

## Análisis proximal de carpóforos de *Agaricus subrufescens* Peck producidos sobre diferentes capas de cobertura

A. Pardo-Giménez<sup>\*,1</sup>, V.R. Figueirêdo<sup>\*\*,\*\*\*</sup>, E.S. Dias<sup>\*\*\*</sup>, J.E. Pardo-González<sup>\*\*\*\*</sup>, M. Álvarez-Ortí<sup>\*\*\*\*\*</sup> y D.C. Zied<sup>\*\*\*\*\*,\*\*\*</sup>

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

\*\* Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Rodovia BR 420, KM 2,5 - Zona Rural, Santa Inês – Bahia, 45.320-000, Brasil

\*\*\* Universidade Federal de Lavras, Departamento de Biologia, Caixa Postal, 3037, CEP. 37200-000, Lavras/MG, Brasil

\*\*\*\* Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad de Castilla-La Mancha, Campus Universitario, s/n. 02071 Albacete, España

\*\*\*\*\* Faculdades Integradas de Bauru (FIB), Rua Rodolfina Dias Domingues, 11, Jardim Ferraz, 17056-100, Bauru, SP, Brasil

### Resumen

*Agaricus subrufescens* Peck es un hongo cuyo cultivo ha despertado gran interés en todo el mundo en los últimos años, adquiriendo gran popularidad. Sus propiedades medicinales y culinarias hacen prever una rápida expansión del cultivo en todo el mundo. El trabajo plantea como objetivo principal la evaluación de la productividad y las características químicas de los carpóforos de *A. subrufescens*, que se han hecho fructificar sobre cinco capas de cobertura diferentes. Se ha llevado a cabo un ciclo de cultivo de *A. subrufescens* en condiciones controladas en el que se ha evaluado el rendimiento y la composición de los carpóforos cosechados. Las coberturas basadas en turba presentan mejor comportamiento que las basadas en suelo mineral. Los mejores resultados de productividad han sido proporcionados por la cobertura comercial Euroveen (9,71 kg dt<sup>-1</sup> compost). Exceptuando la humedad, no se han observado diferencias significativas en la composición de los champiñones cosechados, cuyos resultados resultan similares a los registrados en la bibliografía. En términos generales, destacan, junto a los bajos contenidos en humedad, los altos contenidos en proteína y los bajos contenidos en lípidos y el bajo valor energético de los carpóforos cosechados. Los resultados ponen de manifiesto que el contenido en humedad de los carpóforos se encuentra directamente influenciado por las características de la capa de cobertura utilizada para la fructificación, lo que, teniendo en cuenta que la comercialización de este hongo se lleva a cabo mayoritariamente tras un proceso de deshidratación, afecta directamente al rendimiento final del proceso productivo.

**Palabras clave:** *Agaricus blazei*, hongo medicinal, composición, calidad.

### Abstract

**Proximate analysis of sporophores of *Agaricus subrufescens* Peck produced on different casing layers**

*Agaricus subrufescens* Peck is a mushroom whose cultivation has aroused great interest worldwide in recent years, gaining great popularity. A rapid expansion of culture throughout the world is foreseen

1. Autor para correspondencia: apardo.cies@dipucuenca.es

<http://dx.doi.org/10.12706/itea.2013.017>

because of their medicinal and culinary properties. This work assesses the productivity and chemical characteristics of the fruiting bodies of *A. subrufescens* that have been produced on five different casing layers. A growth cycle of *A. subrufescens* under controlled conditions has been carried out. The productivity and composition of the harvested fruiting bodies were evaluated. Peat-based casings have better performance than those based on mineral soil. The best results have been provided by the European commercial casing layer (9,71 kg dt<sup>-1</sup> compost). Except for moisture, no significant differences were observed in the composition of the mushrooms harvested, obtaining similar results to those reported in the literature. In general terms, the low moisture content, high protein and low fat contents and low energy value of the harvested mushrooms are noteworthy. The results show that the moisture content of the carpophores is directly influenced by the characteristics of the casing layers used for fruiting, which, considering that the marketing of this fungus is mainly performed after a process of dehydration, directly affects the final yield of the production process.

**Key words:** *Agaricus blazei*, medicinal mushroom, composition, quality.

## Introducción

Los hongos son consumidos tradicionalmente como alimentos de alto valor nutritivo, y algunos de ellos también como suplementos dietéticos dado su valor medicinal. Entre ellos, *Agaricus subrufescens* Peck es un hongo cuyo cultivo ha despertado gran interés en todo el mundo en los últimos años, adquiriendo gran popularidad. Es frecuente encontrar referencias al mismo como *Agaricus blazei* (Murrill) ss. Heinemann o *Agaricus brasiliensis* Wasser aunque estos nombres se presentan, no sin cierta polémica, como incorrectamente aplicados o ilegítimos (Kerrigan, 2005; Wisitrasameewong et al., 2012). Conocido comúnmente en España como Champiñón del sol, se le menciona también como Cogumelo Piedade, Cogumelo do sol, Cogumelo de Deus, Portobello de almendra o Cogumelo medicinal en Brasil, Himematsutake, Agarikusutake y Kawariharatake en Japón, Ji Song Rong en China y Almond mushroom en Norteamérica (Firenzouli et al., 2007; Moukha et al., 2011).

El cultivo se encuentra bien establecido en Brasil, Japón, China y Korea (Gregori et al., 2008), aunque se está originando la expansión del cultivo a otros muchos países debido a su alto precio en los mercados internacionales, hecho que puede asociarse no solo a su im-

portante valor medicinal, debido a los numerosos compuestos bioactivos que contiene, sino también al culinario, dado su agradable aroma ligeramente almendrado (Largeteau et al., 2011). Se comercializa en fresco, pero mayoritariamente deshidratado o pulverizado, en cápsulas, comprimidos e infusiones, siendo también utilizado como ingrediente de productos cosméticos (Stamets, 2000; Wisitrasameewong et al., 2012).

Los hongos están comenzando a verse como alimentos funcionales y como fuente de medicinas fisiológicamente beneficiosas y no invasivas (CTICH, 2010). Las propiedades medicinales de *A. subrufescens* han sido destacadas en diversos estudios revisados recientemente por Wisitrasameewong et al. (2012). Se ha utilizado tradicionalmente para tratar muchas enfermedades comunes, como aterosclerosis, hepatitis, hiperlipidemia, diabetes, dermatitis y cáncer (Firenzouli et al., 2007). Entre las propiedades beneficiosas de *A. subrufescens* que han sido publicadas se encuentran reducciones en el crecimiento de tumores, actividades inmunomoduladoras, efectos inmunoestimuladores, actividades antimicrobianas y antivirales y efectos anti-alérgicos (Wisitrasameewong et al., 2012).

Además del interés por sus propiedades medicinales, *A. subrufescens* es un alimento que

presenta alto valor nutritivo, rico en proteínas, fibras y bajo contenido de grasas, y también cantidades elevadas de minerales, principalmente potasio, fósforo y calcio (Largeteau et al., 2011). El interés actual por parte de los consumidores de la búsqueda de alimentos saludables hace que el consumo de hongos constituya una alternativa alimentaria con la doble ventaja de tener, en algunas variedades, propiedades terapéuticas y poseer además proteínas en una concentración relativamente alta y de calidad (Henriques et al., 2008).

Para su cultivo se han adoptado los procesos y técnicas previamente establecidos para la producción de champiñón *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach, aunque la tecnología específica de cultivo se encuentra todavía en desarrollo.

Por otro lado, la aplicación de una capa de cobertura sobre el compost colonizado de micelio es una operación imprescindible en la producción comercial tanto de *A. bisporus* como de *A. subrufescens*. En esta capa es donde se produce el cambio de la fase de crecimiento vegetativo al reproductivo. En el caso de *A. bisporus*, numerosos materiales vienen siendo utilizados con este fin, siendo diferentes tipos de turbas los más extendidos en todo el mundo, debido principalmente a sus excepcionales propiedades estructurales y de retención de agua (Yeo y Hayes, 1979). Para el caso de *A. subrufescens*, los materiales utilizados vienen condicionados en la mayoría de los casos por la disponibilidad en los países productores. Así se utilizan habitualmente coberturas basadas en suelos minerales y distintos tipos de turbas locales, aunque podemos encontrar entre sus ingredientes otros materiales, como esquisto calizo, carbón vegetal, serrín, arena, vermiculita, corteza de pino y fibra de coco, entre otros (Silva et al., 2007; Siqueira et al., 2009; Cavalcante et al., 2008; Colauto et al. 2010; Zied et al., 2010, Zied, 2011; Zied et al., 2011a).

El objetivo del presente trabajo es el estudio de la influencia de cinco capas de cobertura diferentes (dos de base orgánica y tres de base mineral) sobre la productividad y las características analíticas de los carpóforos producidos en cultivo de *A. subrufescens*.

## Materiales y métodos

### Análisis físicos, químicos y biológicos

Para la caracterización física, química y biológica del compost y las mezclas de cobertura se realizaron las siguientes determinaciones: humedad, pH, conductividad eléctrica, contenido en N total, materia orgánica y cenizas, relación C:N, fibra bruta, grasa bruta, celulosa, hemicelulosa, lignina y solubles neutro-detergentes, densidad real, densidad aparente, porosidad total y capacidad de retención de agua, nematodos, ácaros y hongos competidores. Se utilizó para ello la metodología descrita por Pardo-Giménez et al. (2012).

### Compost

Como sustrato de base para el cultivo de *A. subrufescens* se utilizó un compost comercial, basado en paja de trigo y estiércol de pollo, correspondiente al grupo de los denominados "semisintéticos" y elaborado según la tecnología de compostaje en dos fases adoptada para el cultivo de *Agaricus bisporus*. Las características analíticas fueron las siguientes: humedad: 648 g kg<sup>-1</sup>; pH (1:5, p/v): 7,55; materia orgánica: 678,1 g kg<sup>-1</sup>; nitrógeno total: 22,7 g kg<sup>-1</sup>; relación C/N: 17,3; cenizas: 321,9 g kg<sup>-1</sup>; fibra bruta: 243,4 g kg<sup>-1</sup>, grasa bruta: 2,5 g kg<sup>-1</sup>, hemicelulosa: 94,9 g kg<sup>-1</sup>, celulosa: 189,3 g kg<sup>-1</sup>; lignina: 174,6 g kg<sup>-1</sup> y solubles neutro-detergentes: 216,6 g kg<sup>-1</sup>. La ausencia de ácaros y nematodos es indicadora de un proceso de pasteurización suficiente.

## Micelio

Se utilizó la cepa ABL 99/30, aislada en Piedade, São Paulo, Brasil, en 1999 y obtenida de la micoteca del Módulo de Cogumelos de la Facultad de Ciencias Agronómicas (Universidad Estadual Paulista, Brasil). El sustrato para la preparación del inóculo consistió en una mezcla de granos de trigo, carbonato cálcico y yeso. Se sometió el grano de trigo a ebullición en agua durante unos 25 min hasta alcanzar un contenido en humedad aproximado del 50%, tras lo cual se añadieron  $\text{CaCO}_3$  (20 g  $\text{kg}^{-1}$ ) y yeso (10 g  $\text{kg}^{-1}$ ). Tras la homogeneización se transfirió el sustrato a frascos de vidrio procediéndose a su autoclavado a 121°C durante 2h. Una vez frío, el sustrato se inoculó de acuerdo con la metodología descrita por Zied (2011).

## Coberturas

Se evaluaron cinco tipos de cobertura diferentes, dos de ellos mayoritariamente orgánicos, basados en turbas, y tres mayoritariamente inorgánicos, basados en suelo mineral. Sus principales características se presentan en la tabla 1.

- a) Euroveen: cobertura comercial de origen holandés (Euroveen B.V., Grubbenvorst, Holanda).
- b) Infertosa: cobertura comercial de origen español (Infertosa, Valencia, España).
- c) SM+TN: mezcla de suelo mineral (SM) y turba negra (TN) en proporción 3:1 (v/v).
- d) SM+TR: mezcla de suelo mineral (SM) y turba rubia (TR) en proporción 3:1 (v/v).
- e) SM+FC: mezcla de suelo mineral (SM) y fibra de coco (FC) en proporción 3:1 (v/v).

Previamente a su aplicación, todas las coberturas fueron sometidas a un tratamiento desinfectante con formalina (1,5 L  $\text{m}^{-3}$ ). Debido a las diferentes características de las cober-

turas y con objeto de conseguir una aparición de micelio uniforme en la sala de cultivo en el momento de la inducción de la fructificación, se aplicaron las mismas sobre el compost con diferentes espesores, 3,75 cm en el caso de Euroveen e Infertosa y 3 cm para las basadas en suelo mineral.

## Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue diseño de bloques al azar con 6 repeticiones. Se utilizaron un total de 30 cajas, colocadas en dos niveles, a ambos lados de la sala de cultivo. Cada una de las cajas se llenó con 10 kg de compost, compactado a razón de 450  $\text{kg m}^{-3}$ , presentando una superficie a cubrir de 1450  $\text{cm}^2$  (peso de llenado 69,0  $\text{kg m}^{-2}$ ).

## Conducción y seguimiento del ciclo de cultivo

El ciclo de desarrollo de *A. subrufescens* se llevó a cabo en una sala de cultivo experimental, provista de sistemas de humidificación, calefacción/refrigeración, y recirculación/ventilación exterior, que permite el control automático de la temperatura y la humedad relativa, así como de la concentración de dióxido de carbono. El compost fue inoculado con 12 g  $\text{kg}^{-1}$  de micelio sobre grano en relación al peso fresco de compost e incubado durante 20 días a  $28\pm 1^\circ\text{C}$ , con humedad relativa del  $95\pm 2\%$  y sin ventilación exterior ni iluminación. Completada la incubación se procedió a aplicar las capas de cobertura, manteniendo las condiciones ambientales de crecimiento vegetativo para facilitar la invasión de las mismas por parte del micelio del hongo. Las coberturas se rastrillaron 8 días después de su aplicación, al aparecer el micelio en superficie, y un día más tarde se procedió a inducir la fructificación reduciendo la temperatura ambiental ( $19\pm 1^\circ\text{C}$ ), la humedad relativa ( $88\pm 2\%$ ) y el nivel de dióxido de carbono ( $<800$  ppm), con iluminación

(150 lux, 12h/día). Tres días después se procedió a elevar de nuevo la temperatura ambiental ( $24\pm 1^\circ\text{C}$ ), manteniéndola así a lo largo del ciclo de cultivo, disminuyendo puntualmente de nuevo a  $19\pm 1^\circ\text{C}$  para inducir la 2ª y 3ª floradas. La duración total de ciclo de cultivo fue de 82 días, cosechándose tres floradas.

#### Cosecha y parámetros analíticos

La recolección de los champiñones se realizó diariamente en el estado óptimo comercial de desarrollo, con el mayor peso posible antes de la apertura del sombrero. La productividad se calculó dividiendo el peso total de champiñones cosechados en el cultivo (varias floradas) por el peso fresco total del sustrato, expresando la fracción como kilogramos por 100 kilogramos (dt) de compost. En el día de la máxima cosecha de la primera florada, se eligieron carpóforos de tamaño y madurez uniformes para el análisis composicional de los mismos. El método utilizado para determinar el contenido en humedad de los carpóforos consistió en la medida de la pérdida de peso tras desecación a  $105^\circ\text{C}$  al menos 72 h, hasta pesada constante (Lau, 1982). El contenido en proteína de los champiñones se calculó multiplicando el contenido en nitrógeno total, obtenido por el método Kjeldahl (FOSS, 2003), por un factor de conversión de 4,38 (Miles y Chang, 1997). El contenido en grasa bruta (extracto etéreo) se determinó por extracción con éter de petróleo utilizando la técnica de bolsa filtrante con ayuda de un sistema de extracción Ankom XT10 (ANKOM, 2009). Para la determinación del contenido en fibra bruta se aplicó la técnica Weende adaptada a la técnica de bolsa filtrante, sometiendo la muestra a dos digestiones sucesivas con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio, utilizando para ello un equipo Ankom 220 Fiber Analyzer (ANKOM, 2008). El contenido en carbohidratos totales se calcula restando al peso to-

tal de los carpóforos la suma de los contenidos en proteína bruta, grasa bruta, humedad y cenizas (Sullivan, 1993). Los carbohidratos disponibles (extractivos libres de nitrógeno) resultan de restar el contenido en fibra bruta del contenido en carbohidratos totales (Lau, 1982). Para determinar el contenido en cenizas, los champiñones se calcinaron a  $540^\circ\text{C}$  durante al menos 6 h, hasta pérdida de peso constante. El valor energético se calcula a partir de los contenidos relativos de proteína, grasa y carbohidratos utilizando los factores de Atwater modificados (Lau, 1982).

#### Análisis estadístico

Para la realización del análisis estadístico se utilizó el paquete informático Statgraphics Plus v. 4.1 (Statistical Graphics Corp., Princeton, NJ, USA). Se empleó la técnica de análisis de varianza para evaluar los datos. Para el establecimiento de diferencias significativas entre medias se utilizó el test de Tukey-HSD ( $p = 0,05$ ).

#### Resultados y discusión

Las características analíticas de las diferentes capas de cobertura evaluadas se presentan en la tabla 1. Como aspectos destacables encontramos que las coberturas basadas en turbas (Euroveen e Infertosa), presentan, con respecto a las basadas en suelo mineral, valores muy superiores de porosidad y capacidad de retención de agua, dos de los principales atributos de una buena capa de cobertura. Un material poroso mejora la fructificación al facilitar el intercambio gaseoso, mientras que una alta capacidad de retención de agua supone una mayor disponibilidad para la formación y desarrollo de los carpóforos y aporte de humedad al microclima donde se produce la fructificación, a la vez que facilita las operaciones de riego. La utilización de suelo mi-

Tabla 1. Caracterización analítica de los sustratos de cobertura utilizados  
 Table 1. Analytical characterization of the casing soils used

	EUROVEEN	INFERTOSA	SM+TN 3:1 (v/v)	SM+TR 3:1 (v/v)	SM+FC 3:1 (v/v)
Humedad (g kg <sup>-1</sup> )	811	801	221	252	227
pH (1:5, v/v)	8,03	8,27	8,14	8,45	8,49
Conductividad eléctrica (µs cm <sup>-1</sup> )	233	785	821	153	176
Densidad aparente (fresco) (g cm <sup>-3</sup> )	0,647	0,654	0,962	1,043	1,037
Densidad aparente (seco) (g cm <sup>-3</sup> )	0,122	0,130	0,749	0,780	0,802
Densidad real (g cm <sup>-3</sup> )	1,811	1,938	2,541	2,538	2,564
Porosidad total (mL L <sup>-1</sup> )	932	933	705	693	687
Capacidad de retención de agua (kg kg <sup>-1</sup> )	4,70	5,09	0,49	0,54	0,51
Cenizas (g kg <sup>-1</sup> )	347,5	482,3	939,6	937,6	952,8
Materia orgánica (g kg <sup>-1</sup> )	652,5	517,7	60,4	62,4	47,2
Caliza activa (g kg <sup>-1</sup> )	52	85	134	197	167
Carbonatos totales (g kg <sup>-1</sup> )	138	207	445	429	420
Ácaros	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Nematodos	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Hongos competidores	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

SM: suelo mineral; TN: turba negra; TR: turba rubia; FC: fibra de coco.



neral en la preparación de las capas de cobertura implica un menor contenido en materia orgánica en las mismas, con mayores contenidos en caliza activa y carbonatos totales. La alta conductividad de las coberturas Infertosa y SM+TN (785 y 821  $\mu\text{S cm}^{-1}$ , respectivamente), es consecuencia del origen de las turbas utilizadas, aunque se encuentran por debajo del umbral encontrado como limitante para el caso de *A. bisporus*. Pardo-Giménez et al. (2004), fijaron en torno a 1600  $\mu\text{S cm}^{-1}$  el umbral a partir del cual cabría esperar disminuciones notables de rendimiento.

En la figura 1 se presentan los resultados obtenidos para la productividad obtenida en cada uno de los tratamientos. El mayor ren-

dimiento, significativamente superior al resto, fue proporcionado por la cobertura comercial Euroveen (9,70  $\text{kg dt}^{-1}$ ). Teniendo en cuenta el contenido en materia seca de los champiñones, el rendimiento proporcionado por esta cobertura, expresado en base a materia seca de champiñones sobre peso fresco de compost, supone una productividad del 1,08%. De acuerdo con Silva et al (2007), en Brasil se considera que la productividad así expresada debe ser al menos del 1% para que el cultivo sea económicamente viable. La cobertura comercial Infertosa proporcionó un rendimiento de 6,5  $\text{kg dt}^{-1}$ , mientras que el resto de coberturas, basadas en suelo mineral, proporcionaron rendimientos significativamente inferiores, entre 1,49 y 1,88  $\text{kg dt}^{-1}$ .

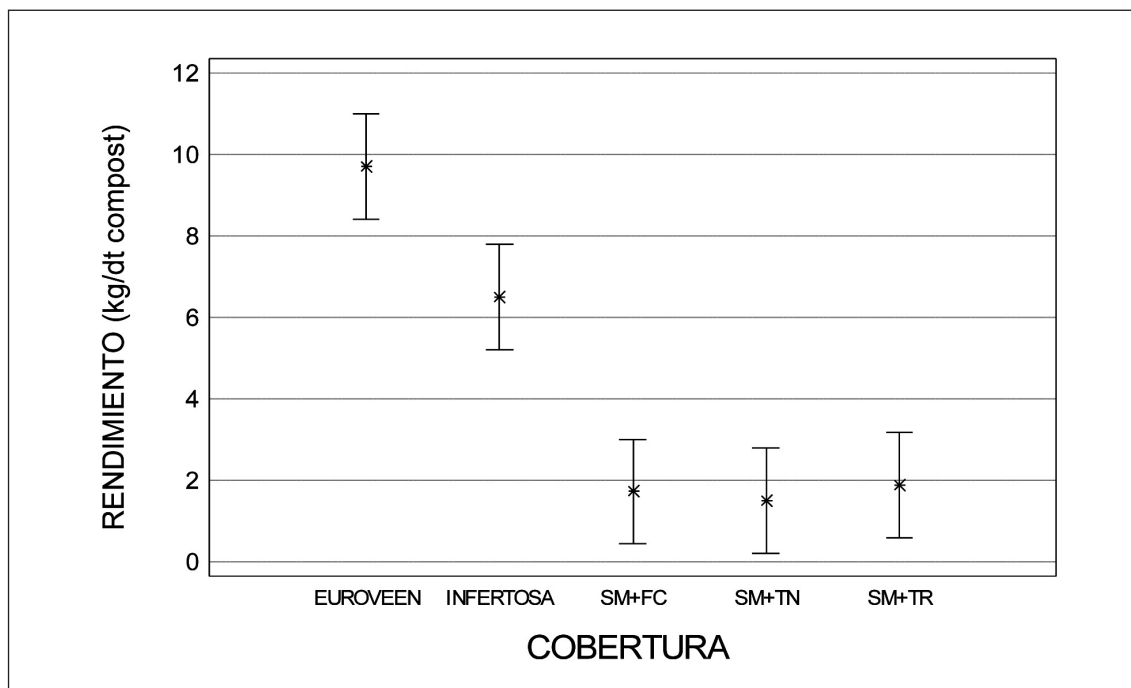


Figura 1. Resultados de productividad para las diferentes capas de cobertura consideradas en el diseño experimental (medias e intervalos Tukey HSD 95%).

Figure 1. Productivity results for the different casing layers considered in the experimental design (means and Tukey HDS intervals 95%).

La producción obtenida en este trabajo con la cobertura Euroveen se encuentra, en general, en el mismo orden de magnitud que la mayoría de referencias consultadas, dentro de lo que podría considerarse normal teniendo en cuenta la frecuencia con la que se producen resultados anómalos y las grandes diferencias observadas en el cultivo de esta especie. Utilizando coberturas basadas en suelos minerales y carbón, Minhoni et al. (2006) obtuvieron un rendimiento medio de  $9,3 \text{ kg dt}^{-1}$ , mientras el registrado por Silva et al. (2007) fue de  $7,82 \text{ kg dt}^{-1}$ . Posteriormente, Kopytowski Filho e Minhoni (2007) evaluaron el comportamiento la variedad ABL 99/30, utilizada en este trabajo, sobre tres tipos de compost y dos ambientes de cultivo, registrando valores de productividad entre  $6,2$  y  $9,9 \text{ kg dt}^{-1}$  compost. Del mismo orden son los registros de Cavalcante et al., quienes evaluaron también en Brasil diferentes coberturas basadas en suelos locales y arena con diferentes aditivos, obteniendo rendimientos entre  $6,51$  y  $9,62 \text{ kg dt}^{-1}$ . Mayor es el rango observado por Siqueira et al. (2009), quienes llegaron a pasar de producción nula a rendimientos de hasta  $16,38 \text{ kg dt}^{-1}$  compost, evaluando combinaciones de diferentes sustratos y suelos locales.

La tabla 2 presenta los resultados del análisis composicional de los carpóforos cosechados. Las únicas diferencias significativas registradas con las diferentes capas de cobertura se han presentado en el contenido en humedad donde el mayor contenido ha sido proporcionado por la cobertura comercial Euroveen ( $888,9 \text{ g kg}^{-1}$ ). Esta misma capa de cobertura ha producido, aunque no de manera significativa, carpóforos con menor contenido en proteína y mayor contenido en carbohidratos totales.

La falta de significación estadística observada para la mayoría de parámetros puede explicarse en base a que se ha utilizado el mismo compost y la misma variedad de micelio. Las necesidades nutricionales de los hongos cul-

tivados, heterótrofos, son soportadas por el compost, degradando y utilizando un rango considerable de nutrientes disponibles en este sustrato de crecimiento. Por otro lado, aunque en la fructificación participan factores físicos químicos y biológicos, asociados a la aplicación de la capa de cobertura, la diferencia entre la situación nutritiva del compost y de la capa de cobertura ha sido indicada como un factor que afecta a la fructificación (Pardo et al., 2002). Diferente es el caso del agua. En el caso del champiñón, en contra de las teorías iniciales, según las cuales los riegos únicamente reponían las pérdidas de agua por evaporación y toda el agua necesaria para los carpóforos era tomada del compost, la capa de cobertura proporciona agua para el crecimiento y desarrollo del micelio y los champiñones, sirviendo como suplemento al agua proporcionada por el compost. Aproximadamente, un 90% del peso del champiñón es agua, que la extrae del compost (54-83%) y de la capa de cobertura (17-46%) (Kalberer, 1985).

*A. subrufescens* es un hongo de alto valor nutritivo, rico en proteína, fibra y minerales y bajo contenido en lípidos. La tabla 3 muestra datos de la composición de los carpóforos de *A. subrufescens* según diferentes autores. Grosso modo, la composición de los hongos es agua ( $900 \text{ g kg}^{-1}$ ), proteína ( $20-400 \text{ g kg}^{-1}$ ), grasa ( $20-80 \text{ g kg}^{-1}$ ), carbohidratos ( $10-550 \text{ g kg}^{-1}$ ), fibra ( $30-320 \text{ g kg}^{-1}$ ) y cenizas ( $80-100 \text{ g kg}^{-1}$ ) (Firenzouli et al., 2007). Con respecto a la composición de otras especies cultivadas de hongos comestibles, *A. subrufescens* presenta, en general, bajos contenidos en humedad, grasa bruta, fibra bruta y cenizas, altos contenidos en proteína, carbohidratos totales y valores medios de carbohidratos disponibles y valor energético (Chang y Miles, 2004).

Los contenidos en proteína registrados ( $280,6-301,0 \text{ g kg}^{-1}$ ), son similares a los encontrados recientemente por Siqueira et al. (2011) ( $283,3-293,5 \text{ g kg}^{-1}$ ) y Zied et al. (2011b) ( $262-$



Tabla 2. Composición de los carpóforos de *Agaricus subrufescens* producidos por la variedad ABL30 sobre las diferentes coberturas  
 Table 2. *Proximate analysis of the carpophores of Agaricus subrufescens produced by the strain ABL30 on different casing layers*

	HUMEDAD (g kg <sup>-1</sup> )	PROTEÍNA BRUTA (Nx4,38, g kg <sup>-1</sup> m.s.)	GRASA BRUTA (g kg <sup>-1</sup> m.s.)	CARBOHIDRATOS TOTALES (g kg <sup>-1</sup> m.s.)	CARBOHIDRATOS DISPONIBLES (g kg <sup>-1</sup> m.s.)	FIBRA BRUTA (g kg <sup>-1</sup> m.s.)	CENIZAS (g kg <sup>-1</sup> m.s.)	VALOR ENERGÉTICO (Kcal/100g m.s.)
EUROVEEN	888,9 (104,9) <sup>a</sup>	280,6 (41,9) <sup>a</sup>	14,8 (5,4) <sup>a</sup>	632,4 (51,0) <sup>a</sup>	565,7 (52,9) <sup>a</sup>	66,8 (19,7) <sup>a</sup>	72,1 (7,4) <sup>a</sup>	355 (9) <sup>a</sup>
INFERTOSA	865,8 (127,3) <sup>b</sup>	290,5 (19,5) <sup>a</sup>	11,2 (0,7) <sup>a</sup>	630,3 (23,4) <sup>a</sup>	572,5 (28,1) <sup>a</sup>	57,9 (8,1) <sup>a</sup>	68,0 (4,7) <sup>a</sup>	358 (5) <sup>a</sup>
SM+TN, 3:1 (v/v)	880,5 (138,0) <sup>ab</sup>	292,6 (27,4) <sup>a</sup>	22,6 (5,5) <sup>a</sup>	606,1 (29,5) <sup>a</sup>	523,7 (39,0) <sup>a</sup>	82,4 (19,1) <sup>a</sup>	78,7 (7,3) <sup>a</sup>	348 (10) <sup>a</sup>
SM+TR, 3:1 (v/v)	842,1 (91,7) <sup>c</sup>	298,8 (15,8) <sup>a</sup>	17,5 (3,8) <sup>a</sup>	619,7 (16,9) <sup>a</sup>	554,2 (20,6) <sup>a</sup>	65,5 (13,6) <sup>a</sup>	64,0 (4,5) <sup>a</sup>	359 (7) <sup>a</sup>
SM+FC, 3:1 (v/v)	848,6 (130,5) <sup>bc</sup>	301,0 (14,1) <sup>a</sup>	17,2 (3,6) <sup>a</sup>	616,0 (3,8) <sup>a</sup>	549,1 (23,3) <sup>a</sup>	66,9 (25,0) <sup>a</sup>	65,8 (6,8) <sup>a</sup>	358 (12) <sup>a</sup>
MEDIA	865,4	291,6	15,9	623,4	557,2	66,2	69,1	356

Los valores entre paréntesis corresponden a la desviación estándar. Para cada columna, valores seguidos de distinta letra en superíndice son significativamente diferentes entre sí ( $p \leq 0,05$ , test de Tukey). m.s.= materia seca.

SM: suelo mineral; TN: turba negra; TR: turba rubia; FC: fibra de coco.

Tabla 3. Composición de los carpóforos de *Agaricus subrufescens* según diferentes autores  
 Table 3. *Proximate composition of the carpophores of Agaricus subrufescens according to different authors*

	HUMEDAD (g kg <sup>-1</sup> )	PROTEÍNA BRUTA (g kg <sup>-1</sup> m.s.)	GRASA BRUTA (g kg <sup>-1</sup> m.s.)	CARBOHIDRATOS TOTALES (g kg <sup>-1</sup> m.s.)	CARBOHIDRATOS DISPONIBLES (g kg <sup>-1</sup> m.s.)	FIBRA BRUTA (g kg <sup>-1</sup> m.s.)	CENIZAS (g kg <sup>-1</sup> m.s.)	VALOR ENERGÉTICO (Kcal/100g m.s.)
Huang et al. (1999)	97,3 (1)	358,6	18,5	534,4 (2)	454,6	79,8	88,5	345 (2)
Stamets (2000)	98,8 (1)	393	18	389	-	256	101	-
Celso (2002), citado por Eira (2003)	-	289,4-391,8	15,3-33,3	-	-	60,4-75,9	55,6-118,1	-
COPERCOM, citado por Eira (2003)	75 (1)	367	34	383	-	68	73	-
Chang y Miles (2004)	850-870	380-450	30-40	415	-	60-80	-	-
Stamets (2005)	-	351,9	33,9	-	477	-	-	362
Siqueira et al. (2011)	85,2-100,4 (1)	283,3-293,5	16,6-21,4	617,2-633,0 (2)	555,5-575,4 (2)	57,7-63,5	67,1-69,7	348-350 (2)
Zied et al. (2011b)	830-883	262-349	9-17	571-648 (2)	515-587	51-82	58-72	344-349 (2)

(1) Corresponden a carpóforos previamente deshidratados.

(2) Calculados a partir de los datos de los autores.

349 g kg<sup>-1</sup>), aunque inferiores a los observados por otros autores (Tabla 3). Este último hecho puede ser atribuido a la utilización de diferentes factores de conversión nitrógeno-proteína. De acuerdo con los datos recopilados por Eira (2003) en esporóforos de *A. subrufescens* cultivados en Brasil (tabla 3), los contenidos en proteína (289,4-391,8 g kg<sup>-1</sup>) son superiores a los registrados para *A. bisporus* (263 g kg<sup>-1</sup>), *Lentinula edodes* (175 g kg<sup>-1</sup>), *Pleurotus florida* (189 g kg<sup>-1</sup>), *Volvariella diplasia* (285 g kg<sup>-1</sup>) y *Pleurotus ostreatus* (187 g kg<sup>-1</sup>). Chang y Miles (2004) la presentan como una de las especies de mayor contenido en proteína de todos los hongos comestibles cultivados, más de dos veces superior a *L. edodes*.

Los bajos contenidos en grasa registrados en el presente trabajo (11,2-22,6 g kg<sup>-1</sup>) son, en general, del mismo orden que los encontrados en la bibliografía (tabla 3). De acuerdo con Chang y Miles (2004), el contenido en grasa de diferentes especies de hongos oscila entre 11 y 83 g kg<sup>-1</sup> en base a peso seco, con un contenido medio de 40 g kg<sup>-1</sup>. Del contenido lipídico total de los hongos, alrededor del 80% son ácidos grasos insaturados (CTICH, 2010).

Los carpóforos cosechados presentaron un contenido medio de 65,6 g kg<sup>-1</sup> de fibra bruta, similar a los registrados por otros autores (tabla 3). Los datos recopilados por Eira (2003) en esporóforos de *A. subrufescens* cultivados en Brasil presentan contenidos en fibra (55,6-118,1 g kg<sup>-1</sup>) del mismo orden que *A. bisporus* (104 g kg<sup>-1</sup>), *Lentinula edodes* (80 g kg<sup>-1</sup>) y *Pleurotus florida* (115 g kg<sup>-1</sup>), aunque inferiores a los de *Volvariella diplasia* (174 g kg<sup>-1</sup>) y *Pleurotus ostreatus* (156 g kg<sup>-1</sup>). Los polisacáridos derivados de hongos están considerados actualmente como componentes capaces de modular la respuesta inmune en animales y humanos e inhibir el crecimiento de ciertos tumores (CTICH, 2010). El potencial medicinal se asocia principalmente al contenido en β-glucanos, polisacáridos estructurales especialmente abundantes

en *A. subrufescens* (Zied, 2011). Otros polisacáridos bioactivos aislados de *A. subrufescens* son principalmente riboglucanos y glucomanos (Wisitrassameewong et al., 2012).

El contenido en minerales obtenido, con un promedio de 68,2 g kg<sup>-1</sup>, se encuentra dentro del rango de los datos proporcionados por otros autores (55,6-118,1 g kg<sup>-1</sup>, tabla 3), y resulta en general inferior al encontrado para otros hongos comestibles cultivados (Eira, 2003; Chang y Miles 2004).

Por último, el valor energético es bajo, con una media de 357 kcal por 100 g de materia seca, también similares a los encontrados en la bibliografía (entre 344 y 362 g kg<sup>-1</sup>, tabla 3).

En cuanto a la amplitud de los rangos observados para los diferentes parámetros, aunque todos los carpóforos se cosecharon diariamente en el estado óptimo comercial de desarrollo, con el mayor peso posible y antes de la apertura del sombrero, estas pueden achacarse a ligeras desviaciones de tamaño, madurez o grado de desarrollo. Hay que tener en cuenta que se trata de un hongo de rápido crecimiento, si se compara, por ejemplo, con los dos principales hongos cultivados, *Agaricus bisporus* y *Pleurotus ostreatus*. Esto obliga, en algunos casos, a llevar a cabo dos cosechas diarias. A esto hay que unir que, debido a la reciente introducción del cultivo comercial, las condiciones de cultivo no se encuentran definidas con tanta precisión como en el caso de los otros hongos anteriormente mencionados, lo que lleva asociado frecuentes irregularidades productivas.

La productividad en el presente trabajo se ha visto favorecida con el empleo de coberturas orgánicas basadas en turba. Dado que el ciclo de cultivo de este hongo presenta una duración relativamente larga, y que se produce además a temperatura relativamente alta y con fuerte régimen de ventilación, el mejor comportamiento de las coberturas basadas en turbas sobre las basadas en suelo mineral

puede asociarse a la mayor capacidad de retención de agua de las primeras, que permiten soportar en mejores condiciones el alto grado de evaporación.

En cuanto a la caracterización analítica de los carpóforos, teniendo en cuenta que la comercialización de este hongo se lleva a cabo mayoritariamente tras un proceso de deshidratación, los contenidos en humedad/materia seca de los carpóforos resultan extremadamente importantes en la producción de *A. subrufescens*. De acuerdo con los resultados obtenidos, este parámetro se encuentra directamente influenciado por las características de la capa de cobertura utilizada en la producción. Esto afecta directamente al rendimiento final del proceso, de manera que cuanto mayor sea el contenido de materia seca mayor será la eficiencia del procesado (lavado, laminado y deshidratación).

Por último, el hecho de que los nutrientes para el desarrollo de los carpóforos sean absorbidos mayoritariamente del compost limita la influencia de la capa de cobertura sobre la composición de los mismos, que presumiblemente se vería afectada con la utilización de diferentes sustratos de cultivo y entre diversas cepas de *A. subrufescens*. Este aspecto, junto a la caracterización de carbohidratos de interés medicinal, abre la vía para futuras investigaciones.

### Agradecimientos

A la Diputación Provincial de Cuenca y a la Consejería de Agricultura de Castilla-La Mancha (España) y al Programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agrícola de la Universidade Federal de Lavras, CAPES processo 5083/11-7 (Brasil) por el apoyo.

### Bibliografía

- ANKOM, 2008. Crude Fiber Analysis in Feeds by Filter Bag Technique. ANKOM Technology Method 7, AOCS Approved Procedure Ba 6a-05. ANKOM Technology, Macedon (NY), USA. 3 pp.
- ANKOM, 2009. Rapid Determination of Oil/Fat Utilizing High Temperature Solvent Extraction. ANKOM Technology Method 2, AOCS Official Procedure Am 5-04. ANKOM Technology, Macedon (NY), USA. 2 pp.
- Cavalcante JLR, Gomes VFF, Kopytowsky-Filho J, Minhoni MTA, Andrade MCN, 2008. Cultivation of *Agaricus blazei* in the environmental protection area of the Baturité region under three types of casing soils. Acta Scientiarum - Agronomy 30(4): 513-517.
- Chang ST, Miles PG, 2004. Mushrooms. Cultivation, Nutritional Value, Medicinal Effect, and Environmental Impact (2<sup>nd</sup> ed.). CRC Press, Boca Raton (FL), USA. 451 pp.
- Colauto NB, Silveira AR, Eira AF, Linde GA, 2010. Alternative to peat for *Agaricus brasiliensis* yield. Bioresource Technology 101(2): 712-716.
- CTICH, 2010. Propiedades nutricionales y medicinales del champiñón y otros hongos cultivados. Centro Tecnológico de Investigación del Champiñón de La Rioja, Autol, España. 76 pp.
- Eira AF, 2003. Cultivo do Cogumelo Medicinal *Agaricus blazei* (Murrill) ss. Heinemann o *Agaricus brasiliensis* (Wasser et al.). Aprenda Fácil Editora, Viçosa (MG), Brasil. 396 pp.
- Firenzouli F, Gori L, Lombardo G, 2007. The medicinal mushroom *Agaricus blazei* Murrill: review of literature and pharmaco-toxicological problems. Advance Access Publication 27: 3-15.
- FOSS, 2003. The determination of nitrogen according to Kjeldahl using block digestion and steam distillation. Foss Application Note AN 300. FOSS Tecator AB, Höganäs, Sweden. 12 pp.
- Gregori A, Pahor B, Glaser R, Pohleven F, 2008. Influence of carbon dioxide, inoculum rate, amount and mixing of casing soil on *Agaricus blazei* fruiting bodies yield. Acta Agriculturae Slovenica 91(2): 371-378.

- Henriques GS, Simeone MLF, Amazonas MALA, 2008. Avaliação in vivo da qualidade protéica do champignon do Brasil (*Agaricus brasiliensis* Wasser et al.). Revista de Nutrição 21(5), 535-543.
- Huang SJ, Huang LC, Chen CC, Mau JL, 1999. Antioxidant properties of *Agaricus blazei*, pp. 266-274. En: Proceedings of the 3rd International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products. A. Broderick, T. Nair (eds.). AMGA, Sydney, Australia. 507 pp.
- Kalberer PP, 1985. Influence of the depth of the casing layer on the water extraction from casing soil and substrate by the sporophores, on the yield and on the dry matter content of the fruit bodies of the first three flushes of the cultivated mushroom, *Agaricus bisporus*. Scientia Horticulturae 27: 33-43.
- Kerrigan RW, 2005. *Agaricus subrufescens*, a cultivated edible and medicinal mushroom, and its synonyms. Mycologia 97: 12-24.
- Kopytowski Filho J, Minhoni MTA, 2007. Produtividade e eficiência biológica da linhagem ABL 99/30 de *Agaricus blazei* em três tipos de compostos e em dois ambientes de cultivo. Energia na Agricultura 22(4): 65-78.
- Largeteau ML, Llerena-Hernández RC, Regnault-Roger C, Savoie J-M, 2011. The medicinal *Agaricus* mushroom cultivated in Brazil: biology, cultivation and non-medicinal valorisation. Applied Microbiology and Biotechnology 92(5): 897-907.
- Lau O, 1982. Methods of chemical analysis of mushrooms, pp. 87-116. En: Tropical Mushrooms. Biological Nature and Cultivation Methods. S.T. Chang, T.H. Quimio (eds.). The Chinese University Press, Hong Kong. 493 pp.
- Miles PG, Chang ST, 1997. The chemical composition of fungal cells. Useful generalizations, pp. 33-35. En: Mushroom Biology. Concise Basics and Current Developments. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore. 194 pp.
- Minhoni MTA, Kopytowski Filho J, Andrade MCN, Zied DC, 2006. Avaliação de diferentes métodos de desinfestação da camada de cobertura no cultivo do cogumelo *Agaricus blazei* Murril ss. Heinemann. Documentos 82/2006, Fertbio 2006, Bonito, Brasil. 4 pp.
- Moukha S, Ferandon C, Mobio T, Creppy EE, 2011. Safety evaluation of *Agaricus subrufescens* varieties and their products of therapeutic interest or for disease prevention, pp. 290-301. En: Proceedings of the 7th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products. J.M. Savoie, M. Foulongne-Oriol, M. Largeteau, G. Barroso (eds.). INRA-Mycologie et Sécurité des Aliments, Arcachon, Francia. 582 pp.
- Pardo A, de Juan JA, Pardo JE, 2002. Factores que influyen en la iniciación de la fructificación del champiñón cultivado. I. Factores físicos y ambientales. Factores químicos y nutritivos. ITEA Producción Vegetal 98(1): 33-42.
- Pardo-Giménez A, Navarro MJ, López MJ, Gea FJ, 2004. Uso del compost agotado de hongos cultivados reciclado como material de cobertura para el cultivo de champiñón, pp. 1599-1609. En: Agroecología: referente para la transición de los sistemas agrarios. Sociedad Española de Agricultura Ecológica, Valencia, España. 2256 pp.
- Pardo-Giménez A, Zied DC, Álvarez-Ortí M, Rubio M, Pardo-González JE, 2012. Effect of supplementing compost with grapeseed meal on *Agaricus bisporus* production. Journal of the Science of Food and Agriculture 92: 1665-1671.
- Silva VA, Dias ES, Vale RHP, Silva R, Moreira GF, 2007. Isolamento e identificação de bactérias presentes nos solos de cobertura utilizados no cultivo do cogumelo *Agaricus blazei* Murril. Ciência e Agrotecnologia 31(5): 1374-1379.
- Siqueira FG, Dias ES, Silva R, Martos ET, Rinker DL, 2009. Cultivation of *Agaricus blazei* ss. Heinemann using different soils as source of casing materials. Scientia Agricola 66(6): 827-830.
- Siqueira FG, Martos ET, Silva EG, Silva R, Dias ES, 2011. Biological efficiency of *Agaricus brasiliensis* cultivated in compost with nitrogen concentrations. Horticultura Brasileira 29(2): 157-161.
- Stamets P, 2000. The Himematsutake mushroom *Agaricus blazei*, pp. 208-216. En: Growing Gourmet and Medicinal Mushrooms (3rd ed.). Ten Speed Press, Berkeley (CA), USA. 574 pp.
- Stamets P, 2005. Mycelium running: how mushrooms can help save the world. Ten Speed Press, Berkeley (CA), USA. 343 pp.

- Sullivan DM, 1993. Proximate and mineral analysis, pp. 105-109. En: Methods of Analysis for Nutrition Labeling. D.M. Sullivan, D.E. Carpenter (eds.). AOAC International, Arlington (VA), USA. 624 pp.
- Wisitrassameewong K, Karunarathna SC, Thongkaland N, Zhao R, Callac P, Moukha S, Férandon C, Chukeatirote E, Hyde KD, 2012. *Agaricus subrufescens*: A review. Saudi Journal of Biological Sciences 19(2): 131-146.
- Yeo SG, Hayes WA, 1979. A new medium for casing mushroom beds. Mushroom Science 10(2): 217-229.
- Zied DC, 2011. Produtividade e teor de  $\beta$ -glucana de *Agaricus subrufescens* Peck (*A. blazei* (Murrill) ss. Heinemann) em função de diferentes práticas de cultivo e conversões energéticas. Tesis Doctoral. Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Botucatu (SP), Brasil. 98 pp.
- Zied DC, Minhoni MTA, Kopytowski-Filho J, Andrade MCN, 2010. Production of *Agaricus blazei* ss. Heinemann (*A. brasiliensis*) on different casing layers and environments. World Journal of Microbiology and Biotechnology 26(10): 1857-1863.
- Zied DC, Minhoni MTA, Kopytowski-Filho J, Barbosa L, Andrade MCN, 2011a. Medicinal mushroom growth as affected by non-axenic casing soil. Pedosphere 21(2): 146-153.
- Zied DC, Pardo-Giménez A, Savoie JM, Pardo-González JE, Callac P, 2011b. "Indoor" method of composting and genetic breeding of the strains to improve yield and quality of the almond mushroom *Agaricus subrufescens*, pp. 424-432. En: Proceedings of the 7th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products. J.M. Savoie, M. Foulongne-Oriol, M. Largeteau, G. Barroso (eds.). INRA-Mycologie et Sécurité des Aliments, Arcachon, Francia. 582 pp.

(Aceptado para publicación el 17 de abril de 2013)