

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE *Pleurotus ostreatus* SOBRE DIFERENTES RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DEL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

EVALUATION OF GROWTH AND PRODUCTION OF *Pleurotus ostreatus* ON DIFFERENT AGROINDUSTRIALS WASTES OF CUNDINAMARCA

Claudia López-Rodríguez; Ricardo Hernández-Corredor; Christian Suárez-Franco, Marta Borrero

*Departamento de Microbiología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana,
Cra. 7 # 43-82, Bogotá, Colombia
urraca01@gmail.com, riherco@gmail.com, christiansuarezf@yahoo.com, mborrero@javeriana.edu.co*

Recibido: 31-10-2006; Aceptado: 14-10-2008:

Resumen

Se llevó a cabo la evaluación del cultivo de *Pleurotus ostreatus*, para determinar el residuo sobre el cual este hongo genera mejor crecimiento y producción. Los sustratos evaluados fueron residuos agroindustriales del departamento de Cundinamarca (capacho de uchuva, cáscara de arveja y tusa de maíz); teniendo como sustrato control el aserrín de roble. Las mezclas a evaluar fueron empacadas en bolsas de 1Kg de volumen de mezcla de sustrato, del cual el 78% fue el residuo agroindustrial. Se esterilizaron e inocularon con 30g de semillas de *Pleurotus ostreatus*, adquiridas comercialmente. Se evaluó el tiempo de corrida del micelio, el diámetro de los carpóforos, el número de hongos producidos por bolsa, el peso fresco, la eficiencia biológica y el rendimiento de cada uno de los sustratos trabajados. Finalmente, el mejor sustrato para el crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* fue el capacho de uchuva ya que alcanzó una eficiencia biológica de 76.1% en un período total de producción de 41 días y una rentabilidad de 39.03 Kg/m² con excelentes características organolépticas, considerándose así un sustrato adecuado y eficiente para el cultivo de este hongo.

Palabras clave: Carpóforo, Fructificación, *Pleurotus ostreatus*, residuos agroindustriales, sustratos.

Abstract

The culture of *Pleurotus ostreatus* was evaluated to determine the best waste on which this mushroom can show the highest growth and production rates.. The substrates evaluated were agroindustrial wastes of the Department of Cundinamarca (dry skin of goldenberries (*Physalis*), skin of pea pods and maize cobs). The control substrate was sawdust of oak. The mixtures evaluated were packed in bags of 1 kg containing 78 % of agroindustrial waste of the volume of substrate mixture . Mixtures were sterilized and inoculated with 30 g of seeds of *Pleurotus ostreatus* obtained commercially. Running time of the mycelium, diameter of fruit bodies, number of fruit bodies produced per bag, fresh weight, biological efficiency, and yield were evaluated on each of the substrates. Finally, the best substrate for the growth and production of *Pleurotus ostreatus* was the dry skin of goldenberries (*Physalis*) with a biological efficiency of 76.1% after a total production period of 41 days and a yield of 39.03 Kg/m² with excellent organoleptic characteristics, therefore being an adequate and efficient substrate for cultivating this mushroom.

Key words: Fructification, Fruit bodies, *Pleurotus ostreatus*, agroindustrial wastes, substrates.

INTRODUCCIÓN

A nivel alimenticio, los hongos comestibles, poseen el doble del contenido de proteínas que los vegetales y disponen de los nueve aminoácidos esenciales, incluyendo leucina y lisina (ausente en la mayoría de los cereales). Así mismo, poseen alta cantidad de minerales (superando a la carne de muchos pescados) y bajo contenido de calorías y carbohidratos. También se caracterizan por tener propiedades medicinales conocidas como generar retardo en el crecimiento de tumores, disminuir los niveles de colesterol en la sangre, poseer sustancias antioxidantes e inmunomoduladoras (Romero *et al.*, 2000). Son apetecidos ampliamente por su excelente sabor en cocina gourmet, por tanto, la producción de hongos actualmente moviliza cientos de millones de dólares y miles de puestos de trabajo en toda América, particularmente en América Latina ya que esta región tiene un gran potencial para el cultivo de las especies comestibles por la variedad de climas que posee y la gran diversidad de residuos orgánicos que se genera en los diferentes cultivos agrícolas (Torres, 2003).

Uno de los hongos comestibles más estudiado y cultivado durante los últimos años es *Pleurotus ostreatus* debido a la facilidad de cultivo y a su calidad nutricional. Este hongo se desarrolla en la naturaleza preferiblemente sobre residuos de material leñoso o ricos en fibra como troncos, ramas y bagazos. Para su cultivo se pueden utilizar materiales que contengan una composición similar a los que utiliza para crecer en su ambiente natural. Dentro de estos materiales se encuentran los residuos agroindustriales, los cuales en la mayoría de los casos no son reutilizados sino simplemente son quemados o arrojados a los basureros, quebradas y ríos, sin tratamiento previo, y contribuyen de esta manera al daño del ecosistema (Oei, 2003). Este trabajo permitió evaluar el crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre tres residuos agroindustriales de la Sabana de Bogotá, bajo condiciones ambientales y nutricionales controladas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se basó en un estudio experimental comparativo para encontrar el residuo agroindustrial con mejor rendimiento en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*, es decir, aquel que promoviera mayor crecimiento de éste, teniendo en cuenta las características morfológicas y organolépticas que debe tener este hongo.

Localización. La fase experimental se llevó a cabo en un cuarto cerrado que cuenta con todos los requisitos básicos para la elaboración del mismo. Las dimensiones del cuarto son: 20 m² de área por 2.50 m de altura; el cuarto estaba cubierto totalmente con material plástico desinfectado para mantener las condiciones de humedad y temperatura. Los equipos necesarios para la realización de dicho estudio fueron suministrados por Biosetas Andina, empresa encargada de la producción de hongos comestibles y patrocinadora del proyecto.

Preparación del sustrato. Los materiales evaluados fueron tres residuos agroindustriales, capacho de uchuva, cáscara de la arveja y tusa de maíz, adquiridos en una central de mercado agropecuario en la ciudad de Bogotá y un montaje con aserrín de roble como control, el cual fue adquirido en un aserradero de maderas de la ciudad de Bogotá D.C.

Deshidratación y adecuación de los residuos. Todos los residuos fueron seleccionados y sometidos a un proceso de secado mediante la exposición directa al sol hasta que se vieran físicamente secos, es decir, hasta el momento en que al someterse a presión manual se convirtiera en serrín de cada residuo (García, 2003). Luego, se realizó un tratamiento de corte y molido, con la ayuda de un molino industrial con motor de 4½ HP de energía trifásica de una empresa molinos pulverizadores, para obtener un tamaño de partícula 1.52 - 3.35 mm (Miles y Chang, 1997).

TABLA 1. Formulación del sustrato para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. Fuente: Miles y Chang, 1997

MATERIALES	% DE COMPONENTES EN PESO SECO
Residuo agroindustrial (Fuente de Carbono)	78 %
Salvado de trigo (Fuente de nitrógeno)	20 %
Azúcar	1 %
Cal	1 %
Agua	La necesaria para mantener una humedad de 65% a 75%

Mezcla de los materiales que conformaron el sustrato de crecimiento. Se realizó la mezcla de los componentes necesarios para el sustrato de acuerdo a la formulación descrita en la tabla 1 para cada residuo. Se determinó la humedad apropiada de cada mezcla de sustrato por medio de la prueba del guante (Fernández, 2004). El salvado de trigo, la cal y el azúcar blanco fueron obtenidos comercialmente.

Elaboración de los bloques de sustrato. La mezcla se empacó en bolsas de polietileno de alta densidad con dimensiones de 15 x 30 cm, de 1 Kg. de capacidad de volumen de mezcla de sustrato en cada una. Cada bolsa se cubrió con collares plásticos de tubos de PVC (5 cm de diámetro y 2 a 3 cm de largo), cubriéndolos con papel periódico y se esterilizaron por 30 minutos a 20lb., de presión constante (Miles y Chang, 1997). Para determinar la eficiencia del autoclave se colocó cinta indicadora de esterilidad y se preparó una bolsa en cada uno de los tratamientos sin la adición de la semilla de *Pleurotus ostreatus* para determinar la esterilidad.

Inoculación. La inoculación se realizó en cada una de las bolsas, suministrando una sola vez durante todo el proceso 30g de semilla por cada bolsa de 1Kg. de capacidad de volumen de mezcla de sustrato evaluado (Fernández, 2004).

La semilla certificada de viabilidad y pureza, fue adquirida en una distribuidora de semillas de setas, lista para ser inoculada en cada uno de los sustratos y se mantuvo bajo las condiciones estipuladas por la casa comercial.

Incubación. Se realizó en un cuarto cerrado con un promedio de temperatura de 24 a 26°C y un rango de humedad relativa entre 70-80% sin iluminación (Romero *et al.*, 2000; García, 2003; Fernández, 2004). Entre anaquel y anaquel se manejo una distancia de 90 cm. Cada anaquel de cinco bandejas entre las cuales había una distancia de 50 cm. Los bloques de sustrato de los diferentes residuos agroindustriales evaluados se distribuyeron al azar dentro del cuarto en cada uno de los anaqueles (Fernández, 2004).

Fructificación. Se mantuvo la temperatura entre 18 y 20°C con un rango de humedad relativa de 80-93% (Fernández, 2004). La luz se suministró utilizando tubos fluorescentes, de intensidad lumínica de 60 a 500 unidades lux durante un período de 8 a 12 horas diarias (García, 2003).

Cosecha y pesaje de los carpóforos. La recolección se hizo de forma manual cortando con una cuchilla estéril y el peso de los carpóforos se determinó inmediatamente después de su corte por medio de una balanza analítica SSH modelo No.5005. Este procedimiento se realizó durante las tres cosechas estipuladas (Fernández, 2004).

Prueba sensorial. Los hongos producidos en los diferentes sustratos fueron evaluados en su presentación en fresco y en forma salteada. Para esto se realizó una prueba sensorial discriminativa de ordenamiento con la asesoría de la nutricionista dietista, Martha Lucía Borrero, docente de la Facultad de Ciencias de La Pontificia Universidad Javeriana.

La prueba se realizó suministrándoles a 30 catadores no entrenados ocho muestras, tanto en fresco como en forma salteada, y se les pidió que las colocarán en orden decreciente de acuerdo a su criterio de preferencia frente al sabor de las mismas diligenciando un formato de evaluación (Anzaldúa, 1994; Carpenter *et al.*, 2002).

La prueba sensorial se realizó en el Laboratorio de preparación de alimentos de la Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana de la ciudad de Bogotá. Se diseñaron doce cubículos independientes, en los cuales se colocaron ocho vasos desechables numerados aleatoriamente de acuerdo al residuo industrial evaluado; cada vaso contenía aproximadamente 1.5 cm² de muestra del hongo cosechado en cada residuo. Así, cuatro vasos contenían la muestra de hongos en fresco y los cuatro restantes contenían hongos salteados. Los hongos salteados se sofrieron en mantequilla sin sal previo al inicio de la prueba sensorial y se suministró agua y galletas de soda como pasantes.

Análisis de carbono y nitrógeno total de los residuos agroindustriales evaluados. A los residuos agroindustriales empleados (capacho de uchuva, cáscara de arveja y tusa de maíz) se les determinó la concentración de carbono y nitrógeno total en el Laboratorio Analítica de Agua E.U (Mojica & Molano, 2006).

MÉTODOS ESTADÍSTICOS

Análisis del desarrollo y crecimiento de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados. Los datos recogidos durante esta investigación se analizaron para determinar las medidas de dispersión central, la media, y la varianza muestral de cada una de las variables estipuladas. Posteriormente se determinó si los datos procedían de una distribución normal por medio de un análisis de normalidad Shapiro Wilks con un nivel de significancia del 95% (Pinzón, 2006).

A continuación se realizó un análisis de varianza de un solo factor (ANOVA) con un nivel de significancia del 95% y una prueba t de Student para dos muestras con varianzas desiguales con un nivel de significancia del 95% (Pinzón, 2006).

Análisis sensorial de los hongos cosechados de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados. A los datos registrados por cada uno de los catadores no entrenados se les realizó un análisis de normalidad de Shapiro Wilks con un nivel de significancia de 95%, un análisis de varianza de un solo factor (ANOVA) y posteriormente se realizó una prueba t de Student suponiendo varianzas desiguales, para comparar específicamente cada uno de los residuos agroindustriales evaluados con el sustrato control. Tanto para el análisis de varianza como para la prueba t de Student se manejó un nivel de significancia del 95% con un margen de error de 0,5% (Pinzón, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis del desarrollo y crecimiento de *Pleurotus ostreatus* en el sustrato control

El sustrato más usado, de mejor rentabilidad, de fácil adquisición y que genera carpóforos de excelente calidad reportado por la literatura para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus* es el tronco de género *Quercus humboldtii* (Roble) por lo cual se utilizó como control para este estudio (García, 2003; Fernández, 2004).

En este estudio se pudo observar que *Pleurotus ostreatus* generó un porcentaje eficiencia biológica de 70% (Figura 1) sobre el aserrín de roble como sustrato control, el cual al ser comparado con Shan *et al.* (2004), quienes reportan un porcentaje de eficiencia biológica de 64,69% y Hami (2005) de 69,88% en aserrín de roble, se puede determinar que

son resultados similares. Por lo tanto, se puede corroborar que la utilización de aserrín de roble como control en este estudio arrojó resultados similares a otros autores ya que no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los resultados registrados en el estudio y en estudios similares ($p= 2.9432 \times 10^{-11}$), teniendo en cuenta que se manejaron las mismas condiciones de cultivo, iguales porcentajes de inoculación de semilla, la misma proporción de mezcla de sustrato y la misma cantidad de cosechas (Miles y Chang, 1997).

Análisis del tiempo de corrida del micelio de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados

El tiempo de corrida del micelio hace referencia al tiempo que tarda el hongo en colonizar el sustrato que se puede evidenciar con el cambio de color a blanco del bloque de sustrato y la compactación del mismo. Dicha cobertura se observó en todos los sustratos evaluados, incluyendo el sustrato control (Romero *et al.*, 2000; García, 2003; Fernández, 2004).

Al observar el tiempo de corrida del micelio del hongo en cada uno de los sustratos evaluados (Figura 2) se puede ver que el tiempo de corrida de micelio en el capacho de uchuva, la cáscara de arveja y la tusa de mazorca fue mayor al del control. Esto pudo deberse a que el sustrato control es el mismo medio en el cual el hongo está habituado a crecer en la naturaleza indicando que no es un sustrato desconocido para su crecimiento, por tal razón no se afectó el metabolismo del hongo sobre el sustrato.

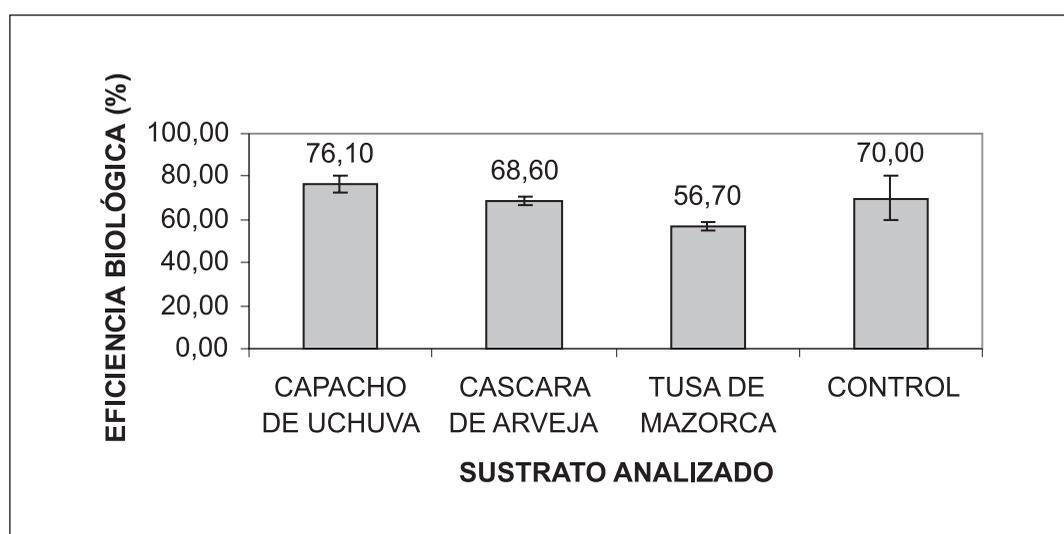


FIGURA 1. Porcentaje de eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* generada en cada sustrato evaluado.

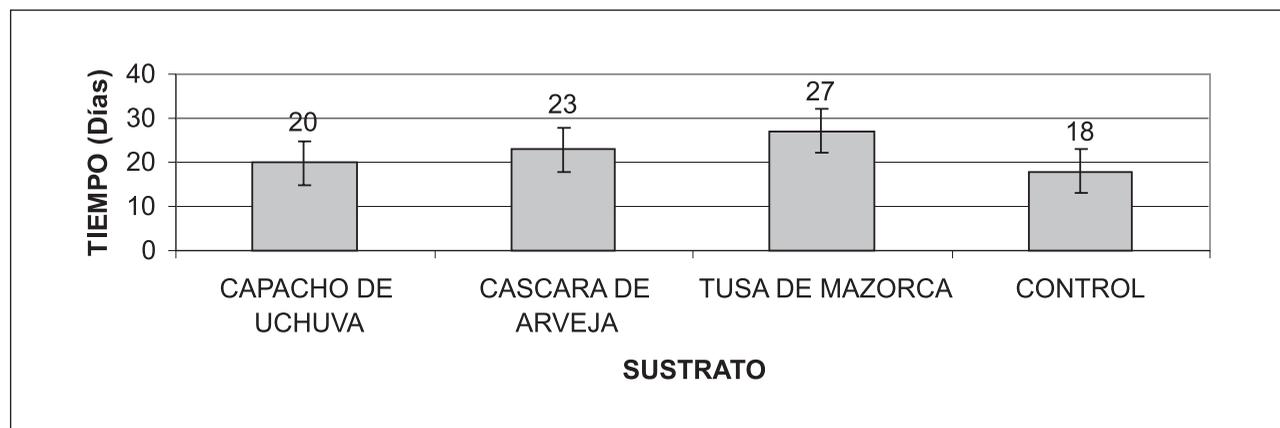


FIGURA 2. Tiempo de corrida del micelio de *Pleurotus ostreatus* en los diferentes sustratos evaluados.

Además, los hongos que realizan la descomposición aeróbica de un sustrato requieren de mayor presencia de carbono que de nitrógeno para generar un ambiente óptimo de crecimiento y desarrollo. Al observar la proporción de carbono y nitrógeno total de los sustratos evaluados (Tabla 2) se encontró que el aserrín de roble posee una mayor proporción de carbono total (50% p/p) seguido por el capacho de uchuva (28,31% p/p), la cáscara de arveja (25,51% p/p) y por último la tusa de mazorca (18,66% p/p) lo que se ve reflejado en los resultados del tiempo de corrida del micelio (Mojica y Molano, 2006). Indicando que el porcentaje de carbono total influye en la corrida del micelio debido que a mayor cantidad de carbono el hongo se adapta con mayor facilidad para la degradación del sustrato y lo usa para su crecimiento y formación de biomasa. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la biodegradabilidad de estos residuos agroindustriales también es función del contenido relativo en biomoléculas fácilmente degradables (azúcares solubles y de bajo peso molecular, grasas, proteínas, almidón, hemicelulosa y celulosa) y componentes de lenta degradación (ceras, ligninas y otros polifenoles), por

tanto el hongo tiene que utilizar su batería enzimática para degradar y adaptarse al sustrato utilizándolo como fuente de carbono. *P. ostreatus* posee una capacidad enzimática compleja que le permite degradar polímeros grandes como lignina y celulosa que componen en mayor proporción estos residuos evaluados (Iriarte, 2003).

Según los resultados obtenidos, se observó que tanto en la cáscara de arveja como en la tusa de mazorca se tomó más tiempo la corrida del micelio que en el control y en el capacho de uchuva, esto también pudo deberse a que al preparar la mezcla de los sustratos se observó la formación de aglomeraciones de mezcla en el sustrato hecho a base de cáscara de arveja y de tusa de mazorca. A pesar de que todos los sustratos fueron sometidos al mismo proceso de molido, esto pudo generar una baja difusión de oxígeno en el sustrato, importante para el desarrollo y crecimiento del micelio (Hami, 2005). En contraparte, el sustrato control y el capacho de uchuva presentaban una contextura más fibrosa que no permitía la formación de aglomeraciones durante la preparación de la mezcla.

TABLA 2. Porcentaje de carbono y nitrógeno total de los residuos utilizados. Fuente: Escobar, 2002*, Mojica y Molano, 2006 **.

Residuo agroindustrial	Carbono total (%p/p)	Nitrógeno total (%p/p)
Aserrín *	51	0.11
Capacho de uchuva **	28.31	1.10
Cáscara de arveja **	25.51	9.18
Tuza de maíz **	18.66	10.85

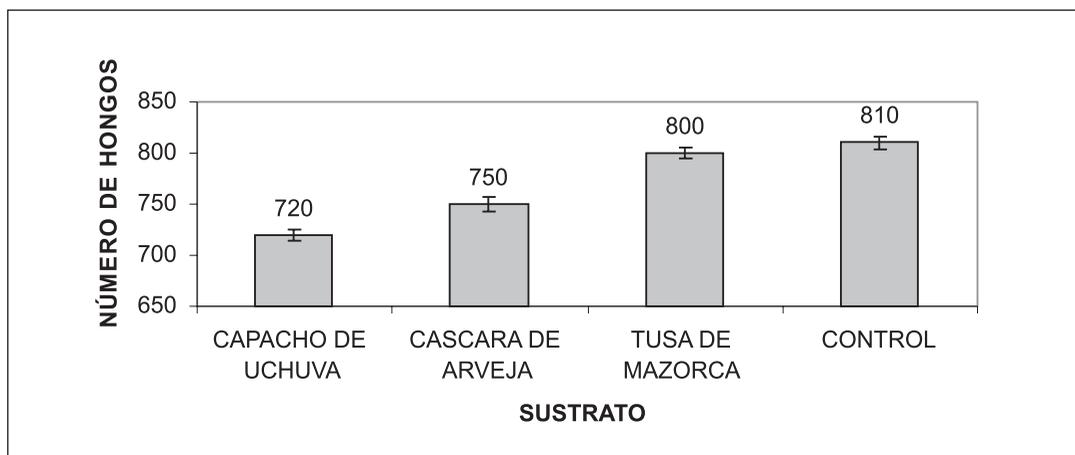


FIGURA 3. Cantidad de hongos cosechados de *Pleurotus ostreatus* en cada sustrato evaluado

Análisis del número de carpóforos producidos por bolsa de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados

El número de carpóforos cosechados por bolsa en promedio en cada sustrato (Figura 3) se determinó a partir de las tres cosechas evaluadas a lo largo de esta investigación.

Según los datos obtenidos en el número de carpóforos producidos por bolsa en promedio en cada uno de los sustratos se pudo determinar por medio de ANOVA que no hubo diferencia estadísticamente significativa ya que se obtuvo una probabilidad igual a 2.9653×10^{-12} y con la prueba t de student se determinó que ninguno de los residuos analizados como eran el capacho de uchuva ($p=0.028$), la cáscara de arveja ($p=0.011$) y la tusa de mazorca ($p=0.010$) superaron al cultivo control ya que no existió diferencia estadísticamente significativa entre éstos. Todo esto indica que la fuente de carbono no influye en el número de carpóforos cosechados por bolsa. Según Magae *et al.* (1995), el número de carpóforos producidos por bolsa no tiene tanta relevancia como su peso fresco, además el número de carpóforos debe estar en un rango de 58 a 65 por bloque de sustrato de 1 kg de volumen de mezcla para que se pueda considerar un sustrato adecuado y rentable para su cultivo.

Sin embargo, aunque no exista diferencia estadísticamente significativa, se puede ver que tanto el sustrato de capacho de uchuva como el control se encuentran dentro del rango reportado en la bibliografía considerándolos sustratos adecuados y rentables para la producción de este hongo. Esto pudo deberse a que el sustrato control es el mismo medio en el cual el hongo está habituado a crecer en la

naturaleza y además, es el sustrato reportado en varios estudios bibliográficos, por ende era de esperarse que el sustrato control se encontrara dentro de este rango de producción. En cuanto al capacho de uchuva, se ha reportado que por su alto contenido en lípidos se incrementa la producción de carpóforos, según Bonzom *et al.* (1999) al adicionar materiales lipídicos al sustrato se logra un incremento del 20 al 60% de la producción de carpóforos.

Análisis del tamaño de carpóforos de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados

La determinación del tamaño de los carpóforos se llevó a cabo por medio de la medición manual del diámetro de cada uno de los hongos cosechados por cada bloque de sustrato evaluado (Figura 4).

Según los datos obtenidos del tamaño de los carpóforos se pudo determinar por medio de ANOVA que no hubo diferencia estadísticamente significativa con una probabilidad igual a 0.003 y con la prueba t de student se determinó que ninguno de los residuos analizados como eran capacho de uchuva ($p=0.437$), cáscara de arveja ($p=0.120$) y tusa de maíz ($p=0.180$) superaron al cultivo control, ya que no existió diferencia estadísticamente significativa entre éstos, indicando que el sustrato no influyó en el desarrollo del diámetro de los carpóforos. Según Magae *et al.* (1995), el diámetro de los carpóforos de los hongos producidos por bolsa no es relevante como su peso fresco, ya que lo importante de un sustrato es el rendimiento y la productividad en cuanto al peso fresco que éste pueda generar. En la investigación realizada se observó que el tamaño de los carpóforos en todos los residuos evaluados eran similares entre sí, con un promedio de 5 a 6 cm de diámetro, y tam-

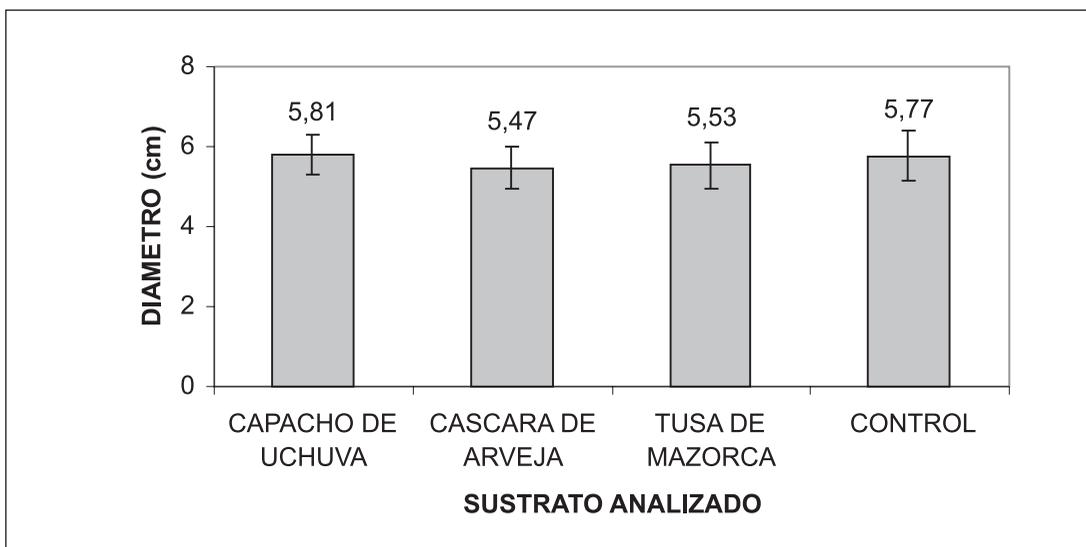


FIGURA 4. Tamaño de los carpóforos producidos en cada uno de los sustratos

poco existía una diferencia significativa con respecto al sustrato control.

Análisis del peso fresco de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados

El peso fresco registrado es el promedio dado por los carpóforos producidos por bolsa en cada uno de los sustratos evaluados en las tres cosechas.

Así, se pudo determinar por medio de ANOVA que no hubo diferencia estadísticamente significativa ya que se obtuvo una probabilidad de 7.393×10^{-08} y con la prueba t de student se determinó que ninguno de los residuos analizados, como lo eran el capacho de uchuva ($p=0.0004$), la cáscara de arveja ($p=0.007$) y la tusa de mazorca ($p=0.001$) superaron al cultivo control ya que no existió diferencia estadísticamente significativa entre éstos. Sin embargo a pesar de que no existió diferencia significativa, se pudo observar (Figura 5) que el tratamiento con capacho de uchuva produjo mayor cantidad de peso en fresco de los hongos cosechados, indicando que este residuo suministra una fuente de carbono apropiada para el crecimiento y desarrollo del hongo sin afectar las características físicas superando así la cantidad de peso en fresco del hongo con respecto al control.

Además al observar los análisis realizados para determinar el carbono y nitrógeno total de cada uno de los sustratos (Tabla 2) se encontró que entre los tres residuos

agroindustriales utilizados, el capacho de uchuva es el que posee una mayor proporción de carbono total (28,31% p/p). Indicando que en este sustrato existe mayor proporción de carbono que puede ser utilizado por el hongo para su crecimiento y formación de biomasa. Seguido por la cáscara de arveja (25,51% p/p) y por último la tusa de mazorca (18,66% p/p). En general, el hongo utiliza principalmente el carbono como fuente de energía y formación de biomasa, y el nitrógeno para formar componentes celulares como proteínas y ácidos nucleicos (Mojica y Molano, 2006).

De acuerdo a las necesidades metabólicas de los hongos ligninocelulolíticos se necesita más carbono que nitrógeno, pero si hay excesiva cantidad de carbono al agotarse el nitrógeno, se disminuirá el crecimiento y reproducción del hongo. Sin embargo, no se considera en el estudio que exista limitación de nitrógeno pues a la formulación de todas las mezclas de los residuos analizados se adicionó salvado de trigo como suplemento orgánico de nitrógeno el cual contiene un 9,7% de nitrógeno en su composición, suficiente para suplir las necesidades metabólicas de este tipo de hongos (Oei, 2003).

Así, los resultados de los porcentajes de carbono y nitrógeno total de los residuos coinciden con la producción obtenida, indicando que el porcentaje de carbono total que posee un sustrato es directamente proporcional a la producción de hongos comestibles que se desea obtener (Escobar, 2002).

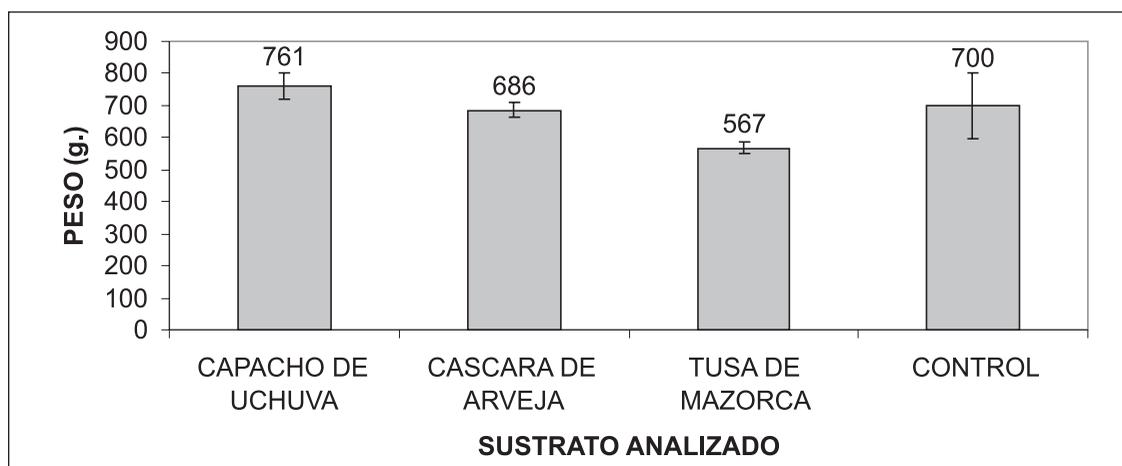


FIGURA 5. Peso fresco obtenido de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados.

Análisis del porcentaje de la eficiencia biológica de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados

El porcentaje de eficiencia biológica permite evaluar la producción midiendo el peso en fresco de hongos cosechados sobre el peso del sustrato húmedo por cien en cada uno de los residuos evaluados durante tres cosechas.

Así, de acuerdo a los resultados obtenidos se pudo observar que no existió diferencia estadísticamente significativa entre los residuos agroindustriales analizados y asimismo se observó que el porcentaje de eficiencia biológica (Figura 5) obtenido es directamente proporcional al peso fresco generado en cada uno de los sustratos. Los resultados muestran que el capacho de uchuva fue más eficiente que los demás residuos con un valor de 76,1% seguido por el aserrín con 70%, la cáscara de arveja con un 68,6% y finalmente la tusa con 57,8%.

La explicación a un alto porcentaje eficiencia biológica del capacho de uchuva podría estar relacionada con el alto contenido de lípidos que posee este sustrato, puesto que según Nair *et al.* (1989) los lípidos estimulan el crecimiento del micelio y la producción de cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus*. Además se ha reportado que al adicionar materiales lipídicos al sustrato se logra un incremento del 20 al 60% de la producción del carpóforo (Bonzom *et al.*, 1999). Los niveles relativamente bajos de lípidos durante el crecimiento del hongo indican su rápida utilización durante la formación de los cuerpos fructíferos, lo cual demuestra el efecto estimulador que los lípidos tiene en el desarrollo de *P. ostreatus* (Nair *et al.*, 1989).

Asimismo, se puede deducir que la cáscara de arveja y la tusa mazorca no poseen un alto porcentaje de lípidos, 1,4 y 0,4% respectivamente (Stamets, 2000), en su composición y un porcentaje de carbono total menor al del sustrato control (Tabla 2). Esto explica porqué no se genera un porcentaje de eficiencia biológica rentable para el cultivo de este hongo sobre estos residuos agroindustriales.

Análisis del rendimiento de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados

Del rendimiento obtenido en cada uno de los sustratos (Figura 6) se pudo observar que es directamente proporcional al peso fresco obtenido y por ende al porcentaje de eficiencia biológica registrada en cada sustrato. Así se pudo determinar por medio de ANOVA que no hubo diferencia estadísticamente significativa ya que se obtuvo una probabilidad de 7.163×10^{-8} y con la prueba t de student se determinó que el capacho de uchuva ($p=0.067$) generó un rendimiento mayor y estadísticamente significativo en comparación al sustrato control evaluado, puesto que presentó mayor rentabilidad superando al cultivo control en aproximadamente 3 kg de peso en fresco del hongo. Indicando que si las bolsas de 1 kg de volumen de mezcla ocuparan un espacio de un metro cuadrado, se generarían en promedio 39.03 kg en peso en fresco del hongo, por ende se recomienda el capacho de uchuva como sustrato adecuado para el cultivo de *Pleurotus ostreatus*.

El sustrato control fue el segundo con mejor rendimiento con un promedio de 35.90 kg/m², seguido por la cáscara de arveja ($p=0.007$) con un promedio de 29.08 kg/m² y finalmente la tusa de maíz ($p=0.003$) con un promedio de 29.08

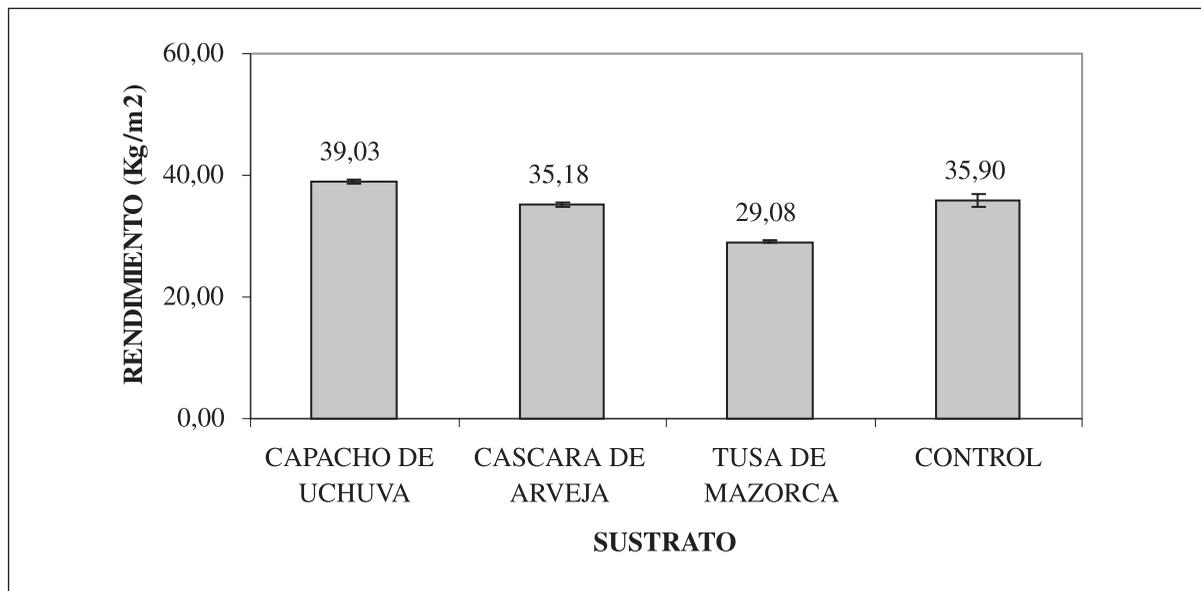


FIGURA 6. Rendimiento estimado de *Pleurotus ostreatus* en cada sustrato evaluado

kg/m² y en estos dos sustratos evaluados no existió diferencia estadísticamente significativa con respecto al sustrato control.

Con estos resultados se puede estimar que a escala industrial la cáscara de arveja y la tusa mazorca producirían, aproximadamente de 4 a 6 kg menos que el sustrato control, lo cual no evidenciaría la rentabilidad del cultivo del hongo sobre estos residuos a gran escala.

Análisis sensorial de los hongos cosechados de *Pleurotus ostreatus* en cada uno de los sustratos evaluados

Se pudo determinar por medio del análisis de ANOVA que tanto en los hongos en fresco como en los hongos salteados no existió diferencia significativa al comparar la aceptabilidad y palatabilidad dada al producto en todos los sustratos a la vez, indicando que las características de sabor y textura del carpoforo no varían por la composición de los sustratos.

Hongos en fresco

Por medio de la prueba t de student se pudo determinar que en fresco tuvo mayor aceptabilidad las muestras obtenidas a partir de capacho de uchuva y tusa de maíz, indicando que el producto cambia su sabor de acuerdo al sustrato en el que se cultive. Los hongos cultivados en cáscara de arveja no superaron la aceptabilidad al compararla con el sustrato control, por ende este sustrato aunque pueda ser

considerado provechoso no asegura permanencia en el mercado de acuerdo a la aceptación del producto.

Hongos salteados

En cuanto a las muestras de *Pleurotus ostreatus* salteadas, se pudo observar que los catadores no entrenados no encontraron diferencia alguna en la palatabilidad del producto indicando que en las muestras salteadas no se ve afectado el sabor por el sustrato en el que haya sido cultivadas, puesto que éstas absorben el sabor del elemento con el cual éstas se preparen, como lo es en este caso la mantequilla sin sal, influenciando la degustación del producto.

De todas maneras, cabe reconocer que como es un producto poco conocido en el mercado colombiano los catadores no entrenados no pueden tener un punto de comparación o de referencia y por ende la prueba sensorial sólo pudo ser realizada en cuanto a la aceptación y palatabilidad, sin evaluar características importantes como son olor, color, presencia de defectos y apariencia, las cuales permitirían corroborar aun más la aceptación del producto para su consumo en la sociedad colombiana.

Asimismo, los catadores no entrenados al no tener conocimiento profundo del producto no pueden inclinarse por preferencias nutricionales y/o alimenticias que pudieran afectar los resultados de la prueba, es decir, que estos datos reflejan a la gran mayoría de posibles consumidores de *Pleurotus ostreatus* (orellanas) en Colombia.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que el mejor sustrato para el crecimiento de *Pleurotus ostreatus* es el capacho de uchuva dado que presenta un porcentaje de eficiencia biológico y un rendimiento superior al control, igualmente el tamaño y peso de los carpóforos, y el tiempo de corrida del micelio muestra ser de interés para la utilización de este residuo agroindustrial en la producción a gran escala de este tipo de hongo macromycete. Se puede concluir igualmente que el tipo de residuo agroindustrial utilizado no tiene incidencia significativa en el sabor en fresco o salteado como lo indican los resultados del análisis sensorial

LITERATURA CITADA

- ANZALDUA, A. *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. Editorial Acirbia, S.A. Zaragoza, España. 1994, 198.
- BONZOM, P.; NICOLAOU, A.; BALDEO, W. NMR lipid profile of *Pleurotus ostreatus*. *Phytochemistry*. 1999, 50: 1311-1321.
- CARPENTER, R.; LYON, D.; HASDELL, T. *Análisis sensorial en el desarrollo y control de la calidad de alimentos*. Editorial Acirbia. Zaragoza, España. 2002, 191.
- ESCOBAR, J. Programa Especial de Seguridad Alimentaria en coordinación INTECAP-FAO-PESA. Cooperación Española. Jovotan. http://www.fao-sict.un.hn/documentos_interes/19_permacultura_aplicada.pdf [Consulta: 26 May. 2005] 2002.
- FERNÁNDEZ, F. *Guía práctica de producción de Setas (Pleurotus spp.)*. Fungitec Asesorías. Guadalajara, Jalisco. México. Marzo. 2004, 54.
- GARCÍA, M. *Cultivo de setas y trufas*. Cuarta edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. 2003, 143-236.
- HAMI, H. Cultivation of Oyster Mushroom. (*Pleurotus* spp.) on sawdust of different woods. M.Sc. Thesis. Department of Plant Pathology, University of Agriculture. Faisalabad, Pakistán. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2005, 21.4: 601-607.
- IRIARTE, C. Estudio de la producción y secreción de enzimas celulolíticas en micelios rápidos y lentos de *P. ostreatus*. Ingeniero Técnico Agrícola (Hortofruticultura y Jardinería). Universidad Pública de Navarra. 2003,198.
- KIRK, T.; FARRELL, R. Enzymatic "combustion": the microbial degradation of lignin. *Annual Review of Microbiology*. 1987, 41: 465-505.
- MAGAE, Y.; KAKIMOTO, Y.; KASHIWAGI, Y.; SASAKI, T. Fruiting body formation from regenerated mycelium of *Pleurotus ostreatus* protoplasts. *Applied and Environmental Microbiology*. 1995, 49: 441-442.
- MILES, P.; CHANG, S. *Mushroom biology, Concise Basics and current developments*. Primera edición. Ed. World Scientific. Singapore. 1997; 194.
- MOJICA, J.; MOLANO, C. *Prueba de determinación de carbono total y nitrógeno total en el capacho de uchuva, la cáscara de arveja y la tusa de mazorca*. Laboratorio Químico Analítica de Agua. E.U. Marzo. Bogotá, Colombia. 2006, 2.
- NAIR, N.; SONG, C.; JIANG, J.; CHO, K. Lipid profile of *Pleurotus* spp. *Annual Applied Biology*. 1989, 114: 165-176.
- OEI, P. *Mushroom cultivation: Techniques. Species and Opportunities for Commercial Application in Developing Countries*. Third edition. TOOL Publications, Amsterdam, The Netherlands. 2003, 274.
- PINZÓN, M. [Comunicación personal] Asesoría en aplicaciones estadísticas a trabajos de grado. Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana. [Consulta: 12-29 May. 2006].
- ROMERO, J.; RODRÍGUEZ, M.; PÉREZ, R. *Pleurotus ostreatus*. Importancia y tecnología del cultivo. Grupo de Nutrición, Departamento de Física-Química, Facultad de Mecánica Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez. Cuatro caminos. Ciudad de Cienfuegos. Cuba. 2000, 16.
- SHAN, Z.; ASHRAF, M.; ISHTIAQ, C. Comparative study on cultivation and yield performance of Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on different substrates (Wheat Straw, Leaves, Saw dust). *Pakistan Journal of Nutrition*. 2004, 3. 3: 158-160.
- STAMETS, P. *Growing gourmet and medicinal mushrooms*. Third edition Ten Speed Press. Bekerly, Toronto. 2000, 267.
- TORRES, M.G. *Potencial de la microbiota nativa comestible y medicinal en el municipio de Quibdó*. Trabajo de grado. Biólogo con énfasis en recursos naturales. Facultad de Ciencias. Universidad Tecnológica del Chocó. Quibdó, Chocó. 2003, 116.