

Análisis de cenizas y minerales de hongos comestibles *Pleurotus spp.*, cultivados sobre paja de arroz (*Oryza sativa*), tuza y rastrojo de maíz (*Zea mayz*)

Aracelly Vega

Centro de Investigación en Recursos Naturales - Departamento de Química, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad Autónoma de Chiriquí
aravega@cwpanama.net

Heriberto Franco

Centro de Investigación en Recursos Naturales, Universidad Autónoma de Chiriquí
hfrancoav@gmail.com

Resumen- El uso de residuos agrícolas para la producción de hongos comestibles, cumple con múltiples funciones, entre las cuales podemos mencionar: el uso sustentable de un recurso renovable como la biomasa lignocelulósica, la generación de un producto alimenticio rico en nutrientes y beneficioso para la salud humana (setas). En este estudio se realizó un análisis del efecto del sustrato y tipo de cepa de hongos del género *Pleurotus spp.*, sobre el contenido de macro y micro elementos en sus cuerpos fructíferos. Las cepas utilizadas fueron: *Pleurotus pulmonarius* RN-2 (cepa extranjera) y *Pleurotus djamor* RN-81 Y RN-82 (cepas nativas de Panamá), cultivadas sobre tres residuos agrícolas que se generan en grandes cantidades en Chiriquí: paja de arroz (*Oryza sativa* L.), tuza y rastrojo de maíz (*Zea mayz* L.). Para la determinación de cenizas y minerales se realizó una incineración del cuerpo fructífero de los hongos en mufla a 600°C, seguido de una digestión ácida y determinación de minerales por espectrofotometría de absorción atómica. El contenido de cenizas en los cuerpos fructíferos fue más alto para los hongos de las tres cepas cultivados sobre rastrojo de maíz (10% p/p) y el contenido de macro elementos y micro elementos, fue mayor en términos generales para los hongos *P. djamor*, en comparación con los hongos de la cepa *P. pulmonarius*. Esto demuestra el potencial de las cepas nativas *P. djamor* para producir setas con aplicación en la producción de alimentos funcionales, que suplan deficiencias como la desnutrición por baja ingesta de minerales.

Palabras claves- ceniza, macro y micro-minerales, residuos agrícolas, *Pleurotus*.

Abstract- The use of agricultural waste for production of edible mushrooms, fulfills multiple functions, among which are: the sustainable use of a renewable resource as lignocellulosic biomass, the generation of a food product rich in nutrients and beneficial to human health (mushrooms). In this study was analyzed the effect of substrate type and strain of fungi *Pleurotus spp.*, on the content of macro and micro elements in their fruiting body. The strains used were: *Pleurotus pulmonarius* RN-2 (foreign

strain) and *Pleurotus djamor* RN-81 and RN-82 (strains native to Panamá), grown on three agricultural waste generated in large quantities in Chiriquí: rice straw (*Oryza sativa* L.), corn husk and stubble (*Zea mayz* L.). For the determination of ash and minerals of the body of fungi was incinerated in a muffle furnace at 600 °C, followed by acid digestion and determination of minerals by atomic absorption spectrophotometry. The ash content in the fruiting body was higher for fungi of the three strains grown on corn stubble (10% w/w) and the content of macro and micro elements, was generally higher for fungi of the two native strains grown on all substrates as compared with fungi of the imported strain. This demonstrates the potential of native strains of *P. djamor* to produce mushrooms with potential application in the production of functional foods to supplement the deficiencies and malnutrition problems due to low intake of minerals.

Keywords- ash, macro and micro-elements, agricultural waste, *Pleurotus*.

Tipo de Artículo: Original

Fecha de Recepción: 14 de agosto de 2012

Fecha de Aceptación: 5 de febrero de 2013

1. Introducción

Estudios recientes estiman que existen 1.5 millones de especies de hongos, de las cuales 140,000 especies producen un cuerpo fructífero de suficiente tamaño y estructura para ser consideradas un macrohongo. Los hongos pueden ser consumidos por su palatabilidad y/o valor nutricional. La palatabilidad puede ser juzgada por su color, textura y sabor, pero la determinación de su valor nutricional, que incluye el contenido de amino ácidos, vitaminas, minerales y ácidos nucleicos, involucra el análisis de su composición proximal, que es afectada por la diversidad del mapa genético del hongo, que genera diferencias entre cepas, el tipo de sustrato y condiciones ambientales (1). La utilización de residuos agroindustriales para el cultivo de hongos comestibles, plantea una simbiosis entre industrias, que toman el modelo de ciclos cerrados de materia, donde el residuo del primero es la materia prima del siguiente, esto hace el cultivo de hongos saprófitos una actividad respetuosa con el medio ambiente (2). En términos generales, los cuerpos fructíferos (setas), en base a peso seco,

contienen 39.9% de carbohidratos, 17.5% de proteínas, 29% de grasas y lo remanente son minerales. Muchos hongos cultivados contienen cantidades significativas de potasio y sodio, pequeñas cantidades de calcio y muy bajas cantidades de hierro y magnesio (3). *Pleurotus* es un género importante de basidiomicetes comestible, encontrado especialmente en el trópico y subtropical, y su potencial biotecnológico ha sido explorado para una diversidad de aplicaciones como biorremediación, alimento para animales y los datos más promisorios señalan una relación inversa entre el consumo de hongos y la incidencia de cáncer de mamas, hígado, pulmón; entre otros, además de ser anti artrítico, protegen contra la pérdida de densidad ósea y ayudan a preservar la salud visual (4, 5). Para *Pleurotus ostreatus*, cultivado sobre paja de frijol de soya, se ha reportado un contenido de cenizas de 6.70%, Ca, P, Fe, y K de 300, 1000, 14.35 y 2320 mg/100g, respectivamente (6). Los minerales que se han encontrado en mayor concentración en las setas de *P. ostreatus*, cultivadas sobre paja de arroz, aserrín y caña de azúcar, son: K, P, Mg y Fe (7). Para *P. sajor-caju*, *P. platypus* y *P. citrinopileatus* cultivados sobre diversos residuos agrícolas como paja de sorgo, fibra de corteza de coco, tallos de árbol de algodón y mezcla de estos, se ha reportado concentraciones de cenizas en rangos de 5.40-8.40% y macro elementos (mg/g peso seco de cuerpo fructífero): Ca 0.64-2.1, Fe 5.28-12.7, K 10.3-33.8, Mg 9.4-18.9 y P 118-220 (8). Algunos hongos concentran minerales más que otros, dependiendo de donde son cultivados; muchos elementos en el hábitat influyen en el perfil nutricional de los hongos, un hecho que debe ser considerado en el aspecto nutricional (9). La capacidad de los hongos de transportar minerales del sustrato a los cuerpos fructíferos ha sido aprovechada para enriquecer hongos *P. ostreatus* con selenio (Se), cultivados sobre pulpa de café suplementada con selenita, obteniéndose hongos con 3.2 mg de Se/kg, que es una cantidad suficiente para suplir la ingesta diaria de Se recomendada para adultos (10). Metales como el Fe, Cu, Zn y Mn son metales esenciales en la nutrición humana, puesto que juegan un rol importante en los sistemas biológicos (11). En esta investigación se realizó un análisis de cenizas, macro y micro elementos, para analizar el efecto de su cultivo sobre distintos sustratos lignocelulósicos y el tipo de cepa, en el contenido de minerales en los cuerpos fructíferos. Las cepas

utilizadas fueron: una cepa importada de México de *P. pulmonarius* y dos cepas nativas de *P. djamor*. También se realizó una comparación entre el contenido de minerales de estos hongos con algunos productos alimenticios de consumo masivo.

2. Metodología

Se utilizaron dos cepas nativas: RN81 y la RN82, de la especie *P. djamor*, que fueron colectadas en la Granja del Centro Pastoral Santa Fé, Darién, Panamá en septiembre del 2002 y la cepa RN2, de la especie *P. pulmonarius*, procedente de USA, recibida en marzo de 1998. Estas tres cepas se mantienen en el cepario del Centro de Investigación en Recursos Naturales, de la Universidad Autónoma de Chiriquí, en una incubadora a 25 ± 1 C. Estas cepas fueron sembradas sobre sustratos lignocelulósicos como: paja de arroz (PA), rastrojo de maíz (RM) y tuza de maíz (TM). Los ensayos fueron realizados en la planta de hongos comestibles del CIRN-UNACHI, utilizando la metodología de cultivos de hongos comestibles desarrollada por Vega, 2008 (12). Los sustratos fueron pasteurizados en un horno a gas en donde se colocaron canastas con mallas de acero inoxidable de 10 kg de capacidad, las cuales fueron sumergidas en un tanque con agua a 80° C, por aproximadamente 1 h. El sustrato después de pasteurizado, se dejó drenando toda la noche en el cuarto de siembra bajo condiciones de asepsia y posteriormente se colocó 1.5 kg de sustrato con un porcentaje de humedad aproximado de 70%, en bolsas de polipapel de 5 kg de capacidad, y se adicionó inóculo o semilla del hongo. Las bolsas fueron cerradas herméticamente y fueron incubadas a 22° C por 15 días, bajo oscuridad y posteriormente fueron trasladadas al área de cosecha en donde fructificaron y fueron colectados los hongos. Los hongos después de colectados, medidos y pesados fueron agrupados por cepa y por sustrato (ejemplo cepa RN 2 en paja de arroz) y colocados en bandejas de aluminio para ser secados. Los hongos se secaron a 55° C en el horno por aproximadamente dos días. Luego de secados, los hongos fueron molidos y pasados a través de un tamiz de 1 mm de mesh y colocados en bolsas de papel para los posteriores análisis. Para la determinación de minerales en las muestras de hongos, se procedió a pesar 1g de la muestra y se incineró en una mufla a 600° C por dos horas. De cada muestra se hicieron tres réplicas. Luego de pesadas las cenizas, se procedió a hacer la

digestión ácida de las mismas, adicionando a las cenizas 20 mL de HCl al 50%, luego calentando a 90° C hasta que la mitad se evaporó, posteriormente se adicionó 10mL de agua destilada y se calentó por 15 minutos más. Se filtró el extracto a través de papel filtro Whatman #41, el filtrado se recogió en un volumétrico de 50 mL y se aforó. Del extracto obtenido en la digestión ácida, se hicieron diluciones 1/10 y 1/100 para la determinación de los macro elementos (Na, K, Ca, Mg) y micro elementos (Mn, Fe, Cu, Zn) por espectrofotometría de absorción atómica. Se utilizó un espectrofotómetro modelo Perkin-Elmer 3110, con lámparas de cátodo hueco tipo múltiple: (Na-K), (K-Mg), (Fe, Mn, Zn). El contenido de P se analizó en un espectrofotómetro UV/VIS modelo T70+ PG Instruments, a una longitud de onda de 660 nm, las concentraciones se determinaron utilizando una curva de calibración en el rango de 5-25 ppm de P.

Se utilizó un diseño factorial de dos factores: tipo de sustrato (con 3 tipos de sustratos) y tipo de cepa (con 3 tipos de cepa), para analizar el efecto individual y sus interacciones, en la concentración de cenizas y macro y micro-elementos. El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA y las diferencias entre medias fueron identificadas con la prueba de rangos múltiples de Tukey ($\alpha = 0.05$) o diferencia mínima significativa, utilizando el programa estadístico STATGRAPHIC Centurion XVI.I.

3. Resultados

En la Tabla 1 se presentan los resultados para el contenido de macro y micro elementos de los cuerpos fructíferos de los hongos comestibles *P. pulmonarius* y *P. djamor*, cultivados sobre paja de arroz, rastrojo y tuza de maíz. Se observa que el contenido de cenizas fue más alto para los hongos de las tres cepas, cultivados sobre rastrojo de maíz. El menor contenido de cenizas fue detectado para los hongos crecidos sobre paja de arroz. Este resultado nos demuestra que la fracción mineral de los cuerpos fructíferos es dependiente del tipo de sustrato en el que crecen y también que las cepas poseen características propias que las diferencian dentro de un mismo género de hongo. Contenidos similares de cenizas, entre 6.35-8.00%, se han reportado para hongos *P. florida*, cultivados sobre diversos sustratos lignocelulósicos como: paja de frijol de soya, paja de arroz, paja de trigo y sus mezclas (13).

En la figura 1 y tabla 2 se presentan los

resultados del ANOVA y la evaluación mediante la prueba Tukey ($\alpha=0.05$), de la diferencia entre medias, para el contenido de cenizas del cuerpo fructífero de los hongos cultivados, por efecto de las variables tipo de sustrato, cepa y su interacción. Se observa en la figura 1 que los hongos de la cepa nativa de *P. djamor* RN81 difieren significativamente en su contenido de cenizas, cuando son producidos sobre paja de arroz y tuza de maíz, incluso con la otra cepa nativa de *P. dajmor* RN82. Se ha reportado contenido de cenizas similares, de 6.70% para hongos *P. ostreatus* crecidos sobre paja de frijol de soya, (6), pero el contenido de cenizas encontrado en los hongos de *P. djamor* (RN81 y RN82) crecidos sobre los tres sustratos, fue mucho mayor que este valor. En la tabla 2 se aprecia que el tipo de sustrato, tipo de cepa y la interacción cepa*sustrato, inciden significativamente en el contenido de cenizas en los hongos del género *Pleurotus* (valor $P < 0.05$).

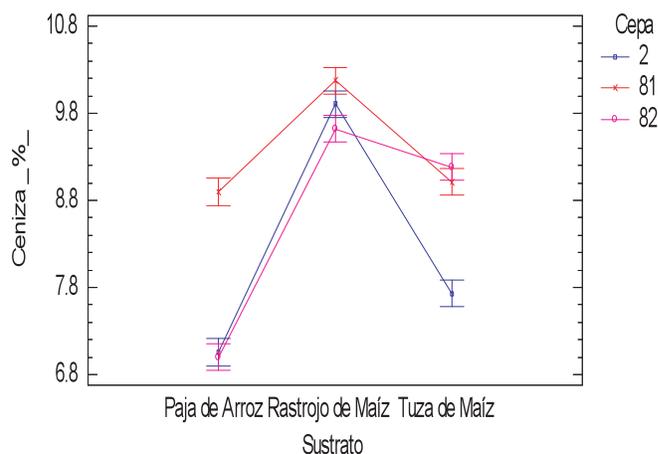


Figura 1. Prueba Tukey para medias del contenido de Ceniza ($\alpha=0.05$), en los cuerpos fructíferos de *P. pulmonarius* y *P. dajmor* cultivados sobre paja de arroz, rastrojo y tuza de maíz.

Con relación al contenido de macro y micro elementos en los cuerpos fructíferos de la cepa importada *P. pulmonarius* RN2 y las dos cepas nativas *P. djamor* RN81 y RN82, se observó que para todas las cepas crecidas sobre los tres sustratos, el contenido de macro elementos sigue el orden: $K > P > Mg > Na > Ca$ y el contenido de micro elementos en las setas sigue el orden: $Zn > Fe > Mn$. A continuación realizamos un análisis

Tabla 1. Contenido de cenizas y minerales en el cuerpo fructífero (setas) de *P. pulmonarius* (RN2) y *P. djamor* (RN81 y RN82), cultivados sobre paja de arroz (PA), rastrojo de maíz (RM) y tuza de maíz (TM).

Cepa y sustrato	Cenizas (%)	Minerales mg/ 100 g de hongo en base seca							
		Na	K	Ca	Mg	P	Mn	Fe	Zn
RN2-PA	7.05 +0.05	35.2 +3.5	1,819 +34	13.8 +1.6	170 +6	880 +17	0.3 +0.1	3.4 +0.3	6.4 +0.2
RN81-PA	8.90± 0.1	52.2 +9.2	2,225 +87	57.2 +3.3	229 +4	1,049 +33	2.0 +0.3	12.8 +0.4	10.9 +2.2
RN82-PA	7.0± 0.1	70.1 +13.7	1,853 +28	64 +9.0	203 +3	1,024 +36	1.9 +0.2	15.2 +0.4	17.8 +0.2
RN2-RM	9.90 +0.04	44.4 +2.8	2,567 +20	11.8 +2.9	228 +5	1,363 +46	0.3 +0.2	4.6 +0.4	6.0 +0.1
RN81-RM	10.2 +0.03	67.7 +12.6	2,524 +113	29.4 +0.1	278 +7	1,454 +33	0.9 +0.2	11.6 +0.3	15.1 +0.3
RN82-RM	9.63 +0.05	60.4 +3.0	2,439 +191	60 +1.7	278 +3	1,318 +83	1.0± 0.01	14.7± 0.6	18.1 +0.2
RN2-TM	7.73 +0.2	43.8 +8.9	1,965 +60	13.8 +1.6	193 +6	1,117 +19	0.2 +0.1	6.1 +0.3	8.3 +0.1
RN81-TM	9.01 +0.13	64.6 +10.2	2,308 +21	17.9 +2.9	234 +39	1,414 +12	0.80 +0.01	15.4 +0.01	17.2 +0.01
RN82-TM	9.2 +0.1	66.5 +10.3	2,272 +28	29.6 +5.0	235 +9	1,344 +23	1.0 +0.01	12.5 +0.9	19.6 +0.1

comparativo para cada uno de los macro y micro elementos.

3.1 Macro elementos

Na: el contenido de sodio en los cuerpos fructíferos no presenta diferencias significativas por el tipo de cepa, ni tampoco en relación al tipo de sustrato, ni por la interacción de estos dos factores. Los contenidos de Na encontrados están en un rango entre 35.2 y 70.1 mg/ 100 g de hongo en base seca, este resultado es similar al reportado para este mineral en *P. ostreatus*, que fue de 39.6 mg/100 g de hongo b.s. y además es consistente con el hecho de que independientemente de la nutrición o tipo de ecología del hongo, dentro de una misma taxa los niveles de Na son similares (14). Sin embargo, se aprecia que las dos cepas nativas de *P. djamor* contienen una cantidad relativamente más alta de Na que la cepa importada RN 2.

K: el contenido de potasio en los cuerpos fructíferos fue más alto para los hongos cultivados sobre rastrojo de maíz, seguidos de los cultivados sobre tuza de maíz y el más bajo se obtuvo en paja de arroz, encontrándose diferencias estadísticas significativas. En relación a la cepa, la *P. djamor*

RN 81 presentó mayor contenido de K, seguida de la RN 82 y la RN2. El rango en el contenido de K fue entre 1,819 y 2,567 mg/100 g de hongo b.s. Se ha reportado un contenido similar de K en los cuerpos fructíferos de *P. eryngii* y *P. ostreatus*, siendo de 2,190 y 2,010 mg/100 g de hongo b.s., respectivamente (11).

Ca: en la figura 2 se presenta la figura sobre diferencias de medias, mediante la prueba estadística Tukey para el contenido de calcio en función de las cepas, sustratos e interacción cepa-sustrato. Se puede observar claramente que para las cepas de *P. djamor* RN81 y RN 82, hay una diferencia significativa en el contenido de calcio en comparación con la cepa de *P. pulmonarius* RN2. Los mayores contenidos de calcio se obtienen en los hongos crecidos sobre paja de arroz y los menores contenidos en los hongos producidos sobre tuza de maíz. En el rastrojo de maíz, la diferencia en el contenido de calcio es estadísticamente significativa para las tres cepas. Los contenidos de calcio varían en un rango de 11.8 a 64 mg/100 g de hongo b.s.; estos contenidos son similares a los reportados para setas de *P. ostreatus*, cultivados sobre paja de trigo que fue de 14.57 mg (15).

En la Tabla 2 se presentan los resultados para el ANOVA y la prueba de rangos múltiples Tukey ($\alpha=0.05$), para el análisis de cenizas, Mg y Zn, por efecto del sustrato, tipo de cepa y su interacción. En la Tabla 2, podemos observar que los sustratos: paja de arroz, tuza y rastrojo de maíz, las cepas: *P. pulmonarius* RN2 y *P. dj amor* RN81 y RN82, así como sus interacciones, provocan diferencias altamente significativas ($P<0.05$), en el contenido de cenizas y macro y micro elementos de los cuerpos fructíferos de los hongos. Este comportamiento fue encontrado para todos los macro y micro elementos en estudio.

Mg: El contenido de magnesio para los cuerpos fructíferos de los hongos estuvo en el rango de 170-278 mg/100 g de hongo b.s. En la figura 3 se observa que existen diferencias significativas para el contenido de magnesio entre los hongos de las cepas nativas de *P. dj amor* (RN81 Y RN82), cultivados sobre los tres sustratos lignocelulósicos, con el encontrado en las setas de *P. pulmonarius* (RN2), que es más bajo. Los hongos cultivados sobre el sustrato rastrojo de maíz son los que presentan los mayores contenidos de magnesio y los cultivados sobre paja de arroz, los menores contenidos de Mg. El contenido de magnesio en los hongos es similar a los obtenidos para *P. sajor-caju* cultivado sobre pulpa quimiotermomecánica, que presentó un contenido de Mg de 175 mg/100 g de hongo b.s. (3)

P: el contenido de fósforo en los hongos *Pleurotus spp.* estudiados, se encuentra en el rango de los 880-1,454 mg/ 100 g de hongo b.s., altos contenidos de fósforo en los cuerpos fructíferos de hongos comestibles, han sido reportados para *P. ostreatus* cultivados en paja de frijol de soya, siendo de 1,000 mg/ 100 g de hongo b.s. (6)

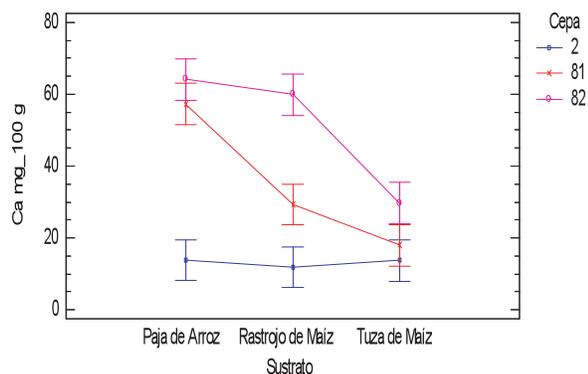


Figura 2. Prueba Tukey para medias del contenido de Ca ($\alpha=0.05$), en los cuerpos fructíferos de *P.*

pulmonarius y *P. dajmor* cultivados sobre paja de arroz, rastrojo y tuza de maíz.

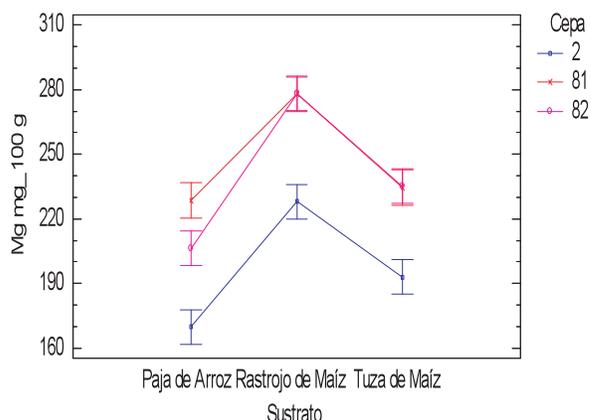


Figura 3. Prueba Tukey para medias del contenido de Mg ($\alpha=0.05$), en los cuerpos fructíferos de *P. pulmonarius* (RN2) y *P. dajmor* (RN 81 y RN 82) cultivados sobre paja de arroz, rastrojo y tuza de maíz.

Los mayores contenidos de fósforo fueron obtenidos para los cuerpos fructíferos de los hongos cultivados sobre rastrojo de maíz y los más bajos para los cultivados sobre paja de arroz. Existen diferencias significativas en el contenido de fósforo entre las dos cepas nativas de *P. dj amor* (RN81 y RN82) y los hongos de la cepa importada *P. pulmonarius* RN2. No existen diferencias significativas para el contenido de fósforo entre las dos cepas nativas, independientemente del sustrato en el que se cultiven (figura 4).

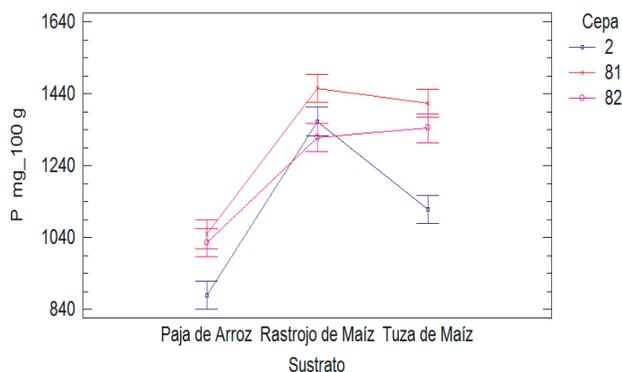


Figura 4. Prueba Tukey para medias del contenido de P ($\alpha=0.05$), en los cuerpos fructíferos de *P. pulmonarius* (RN2) y *P. dajmor* (RN 81 y RN 82) cultivados sobre paja de arroz, rastrojo y tuza de maíz.

Tabla 2. ANOVA y suma de cuadrados tipo III, para las diferencias de las variables: tipo de sustrato, tipo de cepa y su interacción, para el contenido de cenizas (%), Mg (mg/100 g) y Zn (mg/100 g) de los cuerpos fructíferos.

Análisis de Varianza para Ceniza (%)

Fuente de variación	de	Suma de cuadrados	de	g.l.	Cuadrado medio	F-Ratio	Valor P
Modelo		34.2083		8	4.27604	367.45	0.0000
Residual		0.209467		18	0.011637		
Total (Corr.)		34.4178		26			

Suma de cuadrados Tipo III para las diferencias de las variables del tipo de sustrato, tipo de cepas y su interacción, para el contenido de cenizas en los cuerpos fructíferos.

Fuente de variación	de	Suma de cuadrados	de	g.l.	Cuadrado medio	F-Ratio	Valor P
Sustrato		22.9573		2	11.4786	8.72	0.0348
Cepa		5.98421		2	2.9921	257.12	0.0000
Sustrato*Cepa		5.26686		4	1.31671	113.15	0.0000
Residual		0.209467		18	0.011637		
Total (corregido)		34.4178		26			

Análisis de varianza para Mg mg/100 g

Fuente de variación	de	Suma de cuadrados	de	g.l.	Cuadrado medio	F-Ratio	Valor P
Modelo		30446.0		8	3805.75	121.69	0.0000
Residual		562.918		18	31.2732		
Total (Corr.)		31008.9		26			

Suma de cuadrados Tipo III, para las diferencias de las variables del tipo de sustrato, tipo de cepas y su interacción, para el contenido de Mg en los cuerpos fructíferos.

Fuente de variación	de	Suma de cuadrados	de	g.l.	Cuadrado medio	F-Ratio	Valor P
Sustrato		16735.6		2	8367.78	267.57	0.0000
Cepa		13126.9		2	6563.46	209.87	0.0000
Sustrato*Cepa		583.481		4	145.87	4.66	0.0093
Residual		562.918		18	31.2732		
Total (corregido)		31008.9		26			

Análisis de varianza para Zn mg/100 g

Fuente de variación	de	Suma de cuadrados	de	g.l.	Cuadrado medio	F-Ratio	Valor P
Model		697.819		8	87.2274	158.89	0.0000
Residual		9.88173		18	0.548985		
Total (Corr.)		707.701		26			

Suma de cuadrados Tipo III para las diferencias de las variables del tipo de sustrato, tipo de cepas y su interacción, para el contenido de Zn en los cuerpos fructíferos.

Fuente de variación	de	Suma de cuadrados	de	g.l.	Cuadrado medio	F-Ratio	Valor-P
Sustrato		49.5603		2	24.7801	45.14	0.0000
Cepa		622.06		2	311.03	566.55	0.0000
Sustrato*Cepa		26.1992		4	6.5498	11.93	0.0001
Residual		9.88173		18	0.548985		
Total (corregido)		707.701		26			

3.2 Micro elementos

En términos generales, el contenido de Mn, Fe, Zn fue significativamente más altas para los cuerpos fructíferos de las cepas nativas RN 81 y RN82, que en los hongos de la cepa RN2. De estos tres micro elementos el que se encuentra en una mayor concentración es el Zn, seguido del Fe y el Mn. El Zn se encuentra en un rango entre 6.4 y 19.6 mg/100 g de hongo b.s., mientras que el Fe se encuentra en un rango entre 3.4 y 15.4 mg/100 g de hongo b.s. El contenido de Fe de los hongos de las dos cepas nativas duplica en contenido a los reportados para *P. pulmonarius* (6.5 mg/100 g de hongo b.s.) y es similar a la reportada para cepas de *P. djamor* que fue de 11.0 mg/ 100 g de hongo b.s.(9). En la figura 5 se muestran los resultados de las diferencias estadísticas significativas de los resultados obtenidos para los micro elementos antes mencionados.

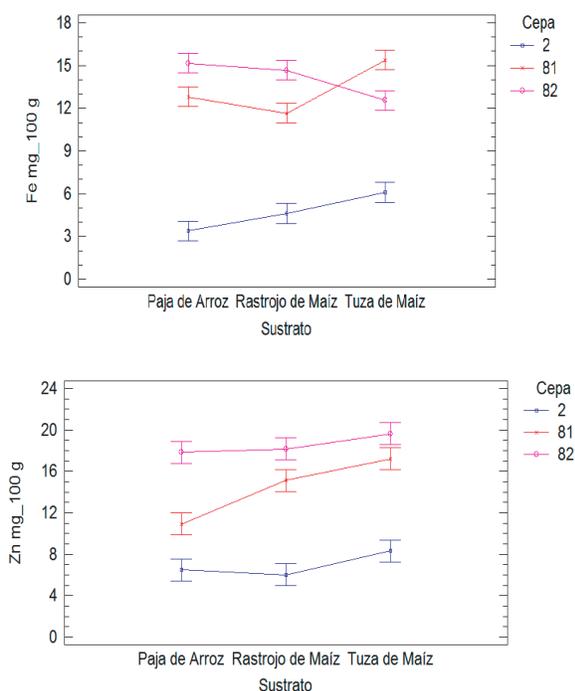


Figura 5. Prueba Tukey para medias del contenido de Fe y Zn ($\alpha=0.05$), en los cuerpos fructíferos de *P. pulmonarius* (RN2) y *P. djamor* (RN 81 y RN 82) cultivados sobre paja de arroz, rastrojo y tuza de maíz.

3.3 Comparación del contenido de minerales en los cuerpos fructíferos de los hongos cultivados y de alimentos de consumo masivo

Los humanos requieren al menos 49 nutrientes para satisfacer sus necesidades metabólicas, entre

los cuales se encuentran los macro elementos: Na, K, Ca, Mg, S, P, Cl y los micro elementos: Fe, Zn, Cu, Mn, I, F, Se, entre los más comunes, y que son obtenidos de los productos agrícolas que deben contener cantidades adecuadas de todos los nutrientes para ser soporte de una vida saludable (16). La deficiencia de micro elementos es uno de los mayores problemas de salud pública en los países en desarrollo, especialmente en mujeres embarazadas e infantes. Cuando una persona es deficiente en un macro o micro elemento, un síndrome característico es producido lo cual se refleja en funciones específicas en el metabolismo, teniendo un profundo efecto en la estructura de los tejidos (17). En la tabla 3 se realizó una comparación del contenido nutricional de minerales de productos de consumo diario como la leche, carne de res, huevo y pollo en porciones de 100 g en base seca (18) y el contenido de minerales en los cuerpos fructíferos de *P. pulmonarius* y *P. djamor* (RN81). Podemos observar que el contenido de minerales en los cuerpos fructíferos de *P. pulmonarius* (RN2) y *P. djamor* (RN81) es entre 7 y 11 veces mayor que en los productos alimenticios tradicionales (carne de res, pollo, huevo y leche), lo cual convierte a las setas de *Pleurotus spp.* en una fuente importante de nutrientes esenciales.

El K y P representan entre el 90 y 93% del contenido total de minerales en las setas. Las setas poseen un contenido de minerales que supliría el requerimiento diario de estos elementos, en una sola porción de hongos de 100 g en base seca y además posee un contenido de sodio más bajo que los otros alimentos de la tabla. El potasio es el principal catión en el fluido intracelular y tiene funciones en el balance ácido-base, regulación de la presión osmótica, conducción del impulso nervioso, contracción muscular, principalmente del músculo cardíaco, función en la membrana celular y Na^+/K^+ -ATPasa; mientras que el sodio es el principal catión en los fluidos extracelulares y tiene funciones en los procesos de absorción de monosacáridos, amino ácidos, pirimidinas y sales biliares. El fósforo está involucrado en acción buffer en los fluidos del cuerpo y su función es como constituyente de huesos, dientes, ATP y ácidos nucleicos (11). Con relación a los micro elementos el Zn y el Fe, son los que se encuentran en altas concentraciones con relación a la carne de res, huevo, leche y pollo, principalmente en las setas de *P. djamor*.

El Zn es especialmente importante en los

Tabla 3. Comparación entre el contenido de minerales en productos de consumo diario y los cuerpos fructíferos de *P. pulmonarius* y *P. djamor*, crecidos sobre rastrojo de maíz.

Mineral	Requerimientos diarios (dieta de 2900 kcal) ⁽¹⁰⁾	Leche cruda (100g)	Huevo cocido (100g)	Carne de res (100 g)	Pollo sin piel-frito (100g)	<i>P. pulmonarius</i> (RN2-RM) 100 g	<i>P. djamor</i> (RN81-RM) 100 g
Ceniza (mg)	-	0.69	0.86	1.06	0.10	9.9	10.2
Na (mg)	500	40	140	53	91	44.4	67.7
K (mg)	2,000	143	134	297	257	2,567	2,524
Ca (mg)	800	113	53	4	17	11.8	29.4
Mg (mg)	350	10	12	19	27	228	278
P (mg)	800	91	191	215	205	1,363	1,454
Fe (mg)	10	0.03	1.83	2.15	1.35	4.6	11.6
Zn (mg)	15	0.40	1.11	3.38	2.24	6.0	15.1
Minerales totales (mg)	4,475 mg/día	397.4	532.9	593.5	600.59	4,225	4,380

humanos, durante los períodos de crecimiento rápido, en el período pre y postnatal, para los tejidos con rápida diferenciación celular, como el sistema inmune y el tracto gastrointestinal; las funciones críticas que afectan una deficiencia de Zn, incluyen las etapas del embarazo, crecimiento físico, susceptibilidad a infección y desarrollo del comportamiento neurobiológico (19). Las funciones del hierro como hemoglobina son en el transporte de oxígeno, en la respiración celular y como componente esencial en las enzimas involucradas en la oxidación biológica; su deficiencia produce anemia, alteraciones en muchos procesos metabólicos que pueden impactar el funcionamiento del cerebro, síntesis de proteínas, organogénesis (17).

3. Conclusiones

El estudio del contenido de macro y micro elementos en los cuerpos fructíferos de una cepa importada de *P. pulmonarius* y dos nativas de *P. djamor*, demostraron que independientemente del sustrato donde fueron cultivadas, las cepas nativas poseen mayor contenido de minerales que la cepa importada, hecho relevante si tomamos en consideración que son cepas recolectadas en el medio ambiente natural de Panamá y adaptadas a las condiciones climáticas, de suelo y a los sustratos nativos. Los mayores contenidos de

minerales se obtuvieron para las setas cultivadas sobre rastrojo de maíz, lo cual convierte a este residuo agrícola en una materia prima adecuada para la obtención de setas con alto valor nutricional. También se encontró que el tipo de sustrato, el tipo de cepa y la interacción cepa*sustrato, marcan diferencias significativas en el contenido de minerales en los cuerpos fructíferos de las distintas cepas evaluadas. Esta característica de transporte de minerales del sustrato hacia los cuerpos fructíferos de los hongos, puede ser utilizada para producir setas con alto contenido de minerales. Los resultados obtenidos, nos indican que existen en el país productos alimenticios, propios de nuestra biodiversidad que se pueden explotar en una forma sustentable y que su consumo puede suplir algunas deficiencias nutricionales de la población. En futuros trabajos se pretende evaluar un mayor número de cepas nativas del género *Pleurotus spp.* sobre diversos sustratos para obtener setas con características nutricionales específicas.

4. Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero para la realización de esta investigación, al Fondo Mixto Hispano-Panameño de Cooperación.

5. Referencias Bibliográficas

- [1] S.T. Chang, Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact. Boca Raton, Florida, 2004, pp. 27-36.
- [2] A. Andrino, A. Morte y M. Honrubia, "Caracterización y cultivo de tres cepas de *Pleurotus eryngii* (Fries) Quélet sobre sustratos basados en residuos agroalimentarios", *Anales de Biología* 33: 53-66, 2011.
- [3] H. Sivrinkaya, L. Bacak, A. Sarcbası, I. Toroglu, y H. Eroglu, "Trace elements in *Pleurotus sajor - caju* cultivated on chemithermomechanical pulp for bio-bleaching", *Food Chemistry* 79: 173-176, 2002.
- [4] C. Kashangura, J. E. Hallsworth y A. Y. Mswaka, "Phenotypic diversity amongst strains of *Pleurotus sajor - caju*: implications for cultivation in arid environments", *Mycological Research* 110: 312-317, 2006.
- [5] P. Roupas, J. Keogh, M. Noakes, C. Margetts, y P. Taylor, "The role of edible mushrooms in health: evaluation of the evidence", *Journal off Functional Foods* 4:687-709, 2012.
- [6] S.S. Patil, S.A. Ahmed, S.M. Telang M.M. V Baig, "The nutritional value of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:FR.) Kum cultivated on different lignocellulosic agro-wastes", *Innovative Romanian Food Biotechnology* 7: 66-76, septiembre 2010.
- [7] C. Sales-Campo, A. Ferreira da Eira, M.T. de Almeida Monhoni, y M.C.N. de Andrade, "Mineral composition of raw material, substrate and fruiting bodies of *Pleurotus ostreatus* in culture", *Interciencia* 34(6): 432-436, 2009.
- [8] R. Rangunathan y K. Swaminathan, "Nutritional status of *Pleurotus* spp. grown on various agro-wastes", *Food Chemistry* 80: 371-375, 2003.
- [9] P. Stamets, "Mycelium running: how mushrooms can help save the world", Hong Kong, 2005, pp. 201-209.
- [10] M.C.S. da Silva, J. Naozuka, J.M. da Luz, L.S. de Assunção, P.V. Oliveira, M.C.D. Vanetti, D.M.S. Bazzolli y M.C.M. Kasuya "Enrichment of *Pleurotus ostreatus* mushrooms with selenium in coffee husks", *Food Chemistry* 131: 558-563, 2012.
- [11] H. Gençcelep, Y. Uzun, Y. Tunçturk, y K. Demirel, "Determination of mineral contents of wild-grown edible mushrooms", *Food Chemistry* 113:1033-1036, 2009.
- [12] A. Vega, "Planta de hongos comestibles", David, 2008, pp.27-28.
- [13] S.A. Ahmed, J.A. Kadam, V.P. Mane, S.S. Patil, y M.M.V. Baig, "Biological efficiency and nutritional contents of *Pleurotus florida* (Mont.) singer cultivated on different agro - waste", *Nature and Science* 7(1): 44-48, 2009.
- [14] J. Vetter, "Data on sodium content of common edible mushrooms", *Food Chemistry* 81: 589-593, 2003.
- [15] M.C. Ciappini, B. Gatti, M.L. López, "Pleurotus ostreatus, una opción en el menú: menú: estudio sobre las gírgolas en la dieta diaria", *Invenio* 7(012): 127-132, 2004.
- [16] R.M. Welch, y R.D. Graham, "Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective", *Journal of Experimental Botany* 55(396): 353-364, 2004.
- [17] K.O. Soetan, C.O. Olaiya, O.E. Oyewole, "The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: a review", *African Journal of Food Science* 4(5): 202-222, Mayo 2010.
- [18] INCAP, "Tabla de composición de alimentos de Centroamerica", Menchú, MT, Méndez, H. (ed)., Guatemala:INCAP/OPS, 2007, pp. 17-30.
- [19] K.H. Brown, S.E. Wuehler y J.M. Peerson, "The importance of zinc in human nutrition and estimation of the global prevalence of zinc deficiency", *Food and Nutrition Bulletin* 22(2): 113-125, 2001.