

## El valor potencial de los residuos sólidos orgánicos, rurales y urbanos para la sostenibilidad de la agricultura\*

### The potential value of organic, rural and urban residues for sustainable agriculture

Aníbal Quispe Limaylla<sup>§</sup>

Programa de Estudios del Desarrollo Rural. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, km 36.5 carretera federal México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: anibalq@colpos.mx.

#### Resumen

Los países en desarrollo, como México, hoy en día enfrentan, entre otros problemas, crisis agrícola e inseguridad alimentaria, por un lado, contaminación de los residuos sólidos orgánicos (RSO) por su mal manejo, por otro. Ambas problemáticas pueden ser atacadas con acciones simultáneas y obtener beneficios complementarios. Con el fin de comprobar esta conjetura, desde abril de 2000 a marzo 2013, se llevó a cabo 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 y 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 y con participación de la gente, se obtiene abono de calidad, el cual, aplicados a los cultivos, se logran buenas cosechas. De lo anterior se concluyó que nuestra sociedad tiene una magnífica oportunidad para disponer de abono de calidad de las inmensas cantidades de RSO que diariamente se genera, para una agricultura que exige sea orgánica y sostenible.

#### Abstract

Developing countries such as Mexico face today, among other problems, agricultural crisis and food insecurity, on one hand, contamination of organic solid waste (RSO) and for their mishandling on the other. Both problems can be attacked with simultaneous actions and obtain additional benefits. To test this conjecture, from April 2000 to March 2013, joint actions were carried out on composting and food production, with participation of the people in both rural and urban areas. In this paper are described and explained the processes, results and impacts, and achieved learning. The overall method used was action research, with specific procedures, as experiment and systematization of experiences. The results showed that proper handling of both urban and rural RSO, with biological processes such as worm composting, with technology and appropriate infrastructure, in small and medium scale and participation of people, a good quality fertilizer is obtained, when applied to crops, good yields are achieved. From the above it was concluded that our society has a great opportunity to have fertilizer of good quality from the vast amounts of RSO generated daily, for agriculture that demands to be organic and sustainable.

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

\* Recibido: agosto de 2014  
Aceptado: enero de 2015

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

## Introducción

México es un país que necesita utilizar el potencial productivo rural que posee, pero que, al mismo tiempo debe enfrentar desafíos que exigen resolver problemas estructurales, entre los que destacan: la pobreza de la mitad de su población, la desigualdad, el bajo dinamismo de la producción agropecuaria, la dependencia del régimen de lluvias de parte significativa del área sembrada, la necesidad de lograr un adecuado manejo ambiental, entre otros (Grupo Interagencial de Desarrollo Rural, 2007).

Enfrentar esos desafíos implica, por un lado, la inclusión real y efectiva de los denominados “pequeños productores”, en las políticas y programas; por otro, la promoción y aplicación de todo lo que se refiere a la agricultura sostenible. Sobre este último punto, investigadores sobre el tema y líderes de productores y ambientalistas han sugerido, aplicar estrategias distintas a las que ha usado la agricultura convencional (Altieri, 2011; Romero-Paredes, 2013). Según O’Ryan-Herrera y Raffo-Prado (2007), hoy en día se cuenta con numerosas experiencias que demuestran que se puede incrementar la producción y productividad de alimentos, protegiendo el suelo, el agua, el ecosistema y la biodiversidad.

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 su importancia por efecto de la revolución agrícola promovida desde fines del siglo XIX. Los aportes orgánicos fueron sustituidos por fertilizantes minerales (Rodríguez y Córdova, 2006). Esta práctica ha generado la ruptura del frágil equilibrio de los suelos agrícolas y ha desembocado en una pérdida paulatina de su calidad biológica y consecuentemente en bajos rendimientos de cosecha. En la actualidad, este se aplica mayormente en la agricultura intensiva y a gran escala, cuya práctica generalmente conlleva la reducción de los niveles de materia orgánica en el suelo, con las consecuencias señaladas (Navarro *et al.*, 1995 y Lemus, 2001).

Por lo anterior, de acuerdo a Soto y Muñoz (2002) y Del Val (2005), la aplicación de materia orgánica (MO) en un modelo de agricultura sostenible, se hace cada vez más necesaria, dado que dicho modelo englobaría y

## Introduction

Mexico is a country that needs to use the rural productive potential, but at the same time must face challenges that require solving structural problems, like: the poverty from half of its population, inequality, low dynamism of agricultural production, dependence on rainfall of a significantly planted area, the need to achieve proper environmental management, among others (Interagency Group for Rural Development, 2007).

To face these challenges, first, real and effective inclusion of the so-called "small producers" in policies and programs, secondly, promotion and application of all that relates to sustainable agriculture. On this last point, researchers on the subject, leading producers and environmentalists have suggested to apply different strategies to those used on conventional agriculture (Altieri, 2011; Romero-Paredes, 2013). According to O’Ryan-Herrera and Raffo-Prado (2007), nowadays there are numerous experiences that prove that food production and productivity, protecting the soil, water, ecosystem and biodiversity can be achieved.

Throughout the history of agriculture, to have good harvests, humans have applied all kinds of organic materials to cultivated soils. However, this practice has been losing importance as a result of the agricultural revolution promoted in late nineteenth century. Organic inputs were replaced by mineral fertilizers (Rodríguez and Cordova, 2006). This practice has led to the rupture of the fragile balance of agricultural soils and has resulted in a gradual loss of its biological quality and consequently in low crop yields. Currently, this applies mostly in intensive and large-scale agriculture, whose practice usually involves reducing levels of organic matter in the soil, with consequences already mentioned (Navarro *et al.*, 1995; Lemus, 2001).

Therefore, according to Soto and Muñoz (2002) and Del Val (2005), the application of organic matter (OM) in a model of sustainable agriculture, that is becoming increasingly necessary, given that the model would include and give an integrated solution to the problems, such as decreasing soil fertility, effect of its degradation and contamination for a mistaken agricultural practice, characterized by excessive use of agrochemicals and pesticides, among others.

daría una solución integrada a la problemática, como: la disminución de la fertilidad de los suelos, el efecto de su degradación y contaminación por una errónea práctica agrícola, caracterizada por el uso excesivo de agroquímicos y productos fitosanitarios, entre otros.

Si bien lo señalado en párrafo anterior debe aplicarse ineludiblemente, la realidad indica que para lograrlo se requiere dar pasos importantes, como la producción y disponibilidad, en cantidades suficientes y apropiadas, de fertilizante orgánico. Sobre el particular, reportes de estudios indican que en la actualidad a pesar de que la sociedad genera residuos orgánicos en cantidades enormes, la disponibilidad de este material apto para usos agrícolas ha sido escasa (Medina, 1999; Quadri *et al.*, 2003).

En efecto, 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 naturaleza orgánica o biodegradable los más importantes. Por diversas razones, la componente orgánica, que es de interés para este trabajo, ha sido escasamente manejada adecuadamente para ser convertida en abono orgánico. Según Green Peace Argentina (2005), en los recientes años, a pesar de que con frecuencia se ha insistido en un manejo apropiado de esta componente, más en las ciudades que en el campo, la respuesta ha sido aún débil. La falta de manejo apropiado de los RSO, ha generado contaminación de los suelos, agua superficial y subterránea, el aire y en general al ambiente en que vivimos (Gobierno del Distrito Federal, 2003).

Para el caso de México, según la Subsecretaría de Desarrollo Urbano (SDU), en el año 2006, las ciudades del país producían cerca de 96 000 toneladas por día de desechos, el cual equivalía a 35 millones de toneladas al año. Dicho organismo para 2010 estimó una producción de 39.1 millones de toneladas de basura. De este total aproximadamente 50% eran desechos orgánicos que tienen potencial para ser manejados y reciclados mediante procedimientos biológicos, para obtener abono orgánico y biogás (Velasco, 2011). En cuanto a los residuos de las áreas rurales, no se cuenta con información sobre el volumen de generación, sin embargo, al igual que los de las ciudades, los RSO, son escasamente manejados apropiadamente. Si bien, en ciertos casos, los estiércoles son aplicados directamente a los suelos, sin previo procesamiento de biodegradación, el aprovechamiento por las plantas son tardíos y en muchos casos, genera problemas de fito sanidad (Capistrán, Aranda y Romero, 2001).

The latter should apply inevitably, but the reality is that to achieve it, is important to take steps towards production and availability of adequate and appropriate amounts of organic fertilizer. In this regard, studies indicate that even though society generates organic solid waste in huge quantities, the availability of this material suitable for agricultural use has been limited (Medina, 1999; Quadri *et al.*, 2003).

Indeed, the activities of the consumer society, population growth and rising industries have generated an increase in waste production exponentially in recent decades, being the organic or biodegradable the most important. For various reasons, the organic component, that is of interest for this work has been rarely handled properly to be turned into compost. According to Greenpeace Argentina (2005), in recent years, although it has been insisted on a proper management of this component, more in cities than in the countryside, yet the response has been weak. Lack of proper management of RSO has generated contamination on soils, surface and ground water, air and overall to the environment in which we live (The Federal District, 2003).

In Mexico's case, according to the Secretariat of Urban Development (SDU), in 2006, the cities produced about 96 000 tonnes per day of waste, which amounted to 35 million tons a year. This agency estimated a production of 39.1 million tons of garbage for 2010. From this total, close to 50% are organic wastes that have the potential to be handled and recycled through biological methods to obtain compost and biogas (Velasco, 2011). As for the waste in rural areas, there is no information on the volume of generation, however like those in the cities, RSO, are poorly handled. In some cases, manures are applied directly to the soil, without previous biodegradation; utilization by plants is late and in many cases, creates problems of plant health (Capistrán, Aranda and Romero, 2001).

Related to this, Del Val (2005) highlights the paradox on the situation of RSO, whether their origin is urban, industrial, agriculture and livestock. On one hand, is the huge deficit of organic matter in our soils, on the other hand, incorrect treatment or simply the abandonment of these residues cause serious damage to the environment, contributing greatly to other major ecological problem: pollution of freshwater, thus increasing treatment costs (landfill, incineration) and promotes ecologic ignorance, including the part that affects farmers and social rejection of waste management.

Sobre lo anterior, Del Val (2005) resalta la paradoja de la situación de los RSO, ya sea de origen urbano, industrial, agropecuario o forestal. Por un lado, nos encontramos con el enorme déficit de materia orgánica de nuestros suelos, por otro lado, el incorrecto tratamiento o simple abandono de estos residuos que ocasiona gravísimos daños al medio, contribuyendo a agravar considerablemente el otro gran problema ecológico: la contaminación del agua dulce, así como a incrementar 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.

Sobre el tratamiento de los RSU, Acurio *et al.* (2005), basado en un diagnóstico realizado de los países de América Latina y El Caribe, señala que la región enfrenta serios problemas. El estudio identificó diversos aspectos críticos agrupados bajo seis categorías: 1) institucional y legal; 2) técnica y operativa; 3) económico- financiera; 4) salud; 5) ambiente; y 6) social y comunitaria. Sin duda, el desafío es enorme que requiere un tratamiento integral, bajo un enfoque distinto a lo que se ha venido aplicando; ahora debe emplearse un enfoque que tenga de base la participación ciudadana y las acciones se realicen, en pequeña y mediana escala, a nivel del hogar, las escuelas, los barrios, colonias y unidades habitacionales, contrario a lo que se ha intentado manejar a gran escala y en grandes volúmenes, con resultados desastrosos de contaminación ambiental (Quispe, 2010).

Si bien, ya hay avances importantes sobre los procesos biológicos para lograr un producto útil, como es la composta, con características muy importantes para mejorar el suelo (Lesur, 1998; Quintero *et al.*, 2003), es todavía insuficiente en cuanto a la tecnología, infraestructura y aspectos sociales, como la participación ciudadana, para la gestión apropiada de los RSO de las ciudades y áreas rurales. Sobre este último, Pastor (2004) señala que para resolver los problemas que aquejan a la sociedad, las acciones deben realizarse con la participación de la gente, en un ambiente de responsabilidad compartida y solidaria, desde lo local. El mismo autor recalca que la participación se encuentra profundamente vinculada con el desarrollo humano sostenible y social, siendo una de las claves en las que se sustentan las políticas sociales vinculadas con la integración social, por lo que contribuir al desarrollo humano en el siglo XXI, significa ampliar las alternativas de las personas para que puedan tener un nivel de vida que aprecien, siendo necesario para ello desarrollar las capacidades humanas, entre las cuales destaca la participación.

Related to the treatment of RSO, Acurio *et al.* (2005), based on a diagnosis made by the countries from Latin America and the Caribbean, the region faces serious problems. The study identified critical aspects grouped under six categories: 1) institutional and legal; 2) technical and operational; 3) economic and financial; 4) health; 5) environment; and 6) social and community. Undoubtedly, the challenge is huge and requires a comprehensive treatment, under a different approach to what has been implemented; now it must be implemented an approach based in citizen participation and to implement actions at small and medium, home, schools, neighborhoods and housing units scale, contrary to what has been tried at large scales and in large volumes, with disastrous results for the environment (Quispe, 2010).

Although there are significant advances on biological processes to achieve a useful product, such as compost, with very important features to improve the soil (Lesur, 1998; Quintero *et al.*, 2003), it is still insufficient in terms of technology, infrastructure and social aspects, such as citizen participation, for proper management of RSO in cities and rural areas. On the latter, Pastor (2004) points out that to solve the problems facing society, actions should be undertaken with the participation of the people, in an environment of shared responsibility and solidarity from the local. The author emphasizes that participation is deeply linked to sustainable human and social development, being one of the essential components sustaining social policies linked to social integration; so to contribute to human development in the XXI century means expanding the alternatives for people, so they can have a standard of living, being necessary to develop human capabilities, among which participation highlights.

Faced with the stated problem and with the intention to know alternatives for RSO management, with a different approach to the conventional and with the participation of people, two action-research projects were carried out: one in rural areas (Tlaxcala) and another in urban areas (Mexico State). After twelve years of continuous work, technical, methodological, theoretical and practical knowledge were achieved surrounding the management of organic waste and its use for food production. Some of these achievements and constraints are described in this paper, in order to encourage its discussion and replicate them to solve the problem here indicated.

Frente a la problemática señalada y con la intención de lograr experiencias alternativas de manejo de los RSO, con enfoque distinto a lo convencional y con participación de la gente, se llevaron a cabo dos proyectos de acción e investigación: uno en el ámbito rural (Tlaxcala) y otro en el urbano Estado de México). Después de más de doce años de trabajo continuo, se lograron conocimientos técnicos, metodológicos, teóricos y prácticos en torno al manejo de los residuos orgánicos y su uso para la producción de alimentos. Parte de esos logros obtenidos y limitaciones encontradas se describen en este trabajo, con el fin de propiciar su discusión y replicarlos para resolver la problemática señalada.

### Objetivos de la investigación

El objetivo principal de la investigación fue entender las razones de la mala gestión y tratamiento de los RSU y consecuentemente generar formas alternativas de manejo apropiado de la parte orgánica, tanto en lo rural como urbano, revalorando su importancia para la agricultura sostenible. En lo específico, el proyecto tuvo como objetivo generar conocimientos, tecnologías y experiencias de manejo y aprovechamiento de los RSO, a nivel local, con participación ciudadana.

### 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 (Selener, 1997). Para probar las hipótesis, se emprendieron acciones debidamente planeadas: unas en el ámbito rural y otras en el urbano, en tiempos y con procedimientos distintos. Las variables utilizadas fueron: 1) nivel de participación de la gente en el proceso de manejo de los RSO, desde su separación; 2) efectividad de las tecnologías usadas; 3) nivel de adopción de las tecnologías introducidas; 4) calidad de la composta y efectividad para la producción de hortalizas; y 5) niveles de impacto de las acciones de los proyectos.

Las acciones en el ámbito rural, se trabajó con 20 familias de dos comunidades: Españita del municipio del mismo nombre y Atlihuetzia del municipio de Yauquemecan, en el estado de Tlaxcala. En lo urbano, se trabajó en la colonia de Santiaguito de la ciudad de Texcoco, Estado de México, integrada por 260 familias. En el primer caso, la investigación se orientó al manejo de los RSO con lombrices, como parte de un proyecto integral sobre el uso de ecotecnias para la producción en el traspatio. En

### Research objectives

The main objective of the research was to understand the reasons for poor management and treatment of RSO and consequently generate alternative forms of proper management of the organic part, in both rural and urban, re-evaluating their importance for sustainable agriculture. In particular, the project aimed to generate knowledge, technologies and experiences on management and use of RSO, locally, with citizen participation.

### Materials and methods

The overall method used was action-research in which particular methods such as experimentation and systematization of experiences were combined (Selener, 1997). To test the hypothesis, well planned actions were taken in rural and urban areas, in time and with different procedures. The variables used were: 1) the level of participation of people in the process of managing RSO, since their separation; 2) effectiveness of the technologies used; 3) level of adoption of introduced technologies; 4) compost quality and efficiency for the production of vegetables; and 5) levels of impact from project actions.

The actions in rural areas, worked with 20 families in two communities: Españita from the municipality of the same name and Atlihuetzia from the municipality of Yauquemecan, in the state of Tlaxcala. In urban areas, worked in the suburbs of Santiaguito in the city of Texcoco, State of Mexico, integrated for 260 families. In the first case, research was directed to the management of RSO with worms as part of a comprehensive project on the use of green technologies for backyard production. In the second case, a community module was established with the required infrastructure to handle about 30 tons per month of RSO and compost to grow vegetables in greenhouses and field.

### Results and discussion

#### Actions, results and impact of the work in rural areas (Tlaxcala)

Training actors and actresses on the composting process. The project in the two communities began with a survey to the participating families. Among other topics, the

el segundo caso, se estableció un módulo comunitario, con la infraestructura requerida, para manejar aproximadamente 30 toneladas de RSO al mes y con la composta producir hortalizas en invernadero y a cielo abierto.

## Resultados y discusión

### Acciones, resultados e impacto de los trabajos en el ámbito rural (Tlaxcala)

Capacitación a los actores y actrices sobre el proceso de compostaje. El proyecto en las dos comunidades se inició previa consulta con las familias participantes. Entre otros temas los jefes de familia fueron capacitados sobre la forma de producir composta con lombrices para obtener abono orgánico de calidad. Siendo uno de los objetivos principales del proyecto la transferencia y adopción de ecotecnias (invernadero, captación de agua de lluvia de los techos en cisternas de ferrocemento y el riego por goteo, entre otras), la producción de composta fue una de sus componentes claves. 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, entre otras.

Construcción de la infraestructura para producir compostas con lombrices. De acuerdo al plan del proyecto, cada familia debía contar con la infraestructura para aplicar las ecotecnias, entre ellas las composteras. Basado en previas experiencias, se recomendó que las composteras fueran de cemento y tabicones; éstas debían tener una dimensión de 3 ó 4 m de largo, por 1 m de ancho y 0.30 m de alto, tamaño suficiente para manejar una tonelada de RSO. De las veinte familias participantes, 16 cumplieron las recomendaciones, tres no siguieron exactamente las recomendaciones, pero funcionaron y uno no la construyó. Las composteras fueron construidas por los propios productores y con sus propios recursos. Cada productor construyó de acuerdo a sus posibilidades económicas, utilizando materiales a su alcance, pero sin perder el principio de funcionalidad. 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. Para conocer la calidad de las compostas de lombriz, se enviaron al Laboratorio de Nutrición de Cultivos “Salvador Alcalde

householders were trained on how to produce compost with worms to obtain quality compost. Being one of the main objectives transference and adoption of green technologies (greenhouse, capturing rainwater from rooftops in tanks and drip irrigation, among others), production of compost was one of its key components. The training was carried out using the principle of "learning by doing"; in short time participants learned the proper way to produce quality compost, from animal manures, kitchen waste, among others.

Building infrastructure to produce vermicompost. According to the project plan, every family should have the infrastructure to implement green technologies, including composting. Based on previous experiences, it was recommended that worm bins were made of cement and breeze blocks; this should have a size of 3 or 4 m long, 1 m wide and 0.30 m high, enough to handle a ton of RSO. Of the 20 families, 16 met the recommendations, three did not follow the recommendations, but worked and one did not build anything. Compost bins were built by the same farmers and with their own resources. Each producer built according to their means, using materials at hand, but without losing the functionality principle. For the composting process, the worm species were *Eisenia andrei* "California red" that was provided by the project managers.

Physical and chemical characteristics of the compost. To know the quality of vermicompost, samples were sent for analysis to the Laboratory of Crop Nutrition "Salvador Alcalde Blanco", from the Postgraduate College in Agricultural Sciences. Table 1 shows the results.

Nine samples were taken randomly. As seen in table 1, pH in all cases was higher than neutral (7), indicating that samples were slightly alkaline. This result is similar to that found by Santamaría (1996). According to this author, the vermicomposts have a relatively high pH, especially when they are one hundred percent pure manure. When pH of the vermicomposts exceeds 8, it can affect the substrate, but when soils are acidic, it tends to improve pH.

According to lab analysis, most samples had good physical and chemical characteristics, indicating that the vermicompost produced by families was of good quality and suitable for the production of vegetables, which was confirmed in the production of vegetables (tomatoes, broccoli and other) in greenhouse and field, with excellent results.

Blanco”, del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas para su análisis. El Cuadro 1, muestra los resultados.

Finally, after three years of project, most of the participating families continued to produce compost with worms from manure, kitchen waste, crops and other, with good results. It

**Cuadro 1. Resultados del análisis físico y químico de las muestras de vermicompostas de las familias de Atlhuetzian y Españaita.**

**Table 1. Results of physical and chemical analysis of vermicomposts of families from Atlhuetzian and Españaita.**

Muestra	pH	Conductividad eléctrica (dS m <sup>-1</sup> )	Materia orgánica (%)	Nitrógeno (ppm)	Fósforo (ppm)	Potasio (ppm)
1	8.46	11	20	1.13	6389	2702
2	8.52	10.04	19	1.36	6305	2530
3	7.85	5.4	23.25	1.9	4530	7456
4	8.15	15.2	25.81	1.21	10356	5053
5	8.3	7.72	16.94	1.12	5862	3904
6	7.76	16.18	13.6	1.34	6902	2820
7	7.87	1.96	15.37	1.08	2443	2350
8	8.72	6.37	11	1.22	7424	3372
9	7.28	2.52	5.95	1.46	3763	8243

Análisis efectuado en el laboratorio de nutrición de cultivos “Salvador Alcalde Blanco”, del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas.

Se tomaron nueve muestras al azar. Como se observa en dicho cuadro, el pH en todos los casos fue superior a lo neutral (7), lo que indica que las muestras de humus fueron ligeramente alcalinas. Este resultado es similar al encontrado por Santamaría (1996). De acuerdo a este autor, las vermicompostas poseen un pH relativamente elevado, sobre todo cuando son de estiércol cien por ciento puros. Cuando el pH de las vermicompostas supera 8, puede afectar al sustrato, pero cuando los suelos son ácidos, ésta tiende a mejorar el pH.

En síntesis, de acuerdo al análisis de laboratorio de las muestras, la mayoría tuvo buenas características físicas y químicas, lo que indica que la vermicomposta producida por las familias fue de buena calidad y apropiadas para la producción de hortalizas, la cual se corroboró en la producción de hortalizas (jitomate, brócoli y otras) en invernadero y a cielo abierto, con excelentes resultados.

Finalmente, después de tres años de iniciado el proyecto, la mayoría de las familias participantes continuaron produciendo compostas con lombrices, a partir de los estiércoles, residuos de cocina, cosecha y otros, con buenos resultados. 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. Los participantes y sus familias se dieron cuenta de la importancia de manejar adecuadamente los RSO, y convertirlos en composta por las respuestas inmediatas de las plantas durante su crecimiento

was found that the suggested technology was easily adopted by participants for its functionality and adaptability to their socio-economic needs and cultural characteristics. Participants and their families realized the importance of proper management of RSO, and turn them into compost for the immediate response of plants during their growth and production with good yields; this in turn had an effect on the availability of food and income from the sale of surplus.

From the above is concluded that the technology of vermicompost is inherent to which small-scale agriculture aims to sustainability; therefore the need to intensify efforts to keep promoting such actions as part of the improvement process of production system.

**Actions, results and impact of the work in urban areas (Texcoco, State of Mexico)**

As initially stated, in order to achieve experiences to solve the problem of the mistreatment of RSO in the cities, in June 2000 a comprehensive project for the collection, management and use of organic solid waste began in a suburb from Texcoco, State of Mexico, located on the suburbs of the city (Quispe, 2000). The purpose was through environmental education processes generate experiences on separating trash from their origin (the family), collection, handling and local use, with community participation. To this end, after the survey with the community, a community composting center

y producción con buenos rendimientos; esto a su vez repercutió en la disponibilidad de alimentos y obtención de ingresos por la venta de los excedentes.

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 procura de su sustentabilidad. Por ello la necesidad de redoblar los esfuerzos para seguir promoviendo dichas acciones, las cuales deben darse como parte del proceso de mejora del sistema de producción agrícola.

### **Acciones, resultados e impacto de los trabajos en el ámbito urbano (Texcoco, Estado de México).**

Como se señaló inicialmente, con el fin de lograr experiencias para resolver la problemática del mal tratamiento de los RSO en las ciudades, en junio de 2000 se inició un proyecto integral de acopio, manejo y aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en una colonia de Texcoco, Estado de México, situada en la periferia de la ciudad (Quispe, 2000). El propósito fue, a través de procesos de educación ambiental, generar experiencias sobre la separación de la basura desde su origen (la familia), su acopio, manejo y uso local, con participación comunitaria. Para este efecto, previa consulta con la comunidad, se estableció el centro de compostaje comunitario (CCC), espacio ubicado en un lugar estratégico para que la gente pueda llevar su RSO, debidamente separada, observar y participar en los diferentes procesos de tratamiento y el uso de la vermi-composta.

Elementos de la estrategia utilizada. Los elementos de la estrategia consistieron en: 1) establecer un módulo, en la propia comunidad, con la infraestructura apropiada, para que la gente pueda observar, entender y decida participar; 2) campañas continuas de orientación y educación para la separación de la basura doméstica; 3) capacitación sobre los diferentes procesos que involucra el manejo apropiado de los RSO; 4) investigación continua, incluyendo la experimentación, para afinar las tecnologías y elementos de la estrategia; 5) establecer contacto continuo con instituciones gubernamentales, organizaciones sociales y la sociedad civil, para difundir los resultados y las experiencias generadas; y 6) evaluación continua de los procesos y resultados.

La infraestructura y los apoyos para su construcción. Basado en una fase de prueba, se estableció el Centro de Compostaje Comunitario (CCC), el cual abarca 800 m<sup>2</sup> y está dividido en los siguientes compartimentos: 1) área de acopio de los

(CCC) was established in a strategic place for people to bring their RSO, properly separated, observe and participate in the different treatment processes and use vermi-compost.

Elements of the strategy used. The elements of the strategy were to: 1) establish a module, in the community, with appropriate infrastructure, so people can see, understand and choose to participate; 2) continuous guidance and education campaigns for the separation of domestic waste; 3) training on the various processes involved in proper handling of RSO; 4) continuous research, including experimentation to refine the technology and elements of the strategy; 5) establish regular contact with government institutions, social organizations and civil society to disseminate results and experiences; and 6) continuous evaluation of processes and results.

Infrastructure and support for its construction. Based on a test phase, a Community Composting Centre (CCC) was established in 800 square meters and divided into the following compartments: 1) reception area of organic waste; 2) composting area, composed of 28 compost bins or "beds" under shade cloth; 3) area for vegetable production under greenhouse; 4) area for vegetable production in field, 16 plots; 6) a warehouse; 7) two bathrooms; 8) cleaning area; and 9) a cistern to collect rainwater. Growing areas and composting have a drip irrigation system and spraying respectively. The periphery has an electric fence and shrubs.

For the construction of infrastructure and purchase of equipment, tools and supplies, resources came from several sources as a donation.

Collection and volume of RSO. Currently each week receives between 700 to 800 kg of organic waste totally separated. The separation is made by the family at home and taken to CCC by them. Once collected, the material is subjected to a process of vermicompost. The volume of organic waste that is collected comes from 60% of the 260 families in the suburbs of Santiaguito, and other suburbs. In rainy seasons and festivals, RSO volume increases, compared to other seasons (Figure 1). CCC only receives duly separate organic waste, which is mostly composed of kitchen waste, fruits and vegetables in decomposition. Garden waste are scarce, but increase from spring to autumn.

Management of Organic waste. Organic waste is subjected to a process of decomposition in compost bins or also called "beds". These are made of cement, sand and breeze blocks;



residuos orgánicos; 2) área de compostaje, compuesta por 28 composteras o “camas” bajo malla sombra; 3) área de producción de hortalizas en invernadero; 4) área producción de hortalizas a cielo abierto, compuesta por 16 parcelas; 6) una bodega; 7) dos baños; 8) área de limpieza; y 9) una cisterna para captar agua de lluvia. Las áreas de cultivo y compostaje poseen un sistema de riego por goteo y nebulizado respectivamente. La periferia está encercada con electro malla y arbustos.

Para la construcción de la infraestructura y compra de equipo, herramienta e insumos, los recursos provinieron de varias fuentes en calidad de donación.

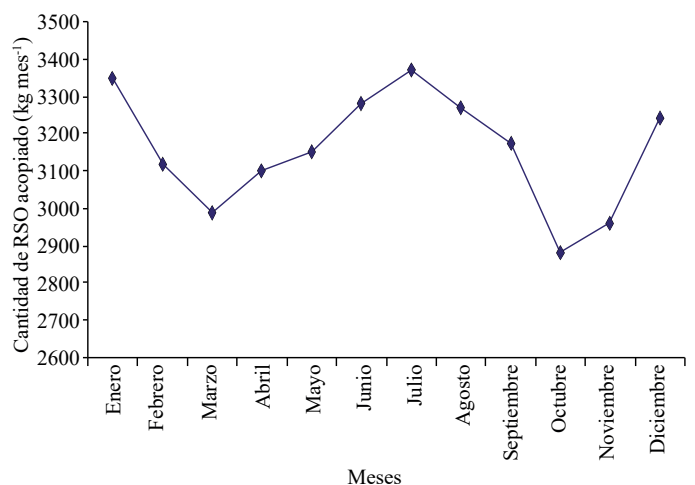
Sobre el acopio y volumen de los RSO. En la actualidad se recibe, semanalmente, entre 700 a 800 kg de basura orgánica totalmente separada. La separación es realizada por la propia familia en su casa y trasladada al CCC por ellos mismos. Una vez acopiada, el material es sometido a un proceso de compostaje con lombrices. El volumen de basura orgánica que se acopia proviene de 60% de las 260 familias de la colonia Santiaguito, y de otras circunvecinas. En épocas de lluvia y festividades, el volumen de RSO se incrementa comparado a lo de las otras épocas del año (Figura 1). En el CCC se recibe solamente basura orgánica debidamente separada, cuya composición está integrada mayormente por residuos de cocina y frutas y verduras en descomposición. Los residuos de jardinería son escasos, pero se incrementan desde la primavera hasta el otoño.

El manejo de la basura orgánica. La basura orgánica acopiada es sometida a un proceso de descomposición en composteras o también llamadas “camas”. Estas están construidas de cemento, arena y bloques; cada una tiene una dimensión de 3 m de largo, 1 m de ancho y 0.3 m de alto, con capacidad de 1 000 kg de basura orgánica. Estas dimensiones son apropiadas para un proceso de compostaje adecuado, que es producto de varios años de experimentación.

Las camas con esas dimensiones permite la fácil manipulación durante el proceso para permitir la oxigenación del material en descomposición, temperatura apropiada y la extracción del humus y lombrices. Una vez llenada la “cama” con basura orgánica, es cubierta con pasto seco o paja para ayudar a mantener la humedad. Después de 25 días de iniciado el proceso de descomposición, el material es inoculado con 2 kg de lombrices de la especie *E. andrei*. Antes de aplicar las lombrices, se revisa que la temperatura del material en descomposición no tenga más de 30 °C. Después de incorporadas las lombrices, el proceso de compostaje

each has a size of 3 m long, 1 m wide and 0.3 m high, with a capacity of 1 000 kg of organic waste. These dimensions are appropriate for a proper composting process, which is product of several years of experimentation.

Beds with these dimensions facilitate handling during the process, to allow oxygenation of decomposing material, appropriate temperature and removal of humus and worms. Once the "bed" if filled with organic waste, is covered with dry grass or straw to help retain moisture. After 25 days of starting the decomposition process, the material is inoculated with 2 kg of earthworms of the species *E. andrei*. Before applying the worms, the temperature of the composting material should not be more than 30 °C. After incorporating earthworm, the composting process continues for a period of 3 months. Things to keep in mind during this period are: having enough moisture and proper temperature, no rodents and other predators that affect the process.



**Figura 1. Volumen de RSO acopiada en el CCC, por meses.**  
**Figure 1. RSO volume collected in CCC, for months.**

When organic material completes the decomposition process, earthworms are separated, to check that material is decomposed. A good indicator to know if compost is well degraded (mineralized) is the smell of damp earth and brown or dark brown color. Once the worms are separated from decomposed material, proceeds to sieving and then packed in sacks or bags for sale or use in the same module for vegetable production.

Determination of quality from vermi-compost. To ensure the quality of vermi-compost, one of the first steps was to check that the RSO did not have contaminated material or that degradation took a long time, due to plastics and cardboard. Usually, the material received rarely contains components

continúa hasta un período de 3 meses. Los cuidados que se tienen en este período son: que tenga suficiente humedad y temperatura adecuada, no ingresen roedores ni otros depredadores que afecten el proceso.

Cuando el material orgánico completó su proceso de descomposición, se realiza la separación de las lombrices, para lo cual se revisa que el material debe estar descompuesto. Un buen indicador para saber si una composta está suficientemente degradada (mineralizada), es el olor a tierra húmeda y el color a café o pardo oscuro. Una vez separada las lombrices del material descompuesto, se procede a su harneado para luego ser envasado en costales o bolsas para su venta o uso en el mismo módulo en la producción de hortalizas principalmente.

**Determinación de la calidad de la vermi-composta.** Para garantizar la calidad de la vermi-composta, una de las primeras medidas fue revisar que el RSO, acopiado no tenga material contaminante o que su degradación tarde, como los plásticos y cartones. Por lo general, el material que se recibe, raras veces contiene componentes que no son orgánicos, lo que garantiza la calidad del producto. Este es uno de los aspectos principales del enfoque local de manejo de los RSO, en el que se garantiza la calidad del producto porque la separación de la basura es realizada en la casa (origen). Para conocer la calidad física y química de la vermi-composta, se envió muestras al Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas para su análisis. Los resultados se muestran en el Cuadro 2.

Como se observa en dicho cuadro, el pH de ambas muestras fue algo alcalino, pero en cuanto a materia orgánica y demás compuestos es similar al resultado de otros casos, lo que indica la buena calidad del producto.

**Destino y uso de la vermi-composta.** Una vez convertida la basura orgánica en composta (humus), ésta es utilizada mayormente para la producción de hortalizas o es vendida al público en general o donada a las personas contribuyentes con su basura. La producción de hortalizas se realiza bajo invernadero o a cielo abierto. En el invernadero se produce mayormente jitomate y pepino en las épocas de primavera, verano y otoño y en las parcelas a cielo abierto, hortalizas de diferente tipo, en mono o poli cultivo, durante la época de lluvia. El propósito principal de estas prácticas ha sido demostrar la calidad e importancia del producto que se obtiene de los RSO, debidamente tratado. En general, la respuesta de las plantas a la vermi-composta ha sido extraordinaria, resultados similares mostrados por Canet-Castelló y Albiach-Vila (2010).

that are not organic, ensuring product quality. This is one of the main aspects of local management for RSO, in which product quality is guaranteed because garbage separation is made at home (source). To know physical and chemical quality of vermicompost, samples were sent to the Graduate College of Agricultural Sciences for analysis. The results are shown in Table 2.

**Cuadro 2. Resultados del análisis físico y químico de las muestras de vermi-compostas que se produce en el CCC Santiaguito, Texcoco.**

**Table 2. Results of physical and chemical analysis from vermicompost samples produced in the CCC Santiaguito, Texcoco.**

Parámetro	Muestra 1	Muestra 2
pH	8.46	8.52
Conductividad eléctrica (dS m <sup>-1</sup> )	11	10.04
Materia orgánica (%)	20	19
Nitrógeno (%)	1.46	1.36
Fósforo (ppm)	6389	7424
Potasio (ppm)	2702	2820

As seen in table 2, the pH of both samples was somewhat alkaline, but as for organic matter and other compounds is similar to the result of other cases, indicating the good quality of the product.

**Destination and use of vermi-compost.** Once organic waste was turn into compost (humus), it is mostly used for vegetable production or sold to general public or donated to people that contribute with their garbage. Vegetable production is done in greenhouses or field. In greenhouse tomato and cucumber are produced during spring, summer and fall and on the field are sown various kinds of vegetables, mono or poly cultivation during the rainy season. The main purpose of these practices has been to demonstrate the quality and importance of the product that is obtained from RSO, properly treated. Overall, the response of plants to vermicompost has been extraordinary, similar results shown by Canet-Castelló and Albiach-Vila (2010).

Over the years, several empirical experiments were made to determine the appropriate dose and application of vermicompost with different types of vegetables. The best responses have been applying 80 to 90% of vermi-compost in twelve types of vegetables. Usually, plant growth has been strong and resistant to pests and diseases.

A través de los años, se realizaron diversos experimentos de tipo empírico para conocer la dosis apropiada y forma de aplicación de la vermi-composta con diversos tipos de hortalizas. Las mejores respuestas han sido con la aplicación entre 80 a 90% de vermi-composta en los doce tipos de hortalizas sembradas. Por lo general, el crecimiento de las plantas ha sido vigoroso y resistente a plagas y enfermedades.

La participación de las familias en el proyecto. Uno de los propósitos del proyecto fue que los habitantes de la colonia intervinieran conscientemente en alguna o todas las fases del proyecto. Las fases o momentos incluye: separación y traslado de la basura al CCC, proceso de compostaje, separación de las lombrices, harneado, uso de la composta en la producción de hortalizas, gestión y administración, evaluación, capacitación y difusión de las experiencias.

Durante los doce años de funcionamiento del proyecto, la participación de la gente ha variado; mientras que la participación se incrementó en la separación y traslado de la basura orgánica, en las otras actividades, disminuyó sustancialmente. La meta fue que al menos 90% de las familias de la colonia separen su basura y la trasladen al CCC. Aunque aún no se ha llegado a esa meta, el incremento se debe, por propia declaración de la gente, a que el CCC está ubicado en un lugar estratégico para dejar la basura orgánica y observar lo que se están realizando en él.

Acciones para lograr la participación de la gente local. Se refiere básicamente a las acciones realizadas al inicio del funcionamiento del proyecto, sobre todo para que la gente se decidiera a separar su basura y luego trasladarla al CCC. En esta fase se utilizaron varias estrategias: explicaciones en asambleas de la comunidad, sobre la importancia de la separación de la basura, su manejo apropiado y la utilidad de la composta, incluyendo acciones demostrativas *in situ*, de los procesos. Entre otras acciones más sobresalientes en esta fase fueron: la conformación de un teatro con señoras, niños (as) y varones adultos y la elaboración de un video. La segunda fase tuvo como característica principal la demostración *in situ*, del proceso de compostaje y el uso de la composta en la producción de hortalizas, plantas ornamentales y aromáticas. Estas acciones fueron las que más influyeron para que la gente se decidiera a participar en el proyecto, sobre todo para que separara su basura y la orgánica la trasladara al CCC. Los propios vecinos de la colonia lo manifestaron al señalar que “vale la pena separar la basura porque es tratada y utilizada en beneficio de la propia comunidad”.

Involvement of families in the project. The project aimed for the inhabitants of the suburbs to consciously intervene in any or all phases of the project. The phases or moments include: separation and transfer of waste to CCC, composting, separation of earthworms, sieving, use of compost in vegetable production, management and administration, evaluation, training and dissemination of experiences.

During twelve years of the project, participation of people has changed; while participation increased in separation and transfer of organic waste, while in other activities decreased substantially. The goal was that at least 90% of families in the suburbs separated their trash and transferred to CCC. Although this has not been reached, according to people the increase is due to CCC, is located in a strategic place to leave organic waste and observe what they are doing on it.

Actions to achieve the participation of people. It refers to the actions taken at the start of the project, especially for people to decide to separate their trash and then take it to CCC. In this phase different strategies were used: explanations in community assemblies about the importance of waste separation, their proper management and use of compost, including demonstrative actions *in situ* of processes. Among other outstanding actions in this phase were: the creation of a theater with ladies, children and male adults and the development of a video. The second phase main feature was *in situ* demonstration of the process of composting and compost use in the production of vegetables, ornamentals and herbs. These actions influenced the most on people to decide to participate in the project, especially to separate their garbage and transferred it to the CCC. The same residents of the suburb expressed that "it is worth to separate the trash because it is treated and used to benefit the community".

Organization for the operation of the project. The project is under the responsibility of a committee integrated by five members, elected at an assembly of the community. The committee is composed of women, working in collaboration with the project coordinator and a group of researchers at the Postgraduate College in Agricultural Sciences. Efforts, relevant decisions and relevant actions are informed and consulted with the authorities and to the community assembly. Although there is not a regulation for a better project work.

### Project impact

After twelve years of initiated the project, without interruption, it was possible to generate and test an appropriate strategy for the management of RSO, with local

La organización para el funcionamiento del proyecto. El proyecto está bajo la responsabilidad de un comité, integrado por cinco miembros, elegidos en asamblea de la comunidad. El comité, integrada totalmente por mujeres, trabaja en colaboración con el coordinador del proyecto y un grupo de investigadores del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Las gestiones, decisiones y acciones relevantes son informadas y consultadas a las autoridades y a la asamblea de la comunidad. Aun no se cuenta con un reglamento para un mejor trabajo organizado del proyecto.

### Impacto del proyecto

A más de doce años de haber iniciado el proyecto, en forma ininterrumpida, se logró generar y probar una estrategia apropiada sobre la gestión de los RSO, con enfoque local y participación comunitaria. El módulo se convirtió en un centro de demostración y capacitación sobre cómo manejar la basura orgánica localmente y en parte ha sido útil para contribuir a la educación ambiental. Además, con cierta regularidad se ha tenido visitas de estudiantes de media superior y superior, productores del campo, promotores y técnicos interesados en el tema, no sólo del municipio, sino también de otros ámbitos del estado.

### 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 excelente calidad), cuando son manejados apropiadamente. Si bien, los volúmenes de RSO en ambos casos son enormes; su generación es mayor en las áreas rurales que en las urbanas, su uso es casi inexistente en esta última que en la primera y 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 nos sugieren que no debemos 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.

approach and community involvement. The module became a center for demonstration and training on how to handle organic waste locally and partly has been useful to contribute to environmental education. Furthermore regularly are visits from students, rural producers, promoters and technicians interested in the subject, not only from the municipality, but also from other areas of the state.

### Conclusions

The study demonstrated that RSO, both urban and rural areas, rather than being a problem, it could become a beneficial resource (fertilizer of excellent quality), when properly managed. RSO volumes in both cases are huge; their generation is higher in rural areas than in urban areas, their use is almost nonexistent in the latter than in the first and in both cases, good handling and management are emerging. The study also showed that working in small and medium scale, the involvement of people in different stages of management, use of technologies and biological processes, such as vermicompost and the use of appropriate infrastructure for its proper management are key elements for success in the management of RSO. The experiences achieved suggest that we cannot spare efforts, or economic expenses to take actions towards the use proven strategies to solve the problem of pollution with RSO, while generating a quality product (fertilizer) for agriculture that demands to be organic and sustainable.

*End of the English version*



### Literatura citada

- Acurio, G.; Rossin, A.; Teixeira, P. F. y 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 p.
- Altieri, M. y Toledo, V. M. 2011. The agroecological revolution of Latin America: rescuing nature, securing food sovereignty and empowering peasants. USA. *J. Peasant Studies*. 3(38):587-612.
- Canet-Castelló, R. y Albiach-Vila, M. R. 2010. Aplicaciones del compost en agricultura ecológica. Centro para el Desarrollo de la Agricultura Sostenible. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVAI). España. 380-395 pp.
- Capistrán, F.; Aranda, E. y Romero, J. C. 2001. Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje. S y G editores, S. A. de C. V. México D. F. 150 p.

- 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>.
- Gobierno del Distrito Federal (GDF). 2003. Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal. Gaceta Oficial del Distrito Federal, 22 de abril de 2003. México, D. F.
- Greenpeace Argentina, 2010. Ley basura cero: recomendaciones para un tratamiento ambientalmente saludable de los residuos orgánicos. <http://www.greenpeace.org/argentina/es/campanas/contaminacion/basura-cero/Ley-Basura-Cero/>.
- 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.
- Lesur, L. 1998. Manual del manejo de la basura: una guía paso a paso. Editorial Trillas. México, D. F. 96 p.
- Medina, M. 1999. Reciclaje de desechos sólidos en América Latina. México. Frontera Norte. 21(11):1-25.
- Navarro, P.; Moral, H.; Gómez, L. y Mataix, B. 1995. Residuos orgánicos y agricultura. Edición electrónica Espagrafic, Universidad de Alicante. España. 67 p.
- O’Ryan-Herrera, J. y Riffo-Prado, O. 2007. El compostaje y su utilización en agricultura, dirigido a pequeños(as) productores(as) pertenecientes a la agricultura familiar campesina. Fundación para la Innovación Agraria-Universidad de Las Américas, Chile. 40 p.
- Pastor, E. 2004. La participación ciudadana en el ámbito local, eje transversal del trabajo social comunitario. Alternativas. Cuadernos de Trabajo Social. 12(4):103-137.
- Quadri, G.; Wehenpohl, G.; Sánchez-Gómez, J.; López-Villalobos, A.; y Nyssen-Ocaranza, A. 2003. La basura en el limbo: desempeño de gobiernos locales y participación privada en el manejo de residuos urbanos. Primera edición. México. Comisión Mexicana de Infraestructura Ambiental (COMIA) y Agencia de Cooperación Alemana (GTZ). 98 p.
- Quintero, R.; Ferrera, R.; Ethevers, J.; García, N.; Rodríguez, R.; Alcántar, G.; y Aguilar, A. 2003. Enzimas que participan en el proceso de vermicompostaje. Terra Latinoamericana, Universidad Autónoma Chapingo (UACH). México, D. F. 21(1):73-80.
- Quispe, A. 2000. Aprovechamiento de la basura orgánica doméstica con participación comunitaria en el Municipio de Texcoco. Propuesta. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Estado de México. 12 p.
- Quispe, A. 2010. ¿Cómo manejar y aprovechar la basura orgánica de las ciudades? Manual. Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. México. 67 p.
- Rodríguez-Salinas, M. A. y Córdova, A. 2006. Manual de compostaje municipal. Tratamiento de residuos sólidos urbanos. Primera edición. Instituto Nacional de Ecología (INE) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) y Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. México, 104 p.
- Romero-Paredes, A. 2013. Experiencias internacionales en el composteo de residuos sólidos orgánicos. Programa para el desarrollo bajo en emisiones de México (MLED). Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). México, D. F. 83 p.
- Selener, D. 1997. La sistematización de proyectos de desarrollo, una metodología de evaluación participativa para fortalecer la capacidad institucional de ONGs y organizaciones populares. Instituto Internacional de Reconstrucción Rural de la Oficina Regional para América Latina. Ecuador. 117 p.
- Santamaría, 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.
- Soto, G. y Muñoz, C. 2002. Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost y su empleo en la agricultura orgánica. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. Costa Rica. 65(1):123-129.
- Velasco, J. 2012. Planta piloto de compostaje: Biotecnología de descomposición de residuos orgánicos agroindustriales. Propuesta mecanografiada. Subdirección de Investigación, Campus Córdoba, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, México, D. F. 44 p.