

IMPORTANCIA DE LOS MICROBIANOS EN LA OBTENCION DE COMPOST. USO
DE INOCULANTES

IMPORTANCE OF MICROBIALS IN OBTAINING COMPOST. USE OF
INOCULANTS

Ing. Lázaro Wilfredo Ortiz del Toro¹ (0000-0001-7686-0443), Universidad de Matanzas,

lazaro.ortiz@umcc.cu

Resumen

En el siguiente trabajo se abordará sobre el papel de los microbianos en la obtención de compost, así como el uso de inoculantes. Además, se ratifica que existe una amplia diversidad de microorganismos que conforman las poblaciones mixtas del proceso de compostaje. Se destaca la importancia que posee el uso de compost: sus efectos sobre la compactación del suelo, almacenamiento de agua y estabilidad estructural, fuente de nutrientes, efecto sobre parámetros de rendimiento, aumento del pH del suelo, entre otros. Así mismo, se expondrá sobre el uso de inoculantes en la agricultura y su impacto, pues son mucho más económicos, desde el punto de vista ambiental; mejoran la calidad biológica de los microorganismos en el suelo, y desde el punto de vista social, permiten que los productos sean más sanos reduciendo los daños a la salud.

Palabras claves: *biofertilizante; compost; inoculantes.*

The next work will address microbials in compost production, as well as the use of inoculants. In addition, we confirm that there is a wide diversity of microorganisms that make up the mixed populations of the composting process. We also highlight the importance of the use of compost such as effect on soil compaction, water storage and structural stability, source of nutrients, effect on performance parameters, increase in soil pH, among others. We also deal with the use of inoculants in agriculture and their impact, which are much more economical, from an environmental point of view; It improves the biological quality of the microorganisms in the soil, and from the social point of view, it allows the products to be healthier, reducing the damage to health.

Keywords: *biofertilizer; compost; inoculants.*

El aumento de los procesos erosivos, la salinidad, la compactación y la disminución del contenido de la materia orgánica de los suelos agrícolas, amenazan seriamente la producción tradicional de alimentos, fibras y materias primas de origen vegetal obtenidas de manera tradicional. Esto traerá graves consecuencias económicas, ambientales y sociales, que afectarán directamente a los habitantes rurales, para quienes la agricultura y la ganadería constituyen la actividad económica y social más importante. Dichas consecuencias generarán aumento en los niveles de la pobreza y propiciarán un espacio ideal para el resquebrajamiento del tejido social (Bohórquez, 2019).

Las prácticas agrícolas sostenibles son la respuesta a los problemas multifacéticos que se han originado por el uso prolongado e indiscriminado de productos químicos para mejorar la producción de los cultivos durante muchas décadas. Por esta razón se ha acentuado la búsqueda de opciones eco amigables para reemplazar los fertilizantes químicos y pesticidas (Prashar *et al.*, 2014).

La base de todo sistema agrícola sostenible es un suelo fértil y saludable. Los recursos edafológicos junto con el hídrico son fundamentales para hacer frente al reto de mejorar la seguridad alimentaria en todo el mundo. Los servicios ecosistémicos del suelo incluyen el almacenamiento de carbono, el

almacenamiento y el abastecimiento de agua, la biodiversidad y los servicios sociales y culturales. Mejorar el contenido de carbono del suelo es un proceso a largo plazo, que también disminuye la tasa de erosión, e incrementa el secuestro de carbono para mitigar el cambio climático. A nivel de país, lo deseable es una política basada en el compromiso a largo plazo de mantener o aumentar el contenido de materia orgánica (Sauri y Castilla, 2002)

La aplicación de productos como el compost y usos de inoculantes trae beneficios directos e indirectos a la producción agropecuaria, esto gracias al efecto positivo sobre las propiedades físicas (mejoramiento de la aireación, almacenamiento de agua, estructura y densidad), químicas (aumento de la capacidad de intercambio catiónico, regulación del pH y suministro de nutrientes) y biológicas (incorporación de poblaciones microbianas benéficas para la estimulación del crecimiento vegetal, regulación de la actividad microbiana y aumento del contenido de materia orgánica) del suelo (Bohórquez, 2019).

En la actualidad existe la tendencia mundial del uso de métodos de la agricultura sostenible, disminuyendo el empleo de agroquímicos lo que contribuye a la protección del medio ambiente y del hombre, siendo su evaluación agroecológica favorable a la naturaleza (Gómez *et al.*, 2017)

Surgimiento del compostaje

La compostización es tan vieja como el mundo, aunque solo hace poco está siendo redescubierta y potenciada con nuevos aportes biotecnológicos. El desarrollo de esta técnica tiene su origen en la India con las experiencias hechas por el inglés Albert Howard en 1905. Su éxito consistió en combinar sus conocimientos científicos con los tradicionales de los campesinos. El método llamado Indore se basaba en fermentar una mezcla de desechos vegetales y excrementos animales y humedecerlos cada cierto tiempo para posteriormente aplicarlos a la tierra como biofertilizante (Raspeño y Cuniolo, 1996).

La conversión en compost de los residuos orgánicos es una técnica conocida y de fácil aplicación, que permite obtener un fertilizante de manera racional, económica y segura (Gómez *et al.*, 2017)

El compost

El compostaje es un proceso biooxidativo que da lugar a un producto orgánico altamente estable. Se puede definir como la mineralización y humificación parcial de las sustancias orgánicas mediante reacciones microbianas. Estas reacciones se realizan bajo condiciones óptimas durante un periodo

determinado y relativamente corto. La transformación microbiana de la fracción orgánica es una oxidación aerobia, de forma que la relación superficie/volumen de las partículas y la relación aire/agua en el espacio entre partículas, tiene una influencia directa en el proceso. Los procesos modernos de compostaje se realizan a intervalos de temperatura mesofílicos y termofílicos. Aunque se considera que los microorganismos mesófilos son más eficaces para la descomposición de la materia orgánica, las temperaturas más altas favorecen la eliminación de potenciales patógenos vegetales y animales, y la muerte de semillas de malas hierbas que podrían ser perjudiciales en el uso posterior del producto final (Laich, 2017).

La adición de compost al suelo introduce una alta variedad de microorganismos implicados en el ciclo de diferentes nutrientes y en procesos de biocontrol de fitopatógenos. Asimismo, cabe destacar el rol que cumple el agregado de compost en la recuperación de suelos, cuya microbiota ha sido afectada por la adición repetitiva de determinados compuestos fitosanitarios. En este caso el compost contribuye a la "reinoculación" de microorganismos implicados en el ciclo de los nutrientes (Rodríguez, 2003).

Durante el proceso de compostaje, se lleva a cabo una compleja sucesión de poblaciones de microorganismos capaces de degradar o descomponer una materia orgánica compleja. La descripción de los microorganismos que intervienen en el proceso de compostaje es complicada, debido a que las poblaciones y las comunidades varían continuamente en función de la evolución de la temperatura, disponibilidad de nutrientes, concentración de oxígeno, contenido de agua, pH, acumulación de compuestos antibióticos, etc. La temperatura es un indicador de la actividad microbiana anterior y, asimismo, un indicador de la tasa de actividad actual. El ecosistema del compostaje se limita a sí mismo cuando la acumulación de calor es excesiva. A medida que se va elevando la temperatura, las poblaciones microbianas son reemplazadas por otras mejor adaptadas, y cada una de ellas posee una duración limitada. En el caso de realizarse una correcta y continua aireación, la fase termófila continúa hasta que la producción de calor es inferior a la disipación del mismo, debido al agotamiento de los compuestos fácilmente metabolizables (Laich, 2017)

Microorganismos que participan en el compostaje

Una amplia diversidad de microorganismos conforma las poblaciones mixtas del proceso de compostaje. Las más importantes son bacterias, actinomicetos y hongos filamentosos.

Las bacterias son las más numerosas en el proceso de compostaje, y constituyen entre el 80 % y el 90 % de los microorganismos existente en el compost. Se trata de un grupo de gran diversidad metabólica, que utilizan un amplio rango de enzimas que degradan químicamente una gran variedad de compuestos orgánicos. La cuantificación de las bacterias aerobias totales representa, de alguna manera, un índice de actividad biológica. Dentro de este tipo de microorganismos, se puede destacar el grupo de las *Pseudomonas* fluorescentes, constituido por algunas especies de bacterias asociadas a procesos de biocontrol de patógenos de plantas y a procesos de estimulación del desarrollo radicular. La utilización de un compost maduro con una alta población de *Pseudomonas* fluorescentes, podría actuar como un "estimulador" del desarrollo de las raíces y un "protector" frente a diferentes fitopatógenos (Laich, 2017).

La participación de los actinomicetos durante el proceso de modificación de la materia orgánica del compost es relevante, debido a la capacidad enzimática para degradar compuestos orgánicos complejos (celulosa, lignina, etc.). Asimismo, muchas de las especies que participan en este proceso son tolerantes a las temperaturas que alcanza el compost durante el proceso de degradación aeróbica. Por tal motivo, es un grupo de microorganismos abundante en el compost, y es importante conocer su evolución y abundancia durante la utilización del mismo como sustrato de siembra. Asimismo, los actinomicetos poseen la capacidad de regular la microbiota rizosférica a través de la producción de antibióticos y otros compuestos (Laich, 2017).

Los hongos filamentosos constituyen un grupo muy amplio. Estos pueden estar implicados durante el proceso de compostaje, participando en la degradación aeróbica de la materia orgánica debido a su alta capacidad lignocelulolítica. Asimismo, se encuentran en el suelo como parte de la microbiota normal, implicados en procesos de degradación y solubilización de compuestos orgánicos complejos y compuestos inorgánicos. En contrapartida muchas especies son causantes de enfermedades de plantas. Por lo expuesto, es importante realizar una correcta caracterización de este grupo de microorganismos, durante la utilización del compost como sustrato (Laich, 2017).

El uso del compost en Cuba

En Cuba, la utilización del compost ha ocupado un lugar importante en la agricultura. El proceso de compostaje se está llevando a cabo a nivel nacional, utilizando como materias primas una gran diversidad de compuestos orgánicos tales como: gallinaza, estiércol vacuno, estiércol porcino, restos

de cosechas de plátano (*Musa spp.*), tallos de boniato (*Ipomoea batatas* L.) y residuos urbanos, entre otros (Morales *et al.*, 2000). Entre los años 2000 al 2003, una de las actividades fundamentales del MINAZ dirigida a la preservación ambiental se concentró en la fabricación de compost.

Este abono orgánico se ha estado aplicando en nuestro país en diferentes cultivos como en la siembra de pepino en la provincia de Guantánamo (López, 2002), los policultivos de café, cacao orgánico, cítricos y frutas (Rodríguez, 2003), por citar algunos ejemplos.

Efecto de la aplicación de compost en suelos agrícolas

La aplicación de compost sobre o dentro de perfil de suelo afecta positivamente el crecimiento y desarrollo de los cultivos, al influir de manera directa o indirecta sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos destinados a la producción agropecuaria (incluyendo la producción de pasturas). De esta manera, se reporta que en las propiedades físicas se afecta positivamente la disminución de la compactación, estabilidad de los agregados, retención y almacenamiento de agua, escorrentía y la disminución de la erosión hídrica de los suelos. En la química mejora la capacidad de intercambio catiónico, la regulación del pH y la retención de iones, particularmente de bases (Sánchez y Rubio, 2008), y en lo referente a los factores biológicos, se destaca el efecto sobre el metabolismo microbiano, el control biológico de plagas, incluidos microorganismos patógenos y la inducción de resistencia sistémica (Vargas y Suárez, 2008).

En cuanto al control de enfermedades del suelo, Hadar y Papadopoulou (2012) mencionan que el compost aplicado a suelos agrícolas provee un ambiente en el que el desarrollo de las enfermedades de las plantas se reduce, incluso en la presencia de un patógeno y un huésped susceptible. La supresión de la enfermedad en la planta es el resultado directo de la actividad fisiológica de una asociación de microorganismos antagonistas que naturalmente recolonizan el compost durante su enfriamiento.

Efecto sobre la compactación del suelo

En cuanto a este parámetro, Moreno Casco y Moral-Herrero (2008) reportan que la adición de compost, procedente de diferentes tipos de materiales, produce una disminución de la densidad aparente del 5 % al 45 %, dependiendo del tipo, la textura del suelo y de la cantidad aplicada por área.

Almacenamiento de agua y estabilidad estructural

La materia orgánica mejora la retención de agua y la estructura de los suelos. En relación con la retención de agua, Sonneveld y Voogt (2009) indican que la materia orgánica retiene seis veces más agua que las arcillas. Cuando se agrega materia orgánica en estado completamente estable a suelos arenosos, los espacios dejados entre los agregados de arena se llenan con materia orgánica y el transporte vertical de agua se reduce, aumentando la capacidad de almacenamiento en esta clase de suelos.

En la revisión realizada por Julca-Otiniano *et al.* (2006), destacan el efecto positivo en la estabilidad estructural de las partículas, filtración y retención de agua, disminución de la erosión y mejoramiento del intercambio gaseoso. De acuerdo con Hernando, citado por Hargreaves *et al.* (2008), el compost incrementa la estabilidad de los agregados de los suelos, a través de la formación de puentes catiónicos, mejorando de esta manera la estructura de este.

Fuente de nutrientes

Las aplicaciones de compost mejoran la eficiencia en el uso de fertilizantes solubles (Julca-Otiniano *et al.*, 2006) y aumenta la disponibilidad de diferentes elementos minerales, particularmente de nitrógeno, fósforo, potasio, hierro y manganeso, reflejándose en mayor acumulación de materia seca en las plantas. Sin embargo, es necesaria la aplicación de productos solubles (NPK) para alcanzar rendimientos óptimos en los cultivos (Soumaré, Tack y Verloo, 2003). En cuanto al suministro de elementos nutritivos, la revisión realizada por Hargreaves *et al.* (2008) comenta que entre el 16 % y el 21 % del nitrógeno presente en el compost se hace disponible en forma de NH_4NO_3 (nitrato de amonio) después de su aplicación en el suelo. Sin embargo, otros reportes indican que el compost es una fuente poco disponible de nitrógeno en el primer año de su aplicación. En relación con el fósforo, diferentes investigaciones indican que el compost aporta una cantidad suficiente del elemento necesario para suplir las necesidades de las plantas. En cuanto a su disponibilidad, (Soumaré *et al.*, 2003) indica que entre el 10 % y el 50 % del fósforo resulta disponible dentro del primer y segundo año después de la aplicación. De igual manera, la aplicación de compost trae consigo una mayor mineralización del elemento, debido a producción de fosfatasa, enzimas encargadas de incrementar su disponibilidad. Estas son provocadas por diferentes poblaciones de microorganismos que se encuentran en altas cantidades en el compost (Hargreaves *et al.*, 2008).

Sobre el potasio, diferentes estudios han demostrado que su disponibilidad en el compost es similar a los fertilizantes minerales.

Aumento del pH del suelo

La aplicación de elevadas cantidades de compost (alrededor de 25 t ha⁻¹) en suelos arenosos aumenta el contenido de materia orgánica y estabiliza el pH en rangos cercanos a la neutralidad (Soumaré *et al.*, 2003). Por otra parte, diferentes investigaciones han reportado que las aplicaciones de compost provenientes de residuos orgánicos municipales aumentan el pH hasta en diez unidades, a valores cercanos a la neutralidad. El aumento en el pH en los suelos puede ser ocasionado por la mineralización del carbono y la consecuente producción de iones OH⁻, así como a la incorporación de catiónicos básicos como K⁺, Ca²⁺ y Mg²⁺ (Hargreaves *et al.*, 2008).

Efecto sobre parámetros de rendimiento

El compost proveniente de diversas clases de residuos es utilizado en la producción de cultivos como un acondicionador del suelo y como fertilizante, particularmente, para la incorporación de materia orgánica y fuente de nitrógeno respectivamente. Las dosis utilizadas están entre 20 y 80 t ha⁻¹ (Sonneveld y Voogt, 2009). Dentro de los efectos fisiológicos que tiene el compost en las plantas, se destaca mayor absorción de agua y nutrientes, mayor contenido de clorofila (Sharifian, Maghsoudi y Mohamadi, 2014), mayor contenido de biomasa y rendimiento en diferentes cultivos agrícolas como maíz, papa, pasto, cebada, lechuga, tomate y vid (Julca-Otiniano *et al.*, 2006). En términos generales, el beneficio para la planta y los cultivos incluye el incremento del crecimiento y el vigor, y la reducción de los requerimientos de fertilizantes, agua y pesticidas

Uso de inoculantes en la agricultura

De acuerdo a Sessitsch y Mitter (2015), en muchas partes del mundo donde la agricultura de bajos ingresos es una situación común y el mejoramiento del germoplasma o las prácticas agrícolas están poco disponibles, un mejor uso de las funciones de los microbiomas de las plantas apoyará especialmente la producción agrícola y fomentará la bioeconomía en los países menos desarrollados que utilicen inoculantes microbianos y que puedan establecer colecciones de cepas para los ambientes locales.

La utilización de inoculantes bacterianos en calidad de fertilizantes o estimuladores del crecimiento de las plantas es una práctica que permitiría beneficiar los cultivos sin ocasionar un gran daño al

medio ambiente. Por otro lado, el costo de estos tratamientos biológicos debe ser competitivo en relación con el tratamiento tradicionalmente empleado con productos químicos. Los inoculantes mayormente utilizados son formulados de bacterias, tales como *Rhizobium*, *Azospirillum* y *Azotobacter*. El primero se ha aplicado con éxito en leguminosas, principalmente soya, mientras que los dos últimos se han ensayado en diferentes gramíneas. Entre las bacterias asociadas a plantas más estudiadas se encuentran las pertenecientes al género *Azospirillum* (Coyné, 2018). Este microorganismo no tiene gran capacidad para fijar el nitrógeno como lo hace el *Rhizobium* pero se han propuesto otros modos de acción que se utilizan para estimular el crecimiento de las plantas, como son la secreción de hormonas: ácido indolacético, giberelinas, citoquininas y la transmisión de señales que le permite a la bacteria alterar el metabolismo de la planta

Inoculante: es aquel concentrado de microorganismos que, aplicado al compost, acelera el proceso de compostaje. Un compost semimaduro puede funcionar de inoculante. Un inoculante biológico debe reunir características fundamentales con el fin de garantizar la calidad del mismo: Debe estar libre de contaminantes, debe ser estable, ser viable biológicamente en el caso de emplear organismos vivos, o activos en el caso de metabolitos microbianos, debe contar con un proceso de producción reproducible, debe ser económicamente viable y rentable (Martínez-Romero *et al.*, 2013). Según Coyné (2018), se los inoculantes biológicos se clasifican en: bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno, bacterias asimbióticas fijadoras de nitrógeno, hongos micorrizógenos, microorganismos solubilizadores de fosfatos, microorganismos productores de promotores del crecimiento vegetal y microorganismos transformadores de materia orgánica

Importantes para la agricultura

Los inoculantes microbianos son importantes para la agricultura porque son biofertilizantes, ya que incrementan el suministro de los nutrientes a través de mecanismos, tales como: fijación de nitrógeno, solubilización de elementos minerales o la mineralización de compuestos orgánicos. Además, son biorremediadores, ya que eliminan productos tales como pesticidas, herbicidas y fungicidas. Son mejoradores, es decir, mejoran la estructura del suelo por su contribución a la formación de agregados estables.

Son fitoestimulantes, es decir, estimulan la germinación de las semillas y el enraizamiento por la producción de reguladores del crecimiento, vitaminas y otras sustancias. Son agentes de control

biológico de patógenos, desarrollan fenómenos de antagonismo (trabajan en contra de los patógenos). Son mejoradores ecofisiológicos, es decir, incrementan la resistencia al estrés tanto biótico como abiótico (Bowen y Rovira, 1999).

Impacto de los inoculantes biológicos en la agricultura

Económicos: Se mejora el aprovechamiento de los fertilizantes químicos en las plantas. Son una estrategia para aumentar el rendimiento de los cultivos y mejorar el componente biológico del suelo asociado con la promoción de crecimiento y producción de las plantas (Martínez-Romero *et al.*, 2013).

Ambientales: Permiten la reducción de los costos de producción al minimizar la aplicación de fertilizantes químicos aplicados disminuyendo la contaminación derivada del mal uso de los mismos. Mejoran la calidad biológica y las relaciones positivas de los microorganismos del suelo. Permiten reducir las aplicaciones de productos agroquímicos, debido a la acción positiva de las bacterias desde el inicio del cultivo (Martínez-Romero *et al.*, 2013).

Sociales: Permiten involucrar a los empresarios agrícolas en mercados con sello de "Buenas Prácticas Agrícolas". Reducen el riesgo de daño en la salud de los campesinos por manejo de productos agroquímicos. No son una moda; este nuevo sector del mundo agrícola pasó de ser una novedad a una necesidad en el cultivo de vegetales inocuos y sanos para el consumo humano (Hernández *et al.*, 2012).

La utilización de compost y inoculantes en la agricultura es sin duda una excelente alternativa antes la escases de fertilizantes, a la mejora y conservación de los suelos. Su aplicación permite la obtención de alimentos más sanos y con correctas practicas agroecológicas, lo que contribuye a dar solución a la seguridad alimentaria de los países.

Referencias bibliográficas

Bowen, G., y Rovira, D. (1999). The rizosphere and its management to improve plant growth. *Adv. Agron.* 66, 1-102.

Coyné, M. 2002. *Microbiología del suelo. Un enfoque exploratorio*. Ed. Paraninfo.

Gómez, Y., D'Angelo, M., González, I., y Chiroles, S. (2017). Vicedirección Salud Ambiental. Instituto Nacional de Higiene. *Epidemiología y Microbiología*, 53-870

- Hadar, Y. y Papadopoulou, K. K. (2012). Suppressive composts: Microbial ecology links between abiotic environments and healthy. *Annu. Rev. Phytopathol*, (50), 133-53.
- Hargreaves, J. C., Adl, S. y Warman, P. R. (2008). A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 1-14.
- Julca-Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R. y Bello-Amez, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *IDESIA*, 4, 1-49.
- Laich, F. (2017). *Unidad de Microbiología Aplicada*. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. Santa Cruz de Tenerife.
- López, R. (2002). Evaluación de diferentes dosis de Fitomas en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) variedad SS_5. *Revista Agricultura Orgánica* No. 2.
- Martínez, E., López, M., Ormeño, E. y Moles, C. (2013). *Los biofertilizantes y su uso en la Agricultura*. SAGARPA-COFUPRO-UNAM, México.
- Morales, Y.; Rodríguez, C.A. y Valiño, A. (2000). Elaboración de compost a partir de desechos vegetales y la adición de diferentes sustratos. *Forum de Ciencia y Técnica*, Res.
- Prashar, P.; Kapoor, N.; Sachdeva, S. (2014). Rhizosphere: its structure, bacterial diversity and significance. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* 13 (1), 63-77.
- Raspeño, N. y Cuniolo, M. (1996). El compost y las lombrices. *Revista Procampo* 27.
- Rodríguez, S. (2003). *La agricultura orgánica en Cuba. Avances y retos*. Centro de estudio de la Economía Cubana.
- Sánchez, F. I. y Rubio, J. L. (2008). Efecto de la aplicación de compost sobre las propiedades físicas y químicas del suelo. En C. J. Moreno y H. R. Moral. *Compostaje*. (pp. 111-140). Madrid.
- Sauri, M. y Castillo, E. (2002) Utilización de la composta en procesos para la remoción de contaminantes. *Ingeniería* 6-3, 55-60.
- Sessitsch, A. y Mitter, B. (2015). 21st century agriculture: integration of plant microbiomes for improved crop production and food security. *Microbial biotechnology*, 8 (1), 32-33.
- Sharifian, Z., Maghsoudi, A. A. y Mohamadi, N. (2014). Effect of different ratios of municipal solid waste compost on growth parameters and yield of Marigold (*Calendula officinalis* M.) and Daisy (*Bellis perennis* L.). *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2(1), 43-50.

- Sonneveld, C. y Voogt, W. (2009). *Plant Nutrition of Greenhouse Crops*. Holland: Springer.
- Soumaré, M. Tack, F. M y Verloo, M. G. (2003). Effects of a municipal solid waste compost and mineral fertilization on plant growth in two tropical agricultural soils of Mali. *Bioresource Technology*, 86, 15-20.
- Vargas, M. C. y Suárez, F. E. (2008). Efecto de la aplicación del compost sobre las propiedades biológicas del suelo. En C. J. Moreno y H. R. Moral. *Compostaje*. (págs. 329-350) Madrid: Mundi-Prensa.