

# Cambios en las propiedades físicas de un Inceptisol por la adición de substrato degradado con el hongo *Pleurotus ostreatus*

Changes on physical properties of an Inceptisol influence of the degraded substrate by *Pleurotus ostreatus*

Herminio Paredes Valencia<sup>1</sup>; Arnulfo Gómez-Carabali<sup>2</sup>;  
Jesús Hernando Galvis Quintero<sup>3</sup>; Luis Alfredo León Sarmiento<sup>1+</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Pacífico sede Buenaventura. A.A. 10299, Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia. hpareva@gmail.com. <sup>2</sup>Ph. D. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. A.A. 237, Palmira, Valle del Cauca, Colombia. agomez@palmira.unal.edu.co. <sup>3</sup>M.Sc. Centro Internacional de Agricultura Tropical. A.A. 6713, Cali, Valle del Cauca, Colombia. j.h.galvis@cgiar.org. Autor para correspondencia: hpareva@gmail.com

Rec.12.08.09 Acept.:08.12.09

## Resumen

Para evaluar el efecto del substrato orgánico (aserrín de madera y ‘estopa’ de coco enriquecido con 40% de volúmenes iguales de hojas de plátano (*Mussa sp.*), kudzú tropical (*Pueraria phaseoloides*) y botón de oro (*Tithonia diversifolia*) degradado por el hongo *Pleurotus ostreatus* (SDP) sobre algunas propiedades físicas de un Inceptisol de Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia, se incorporaron dosis crecientes de éste (0, 1.25, 2.5, 5, 10, 20, 40 y 80 g/kg) en el suelo tamizado en malla de 2 mm. La mezcla se utilizó en materos sembrados con maíz durante 4 meses, momento en el cual se tomaron muestras para determinar los cambios en las propiedades del suelo. Se usó un diseño completamente al azar, con ocho tratamientos, cuatro repeticiones y dos profundidades de muestreo. La correlación entre la cantidad de SDP incorporado y la mayoría de propiedades físicas evaluadas fue altamente significativa. Comparadas con el control (sin SDP), las dosis de 20, 40 y 80 g/kg redujeron significativamente la densidad aparente del suelo, al tiempo que incrementaron la porosidad total, la macroporosidad, la retención de humedad a bajas tensiones y el contenido de materia orgánica. En las dosis de 40 y 80 g/kg se observó una reducción significativa de la susceptibilidad a la compactación, lo mismo que un incremento en el diámetro promedio ponderado de los agregados estables al agua. Los incrementos de la conductividad hidráulica saturada y la permeabilidad al aire no fueron significativos en relación con el control.

**Palabras clave:** *Pleurotus*, substrato degradado, enmienda, propiedades físicas.

## Abstract

To evaluate the effect of the degraded substrate by the mushroom *Pleurotus ostreatus* (DSP) on some physical properties of an Inceptisol from Buenaventura, Colombia, different doses of DSP (0, 1.25, 2.5, 5, 10, 20, 40 and 80 g.kg<sup>-1</sup>) were incorporated in 2 mm-sieved soil. The mixtures were placed in pots and planted with maize during four months in a green house until the sampling time. Complete randomized design, with eight treatments, four replications and two depths of sampling was used. The correlation among incorporated DSP quantities and most of evaluated physical properties was significantly high.

Compared with the control (0 g.kg<sup>-1</sup>), the doses of 20, 40 and 80 g.kg<sup>-1</sup>, significantly reduced soil bulk density. Also, they increase the total porosity, the macro porosity, the soil water retention at low tensions, and organic matter content. A significant decreasing of compaction index and an increasing of the diameter average of water-stable aggregates in doses of 40 and 80 g.kg<sup>-1</sup> were observed. The increases of the saturated hydraulic conductivity and the air permeability were not significant respect to the control.

**Key words:** *Pleurotus*, degraded substrate, amendment, physical properties.

## Introducción

Las características físicas del suelo, algunas de ellas asociadas con la estructura, son factores determinantes de la fertilidad (Narro, 1994) ya que afectan directamente las propiedades químicas y biológicas (Amézquita, 2001; Lal, 1994). No sorprende, por tanto, que la pérdida de estructura sea uno de los procesos de degradación física del suelo que más está disminuyendo la capacidad productiva agrícola en Colombia (Amézquita, 2001). La materia orgánica (M.O.) juega un papel fundamental en la conservación del suelo (Burbano, 2001; Muñoz, 2001). En las áreas de agricultura intensiva, la pérdida de M.O. origina múltiples problemas en la estructura del suelo, y como consecuencia, no obstante una adecuada técnica de cultivo, los suelos son cada vez menos productivos (León, 2001).

El cultivo de hongos está cobrando importancia en la actualidad como descontaminantes, alimenticios y medicinales (Rodríguez y Jaramillo, 2005; Job, 2004; Rodríguez et al., 2003; García, 2002; Royse y Sánchez, 2001). Una mala disposición de los substratos residuales puede derivar en un problema ambiental, por lo que es conveniente cerrar el ciclo de aprovechamiento y reutilización en otras actividades productivas. Muchos de estos subproductos, entre ellos los del género *Pleurotus*, están siendo evaluados para la alimentación animal, producción de abono orgánico, protección de cultivos y biorremediación de suelos, entre otros usos. Levanon y Danai (2002) reportan el uso de estos materiales como mejoradores orgánicos para suelos con cultivos en macetas, substrato para cultivos hortícolas y producción de plántulas en viveros, y en la recuperación de sitios con suelos severamente perturbados.

En las comunidades del Pacífico colombiano es una práctica generalizada el uso de azoteas (recipientes ubicados en tarimas) para el cultivo doméstico de especies medicinales, alimenticias y ornamentales. Generalmente, se utiliza como sustrato una mezcla de suelo y materiales orgánicos de diversa naturaleza en el que los sustratos residuales del cultivo de hongos pueden ser una alternativa posible.

El objetivo principal del estudio fue evaluar el efecto de la incorporación de los residuos degradados por el hongo comestible *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Fr.) Kummer sobre algunas propiedades físicas de un Inceptisol.

## Materiales y métodos

El trabajo se realizó en casa de malla de la Universidad del Pacífico localizada en el municipio de Buenaventura (3° 50' norte y 76° 59' oeste, 20 m.s.n.m., 28°C y precipitación de 6500 mm/año), Colombia. Las determinaciones y análisis físicos se hicieron en el Laboratorio de Física de Suelos del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

El suelo clasificado como Typic Dystrudept isohipertérmico (IGAC, 2004) se tomó a una profundidad entre 0 y 20 cm, se secó al aire por 15 días, se pasó por un tamiz de 2 mm y se mezcló con substrato residual del hongo antes de colocarlo en materos de 4 kg de capacidad.

El substrato degradado por *P. ostreatus* (SDP) consistió en una mezcla volumétrica (1:1) de aserrín de madera y 'estopa' de coco, enriquecida con 40% de volúmenes iguales de hojas de plátano (*Mussa* sp.), kudzú tropical (*Pueraria phaseoloides*) y botón de oro (*Tithonia diversifolia*), que fue incorporado en cantidades de 1.25, 2.5, 5, 10, 20, 40 y 80 g/kg más un control sin substrato. En las

materas se sembró la variedad de maíz local Chococito (*Zea mays* L.) que fue cosechado a los 4 meses de edad. Se utilizó un diseño completamente al azar, con ocho tratamientos, cuatro repeticiones y dos profundidades de muestreo.

Se tomaron muestras de suelos entre 0 y 5 cm y entre 5 y 15 cm de profundidad con dos cilindros de 5 cm de diámetro. Los cilindros pequeños (2.5 cm de altura) se utilizaron para evaluar la densidad aparente, la retención de humedad a pF (succión expresada en columna de agua) 0, 1.88, 3 y 4.18 y la distribución del tamaño de poros. Con los cilindros grandes (5 cm) se tomaron muestras para determinar conductividad hidráulica saturada, permeabilidad al aire y susceptibilidad a la compactación. En muestras disturbadas se calcularon la estabilidad de agregados, la densidad real y el contenido de M.O.

Los datos fueron estudiados mediante el Sistema de Análisis Estadístico (SAS). Para la comparación de medias se utilizó Prueba de Rango Múltiple de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch ( $P < 0.05$ ).

## Resultados y discusión

### Densidad aparente, porosidad total y susceptibilidad a la compactación

A medida que se incrementó la dosis de SDP se redujo la densidad aparente (DA) y

la susceptibilidad a la compactación (SC), a la vez que aumentó la porosidad total (PT) (Cuadro 1). El efecto del SDP sobre la DA fue significativo ( $P < 0.05$ ) en los tratamientos con 20, 40 y 80 g/kg. Para la SC y la PT, las diferencias estadísticas se observaron en las dosis de 40 y 80 g/kg de substrato. No se encontró interacción dosis x profundidad. Lo anterior es resultado de la estrecha relación existente entre la DA y la porosidad (Cuevas et al., 2006; Montenegro y Malagón, 1990) y el grado de compactación del suelo (Håkansson y Lipiec, 2000). Cuando se aplican materiales orgánicos, la DA decrece como resultado del aumento en la macroporosidad, ya que se generan espacios en el núcleo del suelo por efecto del material adicionado; por tanto, mayores cantidades de material generan menores valores de DA y aumento en los valores de porosidad total (Cuevas et al., 2006), con la consecuente reducción en el estado de compactación del suelo. Materiales de origen lignocelulósicos, tales como el SDP utilizado en este ensayo, permanecen más tiempo en la matriz del suelo, haciendo más duradero el efecto mientras se estabilizan como humus.

### Distribución del tamaño de poros

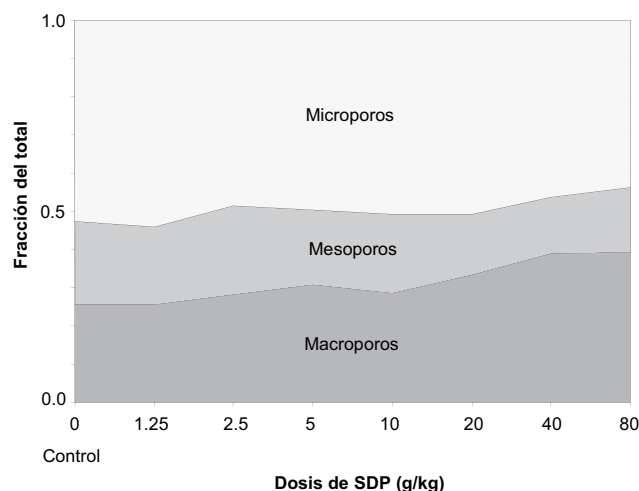
Con la incorporación del SDP, la fracción de macroporos en el suelo se incrementó en forma significativa. Al igual que en la PT (%),

**Cuadro 1.** Efecto de la incorporación del hongo *Pleurotus ostreatus* (SDP) sobre algunas propiedades físicas de un Inceptisol de Buenaventura (Colombia).

Propiedades	Dosis SDP incorporada en el suelo (g/kg)							
	Control (0)	1.25	2.5	5	10	20	40	80
DA. (g/cm <sup>3</sup> )	1.053a*	1.043a	1.035a	1.012ab	0.998ab	0.966bc	0.925c	0.842d
Succ. (pF, %)	85.541a	86.652a	84.057a	85.090a	82.498a	82.691a	78.341b	77.466b
Por. tot (%)	58.294c	58.030c	58.115c	59.177c	60.281bc	60.860bc	62.459b	67.264a
Macrop. (%)	14.837c	14.876c	16.323c	18.182c	17.285c	20.199bc	24.210ab	26.336a
Mesop. (%)	12.722ab	11.813ab	13.501a	11.592ab	12.385ab	9.834b	9.346b	11.589ab
Microp. (%)	30.736a	31.342a	28.291a	29.403a	30.611a	30.828a	28.903a	29.338a
Dens. real (g/cm <sup>3</sup> )	2.527a	2.487a	2.471a	2.481a	2.516a	2.469a	2.465a	2.571a
Cond H.S. (cm/h)	4.806ab	2.998ab	3.518ab	2.626b	4.385ab	4.236ab	8.893 <sup>a</sup>	7.011ab
Perm. aire (cm/d)	7.422ab	3.669b	7.347ab	6.520ab	12.402ab	9.124ab	14.055ab	17.046a
M.O. (%)	8.593cd	8.117d	8.400cd	8.435cd	9.320c	10.342b	11.295b	14.258a
Estab. agr. (DMP)	1.427b	1.494ab	1.515ab	1.429b	1.444a	1.465ab	1.697a	1.626a

\* Valores en una misma hilera con letras iguales no son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ), según la prueba de Rango Múltiple Ryan-Einot-Gabriel-Welsch.

los incrementos fueron más altos ( $P < 0.05$ ) en las dosis de 40 y 80 g/kg (Figura 1), lo cual coincide con los resultados obtenidos por Cuevas et al. (2006).



**Figura 1.** Distribución del tamaño de poros en un Inceptisol de Buenaventura, Colombia, como resultado la adición de sustrato degradado por *Pleurotus ostreatus* (SDP).

No obstante que no se observaron diferencias significativas en los valores de microporos (%) y mesoporos (%), estos últimos no fueron iguales para todos los tratamientos (Cuadro 1). De hecho, a medida que aumentaron los macroporos por efecto del incremento de la dosis de SDP, se observó una disminución porcentual de los demás tamaños, principalmente de los mesoporos. Lo anterior sugiere que la incorporación de este sustrato residual posiblemente no genera nuevos espacios en el núcleo del suelo, sino que expande los existentes. Esto explicaría los mayores porcentajes de porosidad total y macroporosidad y la leve reducción de otros tamaños de poros. La magnitud del cambio en la distribución del espacio poroso depende del tipo y la cantidad de material orgánico incorporado y del tiempo transcurrido, ya que los efectos de algunos residuos no son persistentes (Cuevas et al., 2006).

**Conductividad hidráulica saturada (CHS) y permeabilidad al aire (PA)**

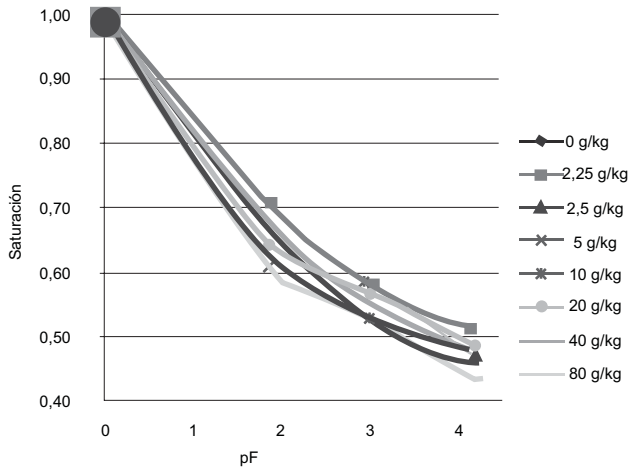
En los tratamientos con dosis altas (40 y 80 g/kg) se observaron mayores valores de

CHS y PA; sin embargo, no fueron significativamente diferentes del tratamiento control. Debido a que estas características (CHS y PA) dependen, en parte, de la porosidad del suelo (Dörner y Dec, 2007) se supone que un aumento de esta última por efecto de la adición de SDP, aumente consecuentemente el flujo de agua (Cuevas et al., 2006) y aire (Dörner y Dec, 2007). El comportamiento de la PA muestra coincidencia con la hipótesis anterior, mientras que la CHS muestra comportamiento menos regular, coincidiendo más bien con lo reportado por Soracco (2003), quien estudiando la relación entre la DA y la conductividad hidráulica saturada, observó que ésta no se puede predecir partiendo del volumen de poros, ya que es un problema complejo, el cual depende de otros factores como la distribución del tamaño de poros, la estabilidad del sistema poroso y, fundamentalmente, su continuidad. Al respecto, Dörner y Dec (2007) afirman que la caracterización de los poros del suelo es básica para conocer su capacidad de almacenamiento y conducción de agua a través del perfil; no obstante, dicha caracterización no debe ser sólo a través de sus volúmenes y distribución, sino también a través de su capacidad para transmitir fluidos.

**Curvas de retención de humedad**

Los tratamientos con dosis altas retuvieron mayor cantidad de humedad gravimétrica a las tensiones evaluadas, sin embargo, la humedad disponible no presentó la misma tendencia, lo cual concuerda con la escasa variación de los mesoporos asociados con el contenido de agua aprovechable en el suelo (Montenegro y Malagón, 1990). En el rango del pF comprendido entre la saturación y la capacidad de campo (0 - 1.88) ocurrió un mayor descenso (inflexión) en los tratamientos de 40 y 80 g/kg, lo cual está relacionado con la alta macroporosidad del suelo. Estas dosis presentan patrones gráficos similares que difieren de los restantes tratamientos. (Figura 2) Según Lipiec et al. (2007) esta similitud puede estar asociada con contenidos de M.O. parecidos, ya sea en cantidad o en composición.





**Figura 2.** Curvas de retención de humedad (saturación  $\text{-cm}^3/\text{cm}^3$ ) en un Inceptisol de Buenaventura (Colombia) tratado con sustrato degradado (g/kg) por *Pleurotus ostreatus*.

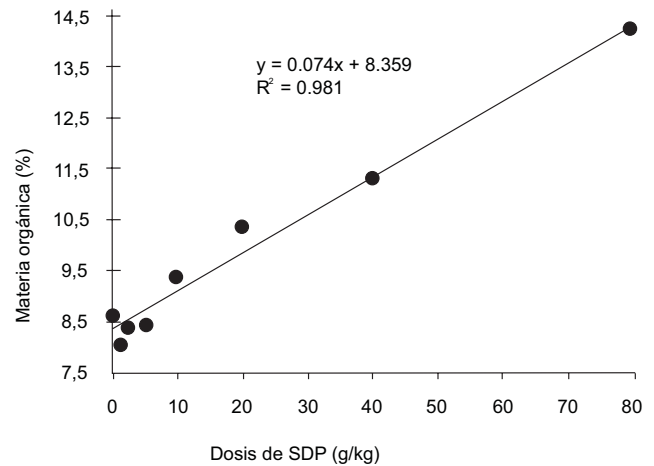
### Distribución y estabilidad de agregados

En todos los tratamientos se presentó alta reagregación; no obstante, cuando se incorporaron 40 y 80g/kg de SDP el diámetro medio ponderado (DMP) fue significativamente más alto que en el tratamiento control (Cuadro 1), lo que permite evidenciar que el SDP tuvo efecto positivo en la estabilización de los agregados. Los materiales orgánicos cuando se unen al suelo son alterados por acción microbiana produciendo ácidos y otros compuestos orgánicos diversos que agrupan las partículas (Montenegro y Malagón, 1990; Burbano, 2001).

### Contenido de materia orgánica (M.O.)

Se observó una alta correlación entre la cantidad de SDP y el contenido de M.O. en el suelo (Figura 3). Los mayores porcentajes se encontraron en los tratamientos que recibieron mayores cantidades de SDP (20, 40 y 80 g/kg) (Cuadro 1). Las dosis de SDP que propiciaron un aumento en el contenido de M.O. del suelo son las mismas que produjeron cambios significativos en las propiedades físicas. Por tanto, el efecto benéfico del SDP sobre estas propiedades es debido, probablemente, al incremento del contenido de M.O. que genera, como lo indican varios investigadores (Amézquita, 2001; Burbano, 2001; León, 2001; Sánchez et al., 2005; Muñoz, 2001; Lal, 1994; Narro, 1994; Montenegro y

Malagón, 1990; Sadeghian y Marinan, 2001; Tomita et al., 2001; Tripathi et al., 2007).



**Figura 3.** Correlación entre el contenido de M.O. en un Inceptisol de Buenaventura, Colombia, y la dosis aplicada de sustrato degradado por *Pleurotus ostreatus*.

### Conclusiones

- El sustrato de aserrín de madera y estopa de coco degradado por el hongo *P. ostreatus* (SDP) ayudó a mejorar algunas propiedades físicas del suelo disturbado cultivado con maíz en condiciones de casa de malla.
- El SDP es un material orgánico útil para la preparación de sustratos, siendo promisorio para aplicaciones en cultivos en terrazas y campo como enmienda física y fuente de materia orgánica para el mejoramiento de suelos degradados.
- El mejoramiento de propiedades físicas estuvo relacionado con el aumento en el contenido de materia orgánica en el suelo.

### Agradecimientos

A la Unidad de Suelos y el Programa de Mejoramiento de Arroz del Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, y los señores Arnulfo Rodríguez, Jaime Borrero y James Carabalí, por el apoyo brindado; a James Silva, por la ayuda en los análisis estadísticos; al Programa de Agronomía del Trópico Húmedo de la Universidad del Pacífico

### Referencias

- Amézquita, C. E. 2001. Las propiedades físicas y el manejo productivo de los suelos. En: Silva F. (ed.). Fertilidad de Suelos, diagnóstico y control. 2ª edición. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. p. 137 - 154.
- Burbano, O. H.. 2001. La materia orgánica del suelo en el contexto de una agricultura sostenible. En: Silva F. (ed.). Fertilidad de Suelos, diagnóstico y control. 2ª edición. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. p. 187 - 217.
- Cuevas, B. J.; Seguel, S. O.; Ellies, S. A.; y Dörner, F. J. M. 2006. Efectos de las enmiendas orgánicas sobre las propiedades físicas del suelo con especial referencias a la adición de lodos urbanos. Rev. Cien. Suelo Nutr. Veg. 6(2):1 - 12.
- Dörner, J. M. y Dec, D. 2007. La permeabilidad del aire y la conductividad hidráulica saturada como herramienta para la caracterización funcional de los poros del suelo. Rev. Cien. Suelo y Nutr. Veg. 7(2):1 - 13.
- García, M. C. 2002. El cultivo de hongos superiores comestibles, un recurso de desarrollo ineludible en el siglo XXI. Anal. Real Academia Nacional de Farmacia. 68(4):753 - 776.
- Håkansson, I. y Lipiec, J. 2000. A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. Soil Tillage Res. 53:71 - 85.
- IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). 2004. Levantamiento de suelos y zonificación de tierras del departamento del Valle del Cauca. Subdirección de Agrología. Santafé de Bogotá, D.C. 541 p.
- Job, D. 2004. La utilización de la borra del café como substrato base para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kummer. Rev. Iberoamer. Micología. 21:195 - 197.
- Lal, R. 1994. Methods and guidelines for assessing sustainable use of soil and water resources in the tropics. Ohio State University; United States Agency for International Development (USAID); Soil Management Support Services (SMSS), Washington, DC, USA. (SMSS technical monograph no. 21). 78 p.
- León, S. L. A. 2001. Evaluación de la fertilidad del suelo. En: Silva F. (ed.). Fertilidad de suelos, diagnóstico y control. 2ª edición. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. p. 155 - 170.
- Levanon, D. y Danai, O. 2002. Aspectos ambientales en el cultivo de los hongos. En: J.E. Sánchez y D. J. Royse (eds.). 2002. La biología y el cultivo de *Pleurotus*. Ecosur-Uteha. 259 - 290.
- Lipiec, J.; Walczak, R.; Witkowska-Walczak, B.; Nosalewicz, A.; Slowinska-Jurkiewicz, A.; y Slawinski, C. 2007. The effect of aggregate size on water retention and pore structure of two silt loam soils of different genesis. Soil Tillage Res. 97:239 - 246.
- Montenegro, G. H. y Malagón, C. D. 1990. Propiedades físicas de los suelos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Subdirección Agroológica. Santafé de Bogotá, D.C. 812 p.
- Muñoz, A. R. 2001. Los abonos orgánicos y su uso en la agricultura. En: Silva (ed.). Fertilidad de suelos, diagnóstico y control. 2ª edición. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. p. 293 - 304.
- Narro, F. E. 1994. Física de suelos con enfoque agrícola. Editorial Trillas S.A. de C. V., México. p. 111 - 142.
- Rodríguez, V. N. y Jaramillo, L. C. 2005. Cultivo de hongos medicinales en residuos agrícolas de la zona cafetera. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé). Bol. Tec. 28. 71 p.
- Rodríguez, S.; Fernández, M.; Bermúdez, R. C.; y Morris, H. 2003. Tratamiento de efluentes industriales coloreados con *Pleurotus* spp. Rev. Iberoamer. Micología. 20:164 - 168.
- Royse, D. J. y Sánchez, J. E. 2001. La importancia del cultivo de *Pleurotus* spp. Estadísticas mundiales de producción, con énfasis en Hispanoamérica. En: Sánchez, J. E. y Royse, D. J. (eds.). La biología y el cultivo de *Pleurotus* spp. El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur). Chiapas, México. p. 17 - 26.
- Sadeghian, S. y Madriñán, R. 2001. Efecto de quema y conservación de residuos de caña de azúcar cultivada en un Molisol

- del Valle del Cauca. Suelos Ecuatoriales 31(1):69 - 72.
- Sánchez, H. R.; Ordaz, C. V. M.; Benedicto V. G. S.; Hidalgo M. C. I.; y Palma L., D. 2005. Cambios en las propiedades físicas de un suelo arcilloso por aportes de lombricompuesto de cachaza y estiércol. Interciencia (INCI) 30(12):775 - 779.
- Soracco, C. G. 2003. Relación entre la conductividad hidráulica saturada y la densidad aparente en tres situaciones de manejo contrastantes. En: Evaluación de parámetros y procesos hidrológicos en el suelo. VII Escuela Latinoamericana de Física de Suelos. La Serena, Chile. p. 35 - 38.
- Tomita, K.; Name, B.; Márquez, E.; y Pardo, C. 2001. Mejoramiento de propiedades físico-químicas de suelo Ultisol con *Acacia mangium* en Panamá. Suelos Ecuatoriales 31(1):88 - 95.
- Tripathi, R. P.; Sharma, P.; y Singh, S. 2007. Influence of tillage and crop residue on physical properties and yields of rice and wheat under shallow water table conditions. Soil Tillage Res. 93:221 - 226.