

# Desarrollo de *Rosmarinus officinalis* sobre sustratos orgánicos compostados y vermicompostados

L. García-España<sup>1</sup>, M.J. Molina<sup>2</sup>, MD. Soriano<sup>1</sup>, R. Boluda<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. Universitat Politècnica de València. Departamento de Producción Vegetal. U. D. Análisis y Fertilidad de Suelos. [asoriano@prv.upv.es](mailto:asoriano@prv.upv.es)

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones sobre Desertificación-CIDE (CSIC-UV-GV), Carretera Moncada-Náquera Km 4.5, 46113 Moncada, Valencia, España

<sup>3</sup> Facultad de Farmacia. Universitat de València. Departamento de Biología Vegetal. U. D. Edafología.

## Resumen

Se utilizan residuos vegetales de cítrico, maíz o higuera, mezclados con estiércol de conejo, estabilizados mediante procesos de compostaje y vermicompostaje, como sustratos orgánicos de crecimiento de la especie aromática *Rosmarinus officinalis* y se comparan las diferencias en la evolución del cultivo y la morfología de la planta, que se utilizan como parámetros indicadores del desarrollo vegetal.

El estudio se realiza en contenedores, en condiciones ambientales controladas y los parámetros nutricionales de los sustratos y de crecimiento de la planta medidos durante el desarrollo vegetal se utilizan como variables para la comparación de los efectos del tipo de residuo utilizado y de la técnica de estabilización de éstos. Los resultados muestran notables diferencias en distintos parámetros como altura de la planta, desarrollo de la raíz, biomasa aérea, diámetro del tallo, número de ramificaciones, y longitud de raíces. En general, se obtienen mejores resultados de crecimiento sobre los vermicomposts, lo que sugiere mejores características físicas y químicas tras la transformación de la materia orgánica por acción de las lombrices. El tipo de residuo vegetal utilizado también influye, de forma que el sustrato de cítricos produce mejores resultados en el desarrollo de las plantas.

El estudio estadístico mediante componentes principales (PCA) indica que los parámetros medidos en el sustrato se agrupan en tres factores, que explican el 96,4% de las variaciones entre grupos y que relacionan los parámetros de crecimiento de la planta con las características del sustrato en el orden Capacidad de retención de agua, K y  $N_t > C$  orgánico  $> Mg$ . Los resultados sugieren que *R. officinalis* es una especie que puede desarrollarse en sustratos orgánicos de diferente calidad y muestra un comportamiento plástico como respuesta al déficit de agua y disponibilidad de nutrientes esenciales.

**Palabras-clave:** Desarrollo vegetal, *Rosmarinus officinalis*, residuos vegetales, compostaje, vermicompostaje.

## INTRODUCCIÓN

Para conseguir la eliminación sostenible y la transformación biológica de residuos vegetales y orgánicos en productos estables, con valor añadido y múltiples aplicaciones en el entorno agrícola y medioambiental, las técnicas de compostaje (Abad et al., 1997) y de vermicompostaje son las más comúnmente utilizadas. El compostaje es el proceso de transformación mediado por microorganismos en condiciones

controladas, mientras que el vermicompostaje implica también la acción de las lombrices. Ambas técnicas son alternativas para estabilizar e higienizar la materia orgánica procedente de los residuos orgánicos (Bernal et al., 2009); produciendo un producto estable y maduro, que favorece el crecimiento y desarrollo de las plantas tras su aplicación al suelo (Soliva, 2001; Tognetti et al., 2005, Tejada et al., 2011) o como sustrato de crecimiento (Abad et al., 2009, Fornés et al., 2012, 2013). El tipo de proceso utilizado para la estabilización y transformación de los residuos (compostaje o vermicompostaje) y la composición de las mezclas tienen gran importancia en la calidad final del producto (Fornés et al., 2012, Molina et al., 2013) y, por tanto, influye en la fertilidad de los sustratos estabilizados y en el posterior desarrollo de las plantas (Fornés et al., 2012, 2013).

En la literatura no hay referencias de la calidad y la aplicabilidad de los sustratos orgánicos elaborados a partir de mezclas de estiércol de conejo y residuos agrícolas procedentes de cultivos de cítricos, maíz e higuera utilizando técnicas de compostaje y vermicompostaje. El objetivo de este trabajo es estudiar la aplicabilidad de dichos sustratos como medio para el desarrollo de plantas de romero (*Rosmarinus officinalis L.*) en condiciones ambientales controladas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la elaboración de los sustratos se utilizó estiércol de conejo en proporción de 50% precompostado durante tres semanas, al que se añadió un 50% de cada material vegetal triturado procedente de restos de poda (hojas y ramas finas) de cítricos, maíz e higuera. El compostaje de los residuos se realizó en primavera, durante 9 semanas en invernadero, en condiciones de temperatura media de 20°C, 60-70% de humedad y oscuridad, utilizándose para ello cajas de PVC cerradas. Para el proceso de vermicompostaje de los residuos, mezclados en las mismas proporciones y condiciones ambientales similares, se utilizó la lombriz *Eisenia fetida* en proporción de 40 individuos/L y condiciones de humedad mínima de 70%. 200 g de los productos finales resultantes del compostaje y vermicompostaje, se utilizaron para el llenado de 18 recipientes de PVC de 500 cm<sup>3</sup> de capacidad (3 repeticiones x 3 tipos de mezclas x 2 técnicas de estabilización). La denominación de los sustratos de crecimiento de romero utilizada es la siguiente: CC compost de cítrico, CH compost de higuera, y CM compost de maíz; VC vermicompost de cítrico, VM vermicompost de maíz, VH vermicompost de higuera.

Las plántulas de romero de 1,5 meses y 3 cm de parte aérea, se sembraron en los correspondientes recipientes, que se colocaron en una bandeja con una base de 2 cm de agua y se introdujeron en una cámara de germinación a humedad relativa del 60%, temperatura de 25°C durante 12h y de 20°C durante otras 12h. La humectación de los sustratos se realizó por subirrigación hasta alcanzar la saturación. Durante el tiempo necesario hasta el enraizamiento, se realizó un riego superficial manteniendo la lámina de agua, evitando así la desecación de los sustratos. Después de tres semanas las macetas se llevaron al invernadero, en el que las plantas estuvieron durante 4 meses. Las plantas se regaron dos veces a la semana, con 250 cm<sup>3</sup> de agua cada vez, lo que supone condiciones de riego similares a una pluviometría anual de 400 mm.

Después de este periodo se recolectaron las plantas, se lavaron, secaron en estufa a 60°C durante 24 horas y pesando la raíz, por un lado, y por otro la parte aérea, se midió la altura y el grosor del tallo, la altura del vástago, se contó el número de ramificaciones, y se determinó el peso total, el peso de la parte aérea y el peso y la longitud total de raíces.

Los seis tipos de sustratos utilizados se secaron a 60°C y sus características físico-químicas se analizaron por métodos estándar (MAPA, 1986).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra los resultados del desarrollo de las plantas en los diferentes sustratos. Los resultados sugieren diferencias en los parámetros de crecimiento de las plantas en función del tipo de técnica de estabilización y del tipo de residuo vegetal utilizado.

Para analizar cómo influye el tipo de técnica de estabilización y el tipo de residuo vegetal utilizado como medio de crecimiento de las plantas, se ha realizado el análisis de la varianza (ANOVA) de dichos factores. El resultado se indica en la Tabla 1.

El tipo de técnica de estabilización de los residuos vegetales influye significativamente en los parámetros de biomasa total, aérea y radicular y en el grosor del tallo. Las plantas desarrolladas en el vermicompost tienen mayores valores de dichos parámetros. El tipo de residuo vegetal utilizado también influye significativamente en todos ellos de forma que los valores varían en el orden cítrico > maíz > higuera. Ni el tratamiento ni el tipo de residuo influyen significativamente en la altura del vástago aunque la influencia del tipo de residuo está próxima a la significación, de modo que el residuo de higuera es el que produce las plantas con menor porte y también menor biomasa aérea, radicular y diámetro de tallo. La interacción de ambos factores no es significativa lo que indica que el tipo de residuo influye de la misma forma cuando se utiliza el compostaje o el vermicompostaje como técnica de estabilización.

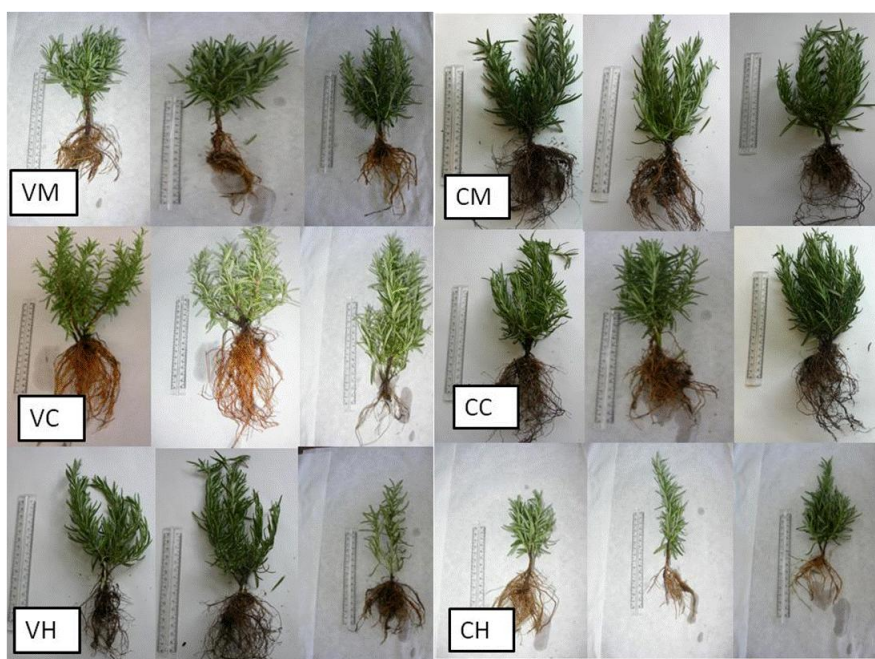


Figura 1. Aspecto de las plantas de *R. officinalis* desarrolladas en los diferentes sustratos de crecimiento.

**Tabla 1.** Valores medios de los parámetros de crecimiento de *R. officinalis* y resultado del análisis de la varianza (ANOVA) sobre la influencia del

tratamiento (compost y vermicompost) y del tipo de residuo vegetal (cítrico, maíz, higuera) en los parámetros de desarrollo en invernadero.

TRAT. (T)	COMPOST			VERMICOMPOST			ANOVA		
	RESÍDUO (R)	CÍTRICO	MAÍZ	HIGUERA	CÍTRICO	MAÍZ	HIGUERA	T	R
ALT.VÁST(CM)	15	17	11	16	13	12	,684	,051	,217
Φ TALLO (CM)	0,3	0,2	0,2	0,5	0,3	0,3	,011	,019	,574
Nº RAMAS	8	7	3	8	7	6	,335	,093	,490
LONG. RAÍZ (CM)	15	14	10	15	12	13	,845	,104	,374
PESO PLANTA (G)	15	10	2	21	21	7	,000	,000	,212
PESO RAÍZ (G)	5,0	2,7	1,2	8,8	8,9	3,8	,000	,002	,217
PESO AÉREO (G)	10,4	7,9	1,5	12,6	12,4	3,6	,010	,000	,534

La Figura 2 muestra el resultado del análisis discriminante (DA) realizado para determinar el conjunto de parámetros de crecimiento de la planta que mejor distingue los substratos por el desarrollo de éstas.

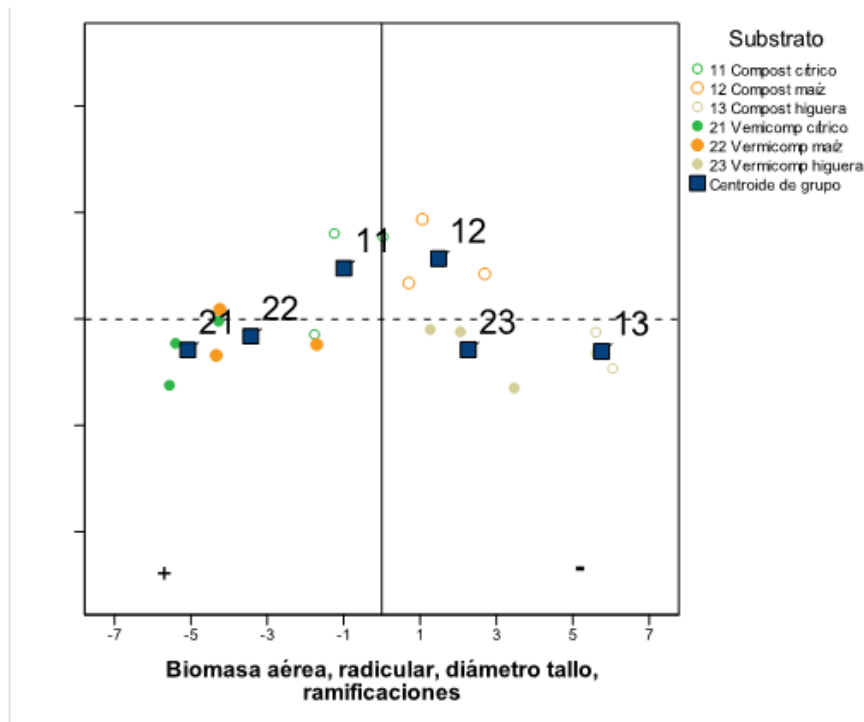


Figura 2. Clasificación de los grupos de sustratos según el tratamiento de las plantas.

Como puede verse en la figura 2, los sustratos situados a la izquierda del eje vertical son los que facilitan mejor el desarrollo de las plantas por aumentar (se indica mediante el signo +) la biomasa total, la biomasa aérea y radicular, el diámetro del tallo y, en menor medida, el número de ramas. Esta función explica el 89% de la varianza y es estadísticamente significativa ( $p = 0,001$ ). El vermicompost de cítrico, seguido de cerca por el de maíz, y después el compost de cítrico, en ese orden, facilita un mejor desarrollo de la planta. En el extremo derecho, con menor desarrollo, se sitúa el compost de higuera. Claramente, los restos de cítrico producen mejor resultado que los restos de maíz, destacando el vermicompostaje como técnica más deseable para la elaboración del sustrato de desarrollo de *R. officinalis*. A la derecha del eje vertical, con valores de dichos parámetros significativamente menores, se sitúan los demás sustratos, con el compost de higuera claramente separado del resto. Por tanto, el peor desarrollo ocurre en los sustratos con restos de higuera, aunque la acción de las lombrices sobre dicho material vegetal mejora la calidad del sustrato comparado con la técnica de compostaje y sitúa este sustrato con posibilidades de utilización cercanas a las del compost de maíz. Es decir, las plantas de romero muestran mejores parámetros de crecimiento en sustratos con residuos de cítrico y estiércol de conejo estabilizados mediante vermicompostaje, lo que sugiere mejor mineralización de la materia orgánica y disponibilidad de agua y nutrientes para la planta.

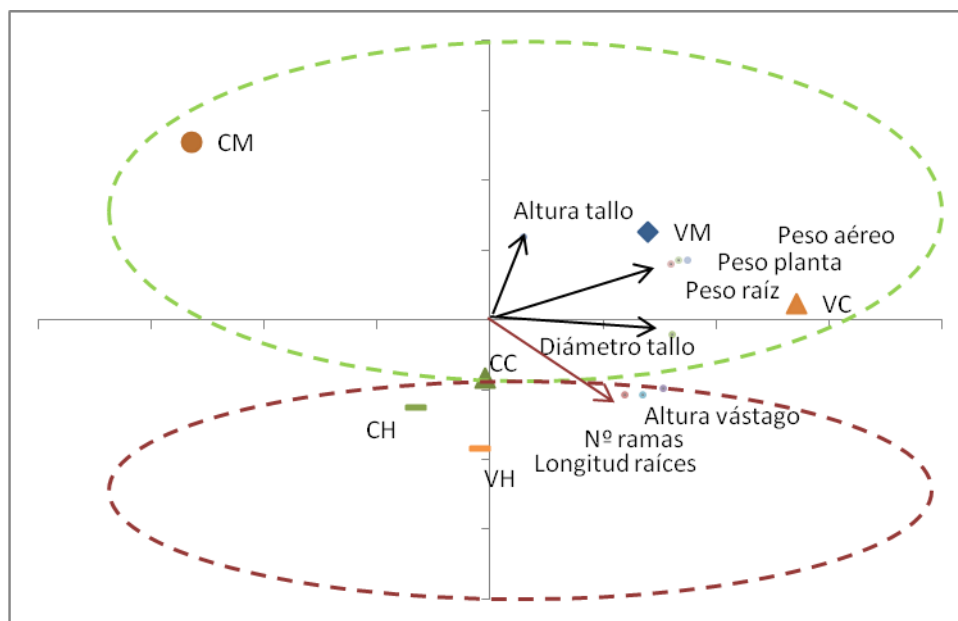


Figura 3. Representación gráfica, en un espacio común, de los parámetros de crecimiento y los substratos para ilustrar la respuesta plástica de *R. officinalis* con el cambio en las condiciones del medio.

La Figura 3 muestra otro aspecto del desarrollo de las plantas que puede resultar de interés por mostrar tendencias que pueden ilustrar el comportamiento de *R. officinalis* en los substratos menos favorables, como son los resultantes de la utilización de restos vegetales de higuera. Los substratos situados en la parte superior del gráfico son los que producen mejor desarrollo, en el orden  $VC > VM > CC > CM$  como así indican las variables de medida que los agrupan y su situación hacia la derecha en el gráfico. El compost y el vermicompost de higuera (CH y VH, respectivamente) se sitúan más hacia abajo que los grupos de substratos anteriores, lo que indica que las plantas de *R. officinalis* que crecen en los substratos con restos de higuera tienden a tener alturas, biomasa total, aérea y radicular y diámetro del tallo menores pero modifican su desarrollo (podríamos definir dicho comportamiento como “plasticidad fenotípica”) para paliar las deficiencias en las condiciones del medio de crecimiento. Dichas modificaciones son: aumento del número de ramas (aunque con menos biomasa foliar), aumento de la longitud de raíces (aunque más finas) y mayor altura del vástago (aunque menor diámetro del tallo). Además, la situación más hacia la izquierda (en el círculo inferior) del compost de higuera (CH), indica que también los mencionados parámetros se reducen respecto al vermicompost de higuera (VH).

Con los parámetros físicos y químicos caracterizados en los substratos se ha realizado un análisis de componentes principales (PCA) para determinar qué propiedades de los substratos influyen más en las diferencias de crecimiento observadas. Las variables que más contribuyen a dicha diferenciación, el porcentaje de varianza explicado y la clasificación de los substratos en función de las anteriores se indican en la Figura 4.

Como indica la Figura 4 (a), la función o componente F1, que explica la mayor parte de las variaciones entre substratos (66,4%), está representada por los parámetros capacidad de retención de agua a saturación ( $CRA_{sat}$ ), equivalente a la porosidad total, y contenido de K, que son las variables que mejor se correlacionan con dicha función.



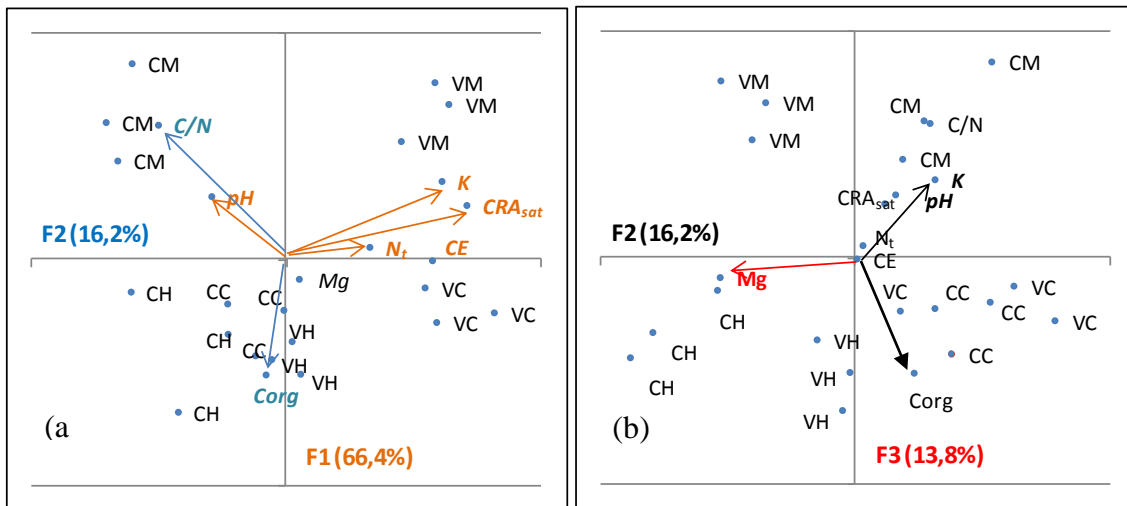


Figura 4. Clasificación de los sustratos de crecimiento por sus características físicas y químicas, porcentaje de la varianza explicado y representación gráfica de las variables que mejor explican las diferencias entre ellos.

Así mismo, dichas variables se correlacionan positivamente entre ellas y con la conductividad eléctrica (CE) y el contenido de nitrógeno ( $N_t$ ) y ésta última, a su vez, se correlaciona negativamente con el pH. Estas variables separan los vermicompost de cítrico (VC) y maíz (VM) del resto. Por tanto, la disponibilidad de agua, macronutrientes como K y el contenido de  $N_t$  son los parámetros principales del sustrato que favorecen el desarrollo de *R. officinalis*. La Función F2, que explica un 16,2% de la varianza, está representada por el contenido de Carbono orgánico ( $C_{org}$ ) y la relación C/N, y separan los sustratos compostados de cítrico (CC) e higuera (CH) por una relación C/N menor que el compost de maíz (CM). Por tanto, el desarrollo de la planta, además de la capacidad de retención de agua, el contenido de K y de  $N_t$  anteriores, se favorece en los sustratos con un alto contenido de C orgánico como es el caso de los compost CM y CC. Finalmente, en la Figura 4 (b), la función F3, que explica el 13,8% de las diferencias entre sustratos, separa el compost de higuera (CH), situado más hacia la izquierda del eje vertical F3, por el alto contenido de magnesio, que se correlaciona negativamente con el pH y el contenido de K. Es decir, el compost y vermicompost de higuera (CH y VH), producen plantas con menor biomasa total (especialmente el CH), pero con mayor altura del vástago, número de ramas y raíces más largas (Fig. 3) y ello se relaciona un aumento del contenido de Mg, con el descenso de la disponibilidad de agua (descenso de  $CRA_{sat}$ ), de C orgánico y de los nutrientes esenciales  $N_t$  y K. Este componente sugiere una inadecuada transformación de los restos vegetales con la consiguiente falta de adecuación en el sustrato final y de reducción de parámetros físicos y químicos importantes para el crecimiento de la planta.

## CONCLUSIONES

*R. officinalis* es una especie aromática que puede crecer en sustratos con alta capacidad de retención de agua y disponibilidad de nutrientes como son los vermicompost de cítrico y maíz, pero también en sustratos de peor calidad como es el compost de higuera. Sin embargo los sustratos con mayor capacidad de retención de agua, mayor contenido de C orgánico,  $N_t$  y de K y pH adecuado que facilite la disponibilidad de éstos, como ocurre con los vermicomposts de cítrico y maíz, producen plantas más compactas y, a priori, más resistentes por su desarrollo radicular y su biomasa aérea, mientras que los más pobres inducen cambios fenotípicos que consisten

en menor biomasa aérea y radicular y la producción de tallos y raíces más delgados y más largos. Estos cambios se interpretan como la respuesta plástica de esta planta a la disminución de recursos en el sustrato de crecimiento que, en el caso de los sustratos con restos de higuera, pueden estar relacionados con la abundancia en el contenido de magnesio.

### **Agradecimientos.**

Proyectos Reciclado y valoración de residuos agroindustriales. Compostaje de residuos hortícolas y efectos del compost sobre el sistema suelo-planta. TRACE. Universidad de Valencia y Universidad Politécnica de Valencia y Amplitud geográfica y ecológica de *Rosmarinus officinalis*. Múltiples aproximaciones a las posibles causas. MEC. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Centro de Investigaciones sobre Desertificación y Universidad Politécnica de Valencia.

### **Referencias**

- Abad, M., Fornes, F., Mendoza-Hernández, D., García De La Fuente, R. (2009). Uso de compost como sustrato o componente de sustratos en viveros y semilleros. Tendencias futuras. *Actas de Horticultura* 53, 17-31.
- Abad, M., Noguera, P., Noguera, V., Roig, A., Cegarra, J., Paredes, C. (1997). Reciclado de residuos orgánicos y su aprovechamiento como sustratos de cultivo. *Actas de Horticultura* 1, 92-109.
- Bernal, M.P., Alburquerque, J.A, Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology* 100, 5444-5453.
- Fornes, F., Mendoza-Hernández, D., Belda, R.M. (2012). Composting versus vermicomposting: A comparative study of organic matter evolution through straight and combined processes. *Bioresource Technology* 118,; 296–305.
- Fornes, F., Mendoza-Hernández, D., Belda, R.M. (2013). Compost versus vermicompost as substrate constituents for rooting shrub cuttings. *Spanish Journal of Agricultural Research*.11 (2), 518-528.
- MAPA, 1986. Métodos Oficiales de Análisis. Secretaría General del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. 532 pp.
- Molina, M.J., Soriano, M.D., Ingelmo, F., Llinares, J. (2013). Stabilisation of sewage sludge and vinasse bio-wastes by vermicomposting with rabbit manure using *Eisenia fetida*. *Bioresource Technology* 137, 88-97.
- Soliva, M. (2001). Compostatge i gestió de residus orgànics. *Estudis i Monografies* 21. Diputació de Barcelona, Àrea de Medi Ambient, Barcelona.
- Tejada, M., Benitez, C. (2011). Organic amendment based on vermicompost and compost: differences on soil properties and maize yield. *Waste Management & Research*, 29 (11), 1185-1196.
- Tognetti, FL., Mazzarino, M.J., Hernández, M.T. (2005). Composting vs. vermicomposting: a comparison of end product quality. *Compost Science & Utilization*, 13, 6-13.