

## Calidad agronómica de composta con residuos de cítricos

DE LUNA-VEGA, Alicia\*†, GARCÍA-SAHAGÚN, María Luisa, RODRÍGUEZ-GUZMÁN, Eduardo y PIMIENTA-BARRIOS, Enrique

Recibido 3 de Abril, 2015; Aceptado 25 de Junio, 2015

### Resumen

El presente trabajo se realizó durante 2014 en el campo experimental y Laboratorio del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara. El objetivo general fue evaluar la calidad como abono orgánico de la composta producida a partir de residuos de cítricos, durante la fase madurez. Se evaluaron dos variables biológicas, cinco variables físicas y doce variables químicas. En el bioensayo de porcentaje de germinación y de sobrevivencia en semillas de chile (*Capsicum annuum*) y cebolla (*Allium cepa*) se observó que la germinación y sobrevivencia fue mejor con la composta que con el testigo. En general se puede apreciar que la población hongos fue la población dominante. En el caso de las características físicas, estas presentaron valores dentro de los rangos recomendados como sustrato para fines agrícolas. En el caso de las características químicas el pH final de la composta fue alcalino, la conductividad eléctrica final se ubicó dentro de norma, los valores de absorbancia disminuyen conforme la composta avanza en el proceso de maduración, si bien la cantidad de nutrientes encontrados en la composta no son tan altos, estos cumplen con los requerimientos mínimos de las normativas para ser utilizado como sustrato y mejorador de suelo en aplicaciones hortícolas.

### Residuos de cítricos, composta

### Abstract

The present work was carried out during 2014 in the experimental field and laboratory of the University Center of biological sciences and livestock at the University of Guadalajara. The general objective was to assess quality as compost, the compost produced from citrus waste, for the maturity phase. Two biological variables, five physical variables and twelve chemical variables were evaluated. In the bioassay of percentage of germination and survival in pepper and onion seeds we observed that germination and survival was better than compost with the witness. In general you can see that the fungal population was the dominant population. In the case of physical characteristics, these showed values within the ranges featured as a substrate for agricultural purposes. Chemical characteristics of the compost: final pH was alkaline; final electrical conductivity was within standard; values of absorbance decrease as the compost in the maturation process, while the amount of nutrients found in compost are not so high, they comply with the minimum requirements of the regulations to be used as substrate and soil in horticultural applications breeder.

### Citrus waste, compost

**Citación:** DE LUNA-VEGA, Alicia, GARCÍA-SAHAGÚN, María Luisa, RODRÍGUEZ-GUZMÁN, Eduardo y PIMIENTA-BARRIOS, Enrique. Calidad agronómica de composta con residuos de cítricos. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-3:354-361

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: dva20851@cucba.udg.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

México es líder en producción de cítricos, al ubicarse como el quinto productor a nivel mundial (4.6% del total) detrás de China (21%), Brasil (18%), Estados Unidos (8%) y la India (6%). La citricultura en México es una actividad de gran importancia económica y social: Se realiza en poco más de medio millón de hectáreas en regiones con clima tropical y sub-tropical en 23 entidades federativas. De esa superficie, aproximadamente 80% se destina a los denominados cítricos dulces, cuya producción es del orden de 4.9 millones de toneladas por cosecha, principalmente de naranja (83% del total), toronja (8%), mandarina (5%) y tangerina (4%). El cultivo de cítricos dulces representa una fuente importante de ingresos en las zonas rurales donde se lleva a cabo. Se estima que cerca de 69 mil familias dependen de esta actividad, con un valor superior a siete mil 100 millones de pesos. (SAGARPA 2013).

De acuerdo a la producción de cítricos en México, se generan el 2% de residuos que si no se les da una buena utilización, son fuente de contaminación, con el compostaje estos residuos se pueden transformar en materia orgánica, a su vez esta materia orgánica se puede utilizar como un sustrato en la producción de cultivos siempre y cuando esta materia orgánica cumpla con los requisitos de un sustrato

Conforme al manual publicado en 2012 *30 things you should never compost or recycle* (Mother Nature) Hay cosas que se deben agregar en muy baja cantidad a la composta, como las frutas cítricas porque alteran la acidez del suelo. Corroborando Tyler Storey 2013 sugiere que las cáscaras de naranjas e incluso las naranjas completas son muy buenas adiciones a la pila de compost.

Pero deben agregarse en las cantidades apropiadas si no están bien balanceadas las cantidades de todos los materiales que se estén utilizando se puede tener una relación C/N (carbono/ nitrógeno) que no sea adecuada para que las plantas puedan aprovechar los nutrientes que aporte el compost. El compost requiere por lo menos proporciones iguales de materia verde alta en nitrógeno como cáscaras frescas de naranjas y materia marrón rica en carbono como paja, hojas trituradas o virutas de madera.

El composteo es una forma importante de reciclar elementos orgánicos residuales de la industria, agricultura y la ganadería. Una de las principales tecnologías es el uso de composta que el productor puede elaborar en su unidad de producción, utilizando los materiales de que dispone localmente como en este caso son los residuos de cítricos. En la práctica, para valorar la calidad de un sustrato no basta con conocer las propiedades generales de sus principales componentes, sino que es necesario determinarlas para cada ingrediente o mezcla particular, ya que las variaciones suelen ser muy importantes. (De Luna y Vázquez, 2009).

Las propiedades físicas de los sustratos de cultivo son determinantes. Una vez que la planta esté creciendo en él, no es posible modificar las características físicas básicas de dicho sustrato.

Las propiedades químicas caracterizan las transferencias de materia entre el sustrato y la solución del sustrato; reacciones de disolución e hidrólisis de los constituyentes minerales (química), reacciones de intercambio de iones (físico-química) y reacciones de biodegradación de la materia orgánica (bioquímica) Los abonos orgánicos producen efectos benéficos a los cultivos, dependiendo de la naturaleza del abono, características del suelo, tipo de cultivo, periodicidad de la aplicación y cantidad del abono.

Entre otros, se logrará la revitalización de los residuos orgánicos para convertirlos en composta (Triano et al., 2005).

Las propiedades físicas más importantes de un sustrato son la densidad, la porosidad y su reparto entre las fases sólida y líquida, es decir, la porosidad de aire y la capacidad de retención de agua. La curva de desorción o de liberación de agua representa las proporciones de agua y aire en el sustrato a diferentes tensiones comprendidas en el intervalo entre 10 y 100 cm, simulando la succión por la planta del agua retenida por el sustrato. La curva de desorción permite calcular la porosidad de aire del sustrato y las diferentes fracciones de agua retenida: agua disponible o fácilmente asimilable, agua de reserva y agua difícilmente asimilable. En principio, los criterios de interpretación de las propiedades físicas tradicionalmente empleados son válidos para los nuevos métodos desarrollados en las normas técnicas europeas, aunque en ciertos casos puede requerirse de alguna adecuación (Masaguer et al., 2013).

El uso del compost como sustrato o componente de sustratos ha sido objeto de un excelente trabajo (Abad et al., 2008), en el que se analizan los principales factores limitantes y se efectúan unas recomendaciones genéricas, planteándose alternativas de futuro que permitan obtener compost de calidad, con unas propiedades adecuadas para su empleo como sustrato o componente de sustratos de cultivo. El grado de madurez del compost es, juntamente con la salinidad, una de las características más importantes que condicionan la promoción del compost de biorresiduos, ya que los compost frescos, no suficientemente maduros, presentan fitotoxicidad residual, que puede afectar negativamente a la fisiología de las raíces y las plantas.

La búsqueda de sustratos alternativos a base de materiales orgánicos que sean de fácil acceso y que resulten baratos, es uno de los principales objetivos de los productores hortícolas (Dede et al., 2006). Normalmente, dichos materiales son procesados para formar composta antes de ser usados como sustratos y tienen efectos benéficos en las plantas, si se usan en proporciones adecuadas (García-Gómez et al., 2002). El presente trabajo plantea como objetivo general evaluar la calidad de la composta como abono orgánico, producida con residuos de cítricos, objetivos particulares, determinar las características físicas, químicas y biológicas de la composta elaborada a partir de residuos de cítricos y su utilización como sustrato en la producción de cultivos sin acidificar éstos, además de transformar una fuente de contaminación en materia orgánica.

### **Materiales y métodos**

El presente trabajo se llevó a cabo en el campo experimental, así como en el laboratorio de Agromicrobiología del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara. La elaboración de la composta se realizó utilizando 50 kg de estiércol de bovino, 50 kg de residuos de cítricos 50 kg de rastrojo de maíz, 500 g de levadura para pan y 500 g de azúcar, estos ingredientes se pusieron a fermentar durante 21 días, la preparación consistió en construir un “montón” a partir de capas paralelas de cada uno de los materiales, se aplicó el agua y la mezcla de azúcar y levadura para humedecer sin provocar escurrimiento.

En los primeros tres días se mezcló el montón por la mañana y por la tarde y a partir del cuarto día, se volteó una sola vez. Finalmente, entre los 12 y 15 días el abono fermentado logró su maduración, su temperatura fue igual a la ambiental, adquiriendo un color gris claro, estaba seco y de consistencia suelta después se hicieron análisis.

Tomando los parámetros de pH, nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica para las variables químicas y para las físicas, capacidad de absorción de agua, capilaridad, densidad aparente e infiltración.

Para determinar la calidad como abono orgánico de la composta, se plantearon las variables físicas químicas y biológicas. El diseño experimental utilizado para ubicar y evaluar el efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de germinación de semillas, fue el denominado bloque completo al azar, utilizando tres repeticiones. Los datos obtenidos en las diferentes variables, se sometieron al análisis de varianza y a la prueba de separación de medias denominada DMS  $P > 0.05$  (Padrón, 2003; Reyes, 1999).

En las variables físicas y químicas no hubo repeticiones, por lo que los resultados se presentan en forma de cuadros.

En las variables físicas se determinaron las siguientes mediciones según el manual de Fisher et al. (2003): a) Densidad aparente (gr.  $\text{cm}^{-3}$ ), b) Capacidad de absorción de agua (gr.  $\text{cm}^{-3}$ ), c) Capilaridad (gr.  $\text{cm}^{-3}$ ), d) Infiltración (min.). Variables químicas, pH, nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica. Las determinaciones físicas, y químicas, así como el pH, conductividad eléctrica y absorbencia fueron efectuadas en el laboratorio ambiental y de abonos orgánicos ubicado en el CUCBA, de la Universidad de Guadalajara. La determinación de las variables biológicas en la composta se realizó para observar: El efecto de la composta, sobre el porcentaje de germinación de semillas de chile y cebolla. El número de microorganismos como Unidades Formadoras de Colonias (UFC) presentes en la composta.

### Variables físicas

Capacidad de absorción de agua. La determinación de la capacidad de absorción de agua se realizó en una maceta con capacidad de 300 ml y se colocó sobre una palangana. La maceta se rellenó del sustrato hasta la marca (250 ml) dejándola caer varias veces para comprimir y rellenando nuevamente hasta la marca, una vez nivelado el sustrato se pesó (peso seco), se agregó agua a la palangana hasta una altura poco menor a la altura de la maceta, se retiró la maceta una vez que la superficie del sustrato se observaba ligeramente cubierta de agua, se dejó escurrir toda el agua de la maceta y posteriormente se pesó (peso húmedo).

Capilaridad. Para determinar la capilaridad se utilizó una maceta de 300 ml y se rellenó la maceta con composta hasta la marca (250 ml), se dejó caer varias veces y se volvió a rellenar hasta la marca, se registró su peso (peso seco), se agregó agua a la palangana (3 cm) y se depositó la maceta dentro, se retiró después de 15 min.; se dejó escurrir por 10 min.; y se pesó (peso húmedo).

Densidad aparente. Para la determinación de la densidad (peso/volumen) se utilizó una probeta de 500 ml de capacidad, a la que se le registró el peso. El sustrato se depositó en la probeta hasta los 400 ml y se pesó. Se agitó para disminuir el espacio vacío y nivelar la superficie y leer el volumen compactado.

Velocidad de infiltración. Para la prueba de infiltración se utilizó una maceta de plástico de 300 ml de capacidad. El sustrato se colocó en la maceta hasta los 250 ml En una probeta se midieron 100 ml de agua, la que se agregó a la maceta haciendo movimientos circulares. Se activó el cronometro al momento de la caída del agua y se detuvo hasta que ésta se filtró completamente en el sustrato.

Los resultados se registraron como el tiempo de infiltración de los 100 ml.

Variables químicas: Medición de pH y conductividad eléctrica (CE). Se pesó un frasco vacío y sin tapadera, se pesaron 20 gr. de sustrato y se depositaron en el frasco, se midieron 40 ml de agua destilada en una probeta, se vació al recipiente y se cerró el frasco, se agitó durante 10 minutos en el agitador (AROS 160). En la suspensión se determinó el pH y la CE con un equipo Hanna (HI-9810). Las demás variables químicas se determinaron de acuerdo a los manuales establecidos en el laboratorio de agromicrobiología.

Variables biológicas. La determinación de las variables biológicas en la composta se realizó para observar:

El efecto de la composta, sobre el porcentaje de germinación de semillas y plántulas de chile (*Capsicum annum*) y cebolla (*Allium cepa*). Se realizó mediante un bioensayo de porcentaje de germinación y de sobrevivencia. Las pruebas de germinación de semilla y sobrevivencia se llevaron a cabo con semillas de cebolla y chile. Se colocaron 20 semillas de cada especie en cajas de Petri de 10 cm de diámetro, se colocaron 5 mm de composta. La composta fueron saturada mediante la adición de agua destilada, posteriormente se colocaron las semillas. Las cajas se mantuvieron en una incubadora a 28°C y en la obscuridad, hasta que se evaluó el porcentaje de germinación después de cuatro días. Posteriormente a los siete días se evaluó el porcentaje de sobrevivencia.

Conteo de microorganismos. Se cuantificaron las poblaciones de hongos, bacterias y actinomicetos. Los medios de cultivo utilizados fueron PDA, agar nutritivo y agar Czapek, respectivamente.

El método utilizado fue el de diluciones decimales y vaciado en placa, según el manual de Valdés (1980). Se utilizaron 10 g de muestra tamizada de composta y se depositaron en un frasco de dilución el cual contenía 90 ml de agua destilada. El frasco se agitó por cinco minutos y posteriormente se tomó 1 ml de la suspensión para realizar diluciones decimales hasta 10<sup>-8</sup>. Se tomaron 0.5 ml de cada una de las diluciones correspondientes y se depositaron en cajas de Petri con los medios de cultivo correspondiente para cada tipo de microorganismo. Una vez depositada la muestra se extendió sobre la superficie. Las cajas de Petri se pusieron en incubadora (TERLAB D80) a 28°C y el conteo de microorganismos se realizó a los tres y seis días de efectuada la siembra.

### **Resultados y discusión**

Los resultados para los parámetros evaluados en la composta fueron en porcentaje: Materia orgánica 25, pH 7.94, nitrógeno 1.51, potasio 0.798, fósforo 0.76, calcio 1.99. Estos resultados corroboran los obtenidos por Ansorena en el 2014. Para las variables físicas, el ensayo para evaluar la utilización de la composta como medio de cultivo al aumentar la cantidad de agua neta disponible para las plantas y reducir la frecuencia del riego. El cuadro 1 muestra una capacidad de absorción de agua con un valor de 41.6% en la composta en fase de maduración, siendo este un porcentaje superior al óptimo que oscila entre el 20% y el 30% (Ansorena, 1994 ; Cadahia, 2005). Los materiales procesados a través del compostaje contienen nutrientes que al ser absorbidos por las plantas tienen efectos positivos sobre fotosíntesis y contenido de clorofila.

En compostas, la disponibilidad de nutrientes para las plantas es mayor, ya que este proceso aumenta las formas disponibles de los elementos, incluyendo nitratos, así como formas intercambiables de P, K, Ca y Mg (Chamani et al., 2008).

Velocidad de infiltración 36 segundos y capilaridad 9.36 %. Esta propiedad consiste en que el sustrato tenga la capacidad de absorber agua a través de los microporos y de transportarla en todas las direcciones. Cuando el sustrato no tiene capilaridad, el agua se mueve verticalmente a través del perfil del mismo, llegando rápidamente al drenaje y dejando zonas secas en las cuales no se pueden desarrollar las raíces (Cadahia, 2005).

Para la densidad aparente fue de 0.85 gr/l. La densidad aparente representa el peso seco del medio con relación al volumen total que ocupa. Conforme aumenta la densidad aparente, las condiciones del drenaje y la porosidad para el aire disminuyen. Es necesario que la composta este formada por partículas de tamaño adecuado a su utilización, como sustratos para macetas sin suelo y otras importantes aplicaciones. La densidad aparente de la composta la cual según los parámetros presenta un valor aceptable para ser utilizado como sustrato de crecimiento.

Parámetros en composta	Parámetros obtenido
Materia orgánica (%)	28
Cenizas (%)	76
Carbono orgánico (%)	16.50
Relación carbono/nitrógeno (C/N)	28
Nitrógeno total (%)	1.83
Fósforo (%)	0.70
Potasio (%)	0.440
Sodio (%)	0.340
Calcio total (%)	1.98
Magnesio (%)	0.38
pH	7.69
Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	2.46
Propiedades físicas	
Densidad aparente (gm/ml)	0.85
Capacidad de absorción (%)	41.6
Velocidad de infiltración segundos	36
Humedad (%)	46.29
Tamaño partículas (mm)	13

Tabla 1 Resultados de la composta

### Variables biológicas

Bioensayo de porcentaje de germinación y de sobrevivencia en semillas de chile (*Capsicum annuum*) y cebolla (*Allium cepa*) observamos que la germinación y sobrevivencia fue mejor con la composta que con el testigo. El análisis de la varianza para esta variable, no presentó diferencias significativas para el efecto de tratamientos. El tratamiento testigo presentó el 88 % de germinación, cifra inferior a la germinación lograda por los tratamientos con composta granulada (90 y 92% en ambos casos). Los tratamientos que lograron mayor porcentaje de germinación fueron las semillas de chile (*Capsicum annuum*) (cuadro 2).

	% de germinación promedio	% de sobrevivencia promedio	DMS
Semillas de chile ( <i>Capsicum annuum</i> )	92	90	a
Semillas de cebolla ( <i>Allium cepa</i> )	90	90	a
Testigo	88	89	b

Tabla 2 Prueba de separación de medias para la variable porcentaje de germinación y sobrevivencia de los tratamientos

### Conteo de microorganismos

La cuantificación en placa de hongos, bacterias y actinomicetos se determinaron durante la fase de maduración de la pila, la cuenta de hongos, actinomicetos y bacterias permaneció relativamente constante:  $37 \times 10^{-2}$ ,  $10 \times 10^{-3}$  y  $12 \times 10^{-6}$  UFC respectivamente, (cuadro 3). En general se puede apreciar que la población de microorganismos presentes en la composta en la fase de maduración, los hongos fue la población dominante.

Durante la fase de madurez se desarrollan importantes procesos tales como la estabilización de la materia orgánica, que implica la atenuación de núcleos tóxicos generados durante la fermentación, la humificación y la nitrificación, entre otras. Este cambio es conducido principalmente por microorganismos, por lo que la actividad microbiana detectada en esta fase, puede estar relacionada a dichos cambios.

	Hongos UFC $10^{-2}$	Actinomicetos UFC $10^{-3}$	Bacterias UFC $10^{-6}$
Muestra testigo	37	7	6
Composta	36	10	12

**Tabla 3** Cuenta de microorganismos evaluados en la composta

### Conclusiones

Con base a los resultados adquiridos, la composta elaborada con residuos de cítricos, puede ser utilizada como abono orgánico o sustrato en la producción de cultivos sin que haya un riesgo de acidificar el suelo de acuerdo al pH y los demás resultados alcanzados. La adición de restos de frutas ácidas en composta para ser utilizada como sustrato, tuvo un efecto positivo sobre la germinación de las semillas de chile (*Capsicum annuum*) y cebolla (*Allium cepa*). Asimismo, la colocación de despojos en la composta nos permite darle una utilidad para que no sea una fuente de contaminación.

### Referencias

Abad, M., Fornes, F., Mendoza-Hernández, D. y García de la Fuente, R. 2008. Actas de Horticultura 53:17-31.

Alexander, M. 1996. Introduction to soil microbiology. John Wiley and sons. USA. p.p.455.

Ansorena, M.J. 1994. Sustratos. Propiedades y caracterización, Ediciones Mundi-Prensa, España, pp. 172.

Ansorena, J., Batalla, E., Merino, D. y Moreno, A. 2012. El compost de biorresiduos como componente de sustratos. Horticultura N° 300: 42-47.

Ansorena, J., Batalla, E. y Merino, D. 2014. Propiedades fisicoquímicas del compost de residuos de alimentos y su empleo como componente de sustratos. XI Jornadas de la SECH. Zizurkil, 25-27 jun.

Arcadis. 2009. Assessment of the

Bures, S. 1997. Sustratos, Ediciones Agrotécnicas F.L., Madrid España, pp. 342.

U.S. Composting Council. 2001. Test methods for the examination of composting and compost, USDA-Compost Council.

Chamani, E.; Joyce, D. C. and Reihanytabar, A. 2008. Vermicompost effects on the growth and flowering of *Petunia hybrida* 'Dream Neon Rose'. American- Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 3:506-512.

Dalzel, H.W. 1991. Manejo del suelo. Producción y uso del compost en ambientes tropicales y subtropicales, Boletín de Suelos de la FAO, No. 56, Roma Italia, pp. 18-20.

Dede, O. H.; Koseoglu, G.; Ozdemir, S. and Celebi, A. 2006. Effects of organic waste substrates on the growth of impatiens. *Turkish J. Agric. Forestry*. 30:375-381.

De Luna, V.A. y E.A. Vázquez. 2009. Elaboración de abonos orgánicos, Segunda edición, Universidad de Guadalajara, México, pp. 86.

Gómez-Merino, Fernando Carlos; Trejo-Téllez, Libia Iris; Velásquez-Hernández, María de los Ángeles; García-Albarado, J. Cruz; Ruiz-Bello, Alejandrina Macronutrientes en petunias crecidas con distintas proporciones de composta en sustrato. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, núm. 3, noviembre-diciembre, 2011, pp. 399-413. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Estado de México, México

Instituto Nacional de Normalización. 2005. Norma chilena oficial para el control de la calidad de compostas (NCh-2880.Of2004), Decreto exento no. 89, Chile.

Labrador, M.J. 2002. La materia orgánica en los agroecosistemas, Segunda Edición, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid España, pp. 174.

Lampkin, N. 1998. Agricultura ecológica, Gestión de los estiércoles y residuos orgánicos, Ediciones Mundi Prensa, México D.F., pp. 85-104.

Masaguer, A., Vidueira, P., Moliner A. and Zárate, B.H. 2013. Physical Characterization of Growing Media Using Standard Methods (CEN) – Limitations of Applicability for Pine Bark and Vermiculite. *Acta Hort*. 1013:85-88.

Mother Nature (2013). 30 things you should never compost or recycle

Nieto, G.A. 2002. La composta. Importancia, elaboración y uso agrícola, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz B.C.S., México, pp. 86.

Reyes, C.P. 1999. Diseño de experimentos aplicados, Editorial Trillas, Tercera edición, pp. 122-128

Rosas, R.A. 2007. Agricultura orgánica práctica, Quinta Edición, Grupo Agrovereda, Bogota Colombia, pp. 193-196.

SAGARPA (2013) Operación desde 2001 del “Programa Nacional de Reconversión Productiva de la Cadena Citrícola”.

Stoffella, J.P. y A.B. Kahn. 2005. La utilización de compost en los sistemas de cultivo hortícola, Mundi-Prensa, Madrid España, pp. 397.

Ulloa, H.; García, M.; Pérez, A.; Meulenert, A.; Ávila, D. 2011. CLIMA Y RADIACIÓN SOLAR EN LAS GRANDES CIUDADES: ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA (ESTADO DE JALISCO, MÉXICO) *Investigaciones Geográficas*. 56: 165-175 Universidad de Alicante Alicante, España

Valdés, R. 1980. Manual de Microbiología Agrícola, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Departamento de Microbiología, Laboratorio de Microbiología Agrícola, pp. 69.

Zañudo, H.J., E.B. Pimenta y H.B. Ramírez. 2003. Manual de prácticas de fisiología vegetal, Academia de ecofisiología vegetal, Universidad de Guadalajara, Zapopan Jalisco, México, pp. 86.