

# MANEJO APROPIADO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA EL DESARROLLO AGROALIMENTARIO Y RURAL

## APPROPRIATE MANAGEMENT OF ORGANIC SOLID RESIDUES FOR AGRIFOOD AND RURAL DEVELOPMENT

Quispe-Limaylla, A.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, municipio de Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230.

\*Autor responsable: anibalq@colpos.mx

### RESUMEN

Una de las estrategias para lograr la sostenibilidad de la agricultura es reducir la dependencia de insumos externos, como los fertilizantes químicos, además de desarrollar y apropiarse de tecnologías adecuadas. A pesar de que contamos con recursos potenciales enormes para producir abono de calidad a partir de los residuos sólidos orgánicos urbanos y rurales, estos dejan de aprovecharse por no haber un manejo apropiado de los mismos. Con el fin de comprobar y demostrar esta conjetura, de 2000 a 2013 se realizaron acciones conjuntas de compostaje y producción de alimentos, con participación de la gente, tanto en el ámbito rural como urbano. En este trabajo se describen y explican los procesos, resultados e impactos generados, así como los aprendizajes logrados. El método general usado fue el de investigación acción con procedimientos específicos, como el experimento y la sistematización de experiencias. Los resultados mostraron que manejando adecuadamente los RSO, tanto urbanos como rurales, con procedimientos biológicos, como el compostaje con lombrices, con tecnología e infraestructura apropiada, en pequeña y mediana escala, se obtienen abonos de calidad, mismos que aplicados al suelo resultan en buenas cosechas. De lo anterior se concluyó que nuestra sociedad tiene una magnífica oportunidad para disponer de abono de calidad a partir de la cantidad importante de RSO que diariamente se genera, para una agricultura que exige sea orgánica y sostenible.

**Palabras claves:** compostaje, residuos sólidos orgánicos, agricultura orgánica.

### ABSTRACT

A strategy for the sustainability of agriculture is reducing the dependency on external inputs, such as chemical fertilizers, in addition to developing and appropriating adequate technologies. Despite having huge potential resources to produce quality fertilizers from organic solid residues (OSR), urban and rural, these are not exploited because of a lack of adequate management. With the aim of testing and demonstrating this speculation, joint actions of composting and food production were carried out in the period of 2000 to 2013, with participation of the rural and urban population. The processes, results, impacts generated and knowledge attained are described and explained, through the use of action research, with specific procedures such as experimentation and systematization of experiences. The results showed that quality fertilizers are obtained by managing adequately the OSR, urban and rural, with biological procedures (vermicomposting, with appropriate technology and infrastructure, in small and medium scale), which applied to the soil result in higher yields. Society has an excellent opportunity to have quality fertilizers from OSR that it generates daily, for an agriculture that it demands should be organic and sustainable.

**Keywords:** composting, organic solid residues, organic agriculture.

**Agroproductividad:** Vol. 9, Núm. 8, agosto, 2016. pp: 59-64.

**Recibido:** julio, 2015. **Aceptado:** abril, 2016.

## INTRODUCCIÓN

Los países en desarrollo, como México, enfrentan, entre otros problemas, crisis agrícola e inseguridad alimentaria y efectos de contaminación ambiental por residuos sólidos orgánicos (RSO) mal manejados (Grupo Interagencial de Desarrollo Rural, 2007). En la actualidad, las actividades de la moderna sociedad de consumo, el crecimiento demográfico y el incremento de las industrias, han generado un incremento de la producción de residuos, de forma exponencial en las últimas décadas, siendo los de origen orgánico o biodegradables los más importantes (Wilson, 2006). Por diversas razones, la componente orgánica, que es el tema central de este trabajo, no se ha manejado adecuadamente (Acurio *et al.*, 1997). La escasa intervención en el manejo apropiado de los RSO ha generado contaminación de los suelos, agua superficial y subterránea, el aire y, en general, al ambiente (Gobierno del Distrito Federal, 2003). Según la Subsecretaría de Desarrollo Urbano, para el caso de México, en 2006 las ciudades del país producían cerca de 96,000 t día<sup>-1</sup> de desechos, equivalente a 35 millones de t año<sup>-1</sup>. En 2010 dicho organismo estimó una producción de 39.1 millones de toneladas de basura. De este total, aproximadamente 50% fueron desechos orgánicos que pueden ser manejados y reciclados mediante procedimientos biológicos para obtener abono orgánico o biogás (Velasco, 2011). En cuanto a residuos de áreas rurales, no se cuenta con información clara sobre el volumen de generación; sin embargo, al igual que los urbanos, presentan un manejo poco apropiado. En ciertos casos los estiércoles son aplicados directamente a los suelos sin procesos de biodegradación, que resulta en aprovechamiento tardío por las plantas y genera problemas fitosanitarios (Capistrán *et al.*, 2001).

### La potencialidad de los RSO para ser convertidos en composta de calidad

Del Val (2005) resalta la paradoja de la situación de los RSO, ya sea de origen urbano, industrial, agropecuario o forestal. Por un lado, existe un alto déficit de materia orgánica de nuestros suelos; por otro lado, el incorrecto tratamiento o simple abandono de estos residuos ocasiona gravísimos daños al medio, contribuyendo a agravar la contaminación del agua dulce, así como a aumentar los costos de tratamiento (vertederos controlados, incineración) y a fomentar la incultura ecológica, incluida la parte que afecta a los agricultores y el rechazo social de la gestión de los residuos. Altieri (2008) señala que, a lo largo de la historia de la agricultura, para tener

buenas cosechas, el ser humano ha aplicado toda clase de materias orgánicas a los suelos cultivados. Sin embargo, esta práctica ha ido perdiendo importancia por efecto de la revolución agrícola desde fines del siglo XIX. Los aportes orgánicos fueron sustituidos por fertilizantes inorgánicos, generando ruptura del equilibrio de los suelos agrícolas, lo que desembocó en pérdida paulatina de su calidad biológica y en bajos rendimientos de cosecha. En la actualidad, los fertilizantes químicos se aplican mayormente en la agricultura intensiva y a gran escala, cuya práctica general conlleva la reducción de los niveles de materia orgánica en el suelo, con las consecuencias ya señaladas (Navarro *et al.*, 1995; Lemus, 2001). Por lo anterior, la aplicación de materia orgánica (MO) en un modelo de agricultura sostenible se hace cada vez más necesaria dado que dicho modelo englobaría y daría una solución integrada al problema, así como, a la disminución de la fertilidad de los suelos, degradación y contaminación por práctica errónea, caracterizada por el uso excesivo de agroquímicos entre otros (Del Val, 2005). El desafío es enorme y requiere un proceso de tratamiento de los RSO, bajo un enfoque distinto a lo que se ha venido aplicando; este debe tener como base la participación ciudadana y el uso de tecnologías apropiadas y acciones realizadas en pequeña y mediana escala (Quispe, 2010).

### Las bases biológicas para el manejo apropiado de los RSO

De acuerdo con numerosos estudios biológicos, químicos, físicos y agronómicos, la materia orgánica muerta puede ser usada para obtener recursos útiles para la humanidad, como el *compost* y la *biodigestión* para obtener biogás. Según Rodríguez y Córdova (2006), el *compost* se define como el producto de la degradación aeróbica de residuos orgánicos. Es un material inodoro, estable y parecido al humus que no representa riesgo sanitario para el medio ambiente natural y social. El proceso por el cual se elabora *compost* se ha denominado "compostaje", definido como una *fermentación controlada de los residuos orgánicos, proceso biooxidativo de sustancias heterogéneas con el paso por una etapa termófila (de calentamiento), produciendo materia orgánica estabilizada*. Es un proceso básicamente microbiológico que depende del crecimiento y actividad de las poblaciones bacterianas y de hongos, que son fundamentalmente originarios de los propios residuos orgánicos. Al finalizar el proceso, el *compost* es estable, es decir, no se descompone, no crecen en él animales, hongos o bacterias, y puede almacenarse largo tiempo sin perder

sus propiedades. Las tecnologías para el compostaje son variadas y los productos finales también varían en su composición, color, textura, etcétera, de acuerdo al residuo y proceso que les dio origen.

Durante el último siglo se han realizado diversos experimentos que han permitido conocer en gran medida los fundamentos científicos relacionados con el compostaje, y aproximadamente desde hace cuatro décadas, la tecnología para el compostaje se ha visto mejorada con el uso de lombrices de tierra como *Eisenia andrei* y *Eisenia foetida* (*Lombricus terrestris*), llamándole lombrico o vermi compostaje. Es una biotecnología basada en la cría de lombrices para la producción de humus a partir de un sustrato orgánico. Son numerosas las especies de lombrices que son usadas para el compostaje, por sus cualidades de ser prolíficas, consumo abundante de materia orgánica y rusticidad; a estas se les denomina composteras (Quintero *et al.*, 2003). Con base en lo anterior, se generaron formas alternativas de manejo apropiado de residuos, de la parte orgánica, en áreas rurales y urbanas, revalorando su importancia para la agricultura sustentable. Basado en experiencias previas y la literatura pertinente, estos pueden ser atacados simultáneamente si se aplican estrategias definidas. Con el fin de demostrar esta conjetura, durante doce años se ejecutaron dos proyectos con el método de investigación-acción que involucró dos comunidades rurales del estado de Tlaxcala, México, y una colonia urbana en Texcoco, Estado de México. El objetivo fue demostrar que con la aplicación de tecnologías apropiadas y participación comunitaria a nivel local se puede contribuir a resolver el problema de la contaminación ocasionada por la basura mal manejada y producir abono orgánico de calidad para la sostenibilidad de la agricultura.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El método general utilizado fue el de Acción e Investigación, en el que se combinaron métodos particulares como la experimentación y la sistematización de experiencias, complementados con la encuesta y entrevistas. Para probar las hipótesis se evaluaron las variables en el ámbito rural y otras en el urbano, en tiempos y procedimientos distintos; el nivel de participación de la gente en el proceso de manejo de los RSO desde su separación; la efectividad de las tecnologías usadas; el nivel de adopción de las tecnologías introducidas; la calidad de la composta y efectividad para la producción de hortalizas; y los niveles de impacto de las acciones de los proyectos, sobre todo en los vecinos de las comunidades don-

de se implementaron. En el ámbito rural se trabajó con 20 familias de las comunidades Española, y Atlhuetzia de Yauquemecan, Tlaxcala (Quispe, 2010). En el caso urbano se trabajó en la colonia de Santiaguito de la ciudad de Texcoco, Estado de México, en la que viven 160 familias, aproximadamente (Quispe, 2000).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Acciones en el ámbito rural

**Capacitación y adiestramiento en el proceso de compostaje.** El proyecto en las dos comunidades se inició previa consulta con las familias participantes y formó parte de un programa mayor sobre transferencia y adopción de ecotecnias. Entre otros temas, los jefes de familia fueron capacitados en la forma de producir composta con lombrices para obtener abono orgánico de calidad. La capacitación se llevó a cabo usando el principio de "aprender haciendo", con lo que en poco tiempo los participantes aprendieron la forma apropiada de producir compostas de calidad, a partir de los estiércoles de animales, residuos de cocina y cosecha, entre otros.

**Construcción de la infraestructura para producir compostas con lombrices.** De acuerdo con el plan del proyecto, cada familia debía contar con la infraestructura para aplicar las ecotecnias, entre ellas las composteras. Basado en experiencias previas se recomendó que las composteras fueran de cemento y tabicón de 3 a 4 m de largo, por 1 m de ancho y 0.30 m de alto, tamaño suficiente para manejar una tonelada de RSO (Figura 1). De las 20 familias participantes, 16 cumplieron estrictamente las recomendaciones y el resto de forma parcial. Las composteras fueron construidas por los propios productores y de acuerdo a su capacidad financiera utilizando materiales a su alcance, pero sin perder la funcionalidad. El costo promedio fue \$340.00 (U\$30.00). Para el proceso de compostaje, todas utilizaron lombrices de la especie *Eisenia andrei* ("roja californiana") que fue proporcionada por los responsables del proyecto.

**Características físicas y químicas de las compostas.** El Cuadro 1 muestra los resultados de los análisis químicos realizados en nueve muestras de vermicompost tomadas al azar de las comunidades Atlhuetzian y Española.

El pH en todas las muestras analizadas fue ligeramente alcalino. Estos resultados son similares a los registrados por Santamaría (1996), quien menciona que las vermicompostas poseen un pH relativamente elevado, sobre todo cuando son de estiércol puro. Cuando el pH de



**Figura 1.** Composteras funcionales elaboradas por los usuarios.

las vermi compostas supera el valor de ocho puede afectar al sustrato, pero cuando los suelos son ácidos, estas tienden a mejorar el pH. El resto de los análisis realizados indicó que la mayoría de las vermicompostas tuvo buenas características químicas, lo que indica que la producida por las familias fue de buena calidad y apropiada para la producción de hortalizas, lo cual se corroboró en la producción de hortalizas (tomate, brócoli y otras) en invernadero y a campo abierto. Finalmente, después de tres años de iniciado el proyecto, la mayoría de las familias participantes continuaron produciendo compostas con lombrices. Se comprobó que la tecnología sugerida fue adoptada con facilidad por los participantes por su funcionalidad y adaptabilidad a sus necesidades socio-económicas y características culturales. De esto se concluye que la tecnología de compostaje con lombrices de los residuos orgánicos es inherente a lo que la agricultura en pequeña escala pretende en procurar su sustentabilidad.

### Acciones en el ámbito urbano (Texcoco, Estado de México)

La participación de las familias en el proyecto. Uno de los propósitos del proyecto fue que los habitantes de la colonia participaran conscientes en una o todas las fases del proyecto divididas en la separación y traslado de la basura al Centro de compostaje comunitario (CCC), proceso de compos-

taje, separación de las lombrices, harneado, uso de la composta en la producción de hortalizas, gestión y administración, evaluación, capacitación y difusión de las experiencias. La participación de la gente varió a través de los años: mientras que la separación y el traslado de la basura orgánica se incrementó en los últimos cinco años, en este mismo período, la participación en las actividades de compostaje y producción de hortalizas decayó. Lo anterior se debió a que el CCC está ubicado en un lugar estratégico para dejar la basura orgánica y observar lo que se están realizando en él, según declaraciones de la propia gente hechas en asambleas. Para lograr la participación de la gente se utilizaron varias estrategias: en la primera fase se realizaron acciones, como explicaciones del proyecto en asambleas de la comunidad, la conformación de un teatro con señoras, infantes y varones adultos, y elaboración de un video. La segunda fase incluyó la demostración *in situ* del proceso de compostaje y el uso del compost en la producción de hortalizas. Estas últimas, por observación, fueron de mayor influencia para fomentar la participación de la gente al representar experiencias vivenciales que permitieron valorarlos.

**Cuadro 1.** Resultados del análisis químico de la vermicomposta de las comunidades rurales Atlahuetzian y Españita, Tlaxcala, México.

Muestra	pH	Conductividad Eléctrica (dS/m)	Materia orgánica (%)	Nitrógeno (mg kg <sup>-1</sup> )	Fósforo (mg kg <sup>-1</sup> )	Potasio (mg kg <sup>-1</sup> )
1	8.46	11.00	20.00	1.13	6389	2702
2	8.52	10.04	19.00	1.36	6305	2530
3	7.85	5.40	23.25	1.90	4530	7456
4	8.15	15.20	25.81	1.21	10356	5053
5	8.30	7.72	16.94	1.12	5862	3904
6	7.76	16.18	13.60	1.34	6902	2820
7	7.87	1.96	15.37	1.08	2443	2350
8	8.72	6.37	11.00	1.22	7424	3372
9	7.28	2.52	5.95	1.46	3763	8243

**La infraestructura y los apoyos para su construcción.** Basado en una fase de prueba se estableció el CCC de 800 m<sup>2</sup> dividido en un área de acopio de residuos orgánicos; área de compostaje, compuesta por 28 composteras o "camas" bajo malla sombra; área de producción de hortalizas en invernadero; área producción de hortalizas a cielo abierto, de 16 parcelas; una bodega; dos baños; área de separación de lombrices y harneado; y una cisterna para captar agua de lluvia. Para la construcción de la infraestructura y compra de equipo, herramienta e insumos, los recursos provinieron de varias fuentes en calidad de donación.

**Sobre el acopio y volumen de los RSO.**

Semanalmente se reciben entre 700 kg a 800 kg de basura orgánica totalmente separada. La separación se realiza por la propia familia en su casa y trasladada al CCC. Una vez acopiada, la basura orgánica es sometida a un proceso de compostaje con lombrices. El volumen de basura orgánica que se acopia proviene de 60% de las 260 familias de la propia colonia y áreas circunvecinas. En épocas de lluvia y festividades el volumen de RSO se incrementa, comparado a lo de las otras épocas del año (Figura 2). En el CCC se recibe solamente basura orgánica debidamente separada, cuya composición está integrada mayormente por residuos de cocina, frutas y

verduras en descomposición.

**El manejo de la basura orgánica.**

La basura orgánica es sometida a un proceso de descomposición en composteras, también llamadas "camas". Estas son de cemento, arena y bloques; cada una tiene una dimensión de 3 m de largo, 1 m de ancho y 0.30 m de alto, con capacidad para 1,000 kg de basura orgánica. Estas dimensiones son apropiadas para

visa que la temperatura del material en descomposición no tenga más de 30 °C y el proceso continúa por tres meses. Los cuidados que se tienen en este período son: que tenga suficiente humedad y temperatura adecuada, que no ingresen roedores u otros depredadores que afecten el proceso. Un buen indicador para saber si una composta está suficientemente mineralizada es el olor a tierra húmeda y el color a café o pardo oscuro.

**Determinación de la calidad de la lombricomposta.**

Para garantizar la calidad de la lombricomposta, una de las primeras medidas fue revisar que el RSO no contenga otro material distinto a lo orgánico, como plásticos. Este es uno de los principales re-

querimientos del enfoque local de manejo de los RSO para garantizar la calidad del producto: la separación de la basura debe hacerse en el origen. Se le realizaron análisis a la lombricomposta para conocer su calidad química (Cuadro 2). El pH de ambas muestras fue alcalino, pero en cuanto a materia orgánica y demás compuestos fueron similar a otros reportados para este tipo de materiales (Lemus, 2001), lo que indica la buena calidad del producto. Para conocer el valor nutritivo real de la lombricomposta se sometió a prueba en la producción de hortalizas, observándose buen crecimiento y abundante follaje verde intenso.

**Cuadro 2.** Valores del análisis físico y químico de las muestras de lombricompostas que se produce en el CCC Santiaguito, Texcoco, Estado de México.

Parámetro	Muestra 1	Muestra 2
pH	8.46	8.52
Conductividad eléctrica (dS/m)	11.0	10.04
Materia orgánica (%)	20.0	19.0
Nitrógeno (%)	1.46	1.36
Fósforo (mg kg <sup>-1</sup> )	6389	7424
Potasio (mg kg <sup>-1</sup> )	2702	2820

un proceso de compostaje adecuado, que es producto de varios años de experimentación. Una vez llenada la "cama" es cubierta con pasto seco o paja para mantener la humedad. Después de 25 días de iniciado el proceso de descomposición, el material es inoculado con dos kilos de lombrices de la especie *E. andrei*. Antes de aplicar las lombrices se re-



**Figura 2.** Volumen de RSO acopiada en el CCC, por meses.

**Impacto del proyecto.** El módulo se convirtió en un centro de demostración y capacitación para manejar la basura orgánica localmente y contribuir a la educación ambiental. Al menos una vez al mes se tuvieron visitas de estudiantes de nivel medio superior y superior, productores del campo, promotores y técnicos interesados en el tema, no solo del municipio, sino también de otros del estado. Se produjeron hortalizas de calidad con y para la comunidad. Finalmente, la experiencia de doce años en el manejo de la basura orgánica a nivel local y con participación comunitaria indica que, si bien en la sociedad hay una escasa cultura para destinar y manejar adecuadamente la basura, con procedimientos sistemáticos de explicación y demostración del manejo apropiado de la basura y su uso es posible vencer la indiferencia y apatía de la gente.

## CONCLUSIONES

El estudio demostró que los RSO, tanto de las áreas urbanas como rurales, en vez de ser un problema pueden convertirse en un recurso benéfico (abono de calidad) cuando son manejados apropiadamente. Si bien los volúmenes de RSO en ambos casos son altos, su generación es mayor en las áreas rurales que en las urbanas y su uso es casi inexistente en esta última; en ambos casos, su buen manejo y gestión son incipientes. El estudio también demostró que el trabajo en pequeña y mediana escala, el involucramiento de la gente en las diferentes fases del proceso de la gestión, el uso de tecnologías y procedimientos biológicos, como el lombri-compostaje y el empleo de infraestructura apropiada para su buen manejo, son elementos claves para tener éxito en la gestión de los RSO. Las experiencias

logradas sugieren que no se deben escatimar esfuerzos ni gastos económicos para emprender acciones con el empleo de estrategias probadas para resolver el problema de la contaminación de los RSO, al mismo tiempo de generar un producto de calidad (abono) para la agricultura que exige sea orgánica y sostenible.

## LITERATURA CITADA

- Altieri M.A. 2008. Movilizándonos para rescatar nuestro sistema alimentario. <http://www.ecoportat.net/content/view/full/78323> (Visitado noviembre 2011).
- Acurio G., Rossin A., Teixeira P.F., Zepeda F. 1997. Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y El Caribe. Publicación conjunta del Banco Interamericano de Desarrollo y la Organización Panamericana. Washington, D.C. 130 pp.
- Capistrán F., Aranda E., Romero J.C. 2001. Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje. S y G editores, S. A. de C. V. México D. F. 150 pp.
- Del Val A. 2009. Tratamiento de los residuos sólidos urbanos, consideraciones básicas. Primer Catálogo Español de Buenas Prácticas. Construcción de la ciudad sostenible. Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente. Madrid, España. <http://habitat.aq.upm.es/cs/p3/a014.html> (Noviembre 2009).
- Gobierno del Distrito Federal, 2003. Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal.
- Gaceta Oficial del Distrito Federal, el 22 de abril de 2003. México, D. F.
- Grupo Interagencial de Desarrollo Rural-México, 2007. Temas Prioritarios de Política Agroalimentaria y de Desarrollo Rural en México. Banco Mundial, CEPAL, FAO, IICA. Lemus, A., 2001. "¿Qué se puede hacer con la basura? Compost y compostaje". Parte 1. Desde la Ciencia 4: 5-13.
- Navarro-Pedreño, Moral-Herrero, Gómez-Lucas, Mataix-Beneyto, 1995. Residuos Orgánicos y Agricultura. Edición electrónica Espagracic, Universidad de Alicante. España.
- Quintero L.R., Ferrera C.R., Ethevers B.J., García C.N.E., Rodríguez K.R. Alcántar G.G., Aguilar S.A., 2003. Enzimas que participan en el proceso de vermicompostaje. TERRA Latinoamericana, Vol. 21, Núm. 1, enero-marzo, pp. 73-80 Universidad Autónoma Chapingo México.
- Quispe A.J. 2000. Aprovechamiento de la basura orgánica doméstica con participación comunitaria en el Municipio de Texcoco. Propuesta. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México.
- Quispe A.J. 2010. ¿Cómo manejar y aprovechar la basura orgánica de las ciudades? Manual. Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. México.
- Santamaría R. S. 1996. Aspectos biotecnológicos del proceso de vermicompostaje y su aplicación agronómica. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. 67 p.
- Velasco-Velasco J. 2012. Planta piloto de compostaje: Biotecnología de descomposición de residuos orgánicos agroindustriales. Propuesta mecanografiado. Subdirección de Investigación, Campus Córdoba, Colegio de Postgraduados, México.
- Wilson G. 2006. Recycling urban organic wastes via rooftop micro farms. Urban Agriculture Network-Western Pacific. [www.greenroofs.com](http://www.greenroofs.com). Visitado en mayo de 2011.

