

REVISTA **TUMBAGA**



**RESIDUOS AGROINDUSTRIALES EN LA FORMULACIÓN DE SUSTRATOS
PARA LA PRODUCCIÓN DE HONGOS COMESTIBLES (*Pleurotus
pulmonarius*)**

**AGRIBUSINESS WASTES IN SUBSTRATES FORMULATION FOR EDIBLE MUSHROOMS
(*Pleurotus pulmonarius*) PRODUCTION**

Mauricio Atehortúa A, Daniela Medina P

Estudiantes Bioingeniería Universidad de Antioquia e Investigadores GIEM Universidad de Antioquia

José M. Acevedo R.

Investigador GIEM Universidad de Antioquia y Biólogo Universidad de Antioquia.

Carlos E. Arroyave M.

Investigador GIEM Universidad de Antioquia y Magister en Ciencias Químicas Universidad de Antioquia. Correspondencia: elias.arroyave@yahoo.es

Carlos A. Peláez J.

Investigador GIEM Universidad de Antioquia y Doctor en Bioquímica Instituto Sarria Barcelona España

RESUMEN

La cepa Phoenix Oyster de *Pleurotus pulmonarius* se cultivó sobre cáscaras de las frutas: mango (*Manguifera indica*), piña (*Ananas comosus*), papaya (*Carica papaya*) y sus mezclas, para determinar los porcentajes de recuperación material de residuos agroindustriales y las eficiencias biológicas de los hongos. Inicialmente se ajustaron los parámetros de crecimiento y cosecha de los hongos con los residuos de piña y mango. Para los hongos se evaluó: la eficiencia biológica (EB), la reducción de los volúmenes de residuos (RR), los contenidos proteicos y análisis proximales. En la RR inoculados se encontró entre un 79,90 y un 90,67 %, las eficiencias biológicas entre un 13,72 y un 87,79 % en cultivos de 5 kg de los sustratos. Los contenidos proteicos y de fibra alimentaria de los hongos fueron superiores a los de otras fuentes de alimentación humana con los que se compararon.

Palabras clave: Residuos Orgánicos; *Pleurotus pulmonarius*; Proteína Alimentaria, Rellenos Sanitarios.

ABSTRACT

The Phoenix Oyster *Pleurotus pulmonarius* strain was cultivated on peel of mango (*Manguifera indica*), pineapple (*Ananas comosus*) and papaya (*Carica papaya*) and mixtures of them, in order to determine the percentages of materials recovery of agro-industrial waste and biological efficiencies fungi. Pineapple and mango residues were selected to set growth and harvest fungi parameters. Reducing the waste volume inoculated was found between 79,90 and 90,67%; biological efficiencies between 13,72 and 87,79% in cultures 5kg of substrates; fungi showed higher protein and dietary fiber than foods with which they were compared content.

Keywords: Organic Waste, *Pleurotus pulmonarius*, Feed Protein, landfill.

1. INTRODUCCIÓN

La fracción orgánica (especialmente frutales) de los residuos producidos en ciudades colombianas como Bogotá (7000 toneladas/día de residuos totales¹) y Medellín (2000 toneladas/día de residuos totales¹) es muy alta, pero por la baja capacidad de procesamiento de los residuos orgánicos por compostaje: 80 toneladas/día¹, terminan en los rellenos sanitarios haciéndolos altamente reactivos y contaminantes. (Tomoyuki, 2004); (Castaldi, Alberti, Morella, & Melis, 2005); (Mory, 2013). Para evitar la pérdida de la energía y los nutrientes de los residuos orgánicos se requieren alternativas de tratamiento, además de la separación en la fuente y del compostaje; (Bari & Koenig, 2001); (Uribe, Vanegas, & Cardona, 2004).

Entre las alternativas de recuperación material y energética se tiene la producción de compost, biogás, hidrógeno, suplementos para alimentación animal y humana, en particular la producción de biomasa, que también busca la seguridad alimentaria de grandes poblaciones (Streese & Stegmann, 2003); (Rao & Singh, 2004); (Valdez - Vázquez & Poggi - Varaldo, 2009), y para ello, los hongos comestibles del género *Pleurotus* spp. son apropiados, porque son fuente de proteínas para consumo humano, y también organismos descomponedores de residuos agrícolas (Kurt & Buyukalaca, 2010). Desde 1993 han aumentado las especies de hongos comestibles conocidas y cultivadas a escala comercial e industrial; para el año 2004 la producción total de hongos comestibles se calculaba en 7 millones de toneladas métricas, siendo China el principal productor, consumidor y exportador de *Pleurotus* spp.; (Garzón Gómez & Cuervo Andrade, 2008); (López, Hernández, Suárez, & Borrero, 2008); (Fracchia, Aranda, & Terrizzano, 2009); (Salmones, Ballesteros, Zuleta, & Mata, 2012)

Aunque ya se sabe de las necesidades de iluminación, nutrientes y humedad para un desarrollo óptimo de los hongos del género *Pleurotus* spp. (que se cultivan desde principios del siglo XX, y en Colombia desde 1990), aún queda mucho por explorar, porque su cultivo, uso y adaptación deben ser realizados para cada especie en cada región (Garzón & Cuervo, 2008); (López, Hernández, Suárez, & Borrero, 2008). El contenido proteico de los hongos comestibles (con una alta proporción de aminoácidos esenciales) iguala o supera los de la carne de res, carne de pollo o leche (Velasco & Vargas, 2004); y equipara o duplica a los de la horticultura. El valor biológico de las proteínas del *Pleurotus* ssp. varía entre el 86 y el 88 % pero con bajas proporciones de aminoácidos azufrados (Valencia, Castelán, Garín - Aguilar, & Leal, 2006). Presentan contenidos de vitaminas B1 y B2 similares a las del huevo o los vegetales (Zanes & Texeira, 2008).

1. Datos para el 2013

El presente artículo da cuenta de la factibilidad de una recuperación material de los residuos de frutas mediante el cultivo de los hongos comestibles *Pleurotus pulmonarius* a nivel de laboratorio, como una alternativa para generar un alimento proteico y reducir el volumen de residuos agroindustriales que se depositan en los rellenos sanitarios.

2. METODOLOGÍA

2.1. Materias primas: Las cáscaras de mango (*Manguifera indica*), de piña (*Ananas comosus*) y de papaya (*Carica papaya*) se recolectaron en las cafeterías de la Universidad de Antioquia, se clasificaron y empacaron en bolsas; y fueron llevadas al laboratorio GIEM, allí fueron pesadas y sometidas a extracción de jugos (lixiviados) en un procesador de alimentos. Con el objetivo de generar un sustrato para los hongos, la fracción sólida fue pesada nuevamente, empacada en bolsas de polipropileno de 40 cm x 30 cm y esterilizada en autoclave a 121°C y 15 Lb de presión durante 20 minutos. Los materiales utilizados para la siembra fueron: residuos de piña (se denominará piña), residuos de mango (se denominará mango), residuos de papaya (se denominará papaya) y mezclas de los tres residuos (se denominará mezclas).

2.2 Semilla: La cepa Phoenix Oyster de *P. pulmonarius* fue adquirida en bolsa de polipropileno de 500 g, inoculada en trigo y completamente colonizada con micelio en el Laboratorio de Cultivo de Biotecnología de la Universidad de Antioquia. La inoculación de la fracción sólida de los residuos de frutas con la semilla del hongo, se realizó en condiciones asépticas en cámara de flujo laminar vertical (Engelab®); las bolsas se cerraron después de realizada la inoculación.

2.3 Fase de incubación: Las bolsas permanecieron cerradas en la oscuridad por 48 horas a 23°C, en estantes de madera limpios y adecuados. Luego se monitorearon cada 24 horas para verificar su normal crecimiento. Cuando el micelio colonizó toda la superficie del sustrato, las bolsas se perforaron y se llevaron a un espacio con luz directa.

2.4 Fase de fructificación: Las bolsas recibieron aireación y luz directa las 24 horas para la fructificación completa. Los sustratos se humectaron diariamente con agua potable y las cosechas se hicieron manualmente. La tabla 1 muestra las condiciones óptimas para el desarrollo del micelio y los primordios, así como la duración aproximada de cada etapa. Los tratamientos de los materiales, inoculación y cosechas se realizaron por triplicado.

Tabla 1. Condiciones óptimas para desarrollo de micelio y primordios de los hongos *P. pulmonarius*.

Variable	Crecimiento Micelio	Formación de Primordios	Desarrollo de cuerpos fructíferos
Temperatura de Incubación (°C)	24-29	10-24	18-27
Humedad Relativa (%)	90-100	95-100	85-90
Duración (Días)	8-14	3-5	3-5
CO ₂ (ppm)	>5000	400-800	400-800

Variable	Crecimiento Micelio	Formación de Primordios	Desarrollo de cuerpos fructíferos
Intercambio Gaseoso (horas)	1 vez cada hora	5-7 h	5-7
Requisitos Lumínicos (lux)	Ninguno	1000-1500	1000-1500

2.5 Análisis fisicoquímicos y proximales: Humedad: se secó el material por 4 horas a 105 °C, se calculó el porcentaje por diferencia con el material residual. Cenizas: El material seco se llevó a la mufla a 600 °C por 6 horas. Nitrógeno total y proteína bruta: por el método de Kjeldhal (Soil Survey Methods Manal (SSLMM), 1996); (Olivera, Martínez, & Real, 1993); Lípidos: por extracción con solventes. Fibra cruda: como lo reportó (Slavin, 1987).

3. RESULTADOS

En los primeros experimentos se observó que la piña y el mango eran los sustratos adecuados para ajustar los parámetros de crecimiento de los hongos, y que en la papaya había inhibición del desarrollo del hongo. La tabla 2 muestra los pesos inoculados de piña y mango para ajustar los parámetros.

Tabla 2. Pesos de los desechos procesados de piña, y mango.

Muestra	Mango (g)	Piña (g)
1	295,28±1,52	299,75,28±1,23
2	300,52,28±1,90	300,11,28±1,18
3	302,88,28±1,45	300,81,28±1,62

La inhibición del crecimiento micelial en la papaya se eliminó por extracción acuosa, y se hizo una prueba de coagulación láctea con el extracto la cual dio positiva, esto sugiere que el inhibidor es papaína; la papaya sometida a la extracción se esterilizó por autoclavado y se inoculó nuevamente con semilla de *Pleurotus pulmonarius*, lo que se observa en la tabla 3.

Tabla 3. Composición de una mezcla para la inoculación de *P. pulmonarius*.

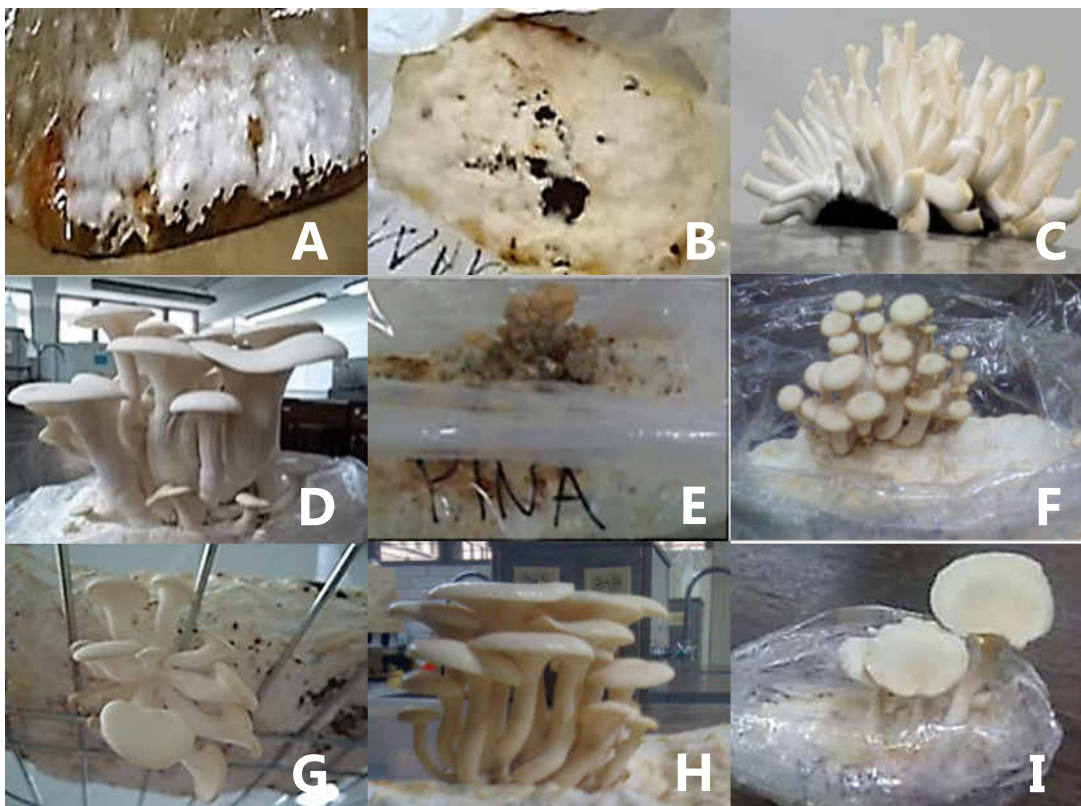
Sustrato	Peso (g)
Piña	99,85±1,00
Mango	100,04±1,00
Papaya	100,3±1,00
Total	300,19±1,00

La figura 1 muestra que el proceso de formación del micelio se dio de manera normal en la piña (A), el mango (B) y las mezclas sin sustancia inhibidora (C), y hubo inhibición en la papaya sin extracción (D). Mientras que en la figura 2.A y B se observa la formación de micelio en la papaya tratada. De igual manera en la figura 2.C hasta la F se muestra la aparición de primordios de *P. pulmonarius* en la piña y en la mezcla, en la figura 2.G hasta la I se muestran hongos en fase de cosecha desarrollados sobre los diferentes sustratos y en la 4 se muestra los hongos cosechados.

Figura 1. Formación de micelio en: Piña: A.; Mango: B.; Mezcla sin sustancia inhibidora: C., e inhibición en papaya: D.



Figura 2. A y B. Formación de micelio. Invasión completa el micelio e inicio de la etapa de crecimiento sobre el sustrato papaya tras eliminar la sustancia inhibitoria. C a F. Aparición de primordios en la piña y mezcla G a I. Hongos en fase de cosecha desarrollados en mango, mezcla y piña.



Una vez seleccionados los residuos y ajustados los parámetros se continuó con la optimización del procedimiento de siembra de hongos *P. pulmonarius* con una cantidad de residuos mayor como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Triplicado de residuos procesados para siembra de *Pleurotus* y mezcla.

Sustrato	Peso en gramos		
	Piña	Mango	Papaya
1	5000.0±10.0	5000.0±10.0	5000.0±10.0
2	5000.0±10.0	5000.0 ±10.0	5000.0±10.0
3	5000.0±10.0	5000.0 ±10.0	5000.0±10.0
Mezcla	15000.0±10.0	15000.0±10.0	15000.0±10.0

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Porcentajes de residuos procesados usados para la siembra de los hongos y aparición de los primordios: El proceso de extracción de jugos de los residuos de frutas deja una fracción sólida para la piña del 20 % y para los demás residuos del 33 % del material recolectado.

En la tabla 5 se muestra el tiempo necesario para producir la cosecha del triplicado de las siembras y justifica el motivo de la selección de la piña, el mango y mezclas para optimizar los parámetros de siembra, ya que la papaya mostró siempre inhibición mientras no se realizó la extracción acuosa.

Tabla 5. Tiempos para obtener la cosecha en residuos de las frutas y mezclas al 33%.

Sustrato	Cosecha 1			Cosecha 2		
	Siembra 1 (Días)	Siembra 2 (Días)	Siembra 3 (Días)	Siembra 1 (Días)	Siembra 2 (Días)	Siembra 3 (Días)
Piña	15	18	17	22	23	22
Mango	16	29	20	31	37	34
Papaya	-	-	-	-	-	-
Mezcla	14	15	14	24	25	26

El desarrollo micelial más rápido se dio en la mezcla (14 días) y el más lento en el mango. En la papaya no se presentó crecimiento micelial de manera homogénea, aunque la papaya no inhibe la colonización micelial cuando está presente en la mezcla. El experimento continuó hasta el cultivo de la segunda cosecha, y nuevamente, el mango fue el último en crecer (tabla 5). Los tiempos para la

obtención de la primera cosecha son similares a los tiempos óptimos mostrados en la tabla 1, excepto en el caso del mango donde se duplican.

Estudios de (Espinoza, Delfin, Hernández, Andrade, & González, 2000) muestran que la fase de incubación para *P. pulmonarius* dura 14 días a una temperatura de 28 °C en la oscuridad. En este estudio, las mezclas de residuos alcanzaron ese mismo tiempo para la fase de incubación, mientras el mango duplicó el tiempo; el tipo de sustrato y las condiciones de cultivo pueden dar cuenta de las diferencias, porque son variables que influyen en el crecimiento y el valor nutricional de los hongos del género *Pleurotus* (Kalmis & Sargin, 2004), (Nieto & Chegwin, 2010). Las mezclas mejoran características como aireación, drenaje y retención de agua, permitiéndole al micelio una mayor colonización y por ello la mayor velocidad de crecimiento del micelio respecto a los otros sustratos. En particular para que la papaya se pueda usar como sustrato individual para el crecimiento de los hongos, debe ser sometida a extracción acuosa previamente.

Aunque en este experimento no se controlaron la temperatura y la iluminación estrictamente, la aparición de los primordios de *Pleurotus pulmonarius* se dio en un tiempo menor que en estudios realizados con *Pleurotus cornucopiae* var, *citrinopileatus* y *P. sajor-caju* cuyos primordios tardaron entre 22 y 28 días en aparecer sobre paja de trigo (principal sustrato en la producción de *Pleurotus* spp.) a pesar de que se controló la temperatura y la iluminación (20°C y 12 horas de luz artificial (600lux)) (Kalmis & Sargin, 2004).

4.2 Eficiencia Biológica (EB) de los sustratos como peso total de los cuerpos fructíferos y reducción del sustrato inoculado: La mezcla presentó la mayor EB alcanzando valores entre 52 y 65 % y presenta diferencias significativas con los demás sustratos; ya en los tratamientos de sustratos individuales, la piña presentó la mayor eficiencia con un 36,36 % como se muestra en la tabla 6. Los resultados de las mejores EB de las mezclas son congruentes con estudios realizados con tallo de algodón, fibra de coco, rastrojo de sorgo y mezcla de los mismos (Ragunathana & Swaminathan, 2003). En la tabla 6 se realizó una comparación entre los residuos por separado y en la mezcla. Los resultados son estadísticamente significativos en cuanto a la diferencia que se logra con los tratamientos. Además, se debe destacar que los resultados favorecen la mezcla de los diferentes residuos.

Tabla 6. Resultados de reducción de residuos y eficiencia biológica del sustrato en las diferentes siembras.

Sustrato	PI (g)	PH (g)	PR (g)	EB (%)	RR (%)
Papaya	749,50(0,71)	N.A	N.A	N.A	N.A
Piña	382,47(52,76)	139,18(20,18)	74,74(15,82)	36,36(0,38)a	79,90(6,25)b*
Mango	892,56(49,78)	174,52(5,55)	93,61(3,98)	19,58(0,81)b	89,51(0,15)a
Mezcla	966,86(57,41)	563,55(37,72)	89,69(7,88)	58,51(6,52)c	90,67(1,41)a

PI: Peso inoculado; PH: Peso cosechado de hongos; PR: Peso del residuo tras la cosecha de hongos; EB: Eficiencia biológica; RR: Reducción de residuos. Los números entre paréntesis corresponden a la desviación estándar.

*Las letras diferentes indican diferencias significativas de acuerdo con el análisis de rangos múltiples de Tukey ($\alpha = 0,05\%$)

Los resultados de EB de este estudio son comparables con los obtenidos por Salmones en 2005 de *Pleurotus pulmonarius* en pulpa de café, y superan los obtenidos en el estudio de Ragunathan & Swaminathan en 2003 mencionado anteriormente con especies de *Pleurotus*. y a las obtenidas (Garzón Gómez & Cuervo Andrade, 2008) en diferentes residuos lignocelulósicos, quienes sugieren que la calidad productiva de un sustrato se percibe como aceptable a partir del 50%. Las mezclas de residuos frutales tienen entonces características que los hacen adecuados para el cultivo de los hongos: 1. una EB alta que permite aprovechar los nutrientes y energía; 2. una RR apreciable, excelente para el manejo de los mismos; 3. No se hace necesaria la separación en la fuente por tipo de residuo. La tabla 7 muestra los rendimientos energéticos por sustrato, como los calculan Ragunathan y Swaminathan, 2003, y nuevamente los rendimientos energéticos en residuos de frutas, especialmente en piña son superiores a lo que ellos encontraron.

Tabla 7. Rendimientos energéticos por sustrato de los Hongos *Pleurotus* cepa Phoenix Oyster.

Sustrato	Piña	Mango
Rendimientos		
Rendimiento energetico de hongos (Setas kcal/100g)	222,03	200,23
Rendimiento de la seta (kcal/100g de sustrato)	68,92	21,32

La RR orgánicos que se logra con *Pleurotus pulmonarius* (tabla 6), es mayor que la que se logra con el compostaje (hasta 70% según algunos autores), y además con los hongos también hay control de lixiviados, y recuperación material (Flores & Parrado, 2003); (Uribe, Vanegas, & Cardona, 2004); entonces los hongos son una alternativa de RR orgánicos que presenta las siguientes ventajas frente al compostaje: a) demora menos tiempo, b) reduce mayores volúmenes, c) controla los lixiviados, d) hace una mejor recuperación de nutrientes y e) contribuye a la seguridad alimentaria.

4.3 Análisis comparativo: Las propiedades nutricionales de los hongos comestibles son difíciles de igualar, por su alto contenido de proteínas de gran calidad, bajos contenidos de calorías (aproximadamente 20 kcal/100 g), azúcares, sodio, carbohidratos y grasas. Aunque estas variables dependen de la especie del hongo, el grado de madurez, las condiciones de crecimiento y la forma de conservación, entre otros (Niето & Chegwin, 2010). La tabla 8 muestra los análisis proximales para los hongos cosechados en este estudio.

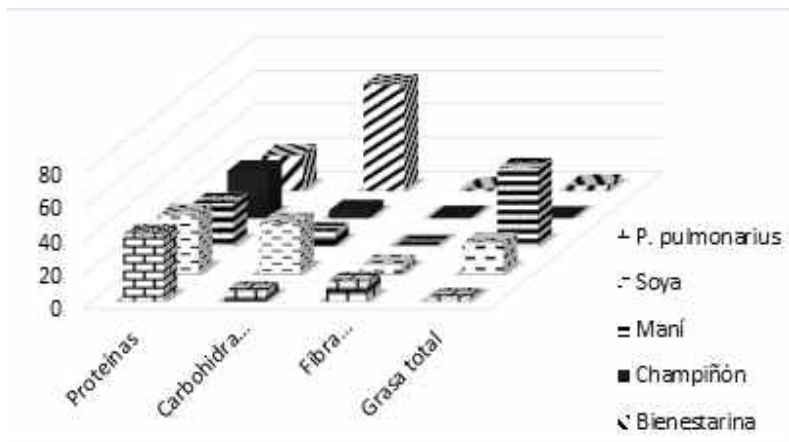
Tabla 8. Análisis proximales del hongo *Pleurotus pulmonarius*.

Parametro	Sustrato		
	Porcentajes respecto al peso de la muestra		
	Piña	Mango	Papaya
Humedad	92.77	89.77	87.01
Materia seca	12.9	10.8	10.4
Nitrógeno total	7.77	6.02	7.03

Parametro	Sustrato		
	Porcentajes respecto al peso de la muestra		
	Piña	Mango	Papaya
Proteína total	38.37	29.27	28.89
Grasa total	1.54	0.27	0.47
Fibra bruta	8.10	10.8	8.01
Cenizas totales	14.68	12.72	14.10
Fósforo	0.20	0.19	0.18
Calcio	0.26	0.17	0.42
Magnesio	0.2	0.19	0.3
Potasio	3.2	3.6	2.8
Sodio	0.0	0.1	0.0
Hierro ppm	44.9	55.9	79.9
Manganeso ppm	5.3	5.2	6.9
Zinc ppm	60.0	75.3	48.0
Cobre ppm	7.8	7.8	20.1

En la figura 3 se muestra una comparación entre los análisis proximales de *P. pulmonarius* en este estudio, con análisis proximales de otras fuentes proteicas no animales; entre todos los alimentos comparados se observa que el hongo tiene los mayores contenidos de proteína y fibras totales alimentarias, así como la menor cantidad de carbohidratos y grasas. Corroborando que el hongo es una excelente fuente de proteína para la alimentación humana, además permite la reducción del volumen de una importante fracción de los residuos orgánicos generados en ciudades, los cuales generan problemáticas ambientales si son depositados en los rellenos sanitarios (los hace altamente reactivos) o son usados como fuente de material orgánico fresco en los cultivos (dañan las características estructurales del suelo), ya que no tienen una adecuada estabilización

Figura 3. Comparación de *P. pulmonarius* frente a la soya (Glicinemax), al maní (Arachishipogaea), el champiñón (*Agaricusbisporus*) y la Bienestarina.



4.4 Proceso de optimización de la siembra: Los resultados de la siembra de *P. pulmonarius* con mayores volúmenes de residuos se comparó con los resultados de la tabla 6. Después de realizadas las inoculaciones y la recolección de dos cosechas, las EB que se muestran en la tabla 9 sugieren que los resultados con volúmenes mayores de residuos y con un mejor control de variables, superan a los obtenidos con pequeños volúmenes de residuos; ya que las mezclas que incluyen residuos de papaya, mostraron una buena EB, la separación en la fuente por tipo de fruta no se hace necesaria.

Tabla 9. Eficiencia biológica de los sustratos (tomando como base 100g)

Sustrato	EB (%)
Piña	87.79%
Mango	82.00%
Papaya	13.72%
Mezcla 50% (mango, piña)	82%

Por último, el análisis del residuo que queda del cultivo de los hongos (tabla 10), muestra contenidos proteicos adecuados para ser utilizado en la producción de otros tipos de hongos con uso alimenticio o incluso para nutrición animal.

Tabla 10. Análisis del sustrato seco (tomando como base 100g)

ANÁLISIS SUSTRATO SECO (Compost agotado) EB (%)			
Parametro	Sustrato		
	Piña	Mango	Papaya
Nitrógeno total	1.6	1.5	0.02
Proteína bruta	7.0	6.9	0.15

CONCLUSIONES

Los residuos de frutas como piña, mango y papaya pueden utilizarse como un excelente sustrato para la siembra de hongos comestibles, las EB de los sustratos son superiores al 82 %, exceptuando los casos en los que se presenta inhibición por papaína.

Los residuos de papaya pueden presentar inhibición del crecimiento micelial, pero al someterse a un proceso de extracción o lavado, la inhibición desaparece. Al utilizarse como materia prima en la formulación de mezclas, tampoco se presenta efecto inhibitorio de micelio.

Los porcentajes de reducción de residuos mediante la producción de hongos comestibles con los sustratos utilizados en este estudio son superiores al 79 %, de manera que puede ser una alternativa complementaria al compostaje para el tratamiento de los residuos orgánicos.

El tratamiento de los residuos de frutas usándolos como sustrato para el cultivo de hongos comestibles, no solo permite su recuperación energética (68% para la piña) y material (superior al 79% para todos los materiales), sino que además permitirá alargar la vida útil de los rellenos sanitarios.

Al analizar las eficiencias biológicas y la recuperación de los residuos usados como sustrato por separado y en la mezcla, se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre lo que se logra a partir de los diferentes procedimientos. Adicionalmente se debe resaltar, que la mezcla de los residuos es favorecida por los resultados, lo que es adecuado ya que no se debe incurrir en separaciones previas de los residuos frutales para obtener resultados óptimos.

La calidad proteica de los hongos cultivados en residuos de frutas con un valor cercano al 39% para la piña, es superior a otras fuentes de alimentación humana, como la soya, el maní, la bienestarina o los champiñones.

Con el cultivo de hongos comestibles sobre residuos de frutas se obtiene un alimento que comparado con otras fuentes de alimentación humana, es el más rico en proteína, cerca al 40% para piña, y cerca al 29% para mango y papaya; el más bajo en grasa para mango 0,27%, mientras que es 0,47% para papaya y 1,54% para piña, además presenta bajo nivel de carbohidratos y un valor importante de fibra superior al 8% para todos los sustratos, por lo cual puede ser utilizado en zonas donde se necesite buscar la seguridad alimentaria, con productos que son equilibrados en nutrientes, pues además aporta iones como calcio, magnesio y potasio pero no sodio.

Agradecimientos

Los investigadores agradecen a la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Antioquia, por el apoyo financiero para realizar esta investigación a través de la Convocatoria Temática 2010 Expedición Antioquia 2013.

BIBLIOGRAFÍA

Bari, Q. H., & Koenig, A. (2001). *Effect of air recirculation and reuse on composting of organic solid waste. Resources, Conservation and Recycling*, 33, 93-111.

Castaldi, P., Alberti, G., Morella, R., & Melis, P. (2005). *Study of the organic matter evolution during municipal solid waste composting aimed at identifying suitable parameters for the evaluation of composting maturity. Waste Management*(25), 209-213.

Espinoza, V., Delfin, R., Hernández, T., Andrade, O., & González, E. (2000). *Posibilidad de cultivo de Pleurotus sobre un desecho doméstico. I simposio Latinoamericano del cultivo de hongos comestibles. Xapala.*

Flores, H., & Parrado, C. (2003). *Impacto ambiental de una Planta de Biometanización. Caso Manresa. Revista de la Facultad de Ingeniería de la U.C.V.*, 25-32.

Fracchia, S., Aranda, A., & Terrizzano, E. (2009). *Cultivo de una cepa comercial de Pleurotostreatus en desechos de Simmondsiachinensis y Jatrophamacrocarpa. Revista Mexicana de Micología*, 37-42.

Garzón Gómez, J. P., & Cuervo Andrade, J. L. (2008). *Producción de Pleurotus ostreatus sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. NOVA - Publicación Científica EN CIENCIAS BIOMÉDICAS*, 6, 126 -140.

Garzón, J., & Cuervo, J. (2008). *Producción de Pleurotus ostreatus sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. NOVA - Publicación Científica en Ciencias Biomédicas*, 126 - 140.

Kalmis, E., & Sargin, S. (2004). *Cultivation of two Pleurotus species on wheat Straw substrates containing olive mill waste water. International Biodeterior and Biodegradation*, 43 - 47.

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*, 3164 - 3169.

López, C., Hernández, R., Suárez, C., & Borrero, M. (2008). *Evaluación del crecimiento y producción de Pleurotostreatus sobre diferentes residuos agroindustriales del Departamento de Cundinamarca. Universitas Scientiarum*, 128 - 137.

Mory, I. (2013). *Proyecto de estudio del plan maestro para el manejo integral de residuos sólidos en Bogota D.C.*

Nieto, I. J., & Chegwin, C. (2010). *Influencia del sustrato utilizado para el crecimiento de hongos comestibles sobre sus características nutraceuticas. Revista Colombiana de Biotecnología*, 12, 169 -178.

Olivera, N., Martínez, C. A., & Real, E. (1993). *Manual de Técnicas para Laboratorio de Nutrición de Peces y Crustáceos. México D. F.: FAO.*

Ragunathana, R., & Swaminathan, K. (2003). *Nutritional status of Pleurotus spp. grown on various agro-wastes. Food Chemistry*, 371 - 375.

Rao, M. S., & Singh, S. P. (2004). Bioenergy conversion studies of organic fraction of MSW: kinetic studies and gas yield–organic loading relationships for process optimization. *Bioresource Technology*, 173 - 185.

Salmones, D., Ballesteros, H., Zuleta, R., & Mata, G. (2012). Determinación de las características productivas de cepas mexicanas silvestres de *Agaricusbisporus*, para su potencial uso comercial. *Revista Mexicana de Micología*, 9 - 15.

Slavin, J. L. (1987). Dietary fiber: classification, chemical analysis, and food sources. *Journal of the American Dietetic Association*, 1164 - 1171.

Soil Survey Methods Manal (SSLMM). (1996). United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service National Soil Survey Center.

Streese, J., & Stegmann, R. (2003). Microbial oxidation of methane from old landfills in biofilters. *Waste Management*, 573 - 580.

Tomoyuki, K. (2004). The use of food waste as a protein source for animal feed - current status and technological development in Japan. *FAO*.

Uribe, J. P., Vanegas, A., & Cardona, F. (2004). Plan de negocios para la creación de una planta de procesamiento de residuos sólidos urbanos para la producción de compost: viabilidad para tres ubicaciones en la ciudad de Bogotá y sus alrededores. Bogotá D. C.: Facultad de Ingeniería Pontificia Universidad Javeriana.

Valdez - Vázquez, I., & Poggi - Varaldo, H. M. (2009). Hydrogen production by fermentative consortia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1000–1013.

Valencia, G., Castelán, R., Garín - Aguilar, M. E., & Leal, H. (2006). Biological quality of proteins from three strains of *Pleurotus spp.* *Food Chemistry*, 494 -497.

Velasco, V. J., & Vargas, D. E. (2004). Cultivo del Hongo Seta (*Pleurotus ostreatus*). *Manual de producción*. Montecillo; México: Colegio de Posgraduandos.

Zanes, R. P., & Texeira, H. (2008). Vitamins B1 and B2 contents in cultivated mushrooms. *Food Chemistry*, 816–819.

Referencia	Fecha de recepción	Fecha de aprobación
Atehortúa A. Mauricio, Medina P. Daniela, Acevedo R. José M, Arroyave M. Carlos E y Peláez J. Carlos A. Residuos agroindustriales en la formulación de sustratos para la producción de hongos comestibles (<i>Pleurotus pulmonarius</i>). <i>Revista Tumbaga</i> (2016), 11 vol. I, pp. 33-45	Día/mes/año 24/05/2016	Día/mes/año 13/06/2016