

AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE HONGOS EN COMPOST ELABORADO A PARTIR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.

ISOLATION AND IDENTIFICATION OF FUNGI IN COMPOST FROM MUNICIPAL SOLID WASTE.

Yamilka Pérez Bocourt¹, Rocío Rebolledo Ríos², Jorge Martínez Silva³

¹ Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal, Calle 110 no. 514 % 5ta B y 5ta F. Playa. Ciudad de La Habana, Cuba. Email yperez@inisav.cu Tél: (537) 202 2517 Fax: (537) 202-9366

² Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas

³ Facultad de Biología, Universidad de la Habana.

ABSTRACT

Key words: compost, Municipal Solid Waste, MSW, fungi, *Ulocadium atrum*

Municipal Solid Waste (MSW) compost is one of the biofertilizers used in Cuban urban agriculture programs. Recently its use has increased. Nevertheless, the information about the species of microorganisms that it contains and their beneficial action is limited. The aim of this work was to determine the fungal species present during the composting process. Several substrates were used: plant waste, paper and cardboard, organic waste, yagruma (*Cecropia* spp.) leaf, fruit, vegetables and food remains. The substrates were placed in a compost reactor with a capacity of approximately 91 L. Samples were analyzed by serial dilutions. Fungi were isolated using Potato Dextrose Agar (PDA) with antibiotics and incubated at 30 and 40 °C. Species were identified using cultures, morphological characters and taxonomical guides. Several fungal species of interest to Cuban agriculture were found, the most important being: *Alternaria alternata*, *Trichoderma harzianum*, *T. longibrachiatum* and *Ulocadium atrum*. This is the first time that the latter species has been reported to be present in MSW compost in Cuba.

RESUMEN

Palabras claves: compostaje, Residuos Sólidos Urbanos, RSU, hongos, *Ulocadium atrum*

El compost elaborado a partir de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), es uno de los biofertilizantes utilizado como alternativa en los programas de agricultura urbana en Cuba. En los últimos años su uso se ha visto incrementado. Sin embargo, la información acerca de las especies microbianas que en él podemos encontrar y la utilidad que estas pueden tener aún no es suficiente. El objetivo de este trabajo fue determinar las especies fúngicas presentes durante el proceso de compostaje. Los sustratos utilizados fueron hierba de jardín, papel y cartón, hojas de yagruma, desechos orgánicos, frutos, vegetales y restos de comida, los que fueron colocados en un reactor de compostaje de 91 L aproximadamente. Las muestras fueron analizadas según el método de las diluciones seriadas, para el aislamiento de los hongos se utilizó Agar Papa Dextrosa (PDA) con antibióticos y fueron incubados a 30 y 40 °C. La identificación de los aislamientos se realizó según los caracteres morfológicos y culturales utilizando claves taxonómicas de identificación. Fueron aisladas varias especies fúngicas de interés para la agricultura cubana, entre las cuales, las más relevantes son: *Alternaria alternata*, *Trichoderma harzianum*, *T. longibrachiatum* y *Ulocadium atrum*, siendo este último el primer reporte en compost elaborado a partir de RSU en Cuba.

INTRODUCCIÓN

Los fertilizantes orgánicos son actualmente una alternativa de creciente demanda en la agricultura moderna debido a la concientización de los problemas ambientales y al incremento de la producción de alimentos orgánicos. En Cuba se producen anualmente más de 22495,3 Miles de Toneladas métricas de fertilizantes orgánicos (IIS, 2009) los que se obtienen principalmente a través de los procesos de lombricultura y compostaje. Este último también se utiliza para el tratamiento de residuos sólidos urbanos (RSU) lo que resulta atractivo porque, a través de la descomposición de la basura orgánica, se obtiene abono orgánico y se eliminan parte de los residuos generados en la ciudad cerrando el ciclo de la materia orgánica de forma sostenible (Aguilera, 2005).

Durante el proceso de compostaje la degradación de los sustratos tiene lugar debido a la presencia de varios grupos de microorganismos. Entre los mismos se encuentran los hongos filamentosos, típicamente saprobios, aunque también pueden aparecer patógenos a las plantas y/o animales, y posibles agentes de control biológico (ACB) (Anastasi *et al.*, 2005). La intervención de los hongos en el proceso de compostaje, de forma general, es favorable sin embargo; el análisis de la microbiota presente el compost es una herramienta para evaluar la calidad del mismo, sus riesgos y beneficios.

Los hongos juegan un papel fundamental a lo largo del proceso de compostaje, son capaces de utilizar varias fuentes de carbono, pueden sobrevivir en condiciones extremas y participan activamente en la fase de maduración (Miller, 1996). Estos organismos pueden aparecer en todas las fases del proceso (Ryckeboer *et al.*, 2003), participan en la descomposición de polímeros complejos como son: la celulosa, hemicelulosas, pectinas, lignina permitiendo que las bacterias continúen con la descomposición de los sustratos (Rebollido *et al.*, 2008).

La composición de las comunidades fúngicas presentes en el compost están asociadas a los diferentes sustratos y métodos utilizados en el transcurso de la composta (Peters *et al.*, 2000). El conocimiento de las poblaciones fúngicas que están presentes en este fertilizante orgánico es de vital importancia para determinar su calidad y posibles aplicaciones posteriores, la microbiota presente en el compost es un

indicador de la calidad del producto final, pues los hongos pueden favorecer la fertilidad del suelo, estimular el crecimiento de las plantas y sus mecanismos de defensa (Harman, 2006; Contreras-Cornejo *et al.*, 2009), además cuentan con una gran plasticidad metabólica que les permite degradar polímeros complejos como el petróleo, plásticos entre otros, es por ello que actualmente se utilizan en la recuperación de ambientes contaminados (Munnecke y Huysmans, 1998).

Este trabajo se realiza con el objetivo de determinar los especies fúngicas presentes durante un proceso de compostaje a pequeña escala. Estos resultados pueden ser utilizados en otras producciones de compost ya sea a pequeña o gran escala.

MATERIALES Y MÉTODOS

El reactor de compostaje utilizado para este estudio se ubicó en el área del Instituto Superior de Ciencias y Tecnologías Aplicadas (ISCTN), en una nave techada, con dimensiones de 54 cm x 35 cm x 48 cm, lo que representa un volumen de 91 L, éste contenía orificios por sus cuatro lados para permitir la aireación natural. Los sustratos empleados fueron: hierba de jardín 2020 g, papel y cartón 1860 g, hojas de yagruma (*Cecropia* spp.) 1790 g y desechos orgánicos, frutos, vegetales, desechos de comida, 3310 g. La máxima temperatura alcanzada a lo largo del proceso fue 60,3 °C, el pH del producto final fue 7,5.

Toma y procesamiento de muestras

Se tomaron muestras diarias de 50 g de la mezcla durante la primera semana, luego estos muestreos se realizaron, una vez por semana hasta que se completaron los 100 días que duró el proceso, además se monitoreo la temperatura de la pila de compost y se relacionó con las unidades formadoras de colonias por gramo de sustrato analizado (UFC/g). Dichas muestras fueron procesadas según el método de las diluciones seriadas, y fueron sembradas alícuotas de 100 µl en PDA con sulfato de estreptomycin 0,50 % y rosa de Bengala 0,25 %. Una parte de las placas se incubaron a 28 ± 2 °C, mientras que la otra se incubó a 40 ± 2 °C. A partir de las colonias fúngicas encontradas se realizaron cultivos monospóricos para garantizar la pureza de cada aislamiento obtenido.

Para calcular UFC/g se utilizó la fórmula:

$$\frac{\text{UFC}}{\text{g}} = \text{N}^\circ \text{ de colonias} \times \text{dilución} \times 100$$

Identificación de los aislamientos y cálculo de la frecuencia relativa.

La determinación específica de los aislamientos se realizó con la ayuda de las siguientes claves taxonómicas de identificación (Raper y Fenell, 1965; Ellis, 1976; Carmichael *et al.*, 1980; Samuels *et al.*, 2009) y consultas a las descripciones originales. Para ello se hicieron preparaciones fijas, en polivinil alcohol y/o lactofenol en los casos en que fue necesario se añadió el colorante azul algodón para teñir la pared celular y lograr el contraste adecuado, para observar las estructuras. Fueron observados de 30-35 conidios, conidióforos, fialides, clamidosporas, entre otras estructuras por cada espécimen identificado, también se consideró el color, la apariencia y ornamentación de cada una de ellas, además de los caracteres culturales.

La frecuencia relativa de aparición de los diferentes taxones encontrados se calculó según la siguiente fórmula:

$$\text{Frecuencia relatoria} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de veces aparece una especie}}{\text{N}^\circ \text{ total de apariciones}}$$

Fotografías con microscopía óptica

Las microfotografías se hicieron de las preparaciones permanentes en un microscopio biológico de campo claro Zeiss Axiolab de fabricación alemana, con una cámara Canon japonesa, el objetivo empleado fue 40x.



Figura 1. Conidios y conidióforos de *Ulocladium atrum*.

Figure 1. Conidia and conidiophores of *Ulocladium atrum*.

RESULTADOS

Fueron realizados un total de 15 aislamientos fúngicos a lo largo de todo el proceso, los cuales fueron nombrados e identificados como se muestra a continuación: aislado H8 *Aspergillus flavipes* Bain y Sart., H4, H10, H12 *Aspergillus terreus* Thom, H2, H9 *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler, H1 *Penicillium* sp. 1, H6 *Penicillium* sp. 2, H14 *Penicillium* sp. 3, H3, H7, *Trichoderma harzianum* Rifai, H5, H15 *T. longibrachiatum* Rifai. H11, H13, *Ulocladium atrum* Preuss que resultó ser el primer registro en compost de RSU en Cuba (Figura 1).

La sucesión de las poblaciones de hongos durante este proceso se muestra en la Figura 2, donde se aprecia que la mayor cantidad de UFC se presentó al inicio del proceso, en la fase mesofílica, y cae de manera abrupta a medida que aumentan las temperaturas.

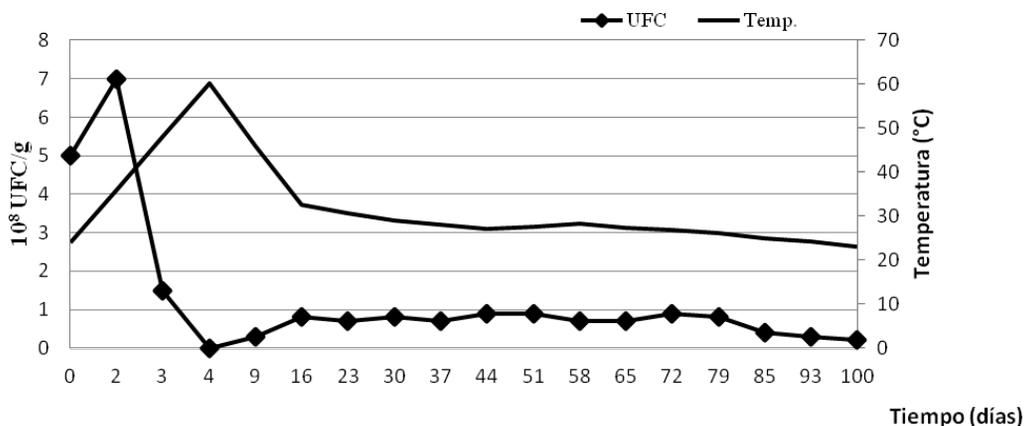


Figura 2. Sucesión de las poblaciones de hongos durante el proceso de compostaje

Figure 2. Succession of fungal populations during the composting process.

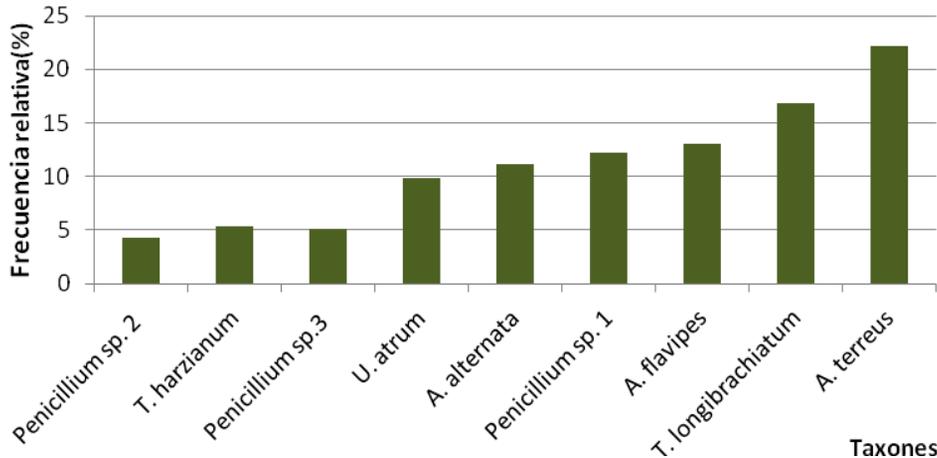


Figura 3. Frecuencias relativas de los taxones aislados en el compost durante el proceso de maduración.
Figure 3. Relative frequencies of taxa isolated during composting process.

Cuando se realizó la identificación de los aislados obtenidos en los diferentes muestreos se observó que solo *A. terreus* y *T. longibrachiatum* crecieron a 40 °C por lo que se consideran termotolerantes. No hubo crecimiento de hongos cuando la pila alcanzó los 60 °C. El resto de los aislados estuvo presente siempre que las temperaturas fueron inferiores a 40 °C.

Entre las especies presentes las mayores frecuencias relativas de aparición fueron mostradas por *A. terreus* con el 22,2 % seguida de *T. longibrachiatum* que exhibió el 19,6 % mientras que *Penicillium* sp. fue el menos frecuente con una aparición de 4,3 % como se puede observar en la Figura 3.

DISCUSIÓN

Estos resultados contribuyen a ampliar el conocimiento de la microbiota que participa en los procesos de compostaje a pequeña escala, además de los efectos favorables o no, que pueden tener estos microorganismos una vez que el compost es utilizado como biofertilizante en la agricultura. El incremento de la concentración fúngica evidenciada durante la fase mesofílica del proceso fue influenciado fundamentalmente por la temperatura y el pH. Al inicio del proceso el sustrato se encontraba a temperatura ambiente en este caso comenzó con 24,0 °C y pH 6,8 condiciones favorables para el crecimiento de los hongos. Los restos de comida y vegetales

frecuentemente tienen un pH ligeramente ácido entre 4,5-5 que estimula la proliferación de los hongos (Ryckebøer *et al.*, 2003). El 4to día la temperatura alcanzó 60,3 °C y el pH llegó a 8,1 lo que provocó un descenso en la concentración fúngica Figura 2. A partir del día 16 con una temperatura de 32,5 °C y pH 7,3 aumentó la concentración y se mantuvo prácticamente estable hasta el final del proceso.

Durante la fase de maduración e higienización se forman las sustancias húmicas, también pueden ser metabolizadas o inmovilizadas sustancias fitotóxicas, logrando de esta forma un producto estable biológicamente y con baja o nula fitotoxicidad (Varnero *et al.*, 2007).

Desde el punto de vista de las características de cada especie determinada y atendiendo a su participación es necesario señalar que *A. flavipes* ha sido aislado mayoritariamente de suelos tropicales y subtropicales, materia orgánica en descomposición, y en la fase mesofílica del compost (Upreti y Joshi, 1984). Existen evidencias que demuestran que tiene capacidad al colonizar oosporas de *Phytophthora palmivora* (E.J. Butler) E.J. Butler y es entomopatógeno de *Planococcus citri* (Risso) (CAB, 2004). Por lo que su presencia en este sustrato se puede considerar beneficiosa.

En cuanto a *A. terreus* es un hongo cosmopolita, que se aísla con frecuencia de suelo, restos vegetales, compost y vermicompost (Anastasi *et al.*, 2005). Varios autores han informado que puede ser causante de infecciones oportunistas en personas

comprometidas inmunológicamente (Hara *et al.*, 1989; Iwen *et al.*, 1998), aspecto este al que debe tenerse en cuenta especialmente por parte del personal que interviene directamente en el proceso. Esta especie se reconoce por su eficiente batería enzimática para degradar compuestos complejos, por lo que se considera favorable su presencia en este sustrato.

A. alternata es muy común, se ha aislado sobre textiles, varias plantas y suelo generalmente como saprobio (Ellis, 1976), sin embargo, tiene gran importancia como agente de pudrición en enfermedades post cosecha de una gran variedad de cultivos: cucurbitáceas (Vakalounakis, 1990), tomate (Bustan *et al.*, 2007), manzana (Reuveni, 2006) entre otros. En Cuba se ha informado entre el grupo de hongos que causa la enfermedad de la panícula sucia del arroz (Neninger *et al.*, 2003), y como patógeno sobre varias especies de pastos y forrajes (González *et al.*, 2006). Es necesario prestar atención ante la presencia de este hongo en este sustrato pues podría ser desfavorable en el cultivo en el cual se utilice como abono.

En cuanto a la presencia de *Penicillium* spp. también resulta favorable, las especies de este género participan activamente en la mineralización del fósforo orgánico del suelo a través de la producción de fosfatasa ácidas y alcalinas tanto extracelulares como intracelulares (Gómez-Guiñan, 2004), de esta forma posibilitan la absorción de este mineral por las plantas. Además, es conocido que este grupo de hongos también tiene la habilidad de colonizar y degradar gran variedad de sustratos (Domch *et al.*, 1993), lo que contribuye a la fertilidad del suelo.

Referente a *T. longibrachiatum* las especies de este género son reconocidas a nivel mundial por su actividad antagónica, para lograrlo utilizan varios mecanismos de acción, entre los que se pueden citar la competencia por el espacio y los nutrientes, el micoparasitismo, la antibiosis y la producción de enzimas hidrolíticas (Benítez *et al.*, 2004; Harman, 2006; Woo *et al.*, 2006). Es conocido que las especies de *Trichoderma* pueden excretar vitaminas al medio que son absorbidas por las raíces de las plantas, y que son capaces de inducir la resistencia sistémica o localizada de las mismas (Benítez *et al.*, 2004; Harman, 2006; Contreras-Cornejo *et al.*, 2009). Esta especie particularmente produce enzimas de los tipos β - glucanasas, xilanasas y celulasas que le confieren una alta plasticidad

metabólica, lo que justifica su presencia en ambientes contaminados y con abundante materia orgánica.

La especie *U. atrum* fue registrada por primera vez en Cuba como saprobio sobre plantas de *Saccharum* sp. híbrida en la provincia de Holguín (Mercado-Sierra *et al.*, 1997). Anteriormente ha sido informada su presencia en procesos de humificación (Almendros *et al.*, 1985; Minter *et al.*, 2001), pero en Cuba no se ha encontrado anteriormente sobre compost elaborado a partir de RSU.

Estudios recientes han demostrado que *U. atrum* tiene una potente actividad antifúngica frente a *Botrytis cinerea* Pers. agente causal moho gris de la fresa, *B. elliptica* (Berk.) Cooke, *Alternaria alternata* y *Magnaporthe grisea* (T.T. Hebert) M.E. Barr además tiene una actividad moderada contra *Colletotrichum acutatum* Simmonds y *C. gloesporioides* (Penz.) Penz. y Sacc., esto se debe a la producción de un compuesto ciclopeptólido 1 con una alta porción de residuos de aminoácidos N-metilados con acción lopolítica sobre la pared celular (Yun *et al.*, 2007). Otros autores han comprobado su eficacia como biocontrolador del moho blanco del frijol causado por *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary (Huang y Erickson, 2007).

La presencia de estas especies en este sustrato resulta interesante no solo por su participación en el proceso de compostaje sino, porque algunas de ellas pueden ser utilizadas como ACB de varios hongos fitopatógenos, e incrementan el crecimiento vegetal, lo que le confiere otros beneficios al producto obtenido, aspecto este que podría ser objeto de futuros estudios.

CONCLUSIONES

Se determinó un total de seis taxones fúngicos en el compost elaborado a partir de RSU de ellos *U. atrum* constituye el primer registro para compost obtenido a partir de RSU en Cuba.

La mayores frecuencias relativas de aparición fueron mostradas por *A. terreus* y *T. longibrachiatum*.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración del Dr. Jorge Martínez Silva de la Facultad de Biología de la Universidad de la Habana y de la Dra.

María Ofelia López Mesa del Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal.

REFERENCIAS

- AGUILERA, F.; ARTOLA, A.; SANCHEZ, A.; GEA, M.T.; BARRENA, R. 2005. El compostaje como vía de tratamiento de R.S.U.: Aplicaciones y limitaciones de la tecnología. *Ingeniería Química* 420: 234-242.
- ALMENDROS, G.; MARTINEZ, A.T.; DORADO, E. 1985. Production of green humic-like substances by *Ulocladium atrum*. *Soil Biol Biochem.* 17: 257-259.
- ANASTASI, A.; VARESE, G.C.; FILIPELLO, V. 2005. Isolation and identification of fungal communities in compost and vermicompost. *Mycologia* 97: 33-44.
- BENÍTEZ, T.C.; RINCÓN, A.M.; LIMÓN, C.; CARBALLO, A. 2004. Biocontrol Mechanisms of *Trichoderma* Strains. *Int Microbiol.* 7: 249-260.
- BUSTAN, A.; COHEN, S.; ERLICH, O.; TSROR, (LAHKIM) L. 2007. Cladosporium species and Alternaria alternata cause serious post-harvest early calyx decay (PHECD) in truss tomatoes in Israel. *NDR.* Vol. 15: Feb 2007 to Jul 2007. (Disponibile en: <http://www.bsp.org.uk/publications/new-disease-reports/reports.php?id=15>, consultado 15/12/2009).
- CAB International. 2004. *Crop Protection Compendium.* Wallingford, UK. CAB International.
- CARMICHAEL, J.W.; KENDRICK, W.B.; CONNERS, I.L.; SIGLER, L. 1980. *Genera of Hyphomycetes.* Edmonton, Canadá. The University of Alberta Press. 244 p.
- CONTRERAS-CORNEJO, H.A.; MACÍAS-RODRÍGUEZ, L.; CORTÉS-PENAGOS, C.; LÓPEZ-BUCIO, J. 2009. *Trichoderma virens*, a Plant Beneficial Fungus, Enhances Biomass Production and Promotes Lateral Root Growth through an Auxin-Dependent Mechanism in Arabidopsis. *Plant Physiol.* 149: 1579-1592.
- DOMCH, K.H.; GAMS, W.; ANDERSON, T. 1993. *Compendium of soil Fungi.* IHW-Verlag, 1264 p.
- ELLIS, M.B. 1976. *More Dematiaceous Hyphomycetes.* Commonwealth Agricultura Bureaux, England. 507 p.
- GÓMEZ-GUIÑAN, Y. 2004. Actividad de las fosfatasa ácidas y alcalinas (extracelulares e intracelulares) en hongos de la rizosfera de *Arachys hipogea* (Papilionaceae). *Rev. Biol. Trop.* 52: 287-295.
- GONZÁLEZ, G.; LÓPEZ, M.O.; AMAT, Z.; ESTRADA, G.; LÓPEZ, D.; BERNAL, B.; GRANDA, A.; RODRÍGUEZ, G.; FIGUEREDO, L.; PUPO, A.D.; RAMOS, M.; GONZÁLEZ, M.; RUIZ, M.; PÉREZ, I.; NÁPOLES, C.; GARCÍA, G.; SÁNCHEZ, C.R.; BUCHILLÓN, C.; LÓPEZ, M. 2006. Fitopatógenos en los cultivos de pastos y forrajes en Cuba. *Fitosanidad* 10: 11-18.
- HARA, K.S.; RYU, J.H.; LIE, J.T.; ROBERTS, G.D. 1989. Disseminated *Aspergillus terreus* infection in immunocompromised host. *Clin. Proc.* 64: 770-775.
- HARMAN, G.E. 2006. Overview of Mechanisms and Uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology* 96: 190-194.
- HUANG, H.C.; ERICKSON, R.S. 2007. *Ulocladium atrum* as a Biological Control Agent for White Mold of Bean Caused by *Sclerotinia sclerotiorum*. *Phytoparasitica* 35: 15-22.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE SUELOS (IIS) 2009. Proceso de producción de abonos orgánicos a través del Compostaje y la Lombricultura. En: Curso-Taller nacional sobre manejo de plagas en el sistema de producción. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal.
- IWEN, P.C.; RUPP, M.E.; LANGNAS, A.; REED, E.C.; HINRICH, S.H. 1998. Invasive pulmonary aspergillosis due to *Aspergillus terreus*: 12 years experience and review of the literature. *Clin. Infect Dis.* 26: 1092-1097.
- MERCADO-SIERRA, A.; HOLUVÁ-JECHOVÁ, V.; MENA-PORTALES, J. 1997. Hifomicetes demaciáceos de Cuba. Enteroblásticos. Museo Regional de Historia Natural, Monografía 23, Turín. 388 p.
- MILLER, F.C. 1996. Composting of Municipal Solid Waste and its components, in: Palmisano A.C.; Barlaz, M. (Edo.). *Microbiology of Solid Waste.* CRS, USA, Press. pp 115-154.
- MINTER, D.W.; RODRÍGUEZ, M.; MENA, J. 2001. eds. *Fungi of the Caribbean.* An annotated checklist, U.K. PDMS Publishing. 946 p.
- MUNNECKE, D.M.; HUYSMANS, K. 1998. Fungal composting processes for polyaromatic hydrocarbons. *Annual AAPG Conventions.* Salt Lake City, Utah, USA, pp 17-20
- NENINGER, H.; HIDALGO, E.; BARRIOS, L.M.; PUEYO, M. 2003. Hongos presentes en semillas de arroz (*Oryza sativa* L.) en Cuba. *Fitosanidad* 7: 1-7.
- PETERS, S.; KOSCHINSKY, S.; SCHWIEGER, F.; TEBBE, C. 2000. Succession of microbial communities during hot composting as detected by PCR-Single-Strand-Conformation-Polymorphism-

- Based genetic profiles of Small-Subunit rRNA genes. *Appl. Environ. Microbiol.* 66: 930-936.
- RAPER, K.B.; FENELL, D.S. 1965. The Genus *Aspergillus*. Ed. USA, Baltimore The Williams y Wilkins Co. 686 p.
- REBOLLIDO, R.; MARTÍNEZ, J.; AGUILERA, Y.; MELCHOR, K.; KOERNER, I.; STEGMANN, R. 2008. Microbial populations during composting process of organic fraction of municipal solid waste. *Appl. Ecol. Environ. Research.* 6: 61-67.
- REUVENI, M. 2006. Inhibition of germination and growth of *Alternaria alternata* and mouldy-core development in Red Delicious apple fruit by Bromuconazole and Syngnum. *Crop Protection* 25: 253-258.
- RYCKEBOER, J.; MEGAERT, J.; COOSEMANS, J.; DEPRINNS, K.; SWINGS, J. 2003. Microbiological aspects of biowaste during composting in a monitored compost bin. *J. Appl. Microbiol.* 94: 127-137.
- SAMUELS, G.J.; CHAVERRI, P.; FARR, D.F.; MCCRAY, E.B. 2009 *Trichoderma* Online, Systematic Mycology and Microbiology Laboratory, ARS, USDA. (Disponibile en: <http://nt.ars-grin.gov/taxadescriptions/keys/TrichodermaIndex.cfm>, consultada: 22/01/2009).
- UPRETI, J.C.; JOSHI, M.C. 1984. Cellulolytic activity of mesophilic and thermophilic fungi isolated from mushroom compost. *Indian Phytopathol.* 37: 473-476.
- VAKALOUNAKIS, D.J. 1990. Host Range of *Alternaria alternata* f. sp. *cucurbitae* Causing Leaf Spot of Cucumber. *Plant Dis.* 74: 227-230.
- VARNERO, M.T.; ROJAS, C.; ORELLANA, R. 2007. Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. *J. Soil Sc. Nutr.* 7: 28-37.
- WOO, S.L.; SCALA, F.; RUOCCO, M.; LORITO, M. 2006. The Molecular Biology of the Interactions between *Trichoderma* spp., Phytopathogenic Fungi, and Plants. *Phytopathology.* 96: 181-185.
- YUN, B.S.; KWON, E.M.; KIM, J.C.; YU, S.H. 2007. Antifungal cyclopeptolide from fungal saprophytic antagonist *Ulocladium atrum*. *J. Microbiol. Biotechnol.* 17: 1217-1220.