

Uso de Biosólidos en Producción de Hortalizas¹

Mónica Ozores-Hampton y Joel Mendez²

Palabras clave: Biosólidos, aguas residuales, composta, desecho sólido municipal, desechos de podas.

Resumen: Aplicación al suelo y a rellenos sanitarios son los destinos más comunes para los biosólidos en los Estados Unidos. Cuando son tratados y manejados apropiadamente de acuerdo a las regulaciones y estándares estatales y federales existentes, los biosólidos son seguros para el medio ambiente y la salud humana. La aplicación de biosólidos en la producción de hortalizas, como enmiendas orgánicas en los suelos, puede incrementar el crecimiento de la planta y producir rendimientos comparables con cantidades menores de nutrientes inorgánicos en comparación con fertilizantes comerciales sintéticos. No existe una determinada dosis de aplicación de biosólidos a un cultivo que sea capaz de producir los mismos rendimientos de un fertilizante comercial sintético. Sin embargo, los biosólidos pueden ser usados en conjunto con fertilizantes disminuyendo así la dosis de aplicación requerida. Los mayores obstáculos para la aprobación de los biosólidos están relacionados a problemas de contaminación del agua, olores fétidos y enfermedades para los humanos. Además, los metales pesados originados de estos, generan una percepción negativa hacia el

público. Para asegurar la utilización de los biosólidos en sistemas de producción hortalizas, la dosis agronómica (requerimiento de nutrientes del cultivo) debería ser calculada antes de la aplicación para un cultivo específico.

Introducción

En el 2004, la cantidad de biosólidos (previamente conocido como aguas residuales tratadas) que se produjo en Estados Unidos fue aproximadamente de 7.1 millones de ton (6.4 millones de t), un incremento de 0.2 millones de ton (0.1 millones de t) desde 1998 (USEPA, 2007). Actualmente, cerca del 55% de la producción anual de biosólidos es usada beneficiosamente en suelos dedicados a la agricultura, bosques, enmiendas a los suelos o son almacenados para dichos propósitos. Según USEPA (1999), el uso benéfico de biosólidos puede incrementarse debido a los beneficios de su reciclaje, costo competitivo, y con educación producirá una percepción positiva en el público (USEPA, 1999). Los biosólidos pueden ser usados en viveros, jardines, productores de mezclas de suelo, parques, producción de hortalizas, frutas y plantas ornamentales.

1. Este documento, HS1183, es uno de una serie de publicaciones del Departamento de Horticultural Sciences, Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida, Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas, Universidad de la Florida. (UF/IUFAS). Fecha de primera publicación: August 2010. Visite nuestro sitio web EDIS en <http://edis.ifas.ufl.edu>.

2. Mónica Ozores-Hampton, assistant professor, and Joel Mendez, University of Florida/IFAS, Southwest Florida Research and Education Center

Los biosólidos, conocidos también como aguas residuales tratadas, son un subproducto de aguas de desecho y estiércol humano especialmente tratado, estabilizado y desinfectado que se originan de aguas residuales de áreas urbanas o industriales y de escorrentía de aguas de lluvia. Las regulaciones para el pre-tratamiento de biosólidos requieren que las plantas industriales transformen o remuevan cualquier tipo de contaminante derivado de aguas residuales (plásticos, trapos, rocas, etc.) antes que sean descargadas a la planta de tratamiento municipal. Las materias primas (aguas residuales) de etapas previas deben ser procesadas para producir biosólidos. Los objetivos del tratamiento son destruir organismos causantes de enfermedades, tales como bacterias, virus y reducir los olores fétidos. Los procesos más comunes para reducir patógenos incluyen (USEPA, 1994, 1995):

Digestión anaeróbica:

Involucra el uso de un contenedor cerrado, libre de oxígeno (digestor) y bacterias anaeróbicas. Las bacterias fermentan el desperdicio en el digestor, produciendo biogás rico en metano, fibra y aguas residuales ricas en nutrientes las cuales pueden ser usadas como un fertilizante líquido.

Digestión Aeróbica:

Es similar a la digestión anaeróbica pero en un ambiente rico en oxígeno como un tanque o una laguna. El tanque o laguna puede ser aireado naturalmente o mecánicamente.

Compostaje:

Es un proceso de descomposición biológico en el cual microorganismos convierten materias primas orgánicas en materiales relativamente estables como el humus. Durante la descomposición, los microorganismos asimilan sustancias orgánicas complejas y liberan nutrientes inorgánicos (Metting, 1993). Este proceso de descomposición puede ocurrir únicamente con biosólidos o asociándolos con desechos de poda, rastrojos de cosechas, desecho sólido municipal, desecho de madera, desechos alimenticios u otro material de desecho rico en carbono (C). El proceso se puede realizar usando un sistema **in-vessel** (dependiendo de una variedad de

técnicas de aireación forzada y de volteo mecánico para acelerar el proceso), pilas estáticas (una sopladora suministra oxígeno a los materiales en el proceso de compostaje y en donde los materiales no se voltean o agitan una vez que la pila está formada), o métodos de compostaje en pilas o windrows (consisten en colocar una mezcla de materias primas en pilas largas y angostas las cuales son agitadas o volteadas periódicamente). Durante el proceso de compostaje en pilas la temperatura de los biosólidos puede alcanzar los 131°F (55 °C) o más. Esta temperatura se mantiene al menos por tres días con el método de compostaje in-vessel y 15 días con el método de compostaje con pilas (windrow) para destruir los patógenos y debe voltearse cinco veces durante este periodo.

Calor:

Se usan secadores activos o pasivos para extraer el agua de los biosólidos. A través de este proceso los patógenos también pueden ser destruidos.

Cal:

Es incorporada a los biosólidos para elevar el pH a un nivel aceptable, como enmienda del suelo, después de dos horas de contacto.

Secado con aire:

Los biosólidos pueden ser secados en camas de arena o en bases pavimentadas o no pavimentadas por un mínimo de tres meses a temperatura ambiente diaria promedio por encima de 32° F (0 °C).

Nutrientes para las plantas en los biosólidos

El contenido de agua de los biosólidos puede variar de líquidos a secos (99 a 5% de humedad) dependiendo del proceso de estabilización utilizado [Tabla 1 (Obreza y Ozores-Hampton, 1999)]. Debido a la variabilidad de los biosólidos puede ser complicado hacer recomendaciones respecto a sus usos comparándolos con los fertilizantes convencionales.

Los biosólidos tienen un pH alcalino cercano al neutro, una relación de carbono:nitrógeno (C/N)

menor de 10 y un contenido de 1 a 5% de N y fosfato (P_2O_5) (Obreza y Ozores-Hampton, 1999).

Los biosólidos compostados pueden ser muy variables cuando son mezclados con otros materiales que contienen C durante el proceso de compostaje. Los biosólidos son con frecuencia mezclados con desechos de poda, rastrojos de cosechas, desecho sólido municipal, desecho de madera y desechos alimenticios para crear un co-compost (compostaje de dos o más materiales mezclados), debido a que el N adicionado a través de los biosólidos acelera el proceso de compostaje de estas materias primas (Tabla 2). Uno de los materiales más usados para hacer compost son los desechos de poda debido a que el Estado de Florida no los acepta en la clasificación de vertedero Clase I, por lo que el co-compost mezclado con biosólidos puede convertirse en una opción atractiva para su uso.

Generalmente los biosólidos líquidos son aplicados por medio de aspersores o camiones esparcidores. Los productos sólidos son aplicados usualmente con esparcidores de estiércol.

Reglamentos que rigen la aplicación de biosólidos en cultivos de hortalizas

Los biosólidos y biosólidos mezclados con desechos de poda o desechos sólidos municipales son regulados a nivel Federal bajo la Ley de Agua Limpia Sección 503 (USEPA, 1994, 1995). En el 2007, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) reportó que del total de biosólidos aplicados al suelo el 74% es aplicado a suelos dedicados a la agricultura. Actualmente 37 Estados requieren prácticas de manejo, para aplicaciones de biosólidos al suelo, que son más estrictas que aquellas descritas en la Ley de Agua Limpia Sección 503.

La Ley de Agua Limpia Sección 503 clasifica la calidad de los biosólidos con respecto a nueve contaminantes regulados, concentración máxima de contaminante, concentración de contaminación, tasa de carga de contaminación acumulada y la tasa de carga anual de contaminación (Tabla 3).

Con respecto a la densidad de patógenos, existen dos niveles de calidad de biosólidos, Clase A y B (Tabla 4); (USEPA, 1994, 1995)]. Si los patógenos *Salmonella* spp. *E. coli*, virus enteríticos (virus que infectan células que recubren el tracto gastrointestinal) y huevos fértiles de Helminthos (gusanos parasíticos como *Ascaris*, *Necator*, *Taenia*, *Trichuris* y huevos de estos gusanos), están debajo de los niveles detectables (Clase A) los elementos contaminantes regulados en los biosólidos satisfacen la Calidad Excepcional (EQ, Exceptional Quality). Existen menos restricciones en su uso en la producción de hortalizas. Los biosólidos son clasificados en la Clase B si los patógenos son detectados pero han sido reducidos a niveles en los cuales no exista una amenaza para la salud del público y del ambiente. La regulación Estatal de los biosólidos, prácticas de manejo y sitios restringidos son más restrictivos para la producción hortícola que para los cultivos agronómicos. Estas restricciones pueden limitar el uso de biosólidos en la producción de hortalizas. Por ejemplo, cultivos cuyas partes cosechables entran en contacto con biosólidos/mezcla de suelo no podrán ser cosechadas durante 14 meses después de la aplicación de biosólidos. Por lo tanto, la mayoría de cultivos hortícolas con ciclos de producción cortos (menos de 150 días) no pueden usar este tipo de biosólidos. En contraste, si el cultivo cuyas partes cosechadas no toca los biosólidos/mezcla de suelo no será cosechado durante 30 días después de la aplicación de biosólidos (las camas de plástico pueden ser una barrera física). Por lo tanto cualquier cultivo en camas con acolchado plástico puede usar biosólidos Clase B. Los requisitos para las aplicaciones en cultivos hortícolas con límite de tasa de carga de contaminantes acumulada (CPLR) y límite de tasa de carga de contaminante anual de biosólidos (APLR) son más complicados y de sitios específicos. Su uso es extremadamente restringido para la producción de cultivos de hortalizas. Cuando son tratados apropiadamente y manejados de acuerdo con las regulaciones y estándares Estatales y Federales, los biosólidos son seguros para el ambiente y la salud humana (Evanylo, 1999).

Calculo de la tasa de aplicación

Para determinar la cantidad de biosólidos que puede ser aplicada al suelo por año, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA) recomienda la siguiente ecuación (USEPA, 1994; 1995):

Tasa total anual de aplicación de biosólidos (aguas residuales) (AWSAR) = $APLR / (C \times 0.001)$, en donde APLR esta expresado en kg/ha^{-1} por año (Tabla 3); C es la concentración de contaminante por unidad de biosólidos en mg/kg^{-1} o ppm, peso seco y 0.001 es una constante.

Los biosólidos deben ser analizados en primer lugar por los nueve elementos contaminantes regulados. Luego, usando el cálculo mencionado arriba, la menor AWSAR calculada para cada contaminante será la tasa de aplicación. Si bien esto provee una excelente estimación de la cantidad de biosólidos que se pueden utilizar, normalmente, el factor que limita la cantidad de biosólidos usados es con frecuencia basado en N o dosis agronómica, definida como la cantidad de N necesario para el cultivo para obtener el rendimiento deseado y minimizar la lixiviación de N debajo de la zona radicular a las aguas subterráneas (Zhang et al., 1998). La etiqueta de los biosólidos empaquetados, bolsas o a granel debería contener el porcentaje total de N, también su porcentaje disponible en el primer año. Este valor puede ser aplicado a la cantidad de biosólidos permitidos así como determinados por el valor AWSAR. La acumulación de elementos contaminantes no es una limitante cuando los biosólidos son aplicados en las dosis agronómicas porque los biosólidos de hoy en día son muy limpios. Por ejemplo, si la cantidad de biosólidos es limitada por la concentración de cobre a 20,000 lb/acre ($24,000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) y los biosólidos contienen 2 % de N total y 50% de mineralización en el primer año, entonces la cantidad máxima de N que puede ser aplicada es 200 lb/acre [$(240 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1})$ Zhang et al., 1998]. Existen varios factores que afectan la tasa agronómica como: N total y disponible de los biosólidos, pérdidas de N, otras fuentes de N y rendimientos esperados. Esta cantidad puede exceder el valor máximo para el cultivo, por lo tanto, esto también debe ser

considerado cuando se aplican biosólidos en la producción de hortalizas.

Precios de los biosólidos

La mayoría de los biosólidos se originan de la misma materia prima, pero pueden diferir en la forma física de acuerdo a la cantidad de deshidratación a la que se someten antes de que se aplique al suelo. En general, cuanto más tratamiento (estabilización), se le da a los biosólidos antes de que salgan de la planta de tratamiento de aguas residuales, es más costoso. Por lo tanto, los biosólidos secos son más costosos que los lodos o tortas (Tabla 1).

Efecto de los biosólidos en la producción de hortalizas

La aplicación al suelo de biosólidos sola o en combinación con otros materiales a sido reportada que aumentar el rendimiento de varias hortalizas las cuales incluyen tomate (*Lycopersicon esculentum*), calabaza (*Cucurbita maxima*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) (Tablas 5 y 6). En Florida, las dosis de aplicación en el nivel más bajo es de 3 a 6 ton/acre (6.7 a $13.5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) reflejó un incremento del rendimiento de los cultivos de tomate, calabaza y frijol (Bryan y Lance, 1991; Ozores-Hampton et al. 1994a, 1994b). Los biosólidos se utilizan en el cultivo de chile pimiento (*Capsicum annuum*) para reducir la dosis de N en un 50% lográndose alcanzar el mismo rendimiento comercial que un cultivo de chile pimiento con la aplicación del fertilizante (Ozores-Hampton et al., 2000). La biomasa de la planta fue mayor con la aplicación de biosólidos que el control al cual no se había aplicado biosólidos. El pH del suelo, la prueba de fosforo extraíble Mehlich 1, potasio, calcio, magnesio, zinc, manganeso, hierro y cobre fueron mayores en las parcelas con aplicación de biosólidos que la parcela control. La concentración de materia orgánica en el suelo fue tres veces mayor en donde los biosólidos fueron aplicados y comparados con el suelo al cual no fue aplicado.

La combinación de biosólidos y fertilizantes inorgánicos generalmente ha sido más efectiva para producir una respuesta positiva en el cultivo que la aplicación de fertilizante y biosólidos por separado (Ozores-Hampton et al., 2000; 1999).

Existen varios beneficios para los productores a través del uso de biosólidos como la mejora física (capacidad de retención de agua), química (reducción de la aplicación de fertilizante) y propiedades biológicas del suelo las cuales incrementan la población microbiana (Gallardo-Lara y Nogales, 1987; Li et al., 2000).

Hoy en día, existen dos problemas que afronta la industria de los biosólidos. El mayor de ellos es el incremento del costo de producción y el segundo es el estigma relacionado al uso de biosólidos. Esto incluye temores asociados a la aplicación de biosólidos que conlleva a la degradación ambiental, incluyendo contaminación al suelo, aguas subterráneas y la amenaza potencial a la salud de los animales y de los humanos debido a la presencia de patógenos (Muchovej y Obreza, 1999; Li et al., 2000). Cabe señalar que la USEPA tiene pautas estrictas que regulan la producción y utilización de los biosólidos en los Estados Unidos. Estas normas se basan en estudios científicos de los efectos de los biosólidos en la interacción suelo-planta-animal-hombre. No se han producido impactos negativos documentados en la salud humana cuando los biosólidos cumplen las regulaciones Federales y se han aplicado al suelo en virtud de "Mejores Prácticas de Manejo" (USEPA, 1999).

LITERATURA CITADA

- Bryan, H.H. and C.J. Lance. 1991. Compost trials on vegetables and tropical crops. *BioCycle* 27(3):36-37.
- Bryan, H.H., J. Ramos, M. Coballo, and W. Scott. 1997. Effects of soil fumigation, compost, and non-fumigation on the yield, fruit quality, disease incidence, and other variables of tomato cultivar. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 110:364-366.
- Evanylo, G.K. 1999. Agricultural land application of biosolids in Virginia: Risks and concerns. *Va. Coop. Ext. Pub.* p. 452-304.
- Gallardo Lara, F. and R. Nogales. 1987. Effect of the application of town refuse compost on the soil plant system: A review. *Biol. Wastes* 10:35-62.
- Goldstein, N. 2000. The state of biosolids in America. *BioCycle* 41(12):50-56.
- Harrison, H. 1986. Carrot response to sludge application and bed type. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111(2):211-215.
- Hornick B. and J. F. Parr. 1987. Restoring the productivity of marginal soils with organic amendments. *Amer. J. Alt. Agr.* 2(2):64-68.
- Kidder, G., and G.A. O'Connor. 1993. Applying non-hazardous waste to land: II. Overview of EPA's 1993 sewage sludge use and disposal rule. *Univ. Fla. Coop. Ext. Serv.* SS-SOS-44.
- Li, Y.C., P.J. Stoffella, and H.H. Bryan. 2000. Management of organic Amendments in vegetables crop production systems in Florida. *Soil Crop Sci. Soc. Fla. Proc.* 59:17-21.
- Metting, F.B. 1993. Soil microbial ecology. Application in agricultural and environmental management. Marcel Dekker, New York.
- Muchovej, R. M. and T.A. Obreza. 1999. Biosolids: Are these residuals all the same? *Citrus and Veg. Mag.* (Sept.):14 -16.
- Obreza, T.A. and R.K. Reeder. 1994. Municipal solid waste compost use in a tomato-watermelon successional cropping. *Soil Crop Sci. Soc. Fla. Proc.* 53:13-19.
- Obreza, T.A., and M. Ozores-Hampton. 1999. Management of organic amendments in Florida citrus production systems. *Soil and Crop Sci. Soc. Fla. Proc.* 59:22-27.
- Ozores-Hampton, M., H.H. Bryan and R. McMillan. 1994a. Suppressing disease in field crops. *BioCycle.* 35(7):60-61.
- Ozores-Hampton, M., B. Schaffer, H.H. Bryan, and E.A. Hanlon. 1994b. Nutrient concentrations, growth and yield of tomato and squash in municipal solid waste amended soil. *HortScience* 29:785-788.
- Ozores-Hampton, M.P. and T.A. Obreza. 1999. Composted waste use on Florida vegetable crops: A review. *Proceedings of the International Composting*

Symposium. September 19-23, Halifax/Dartmouth Nova Scotia, Canada, p. 827-838.

Ozores-Hampton, M., P.A. Stansly, T.A. Obreza. 2000. Biosolids and soil solarization effects on bell pepper (*Capsicum annuum*) production and soil fertility in a sustainable production system. HortScience 35:443.

Schreeg, M. and D.L. Jarrett. 1996. Biosolids cut fertilizer costs by \$200 an acre. BioCycle 37(10):69-71.

Smith, S.R., J.E. Hall, and P. Hadley. 1992. Composting sewage wastes in relation to their suitability for use as fertilizer materials for vegetable crop production. Acta Hort. 302: 203-215.

Smith, W. 1995. Utilizing compost in land management to recycle organics. Proc. of the Euro. Comm. Intl. Symp. The Science of Composting. Bologna, Italy. May 30- June 2. p 89-96.

U. S. Environmental Protection Agency. 1994. A plain English guide to the EPA part 503 biosolids rule. EPA832-R-93-003. September.

U. S. Environmental Protection Agency. 1995. A guide to the biosolids risk assessments for the EPA part 503 rule. EPA832-B-93-005. September.

U. S. Environmental Protection Agency. 1999. Biosolids generation, use, and disposal in the United States. EPA503-R-99-009. September.

Zhang H, N. Basta, and J. Stiegler. 1998. Using biosolids as a plant nutrient source. Current Rpt. Okla. Coop. Ext. Serv. CR-2201. 0698 Rev.

Tabla 1. Composición Química Promedio de varios Biosólidos en USA.

Material	Sólidos (%)	N (%)	P_2O_5 (%)	pH	Relación C:N
Lodo	1	2.3	3.1	6.6	7
Torta	17 - 30	1.0 - 7.6	0.2 - 3.0	7.4 - 8.4	6 - 8
Cal tratada	66	1	1	12	13
Pelets	94	4.5	4.0	7	7

Tabla 2. Composición Química Promedio de varios Tipos de Co-compost Biosólidos y otros Materiales en USA

Material	Sólidos (%)	N (%)	P_2O_5 (%)	pH	Relación C:N
Desechos de podas/biosólidos	70	2	2.5	8	15
Desechos de podas/biosólidos	70	1.1	2	7	23
Desechos de podas/Comida/biosólidos	75	2.8	5	7	25
Desechos de madera/biosólidos	65	1.8	2.5	7	25

Tabla 3. Límites de Contaminantes por el Uso de Biosólidos en la Producción de Hortalizas (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, 1994 y 1995)

Contaminante	Límite máximo de concentración para todos los biosólidos aplicados al suelo [mg/kg ⁻¹ (ppm)] ^z	Límite de concentración de contaminantes para el índice de calidad excepcional y Concentración de contaminantes de biosólidos [mg/kg ⁻¹ (ppm)] ^z	Límite de tasa de carga de contaminantes acumulada (CPLR) de biosólidos (kg/ha ⁻¹) ^x	Límite de tasa de carga de contaminante anual (APLR) de biosólidos (kg/ha ⁻¹ por periodo de 365 días) ^w
Arsénico	75	41	41	2.0
Cadmio	85	39	39	2.0
Cobre	4,300	1,500	1,500	75
Plomo	840	300	300	15
Mercurio	57	17	17	0.85
Molibdeno	75	---	---	---
Níquel	420	420	420	21
Selenio	100	100	100	5.0
Zinc	7,500	2,800	2,800	140
Aplicado a :	Todos los biosólidos son aplicados al suelo	Biosólidos a granel y biosólidos en bolsas	Biosólidos a granel ^y	Biosólidos empacados

^z Basado en peso seco.

^y Los biosólidos empacados fueron vendidos o dados en bolsas u otro contenedor.

^x 0.893 lb/acre = 1 kg/ha⁻¹

Tabla 4. Cantidad de Patógenos en Biosólidos Clase A y B (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 1994)

Clasificación	Coliformes Fecales	Salmonella spp
Clase A	< 1,000 MPN ^z .g ⁻¹ TS ^y	0
Clase B	< 2,000 MPN.g ⁻¹ TS or < 2,000 CFU ^x g ⁻¹ TS	< 3 MPN 4g ⁻¹ TS

^z número más probable.

^y sólidos totales.

^x Unidades formadoras de colonias.

Tabla 5. Efecto de los Biosólidos en la Producción de Hortalizas en USA.

Cultivo	Nombre científico	Tipo de Biosólidos	Dosis (ton/acre) ^z	Tipo de suelo	Respuesta del cultivo	Citas
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i>	Clase A, pelets	0, 4.5, 9 y 18	Calcáreo	Incrementó rendimiento	Bryan y Lance, 1991.
Calabaza	<i>Cucurbita maxima</i>	Clase A, pelets	0, 1.5, 3 y 6	Calcáreo	Incrementó rendimiento	Bryan y Lance, 1991.
Frijol	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Clase A, pelets	0, 1.5, 3 y 6	Calcáreo	Incrementó rendimiento	Bryan y Lance, 1991.
Repollo	<i>Brassica oleraceae Capitata</i>	Clase A, pelets	0, 1.5, 3 y 6	Calcáreo	No hubo respuesta	Bryan y Lance, 1991.
Zanahoria	<i>Daucus carota</i>	Clase A	0 y 40	Franco-limoso	Incrementó rendimiento	Harrison, 1986
Coliflor	<i>Brassica oleraceae</i>	Clase A, pelets	0, 1.5, 3 y 6	Calcáreo	No hubo respuesta	Bryan y Lance, 1991.
Frijol	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Clase A, pelets	0.7 y 1.3	Calcáreo	Incrementó rendimiento	Ozores-Hampton et al., 1994a
Caupí	<i>Vigna unguiculata</i>	Clase A, pelets	0.7 y 1.3	Calcáreo	Incrementó rendimiento	Ozores-Hampton et al., 1994a
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i>	Clase A, pelets	7 y 10	Calcáreo	Incrementó rendimiento	Bryan y Lance, 1991
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i>	Ozores-Hampton et al., 1994b	0 y 7.2	Calcáreo	Incrementó rendimiento	Clase A, pelets
Calabaza	<i>Cucurbita maxima</i>	Clase A, pelets	0 y 7.2	Calcáreo	Incrementó rendimiento	Ozores-Hampton et al., 1994b
Maíz	<i>Zea mays</i>	No existe información	5.8 dry	Variado	Incrementó rendimiento	Shreeg y Jarrett, 1996
Chile pimiento	<i>Capsicum annuum</i>	Clase B, Torta	17	Arenoso	Incrementó rendimiento	Ozores-Hampton et al., 2000

^z 1 ton/acre = 2.24 t.ha⁻¹

Tabla 6. Efecto de los Biosólidos Compostados con otros Materiales en la Producción de Hortalizas en USA.

Cultivo	Nombre científico	Tipo de Compost	Dosis (tons/acre) ^z	Tipo de suelo	Respuesta del cultivo	Cita
Chile pimiento	<i>Capsicum annuum</i>	YT/BS	0 y 60	Arenoso	Incrementó rendimiento	Smith, 1995
Pepino	<i>Cucumis sativus</i>	YT/BS	0 y 60	Arenoso	Incremento rendimiento en residuos de composta	Smith, 1995
Pepino	<i>Cucumis sativus</i>	YT/BS	0 y 60	Arenoso	Incrementó rendimiento	Smith, 1995
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i>	MSW-BS	0, 6 y 12 (año 1)	Arenoso	Incremento rendimiento con composta madura	Obreza y Reeder, 1994
Sandia	<i>Citrullus vulgaris</i>	MSW-BS	0, 6 y 12 (año 1)	Arenoso	No hubo respuesta a la composta madura	Obreza y Reeder, 1994
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i>	MSW-BS	0, 12 y 24 (año 2)	Arenoso	Disminuyo el rendimiento con composta inmadura	Smith, 1995
Sandia	<i>Citrullus vulgaris</i>	MSW-BS	0, 12 y 24 (año 2)	Arenoso	No hubo respuesta a la composta madura	Smith, 1995
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i>	MSW-BS	0 y 11	Calcáreo	No hubo respuesta a la composta madura	Ozores-Hampton et al, 1994b
Calabaza	<i>Cucurbita maxima</i>	MSW-BS	0 y 11	Calcáreo	No hubo respuesta a la composta madura	Ozores-Hampton et al, 1994b
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i>	MSW-BS	0, 15 y 30 (año 1)	Calcáreo	Disminuyo el rendimiento 'composta inmadura'	Bryan et al, 1997
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i>	MSW-BS	0, 30 y 60 (año 2)	Calcáreo	Disminuyo el rendimiento con composta inmadura de años previos pero incremento con la composta madura	Bryan et al, 1997
Repollo	<i>Brassica oleraceae Capitata</i>	Sludge/ straw compost	No existe información	Franco-limoso	Incrementó rendimiento	Smith et al, 1992
Cebolla	<i>Allium cepa</i>	Sludge/ straw compost	No existe información	Franco-limoso	Incrementó rendimiento	Smith et al, 1992
Maiz	<i>Zea mays</i>	Sludge compost	0, 18, 36 y 72	Arena y grava de drenaje	Incrementó rendimiento	Hornick y Parr, 1987
Frijol	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Sludge compost	0, 18, 36 y 72	Arena y grava de drenaje	Incrementó rendimiento	Hornick y Parr, 1987

^z 1 ton/acre = 2.24 t.ha⁻¹

YT = Desechos de poda, BS = biosólidos, MSW = Desecho Sólido Municipal