abc	26,43f
T11	37,42abc	38,30ab	459,17d	0,63de	16,50fgh	29,22abc	27,00ef
T12	34,27abcde	36,08abc	476,00d	0,71cde	14,00gh	34,68a	27,98def
T13	32,90bcde	34,07bc	886,17b	0,75bcde	36,83cde	24,57bc	48,52b
T14	38,93a	39,52a	1.377,00a	0,56de	51,17abcd	26,98bc	31,58cdef
Media	33,58	36,29	849,26	0,84	36,25	25,58	42,93
F de Fisher	8,07	3,62	32,05	11,97	21,05	4,62	28,91
Ns	***	***	***	***	***	***	***

T: Tratamiento; SAP: Sustrato postcultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.; PRO: Promycel® 600; CHAM: Champfood®; CPZ: Calprozime®; T1: Paja 6.000 g; T2: Paja 6.000 g + PRO 120 g; T3: Paja 6.000 g + CHAM 120 g; T4: Paja 6.000 g + CPZ 120 g; T5: Paja 3.000 g + SAP 3.000 g + CaCO<sub>3</sub> 60 g; T6: Paja 3.000 g + SAP 3.000 g + PRO 120 g + CaCO<sub>3</sub> 60 g; T7: Paja 3.000 g + SAP 3.000 g + CHAM 120 g + CaCO<sub>3</sub> 60 g; T8: Paja 3.000 g + SAP 3.000 g + CPZ 120 g + CaCO<sub>3</sub> 60 g; T9: SAP 6.000 g + CaCO<sub>3</sub> 120 g; T10: SAP 6.000 g + PRO 120 g + CaCO<sub>3</sub> 120 g; T11: SAP 6.000 g + CHAM 120 g + CaCO<sub>3</sub> 120 g; T12: SAP 6.000 g + CPZ 120 g + CaCO<sub>3</sub> 120 g; T13: Sustrato comercial (bolsa 6 kg) y T14: Sustrato comercial (saco en formato comercial); PU: Peso unitario de las setas con el pie no cortado (g); EB: Eficiencia biológica; (kg/100 kg de sustrato seco); Ns: Nivel de significación F de Fisher.

Para cada columna, valores seguidos de distinta letra son diferentes entre sí (p = 0,05, test de Tukey-HSD).

La suplementación con CPZ® a 120 g del sustrato elaborado con paja de trigo (T4) y con la mezcla de paja de trigo + SAP (T8) originó la mayor precocidad en la aparición de los primeros primordios, mientras que el tratamiento control T14 fue el más tardío.

El mayor índice de fructificación del experimento fue proporcionado por los sustratos basados en paja (T1 a T4), oscilando entre 1,04 y 1,42 piñas/orificio valores superiores a los obtenidos por los sustratos comerciales T13 y T14. Cuando se manejó la paja de trigo + SAP (T5 a T8) y el SAP (T9 a T12), el índice de fructificación disminuyó.

Los mayores valores del componente del rendimiento "número de setas/bolsa", también, se obtuvieron con los tratamientos sustentados en paja de trigo, pero suplementados. Una vez más, los tratamientos diferenciados con SAP proporcionaron los valores inferiores.

La calidad productiva de un sustrato se percibe como aceptable a partir de EB del 50% (Rodríguez Barreal, 1987; Sánchez et al., 2006; Benavides y Herrera, 2009). Las eficiencias biológicas mayores conseguidas se encuentran en T2 y T4, y son superiores a las obtenidas con los tratamientos control T13 y T14.

#### Matrices de correlaciones y modelos mediante la regresión "paso a paso"

Los días transcurridos entre la inoculación y la aparición de los primeros primordios y el componente del rendimiento peso medio unitario de las setas con el pie no cortado se correlacionaron significativamente con todos los parámetros analíticos que definen a los sustratos, excepto con el pH (Tabla 6); la correlación fue positiva, y valor parecido al del coeficiente de correlación con los contenidos de cenizas, nitrógeno total, grasa bruta y los valores de SND, mientras que fue negativa con la relación C/N, los contenidos de fibra bruta y celulosa, así como con los valores

ELN. El otro parámetro de precocidad analizado, los días transcurridos entre la inoculación y la inducción total, también, manifestaron la misma tendencia de correlaciones que en los casos anteriores, pero con un nivel de probabilidad estadística inferior, y sin significación con los contenidos de fibra bruta y grasa bruta. Por último, hay que destacar que el componente del rendimiento "número de setas total" y la eficiencia biológica manifestaron las mismas correlaciones significativas (con valores muy próximos del coeficiente de correlación, nivel de significación estadística y signo) con los parámetros analíticos que definen a los sustratos elaborados; el número de correlaciones significativas fue elevado, al igual que en el resto de parámetros cuantitativos de producción analizados, no existiendo significación estadística con los contenidos de fibra bruta y grasa bruta. Otro aspecto a considerar es que allí donde ha habido correlaciones significativas, los signos del coeficiente de correlación han sido los opuestos a los manifestados en los parámetros de precocidad y producción: días transcurridos desde la inoculación hasta la inducción de los primeros primordios y hasta la inducción total, así como con el componente del rendimiento peso medio unitario de las setas cosechadas con el pie no cortado.

A incrementos del índice de germinación les corresponden disminuciones en los días transcurridos desde la inoculación hasta el inicio de la recolección, sin que existan otras correlaciones significativas con los demás parámetros analizados (Tabla 7). Los días transcurridos desde la inoculación hasta la aparición de los primeros primordios se correlaciona significativa y positivamente con el número de días transcurridos desde la inoculación hasta el inicio de la recolección y con el peso medio unitario de las setas, pero negativamente con el componente número de setas total y con la EB, mientras que los días transcurridos desde la inoculación con la inducción total

Tabla 6. Matriz de correlaciones entre el índice de germinación, las precocidades y los parámetros de producción cuantitativos y las características físico-químicas

Table 6. Correlation matrix between the germination rate, the precocity and quantitative parameters of production and physicochemical characteristics

	Índice de germinación	1ª Florada "Siembra"	Total "Siembra"	Nº setas total	PU	EB
pH	0,146 (0,651)	-0,333 (0,290)	0,085 (0,794)	-0,147 (0,649)	-0,304 (0,336)	-0,223 (0,485)
Nitrógeno <sub>T</sub> <sup>1</sup>	-0,397 (0,201)	0,859*** (0,000)	0,760** (0,004)	-0,894*** (0,000)	0,841*** (0,001)	-0,856*** (0,000)
Cenizas	-0,410 (0,185)	0,890*** (0,000)	0,750** (0,005)	-0,877*** (0,000)	0,869*** (0,000)	-0,832*** (0,001)
Relación C/N	0,392 (0,207)	-0,848*** (0,000)	-0,762** (0,004)	0,897*** (0,000)	-0,831*** (0,001)	0,862*** (0,000)
Fibra Bruta <sup>1</sup>	0,360 (0,250)	-0,793** (0,002)	-0,396 (0,203)	0,427 (0,166)	-0,759** (0,004)	0,342 (0,276)
Grasa bruta <sup>1</sup>	-0,400 (0,197)	0,877*** (0,000)	0,524 (0,080)	-0,585* (0,046)	0,844*** (0,001)	-0,506 (0,093)
ELN <sup>1</sup>	0,315 (0,318)	-0,676* (0,016)	-0,734** (0,007)	0,880*** (0,000)	-0,669* (0,017)	0,872*** (0,000)
Celulosa <sup>1</sup>	0,407 (0,190)	-0,881*** (0,000)	-0,754** (0,005)	0,883*** (0,000)	-0,861*** (0,000)	0,841*** (0,001)
SND <sup>1</sup>	-0,388 (0,212)	0,840*** (0,001)	0,762** (0,004)	-0,899*** (0,000)	0,823*** (0,001)	-0,866*** (0,000)

PU: Peso unitario de las setas con el pie no cortado (g); EB: Eficiencia biológica (kg/100 kg de sustrato seco); Nitrógeno<sub>T</sub>: Nitrógeno total; ELN: Extractivos libres de nitrógeno; SND: Ssolubles neutro-detergentes; <sup>1</sup>: g/kg sobre materia seca.

Los resultados entre paréntesis indican la significación estadística. No significativo ( $p > 0,05$ ) (sin \*); significativo al 95% ( $0,01 < p \leq 0,05$ ) (\*); significativo al 99% ( $0,001 < p \leq 0,01$ ) (\*\*); significativo al 99,9% ( $p \leq 0,001$ ) (\*\*\*).

sólo lo hace negativamente con el número de setas total y la EB. El aumento del número de setas se corresponde significativamente con la disminución del peso medio unitario de la seta con el pie no cortado, pero positivamente con la EB. La EB además de correlacio-

narse significativamente con los dos parámetros de precocidad (negativamente) y con el componente del rendimiento número de setas (positivamente), lo hace negativamente con el peso medio unitario de las setas con el pie no cortado.

Tabla 7. Matriz de correlaciones entre el índice de germinación, las precocidades, los componentes del rendimiento y la eficiencia biológica  
 Table 7. Correlation matrix between rate of germination, earliness, yield components, and biological efficiency

	Índice de germinación	1ª Florada "Siembra"	Total "Siembra"	Nº setas total	Peso unitario <sup>1</sup>
1ª Florada "Siembra"	-0,542 (0,069)				
Total "Siembra"	-0,591* (0,043)	0,795** (0,002)			
Nº setas total	0,392 (0,207)	-0,767** (0,004)	-0,758** (0,004)		
Peso unitario <sup>1</sup>	-0,363 (0,245)	0,781** (0,003)	0,573 (0,051)	-0,745** (0,005)	
EB <sup>2</sup>	0,414 (0,181)	-0,722** (0,008)	-0,764** (0,004)	0,980*** (0,000)	-0,626* (0,030)

<sup>1</sup> Peso medio unitario de las setas con el pie no cortado (g); <sup>2</sup> Eficiencia biológica (kg/100 kg de sustrato seco). Los resultados entre paréntesis indican la significación estadística.

	Índice de germinación	1ª Florada "Siembra"	Total "Siembra"	Nº setas total	Peso unitario <sup>1</sup>
1ª Florada "Siembra"	-0,542				
Total "Siembra"	-0,591*	0,795**			
Nº setas total	0,392	-0,767**	-0,758**		
Peso unitario <sup>1</sup>	-0,363	0,781**	0,573	-0,745**	
EB <sup>2</sup>	0,414	-0,722**	-0,764**	0,980***	-0,626*

Se han encontrado pocas funciones matemáticas y, además, con bajos valores del coeficiente de determinación, salvo para la EB donde el modelo incluye, como variables independientes los dos componentes del rendimiento (número de setas y peso unitario) con sus dos correspondientes coeficientes positivos, alcanzando un coeficiente de determinación próximo al 100% (Tabla 8). Esta ecuación es más precisa y tiene mayor ajuste

que el resto de los modelos encontrados para poder predecir la EB, y viene definida por el número de setas y el peso unitario.

Para los dos componentes del rendimiento (número de setas y peso unitario), los modelos lineales simples han incluido una sola variable independiente que tiene que ver con alguna de las características analíticas que definen a los sustratos elaborados. Para poder predecir el número de setas total, el paráme-

Tabla 8. Modelos obtenidos mediante la regresión "paso a paso"  
 Table 8. Models obtained by "step by step" regression

Variable explicada	Variable independiente	Ecuación	R <sup>2</sup> corregido	e.e.
P2	CFQ + IG	$P2 = 44,664^{***} - 0,154^{***} \cdot \text{lignina}$	78,10 <sup>***</sup>	1,26003
P4	CFQ + IG + P2	$P4 = 18,195^{**} + 0,543^{**} \cdot P2$	59,69 <sup>**</sup>	1,16819
Nº setas	CFQ + PCT (- EB)	$N^\circ \text{ setas} = 91,806^{***} - 0,435^{***} \cdot \text{SND}$	78,90 <sup>***</sup>	8,89595
PU	CFQ + PCT (- EB)	$\text{Peso unitario (PNC)} = 44,895^{***} - 0,261^{***} \cdot \text{lignina}$	73,90 <sup>***</sup>	2,37919
EB	CFQ	$EB = -56,977^{**} + 0,271^{***} \cdot \text{ELN}$	3,70 <sup>***</sup>	9,62533
	CFQ + PCT	$EB = 10,205^{**} + 0,950^{***} \cdot N^\circ \text{ setas}$	95,70 <sup>***</sup>	3,87416
		$EB = -20,038^* + 1,120^{***} \cdot N^\circ \text{ setas} + 0,951^{**} \cdot \text{Peso unitario (PNC)}$	98,30 <sup>***</sup>	2,45204

R<sup>2</sup>, coeficiente de determinación (%); e.e. error estándar de la estimación.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUSTRATO (CFQ): pH (aq. 1:5, p/v), nitrógeno total (g/kg, s.m.s.), cenizas (g/kg, s.m.s.), relación C/N, fibra bruta (FB; g/kg, s.m.s.), grasa bruta (GB; g/kg, s.m.s.), extractivos libres de nitrógeno (ELN; g/kg, s.m.s.), hemicelulosa (g/kg, s.m.s.), celulosa (g/kg, s.m.s.), lignina (g/kg, s.m.s.), solubles neutro-detergentes (SND; g/kg, s.m.s.), s.m.s., sobre materia seca.

ÍNDICE DE GERMINACIÓN, PRECOCIDADES Y PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN CUANTITATIVOS (PCT): índice de germinación (IG), días transcurridos desde la inoculación hasta la formación de los primeros primordios (P2), días transcurridos desde la inoculación hasta el inicio de la recolección (P4), número de setas (Nº setas), peso medio unitario de las setas con el pie no cortado (PU, g), eficiencia biológica (EB, kg/100 kg del sustrato seco).

Sólo se incluyen aquellas regresiones cuyos coeficientes que acompañan a las variables independientes son significativos, siempre que la significación del modelo lo sea.

tro solubles neutro-detergentes de los sustratos elaborados es importante ya que interviene en la ecuación, pero con una bondad de ajuste relativamente pequeña. Para poder predecir el peso unitario, la lignina es un pa-

rámetro importante para definirlo, ya que son los contenidos de lignina de los sustratos elaborados los que se incluyen en el modelo que explica la variabilidad del peso medio unitario de las setas con el pie no cortado.

## Discusión

En el presente experimento, la producción se concentró en 2 floradas, número inferior al conseguido en los trabajos de Lozano (1990), Mata y Gaitán-Hernández (1995), Salmones et al. (1997) y Bonilla-Lavado et al. (2006), quienes obtuvieron 4 floradas sobre *Pleurotus ostreatus*; también, es inferior al número obtenido por Pardo y López Mondéjar (2004) donde se cosecharon 3 floradas. La producción de *Pleurotus* spp. después de la primera florada se reduce drásticamente y se produce una parada de las sucesivas de 10 a 20 días, dependiendo de la especie de *Pleurotus* utilizada; esta pérdida del número de floradas podría deberse a una disminución de los nutrientes o a la acumulación de sustancias tóxicas desfavorables para la fructificación (Upadhyay et al., 2002).

La mejora de la porosidad evitando la compactación permitió al micelio del hongo una mayor y más rápida colonización del sustrato. También, probablemente, se ha mejorado la distribución de la "semilla" en el sustrato en el momento de la inoculación. En el tratamiento con un índice de germinación igual a 4 (T9), es probable que haya habido una compactación del sustrato en la bolsa, con el consiguiente intercambio de aire dificultado, favoreciendo aumentos en las concentraciones de CO<sub>2</sub>, presumiblemente, producidas por el hongo y una disminución del O<sub>2</sub> dentro del sustrato, lo que tendría un efecto inhibitorio en el desarrollo del micelio. Los otros sustratos, formados también por SAP (T10 a T12), mejoraron su IG, probablemente, debido a que en su composición incorporaron suplementos comerciales, que favorecieron una rápida incubación, al tener un efecto beneficioso para la protección del micelio de *P. ostreatus* y al dificultar la instalación de otros organismos patógenos en el sustrato de cultivo (Gea et al., 2009).

Los resultados obtenidos en este experimento sobre la aparición de los primeros primordios,

difieren de los ofrecidos por otros investigadores que han trabajado con distintas especies del género *Pleurotus*: Garzón y Cuervo (2008) (entre los 22 a 28 días) y Khanna et al. (1992) (de 24 a 30 días), diferencias que pueden estar justificadas por este motivo.

Los índices de fructificación conseguidos en este experimento son superiores a los ofrecidos por Pardo et al. (2005b), (entre 0,02 y 1 piñas/orificio), pero son similares a los presentados por Gea et al. (2009) (entre 1,21 y 1,57 piñas/orificio) e inferiores a los ofrecidos por Pardo et al. (2007) (1,67 piñas/orificio).

En cuanto al componente del rendimiento "número de setas/bolsa", Pardo et al. (2005a) alcanzaron valores superiores a los de este experimento, trabajando con distintos sustratos elaborados en distintas combinaciones de paja de trigo, paja de cebada, kenaf, sarmiento de vid y harina de pepita de uva, consiguiendo un número total de setas/bolsa que varía entre 42 y 82. En el sustrato comercial T13 se obtuvo un rendimiento bruto y un número de setas/bolsa muy bajos, probablemente debido a la compactación del sustrato en la bolsa, con el consiguiente intercambio de aire dificultado, favoreciendo aumentos en las concentraciones de CO<sub>2</sub> y desencadenando un efecto inhibitorio en el desarrollo del micelio.

La calidad productiva de un sustrato se percibe como aceptable a partir de eficiencias biológicas del 50% (Rodríguez Barreal, 1987; Patra y Pani, 1995; Sánchez et al., 2006; Benavides y Herrera, 2009). Las EB referidas a sustrato seco que se muestran en la Tabla 5 se pueden considerar bajas si se las compara con las obtenidas por Klibansky et al. (1993) y Gaitán-Hernández y Salmones (1996), de hasta 125%, por Velázquez-Cedeño et al. (2002), de hasta 138%, trabajando con *P. pulmonarius* (Fr.) Qué. sobre pulpa de café, y por Bernabé-González et al. (2004), de hasta 164% trabajando con esta última especie de *Pleurotus* sobre mezclas de rastrojo de jícama y rastrojo de maíz. Sin embargo, los resultados obteni-

dos en el presente experimento son superiores a los ofrecidos en otros trabajos de investigación, principalmente, los alcanzados con paja suplementada. Así, en investigaciones llevadas a cabo en *P. eryngii* (DC.: Fr.) Quel. sobre paja de arroz, recubierta por una carcasa, se obtuvieron EB del 47% (Peng, 1996). Vogel y Salmones (2000), suplementando la paja de trigo con harina de soja y sulfato de calcio obtuvieron valores de EB del 65%, similares a las obtenidas por Upadhyay y Vijay (1991), trabajando con salvado de arroz. Gaitán-Hernández (2005) utilizando como sustrato paja de cebada y como suplemento polvo de madera de roble, llegaron a conseguir EB del 58%. Pérez y Mata (2005) obtuvieron, con *P. ostreatus*, valores de EB de 28,1% basado en viruta de pino. Marino et al. (2006), cultivando *P. ostreatus* en serrín de *Eucalyptus* sp., posibilitaron EB en micelios resistentes al calor que oscilaron entre 35,8% y 43,1%, con temperaturas de 28 °C y 15 °C, respectivamente. Estas cifras de EB son muy similares a las obtenidas en el presente experimento cuando se maneja como sustrato elaborado la paja de trigo sin suplementar (T1) y la mezcla de paja de trigo con SAP (T5 a T8) (Tabla 5). En los sustratos comerciales no se alcanzó la calidad productiva de un sustrato (EB  $\geq$  50%) quizá por la forma de elaboración de esos sustratos comerciales en cuanto a la compactación del sustrato en la bolsa.

Queda demostrado que el número de setas y el peso unitario son dos parámetros muy importantes para poder predecir la EB. Así como SND para poder predecir el número de setas total y la lignina para poder predecir el peso unitario.

## Conclusiones

La combinación de paja de trigo (3.000 g) y SAP (3.000 g) suplementada con 120 g de cada uno de los suplementos comerciales ensayados (Promycel®, Champfood® y Calprozime®) ge-

neran sustratos elaborados con adecuados pesos medios unitarios de los carpóforos así como aceptables eficiencias biológicas (muy cerca del 50%). Con la paja de trigo suplementada, las eficiencias biológicas superan el 65,60% sin sobrepasar el 73,28%. En consecuencia, estas formulaciones basadas en composts degradados por el cultivo de *P. ostreatus*, podrían constituir un sustrato de bajo coste, selectivo y equilibrado en nutrientes, para el crecimiento y desarrollo de las setas ostra.

## Bibliografía

- ANKOM (2005). Method for Determining Acid Detergent Lignin in Beakers. ANKOM Technology Method AK 8/05. Macedon, NY, EE.UU.
- ANKOM (2006a). Neutral Detergent Fiber in Feeds. Filter Bag Technique. ANKOM Technology Method 6. Macedon, NY, EE.UU.
- ANKOM (2006b). Acid Detergent Fiber in Feeds. Filter Bag Technique. ANKOM Technology Method 5. Macedon, NY, EE.UU.
- ANKOM (2008). Crude Fiber Analysis in Feeds By Filter Bag Technique. AOCS Approved Procedure Ba 6a-05, ANKOM Technology Method 7. Macedon, NY, EE.UU.
- ANKOM (2009). Rapid Determination of Oil/Fat Utilizing High Temperature Solvent Extraction. ANKOM Technology Method 2, AOCS Official Procedure Am 5-04. Macedon, NY, EE.UU.
- Ansorena J (1994). Sustratos. Propiedades y Caracterización. Ed. Mundi-Prensa, S.A., Madrid, España.
- Benavides JS, Herrera JC (2009). Reconocimiento de las características del género *Pleurotus* spp. y sus aplicaciones. Colegio Seminario Redentorista San Clemente Maria Hofbauer, Manizales, Colombia.
- Bernabé-González T, Cayetano-Catarino M, Adán-Díaz A, Torres-Pastrana MA (2004). Cultivo de *Pleurotus pulmonarius* sobre diversos subproductos agrícolas de Guerrero, México. Revista Mexicana de Micología 18: 77-80.

- Bisaria R, Madan M, Vasudevan P (1997). Utilization of agro-residues as animal feed through bioconversion. *Bioresource Technology*. 59: 5-8.
- Bonilla-Lavado HA, Vásquez-Acosta NB, Rubiano-Rodríguez JA (2006). Evaluación de residuos orgánicos (coco y aserrín) como sustratos para la producción de *Pleurotus ostreatus* (Jacq: Fr.) en Buenaventura. *Revista Institucional. Universidad Tecnológica del Chocó D. L. C.* 24: 54-59.
- CIES (2007). Relación de variedades comerciales de setas *Pleurotus* y otros hongos exóticos. En: Diputación Provincial de Cuenca (Eds.), *El Champiñón en Castilla – La Mancha. Boletín informativo 25*. Centro de Investigación, Experimentación y Servicios del Champiñón, Quintanar del Rey, Cuenca, España.
- Gaitán-Hernández R (2005). Evaluación *in vitro* del hongo comestible *Pleurotus eryngii*: Efecto de diferentes suplementos orgánicos en el crecimiento micelial y producción de cuerpos fructíferos. *Revista Mexicana de Micología* 21: 77-84.
- Gaitán-Hernández R, Salmones D (1996). Cultivo y selección de cepas de *Pleurotus* spp., con alto rendimiento. *Revista Mexicana de Micología* 12: 107-113.
- Garzón JP, Cuervo JL (2008). Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. *Nova – Publicación Científica en Ciencias Biomédicas* 6: 101-236.
- Gea FJ, Martínez-Carrasco A, Navarro MJ (2009). Efecto de la suplementación del sustrato sobre la cosecha de setas. *Horticultura Internacional* 67: 32-40.
- González J, Alvira P, González G (1987). La cascarrilla de arroz en la alimentación animal. II Composición químico-bromatológica. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos* 27: 139-149.
- Gregori A, Svagelj M, Pahor B, Berovic M, Pohleven F (2008). The use of spent brewery grains for *Pleurotus ostreatus* cultivation and enzyme production. *New Biotechnology* 25: 157-161.
- Khanna PK, Bhandari R, Soni GL, Garcha HS (1992). Evaluation of *Pleurotus* spp. for growth, nutritive value and antifungal activity. *Indian Journal of Experimental Biology* 32: 197-200.
- Klibansky MM, Mansur M, Gutierrez I, González L (1993). Production of *Pleurotus ostreatus* mushrooms on sugar cane agrowastes. *Acta Biotechnology* 13: 71-78.
- Krantz GW (1986). *A Manual of Acarology*, 2<sup>nd</sup> Ed. Oregon St. Univ. Book Stores, Inc., Corvallis, OR, EE.UU.
- Kurt S, Buyukalaca S (2010). Yield performances and changes in enzyme activities of *Pleurotus* spp. (*P. ostreatus* and *P. sajor-caju*) cultivated on different agricultural wastes. *Bioresource Technology*. 101: 3.164-3.169.
- López-Rodríguez C, Hernández-Corredor R, Suárez-Franco C, Borrero M (2008). Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del Departamento de Cundinamarca. *Universitas Scientiarum* 13: 128-137.
- Lozano JC (1990). Producción comercial del champiñón *Pleurotus ostreatus* en pulpa de café. *Revista Colombiana de Fitopatología* 14: 42-56.
- MAGRAMA (2016). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. En línea: [<http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/agricultura/avances-superficies-producciones-agricolas/>]
- MAPA (1994). *Métodos Oficiales de Análisis. Tomo III. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*, Madrid, España.
- Marino RH, Eira AF, Cardoso EQ (2006). Melhoramento genético de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. por cruzamento multispóricos visando a obtenção de isolados resistentes ao calor. *Hoehnea* 33: 349-357.
- Mata GR, Gaitán-Hernández R (1995). Cultivo de *Pleurotus* en hojas de caña de azúcar. *Revista Mexicana de Micología* 11: 17-22.
- Medina R, Cisterna C (2002). Hongos comestibles. Micotec Ltda. En línea: [<http://www.micotec.cl/opportunidades.html>].
- Nombela G, Bello A (1983). Modificaciones al método de extracción de nematodos fitoparásitos por centrifugación en azúcar. *Boletín del Servicio de Plagas* 9: 183-189.

- Olivier JM (1994). Developments in the cultivation of specialty mushroom with emphasis on *Pleurotus* and *Shiitake*. *Mushroom Information* 96: 5-19.
- Pardo A, Perona MA, Pardo J (2005a). Evaluación de nuevos materiales en la elaboración de sustratos específicos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer. *Cuadernos de Fitopatología* 85: 77-83.
- Pardo A, Perona MA, Pardo J (2005b). Utilización de raspón de uva en la elaboración de sustratos específicos para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria* 101: 59-69.
- Pardo A, Perona MA, Pardo J (2007). Nuevos materiales y tratamientos en la elaboración de sustratos para cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kummer. *Cuadernos de Fitopatología* 91: 7-13.
- Pardo J, López Mondéjar C (2004). Aprovechamiento del alperujo de la industria de aceite de oliva para la producción de hongos comestibles. En: Diputación Provincial de Cuenca (Eds.), *Actas de las III Jornadas Técnicas del champiñón y otros hongos comestibles en Castilla – La Mancha*, 69-115. Iniesta, Cuenca, España.
- Patra AK, Pani BK (1995). Evaluation of banana leaf as a new alternate substrate to paddy straw for oyster mushroom cultivation. *Journal of Phytological Research* 8: 145-148.
- Peng JT (1996). The cultivation of *Pleurotus eryngii* (DC.: Fr.) Quél. on rice straw substrate. *Journal of Agriculture Research of China* 45: 382-387.
- Pérez MR, Mata G (2005). Cultivo y selección de cepas de *Pleurotus ostreatus* y *P. pulmonarius* en viruta de pino: obtención de nuevas cepas y evaluación de su producción. *Revista Mexicana de Micología* 20: 53-59.
- Philippoussis A, Zervakis G, Diamantopoulou P (2001). Bioconversion of lignocellulosic wastes through the cultivation of the edible mushrooms *Agrocybe aegerita*, *Volvariella volvacea* and *Pleurotus* spp. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 17: 191-200.
- Picornell M<sup>a</sup>R, De Juan JA, Pardo A (2010). Reutilización de sustratos postcultivo de hongos comestibles en el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Albacete, Universidad de Castilla – La Mancha, España.
- Rinker DL (2002). Handling and using "spent" mushroom substrate around the world. En: *Mushroom Biology and Mushroom Products* (Eds. Sánchez JE, Huerta G, Montiel E), 43-60. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, México.
- Rodríguez Barreal JA (1987). El *pleurotus ostreatus*, hongo comestible: su cultivo sobre sustratos lignocelulósicos. Ed. Fundación Conde del Valle de Salazar, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid.
- Rühl M, Fischer CH, Kues U (2008). Lignolytic enzyme activities alternate with mushrooms production during industrial cultivation of *Pleurotus ostreatus* on wheat-straw-based substrate. *Current Trends in Biotechnology and Pharmacy* 4: 478-492.
- Salmones D, Gaitán-Hernández R, Pérez R, Guzmán G (1997). Estudio sobre el género *Pleurotus* VIII. Interacción entre cruzamiento micelial y productividad. *Revista Iberoamericana de Micología* 14: 173-176.
- Sánchez JE, Orozco GM, Hernández D, Nieto MG, Márquez FJ (2006). Capacidad del género *Pleurotus* para la degradación del insecticida endosulfán. *El Cromosoma. Boletín del Colegio de Biotecnólogos de Chiapas* 2: 31-120.
- Sánchez C (2010). Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms. *Applied Microbiology and Biotechnology* 85: 1.321-1.337.
- Song B (2005). Manual del cultivador de hongos 1. Capítulo 1. Introducción a los hongos. *MushWorld*.
- TECATOR (1987). Determination of Kjeldahl Nitrogen Content with the Kjeltex Auto 1030 Analyzer. *Tecator Application Note 30/87*, Höngås, Sweden.
- Upadhyay RC, Vijay B. (1991). Cultivation of *Pleurotus* species during winter in India. En: *Science and Cultivation of Edible Fungi* (Ed. Maher MJ.), 533-536. Balkema. Rotterdam, Holanda.

- Upadhyay RC, Verma RN, Singh SK, Yadav MC (2002). Effect of organic nitrogen supplementation in *Pleurotus* species. En: Mushroom Biology and Mushroom Products (Eds. Sánchez JE, Huerta G, Montiel G.), 225-232. WSMBMP, Cuernavaca, México.
- Velázquez-Cedeño MA, Mata G, Savoie JM (2002). Waste-reducing cultivation of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus pulmonarius* on coffee pulp: changes in the production of some lignocellulolytic enzymes. World Journal of Microbiology and Biotechnology 18: 201-207.
- Vogel F, Salmones D (2000). Análisis comparativo de la productividad de cepas de *Pleurotus* spp. cultivadas en una planta comercial Revista Iberoamericana de micología 17: 138-141.
- (Aceptado para publicación el 7 de abril de 2016)