

SEPARACIÓN DE RESIDUOS DOMICILIARIOS PARA LA PREPARACIÓN DE COMPOST Y SU ANÁLISIS EN LA PRODUCCIÓN DE PEPINOS

SEPARATION OF DOMESTIC WASTES FOR COMPOSTING AND COMPOST EVALUATION IN CUCUMBER PRODUCTION

Gilberto **Iñiguez-Covarrubias**^{1*}, F. María **Iñiguez-Franco**¹, G. Alberto **Martínez-Gutiérrez**², J. **Ryckeboer**³

¹ Departamento de Madera, Celulosa y Papel. Universidad de Guadalajara. 45020. Carretera Guadalajara-Nogales km 15.5. Las Agujas, Zapopan, Jalisco. México. (giniguez@dmcp.cucei.udg.mx). ² Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Instituto Politécnico Nacional. Unidad Oaxaca. 71230. Calle Hornos No. 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. (megabinin@yahoo.es). ³ Laboratory of Phytopathology and Plant Protection, Katholieke Universiteit Leuven. Leuven, Bélgica. (jaak.ryckeboer@agr.kuleuven.ac.be).

RESUMEN

El manejo de los desechos domiciliarios no es cuestión meramente tecnológica, sino de estrategias, educación y concienciación social; requiere la participación de autoridades, empresarios y la sociedad civil. El objetivo del presente estudio fue bajo esas premisas, con énfasis en la participación de la sociedad para el manejo de desechos de cocina y residuos de jardinería a través del compostaje en un fraccionamiento residencial en Zapopan, Jalisco, en agosto del 2007. Se implementó un programa de recolección, cuantificación, clasificación y evaluación de la respuesta de los colonos a la convocatoria de separar los residuos de cocina. Para el compostaje los residuos se depositaron en dos celdas de madera en capas alternadas con residuos de jardinería, hasta colocar 3000 kg de residuos de cocina y 1595 kg de jardinería por celda. El periodo de compostaje fue 105 d, durante el cual se generó un promedio de 4 kg basura d⁻¹ casa⁻¹. Cada casa generó en promedio 1.92 kg d⁻¹ de residuos de cocina. De acuerdo con las 21 fracciones de clasificación de los desechos, se encontró que 47.4 % fue residuos de cocina, 10.7 % papel, 7.4 % residuos de jardinería y 0.4 % latas y papel de aluminio. Además, 61 % de la basura doméstica puede manejarse por compostaje, 24.3 % por reciclaje, 12.4 % por compostaje cuando cambien los patrones de consumo de la población al usar nuevas tecnologías para fabricar materiales compostables y sólo 2.3 % en rellenos sanitarios. Al terminar el compostaje los residuos de cocina y jardinería se transformaron en un producto con textura y olor similares al de una tierra de jardinería; la pérdida de volumen y materia seca fue 44 y 44.7 %. El compost se

ABSTRACT

The management of domestic wastes is not merely an issue of home technology, but of strategies, education and social awareness; it requires the participation of authorities, businessmen and civil society. The objective of this study was under these premises, with emphasis on the participation of society to manage kitchen wastes and garden residues through composting in a residential area of Zapopan, Jalisco, in August, 2007. A program of collection, quantification, classification and evaluation of the neighbors' response to the call to separate the kitchen waste was implemented. For composting the residues were deposited in two wooden bins in alternating layers with garden waste up to place 3000 kg of kitchen waste and 1595 kg of garden waste per bin. The composting period was 105 d, in which an average of 4 kg garbage d⁻¹ house⁻¹ was generated. Each household generated an average of 1.92 kg d⁻¹ of kitchen waste. According to the 21 fractions of waste classification, it was found that 47.4 % were kitchen waste, 10.7 % paper, 7.4 % garden waste and 0.4 % aluminum cans and paper. In addition, 61 % of household waste can be handled by composting, 24.3 % by recycling, 12.4 % by composting when consumption patterns of the population change by using new technologies to manufacture compostable materials and only 2.3 % can be handled in sanitary landfills. At the end of composting the kitchen and garden wastes became a product with texture and smell similar to a gardening land; the loss of volume and dry matter was 44 and 44.7 %. The compost was characterized by: pH 8.26, conductivity 5.55 dS m⁻¹, total N 1.5 %, Na 370.54 mg kg⁻¹, Cu 35.38 mg kg⁻¹, Be 0.56 mg kg⁻¹, Al 7927 mg kg⁻¹, Ba 44 mg kg⁻¹, Cd 0.49 mg kg⁻¹, Ca 5.44 %, Cr 6.33 mg kg⁻¹, Pb 8.67 mg kg⁻¹, Co 1.42 mg kg⁻¹, Fe 4379.74 mg kg⁻¹, Mg 0.32 %, Mn 767.07 mg kg⁻¹, Mo 13.75 mg kg⁻¹, Ni 3.16 mg kg⁻¹, P 0.24 %, K 1.2 %,

*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: julio, 2010. Aprobado: mayo, 2011.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 45: 639-651. 2011.

caracterizó por: pH 8.26, conductividad 5.55 dS m⁻¹, N total 1.5 %, Na 370.54 mg kg⁻¹, Cu 35.38 mg kg⁻¹, Be 0.56 mg kg⁻¹, Al 7927 mg kg⁻¹, Ba 44 mg kg⁻¹, Cd 0.49 mg kg⁻¹, Ca 5.44 %, Cr 6.33 mg kg⁻¹, Pb 8.67 mg kg⁻¹, Co 1.42 mg kg⁻¹, Fe 4379.74 mg kg⁻¹, Mg 0.32 %, Mn 767.07 mg kg⁻¹, Mo 13.75 mg kg⁻¹, Ni 3.16 mg kg⁻¹, P 0.24 %, K 1.2 %, Ag <0.29 mg kg⁻¹, Zn 165.28 mg kg⁻¹, Sb 18.87 mg kg⁻¹, Ti 118.99 mg kg⁻¹ y V 10.32 mg kg⁻¹. En un estudio de invernadero con pepinos (*Cucumis sativus* L.) cultivados durante 103 d en macetas con diferentes proporciones de compost y arena, no hubo diferencia estadística significativa ($p>0.05$) entre el número y peso acumulado de pepinos recolectados por maceta en cinco de seis tratamientos, ni tampoco entre el peso y longitud promedio de los pepinos. De acuerdo con el análisis se debe someter a compostaje 2369 kg de residuos de cocina y 1185 kg de residuos de jardinería al día. Para 120 d de compostaje se necesita un área mínima de 2257 m², donde se instalarían 10 pilas (31 m largo, 3 m ancho y 2 m alto) para tener una producción de compost de 2246 kg d⁻¹ al alcanzar la fase estacionaria.

Palabras clave: desechos sólidos municipales, desechos de cocina, *Cucumis sativus* L.

INTRODUCCIÓN

El acelerado proceso de urbanización, el crecimiento poblacional e industrial y la modificación de los patrones de consumo, han aumentado la generación de residuos sólidos urbanos (RSU). Por ello, en el 2008 se publicó en la Gaceta Oficial del Distrito Federal (México) el reglamento de la Ley de Residuos Sólidos (GODE, 2008), cuyo objetivo es reglamentar la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos y el servicio de limpia. Además en el estado de Jalisco, México, entró en vigor la Norma Ambiental (SEMADES, 2008) para separar los RSU en material orgánico, inorgánico y basura sanitaria.

El manejo de los RSU es una situación tecnológica, de estrategias, educación y concienciación social, con la participación de autoridades, empresarios y la sociedad civil. Una parte significativa de los RSU está constituida por residuos de jardinería y de cocina; en Bélgica, el manejo de los primeros es un buen negocio, porque no se destinan a los rellenos sanitarios, sino que las empresas cobran a la población por recibirlos para hacer compost y venderlo (experiencia personal).

Ag<0.29 mg kg⁻¹, Zn 165.28 mg kg⁻¹, Sb 18.87 mg kg⁻¹, Ti 118.99 mg kg⁻¹ and V 10.32 mg kg⁻¹. In a greenhouse study with cucumbers (*Cucumis sativus* L.) grown for 103 d in pots with different compost and sand ratios, there was no statistically significant difference ($p>0.05$) between the number and cumulative weight of cucumbers harvested per pot in five of six treatments, nor between the weight and average length of the cucumbers. According to the analysis 2369 kg of kitchen waste and 1185 kg of garden residues should be subjected to composting per day. For 120 d of composting it is required a minimum area of 2257 m², where 10 windows (31 m long, 3 m wide and 2 m high) would be installed to have a compost production of 2246 kg d⁻¹ to reach the stationary phase.

Key words: municipal solid wastes, kitchen waste, *Cucumis sativus* L.

INTRODUCTION

The accelerated process of urbanization, the population and industrial growth and the modification of consumption patterns have increased the generation of urban solid residues (USR). Therefore, in 2008 the rules of the Solid Waste Act (GODE, 2008) were published in the Official Gazette of the Federal District (Mexico City), whose objective was to regulate the integral management of non-hazardous solid waste and the sanitation service. Also in the state of Jalisco, Mexico, the State Environmental Policy entered into force (SEMADES, 2008) to separate the USRs in organic, inorganic material and sanitary waste.

The management of the USRs is a technological situation of strategies, education and social awareness, with participation of authorities, businessmen and civil society. A significant portion of USRs consists of garden and kitchen wastes; in Belgium, the management of the former is a good deal, because they are not destined for landfills, but the companies charge people to receive them and to compost and sell them (personal experience).

For this study, kitchen wastes are residues of cooked, processed or raw foods not used in their preparation or consumption, as well as paper napkins, coffee and coffee filters. It is a readily putrescible material which combining with the other inorganic wastes contributes to the generation of bad odors, the attraction and proliferation of vermin, leachate generation and greenhouse gases.

Para este estudio los desechos de cocina son residuos de alimentos, cocidos, procesados o crudos, no aprovechados en su preparación o consumo, así como servilletas de papel, café y filtros de café. Es un material prontamente putrescible que al juntarse en la basura con los demás residuos inorgánicos contribuye a la generación de malos olores, la atracción y proliferación de fauna nociva, generación de lixiviados y gases de efecto invernadero.

El compostaje es una tecnología disponible para la disposición y tratamiento de los residuos de cocina. Este proceso requiere la separación de residuos orgánicos e inorgánicos lo cual no es un hábito de la población; el empaque de los alimentos se asocia con la cocina, pero éstos no pueden ser compostados con los desechos orgánicos. Una vez separados los residuos de cocina, su recolección también es difícil debido a que están en bolsas de plástico que deben separarse para someter a compostaje los residuos.

Los objetivos del presente estudio fueron conocer la cantidad y composición de la basura producida en un fraccionamiento residencial para el diseño de una planta de compostaje, así como evaluar la dinámica del compostaje de residuos de cocina y jardinería y la efectividad del compost resultante para la producción de pepinos (*Cucumis sativus* L).

MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio hubo cinco fases: 1) determinación de la cantidad de basura generada por casa habitación; 2) caracterización de residuos; 3) implementar el programa de recolección, cuantificación y evaluación de la respuesta de los colonos a la convocatoria de separar los residuos de cocina (RC); 4) compostaje; 5) evaluación del compost en el cultivo de pepinos.

Determinación de la cantidad de basura generada por casa habitación

Este estudio se realizó en un fraccionamiento residencial en Zapopan, estado de Jalisco, México, con 1234 casas, 190 000 m² de áreas verdes comunes, 300 000 m² de áreas verdes privadas, e infraestructura propia para la recolección de basura y mantenimiento de áreas verdes, incluyendo una trituradora para los residuos de jardinería. Para cuantificar la basura generada se usó un camión recolector (12 m³ de capacidad) que recogió la basura del 50 % de las casas los lunes, miércoles y viernes; en el otro 50 % de las casas se recogió la basura los martes, jueves y sábados,

Composting is a technology available for treatment and disposal of kitchen waste. This process requires the separation of organic and inorganic waste which is not a habit of population; the food packages are associated with the kitchen, but they cannot be composted with organic wastes. Once the kitchen wastes are separated, their collection is also difficult because they are placed in plastic bags that must be separated so the residues can be submitted to composting.

The objective of this study was to determine the amount and composition of waste produced in a residential area for the design of a composting plant, as well as to evaluate the composting dynamics of kitchen and garden wastes and the effectiveness of the resulting compost for the production of cucumber (*Cucumis sativus* L).

MATERIALS AND METHODS

There were five phases in this study: 1) determination of the amount of waste generated by household; 2) characterization of residues; 3) to implement the program of collection, quantification and evaluation of the neighbors' response to the call to separate the kitchen wastes (KW); 4) composting; 5) evaluation of the compost in the growth of cucumbers.

Determination of the amount of waste generated by household

The study was conducted in a residential area of Zapopan, state of Jalisco, México, with 1234 households, 190 000 m² of public green areas, 300 000 m² of private green areas, and own infrastructure for waste collection and maintenance of green areas, including a shredder for the garden waste. To quantify the waste generated, a garbage truck (12 m³ loading capacity) that collected the garbage from 50 % of the households on Mondays, Wednesdays and Fridays was used; in the other 50 % of houses garbage was collected on Tuesdays, Thursdays and Saturdays, in a garbage truck with loading capacity of 8 m³. Trucks with garbage were weighed 8 d from 16 to August 24, from 3 to September 11 and from 23 to October 31, 2007. The waste was deposited in a municipal landfill.

Study of the characterization of residues

During the days 6, 10, 13 and 17 of October, waste from 20 randomly selected houses was collected to be characterized in waste kitchen, paper, garden waste, plastic bags, glass bottles, cardboard, plastic bottles, cans, diapers.

en un camión de 8 m³ de capacidad. Los camiones con la basura se pesaron 8 d del 16 al 24 de agosto, del 3 al 11 de septiembre y del 23 al 31 de octubre de 2007. La basura se depositó en un relleno sanitario municipal.

Estudio de caracterización de residuos

Los días 6, 10, 13 y 17 de octubre se recolectó la basura de 20 casas seleccionadas al azar para caracterizarla en residuos de cocina, papel, residuos de jardinería, bolsas de plástico, botellas de vidrio, cartón, botellas de plástico, latas, pañales.

Implementación del programa de recolección, cuantificación y evaluación de la respuesta de los colonos a la convocatoria de separar los residuos de cocina

En la primera etapa (10 de enero del 2008) en 61 casas se repartieron 61 botes de plástico de 25 L, un bote de 10 L, un rollo de 25 bolsas de plástico compostables (BioBag) y un instructivo indicando al colono el tipo de residuos que se deberían depositar en las bolsas (residuos alimenticios y papel de cocina, como servilletas y filtros de café). El bote pequeño se usó para recolectar los RC en las bolsas de plástico compostables; el grande para la recolección de la basura el día correspondiente. En la segunda etapa (16 de enero del 2008) se repartió el mismo material en 39 casas localizadas en otras tres secciones del fraccionamiento y en la tercera etapa (24 de enero del 2008) se repartió el material en otras 53 casas localizadas en una diferente sección del fraccionamiento.

Para calcular la cantidad de basura generada por casa por día, se tomaron 17 datos, cada uno consistente de los kg de RC recolectados un día determinado entre 27 y 51 casas, dado que no siempre los mismos colonos sacaron de sus casas los RC para la recolección. El total de los RC recolectados se dividió entre el número de casas donde se recogieron los residuos y dicho valor se dividió entre el número de días en que se acumularon los residuos. Si los RC se recolectaron en una sección del fraccionamiento lunes, miércoles y viernes, el total de RC del lunes se dividió entre el número de casas donde se recogió la basura, dividido entre tres (RC acumulados viernes, sábado y domingo). Con los datos para evaluar los RC generados casa⁻¹ d⁻¹ se calculó la respuesta de los colonos al llamado de separar sus desechos según los botes repartidos y los puestos para recolección en cada sección del fraccionamiento.

Compostaje

Se construyeron dos celdas de madera de 13.8 m³ de capacidad (2.5 m ancho×2.6 m largo y 2.0 m alto) donde se pusieron

Implementation of the program of collection, quantification and evaluation of the neighbors' response to the call to separate kitchen waste

In a first stage (January 10, 2008), 61 plastic containers of 25 L, a bucket of 10 L, a roll of 25-compostable plastic bags (BioBag) were distributed, and an instructive indicating the neighbor the type of waste that should be deposited in bags (food waste and paper towels, such as napkins and coffee filters). The small bucket was used to collect the KW in compostable plastic bags; the large one was used to collect garbage next day. In a second stage (January 16, 2008) the same material was distributed in 39 houses located in three other sections of the residential area and in a third stage (January 24, 2008) material was distributed in another 53 households in a different section of the area.

To calculate the amount of waste generated per house per day, 17 data were taken, each consisting of the kg of KWs collected on a given day between 27 and 51 houses, since not always the same neighbors took out from their houses the KWs to be collected. The total of KWs collected was divided by the number of houses where the waste is collected and this value was divided by the number of days on which the wastes were accumulated. If KWs were collected in a section of the residential area on Monday, Wednesday and Friday, the total of KWs of Monday was divided by the number of households where the waste was collected, divided by three (KWs accumulated on Friday, Saturday and Sunday). With the data to evaluate the KWs generated house⁻¹ d⁻¹ the response of the neighbors to the call to separate their waste was calculated according to distributed cans and the places for collection in each section of the residential area.

Composting

Two wooden cells of 13.8 m³ capacity (2.5 m wide×2.6 long and 2.0 m high) were built where 3000 kg of KWs and 1595 kg of garden waste were placed for composting in duplicate; they were placed in 24 layers of garden waste of 65 kg each, alternating with 23 of KWs of 130 kg each. The final volume was 7.7 m³. The filling of the cells was done in 25 d as KWs was collected.

The content of the cells was removed 15 d after laying the last layer of garden waste. Throughout the composting (105 d) temperature was measured with cover thermometers at six points at random. The average temperature changes were plotted for each day. The cell contents were removed periodically for 105 d to facilitate aeration; the piles were irrigated to keep moisture between 40 and 65 %. At end of process it was determined the density of

en compostaje por duplicado 3000 kg de RC y 1595 kg de residuos de jardinería; se acomodaron en 24 capas de residuos de jardinería de 65 kg cada una, alternadas con 23 de RC de 130 kg cada una. El volumen final fue 7.7 m³. El llenado de las celdas se hizo en 25 d conforme se recolectaban los RC.

El contenido de las celdas se removió 15 d después de poner la última capa de residuos de jardinería. Durante todo el compostaje (105 d) se midió la temperatura con termómetros de carátula en seis puntos al azar. El promedio de los cambios de temperatura se graficó para cada día. El contenido de las celdas se removió periódicamente por 105 d para facilitar la aireación; las pilas se regaron con agua para conservar la humedad entre 40 y 65 %. Al final del proceso se determinó la densidad del compost de ambas pilas de acuerdo a la técnica descrita con el método TMECC 3.01-C para analizar densidad en campo (TMECC, 2001). En una cubeta de 21 L se puso una mezcla compuesta de compost hasta una tercera parte y se dejó caer al suelo 10 veces; se añadió otra tercera parte de compost y se repitió el procedimiento. La cubeta con compost se llenó completamente y se dejó caer otras 10 veces para al final llenarla al ras. La cubeta se pesó y se tomaron muestras para el análisis de humedad y para calcular el porcentaje de volumen y materia seca perdidos durante el compostaje. En el compost se determinó pH, conductividad, carbono orgánica total (COT), y el contenido total de N, Na, Cu, Be, Al, Ba, Cd, Ca, Cr, Pb, Co, Fe, Mg, Mn, Mo, Ni, P, K, Ag, Zn, Sb, Ti y V.

Evaluación del compost

El experimento se realizó de junio a agosto de 2009 en un invernadero tipo multitúnel, con ventilación lateral, cenital y cubierta de plástico blanco. Las semillas de pepino fueron germinadas en vasos de unicel de 250 mL, con partes iguales de peat moss y compost, sembrando una semilla por vaso. A los 15 d de la siembra, cuando las plantas de pepino alcanzaron un promedio de 12 cm de altura, fueron transplantadas a macetas de plástico rígido de 6 L cada una, donde el sustrato fue una mezcla de arena y compost (v/v) de 0, 20, 40, 60, 80 y 100 % (tratamientos). Diariamente las macetas se regaron sólo con agua de la llave. Conforme crecieron las plantas se tutoraron a un solo tallo con hilo de polipropileno blanco para mantenerlas verticalmente y facilitar el manejo del cultivo y la recolección de los frutos. La cosecha se inició a los 61 d de siembra y duró 42 d.

El diseño experimental fue completamente al azar con 6 tratamientos y 10 repeticiones por tratamiento. Las variables fueron rendimiento total, frutos por planta y por maceta, tamaño longitudinal del fruto, altura de la planta, biomasa aérea y de raíz. Con los datos se hizo un análisis de varianza y se usó una prueba t y una prueba DMS ($p \leq 0.05$).

compost in both piles according to the technique described in the method TMECC 3.01-C to analyze density in field (TMECC 2001). In a bucket of 21 L a mixture composed of compost was placed to one third of the bucket and then was dropped to the ground 10 times; another third part of compost was added and the procedure was repeated. The bucket was filled with compost and was dropped another 10 times to finally fill it evenly to the top. The bucket was weighed and samples were taken for moisture analysis and to calculate the percentage of volume and dry matter lost during composting. In the compost it was determined pH, conductivity, organic carbon total (TOC) and total content of N, Na, Cu, Be, Al, Ba, Cd, Ca, Cr, Pb, Co, Fe, Mg, Mn, Mo, Ni, P, K, Ag, Zn, Sb, Ti and V.

Evaluation of compost

The experiment was conducted from June to August, 2009 in a multi-tunnel type greenhouse, with lateral ventilation, zenithal and white plastic cover. Cucumber seeds were germinated in styrofoam cups of 250 mL, with equal parts of peat moss and compost, planting a seed per cup. At 15 d of planting, when the cucumber plants averaged 12 cm in height, were transplanted to rigid plastic pots of 6 L each, where the substrate was a mixture of sand and compost (v/v) of 0, 20, 40, 60, 80 and 100 % (treatments). Pots were irrigated daily with plain water from the tap. As the plants grew they were tutored at a single stem with white polypropylene thread to hold them vertically and facilitate the handling of the crop and the harvesting of fruits. The harvest began at 61 d of sowing and lasted 42 d.

The experimental design was a completely randomized design with 6 treatments and 10 replicates per treatment. The variables were total yield, fruits per plant and per pot, longitudinal size of the fruit, plant height, aerial and root biomass. An analysis of variance was performed with the data followed by the t test and LSD test ($p \leq 0.05$).

Analytical methods

The content of total Kjeldahl nitrogen (TKN) was determined by the macro-Kjeldahl procedure (AOAC, 1990). Dry matter (DM) was determined by drying a sample 24 h at 105 °C. For the analysis of ashes the dried sample was 2 h in a muffle furnace at 550 °C; the volatile material was considered organic matter (AOAC, 1990). The pH and conductivity were determined from water extracts, in a weight/volume ratio of 1:5 (CWMI, 1995). The pH was measured with a HANNA pH meter model 211, and conductivity with a temperature and conductivity meter EXTECH 407303 model. The total organic carbon (TOC) was calculated with the equation:

Métodos analíticos

El contenido de nitrógeno total Kjeldahl (NTK) se determinó por el procedimiento macroKjeldahl (AOAC, 1990). La materia seca (MS) se determinó al secar una muestra 24 h a 105 °C. Para el análisis de cenizas la muestra seca estuvo 2 h en una mufla a 550 °C; el material volátil se consideró materia orgánica (AOAC, 1990). El pH y la conductividad fueron determinados de extractos en agua, en una relación peso/volumen de 1:5 (CWMI, 1995). El pH se midió con un potenciómetro HANNA pH 211, y la conductividad con un medidor de temperatura y conductividad modelo 407303 EXTECH. El carbono orgánico total (COT) se calculó con la ecuación: $\% \text{ COT} = (100 - \text{cenizas})/1.8$ (Golueke, 1977). El total de Na, Cu, Be, Al, Ba, Cd, Ca, Cr, Pb, Co, Fe, Mg, Mn, Mo, Ni, P, K, Ag, Zn, Sb, Ti y V se determinó por espectrometría de emisión atómica en plasma, acoplado inductivamente en un espectrómetro FMA-03, previa digestión de las muestras con agua regia (TMECC, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de la basura generada

La basura generada en 1234 casas del fraccionamiento durante los tres periodos de evaluación fue 41 940, 39 354 y 37 705 kg, con un promedio diario de 4958 kg, por lo que se concluye que cada casa generó un promedio de 4 kg d⁻¹. Deffis (2005) señala que la cantidad de basura generada depende del estrato social; hogares con menores ingresos (un salario mínimo) generan 2.45 kg casa⁻¹ d⁻¹, mientras que hogares con mayores ingresos generan 2.86 kg casa⁻¹ d⁻¹. En este caso, la generación de basura fue mucho mayor y en el fraccionamiento viven personas con los mayores ingresos en la zona metropolitana de Guadalajara.

Caracterización de la basura

Para los resultados promedio de la caracterización de la basura (Figura 1) se consideraron cuatro series de datos, donde cada una representó el porcentaje de una muestra de basura de 20 casas seleccionadas al azar. La basura se clasificó en orden descendente en 21 fracciones, con 47.4 % para los RC. La agrupación de las 21 fracciones en cuatro bloques (Cuadro 1) permite dar alternativas de solución al manejo y disposición final de los RSU. Si se someten

% TOC = (100-ashes)/1.8 (Golueke, 1977). Total Na, Cu, Be, Al, Ba, Cd, Ca, Cr, Pb, Co, Fe, Mg, Mn, Mo, Ni, P, K, Ag, Zn, Sb, Ti and V were determined by spectrometry of atomic emission in plasma, inductively coupled into a FMA-03 spectrometer, after digestion of the samples with aqua regia (TMECC, 2001).

RESULTS AND DISCUSSION

Determination of generated waste

The waste generated in 1234 households of the residential area during the three evaluation periods was 41 940, 39 354 and 37 705 kg, with a daily average of 4958 kg; thus, it was concluded that each household generated an average of 4 kg d⁻¹. Deffis (2005) notes that the amount of waste generated depends on the social stratum; households with lower income (minimum wage) generate 2.45 kg house⁻¹ d⁻¹, while households with higher income generate 2.86 kg house⁻¹ d⁻¹. In this case, the generation of waste was much higher and in this residential area lives people with the highest income in the metropolitan area of Guadalajara.

Characterization of waste

For the average results of the characterization of waste (Figure 1) four series of data were considered, each of which represented the percentage of a waste sample from 20 houses selected at random. Waste was classified in descending order in 21 fractions, with 47.4 % for the KW. The grouping of the 21 fractions in four blocks (Table 1) allows alternative solutions to the handling and disposal of USW. If fractions of group 1 are subjected to composting up to 61 % of wastes can be utilized, since all would be degraded biologically. With a separation and commercialization program and plus the availability of neighbors to separate the fractions of group 2, 24.3 % of garbage would be utilized. For the handling and disposal of fractions of group 3, it would be necessary to change the consumer habits, establishing new technologies in México to manufacture compostable bags and plastics, food containers, plates and containers of dry ice and bottles and yogurt cups. Fractions of group 4, only 2.3 % of the waste total, could be disposed in a sanitary landfill.

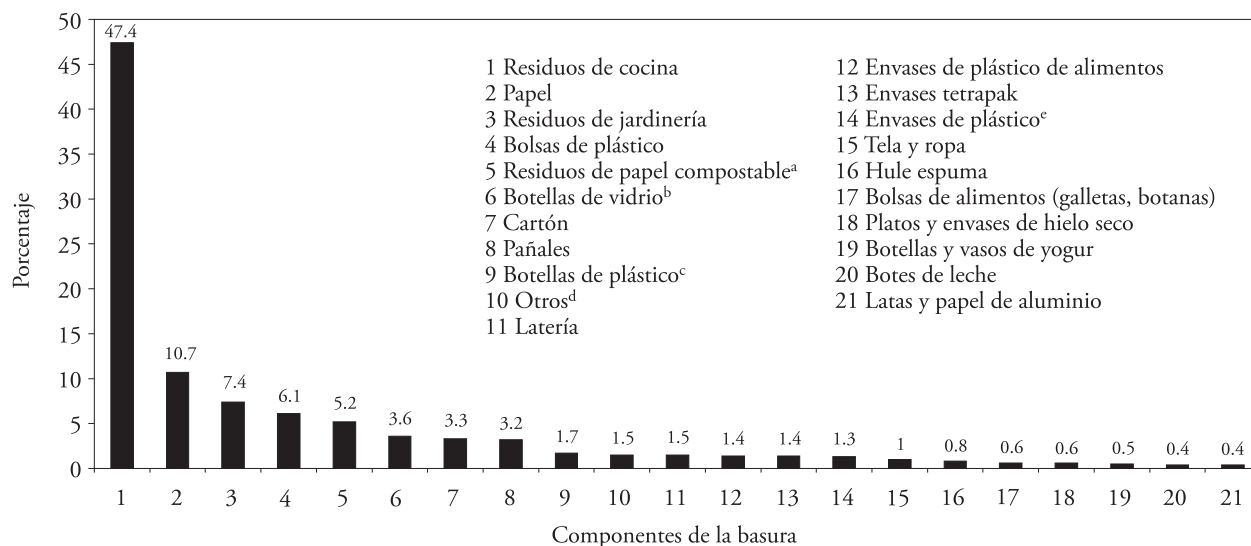


Figura 1. Composición de la basura del fraccionamiento residencial. a) pedazos de papel, cajas de medicamentos, cajas chicas de cereal, servilletas de papel, tubos de papel sanitario, papel sanitario; b) refresco, jugos, vino, cerveza; c) refrescos, jugos, agua; d) peines, cepillo de dientes, frascos de medicina, ganchos para ropa; e) jabón, champú, cloro, suavizador, detergente.

Figure 1. Waste composition of the residential area. a) pieces of paper, medicine boxes, small boxes of cereal, paper towels, toilet paper tubes, toilet paper, b) soda, juice, wine, beer, c) soft drinks, juices, water, d) combs, brush teeth, medicine bottles, coat hangers, e) soap, shampoo, bleach, softener, detergent.

Cuadro 1. División por grupos de las 21 fracciones de separación de los desechos sólidos en un fraccionamiento residencial en Zapopan, Jalisco, México.

Table 1. Division by groups of the 21 fractions of separation of solid wastes in a residential area of Zapopan, Jalisco, México.

Grupo 1 (61 %)	Grupo 2 (24.3 %)	Grupo 3 (12.4 %)	Grupo 4 (2.3 %)
Residuos de cocina (47.4 %)	Papel (10.7 %)	Bolsas de plástico (6.0 %)	Hule espuma (0.8 %)
Residuos de jardinería (7.4 %)	Cartón (3.3 %)	Pañales (3.3 %)	Otros ^b (1.5 %)
Residuos de papel compostables [†] (5.2 %)	Botellas de vidrio [‡] (3.5 %)	Envases de plástico de alimentos (1.4 %)	
Tela y ropa (1 %)	Botellas de plástico [§] (1.7 %)	Platos y envases de hielo seco (0.6 %)	
	Latería (1.5 %)	Botellas y vasos de yogurt (0.5 %)	
	Envases de plástico [¶] (1.4 %)	Bolsas de alimentos (0.6 %)	
	Envases tetrapak (1.4 %)		
	Botes de leche (0.4 %)		
	Latas y papel de aluminio (0.4 %)		

[†]Pedazos de papel, cajas de medicamentos, cajas chicas de cereal, servilletas de papel, tubos de papel sanitario, papel sanitario; [‡]Refrescos, jugos, vino, cerveza; [§]Refrescos, jugos, agua; [¶]Peines, cepillos de dientes, frascos de medicamentos, ganchos para ropa; [¶]Jabón, champú, cloro, suavizador, detergente [¶]Pieces of paper, medicine boxes, small boxes of cereal, paper towels, toilet paper tubes, toilet paper, [‡]Soda, juice, wine, beer, [§]Soft drinks, juices, water, ^bCombs, brush teeth, medicine bottles, coat hangers, ^aSoap, shampoo, bleach, softener, detergent.

a compostaje las fracciones del grupo 1 se pueden aprovechar hasta 61 % de los residuos, dado que todas se degradarían biológicamente. Con un programa de separación y comercialización más la disponibilidad de los colonos para separar las fracciones del

Quantification of the KWs and the neighbors' response

For KWs $1.72 \text{ kg house}^{-1} \text{ d}^{-1}$ was generated, (1.49 to $1.95 \text{ kg house}^{-1} \text{ d}^{-1}$) with a confidence

grupo 2, se aprovecharía 24.3 % de la basura. Para el manejo y disposición de las fracciones del grupo 3 sería necesario cambiar los hábitos de consumo, estableciendo en México nuevas tecnologías para la fabricación de bolsas y plásticos compostables, envases de alimentos, platos y envases de hielo seco y botellas y vasos de yogurt. Las fracciones del grupo 4, sólo 2.3 % del total de la basura, pudieran disponerse en un relleno sanitario.

Cuantificación de los RC y respuesta de los colonos

Se generaron $1.72 \text{ kg casa}^{-1} \text{ d}^{-1}$ de RC (1.49 a $1.95 \text{ kg casa}^{-1} \text{ d}^{-1}$) con un intervalo de confianza de 95 %. Con estos datos se calculó que la respuesta de los colonos a la convocatoria de separar los RC fue 54.7 % (51 a 58 %; intervalo de confianza de 95 %).

Análisis estadístico de la generación de los RC ($\text{kg casa}^{-1} \text{ d}^{-1}$)

Con los datos de la Figura 1 se calculó que en el fraccionamiento se generó $1.92 \text{ kg casa}^{-1} \text{ d}^{-1}$ de RC; con los datos obtenidos al recolectar los RC para al compostaje se calculó $1.72 \text{ kg casa}^{-1} \text{ d}^{-1}$ de RC. Entre ambos valores no hubo diferencia significativa (prueba de t; $p > 0.05$).

Compostaje

La Figura 2 muestra las variaciones de la temperatura de las pilas durante el compostaje; además se ilustran los días en que se movieron las pilas (flechas gruesas para la Pila 1 y delgadas para la Pila 2) para facilitar la aireación y la adición de agua, con el propósito de conservar la humedad entre 40 y 65 %, intervalo recomendado para una más rápida biodegradación (Rynk, 1992). En ambas pilas se aprecia que, antes de moverlas por primera vez, la temperatura fue superior a 60°C . Las temperaturas máximas se registraron en el día 32 (68°C) para la Pila 1 y 42 (69°C) para la Pila 2. La variación de temperatura de ambas pilas fue similar hasta el día 70 de compostaje; después fue notoria la diferencia de la temperatura máxima alcanzada antes de remover las pilas. Esta diferencia se mantuvo hasta el final del compostaje (105 d), y pudo deberse a la composición de los residuos de jardinería en el

intervalo de 95 %. With these data it was calculated that the neighbors' response to the call to separate KWs was 54.7 % (51 to 58 %; confidence interval of 95 %).

Statistical analysis of the generation of the KWs ($\text{kg house}^{-1} \text{ d}^{-1}$)

With data in Figure 1 it was estimated that in the residential area $1.92 \text{ kg house}^{-1} \text{ d}^{-1}$ of KW was generated; with the data obtained by collecting the KWs for composting, it was calculated $1.72 \text{ kg house}^{-1} \text{ d}^{-1}$ of KW. Between both values there was no significant difference (t test; $p > 0.05$).

Composting

Figure 2 shows the variation in temperature of the piles during the composting; in addition, the days in which the piles were moved are shown (thick arrows for Pile 1 and thin for Pile 2) to facilitate the aeration and the addition of water, in order to retain moisture between 40 and 65 %, range recommended for a more rapid biodegradation (Rynk, 1992). In both piles, it can be seen that, before moving them for the first time, the temperature was above 60°C . The maximum temperatures were recorded on day 32 (68°C) for Pile 1 and 42 (69°C) for Pile 2. The variation of temperature of both piles was similar until day 70 of composting; afterwards it was remarkable the difference of the maximum temperature reached before moving the piles. This difference was maintained until the end of composting (105 d), and could be due to the composition of the garden waste at the time of filling the cells of composting; for Pile 1, the garden waste contained a greater amount of hard material, product of grinding Christmas trees. This difference may explain that the material of pile 2 will be stabilized more rapidly. According to the initial and final volume of compost piles, as well as the DM of the kitchen and garden wastes and those of compost, a loss of volume and dry matter averaged 44 and 44.7 % was obtained.

Evaluation of compost

The production of cucumber plants grown in mixtures formed with different percentages of compost and sand is shown in Table 2. There

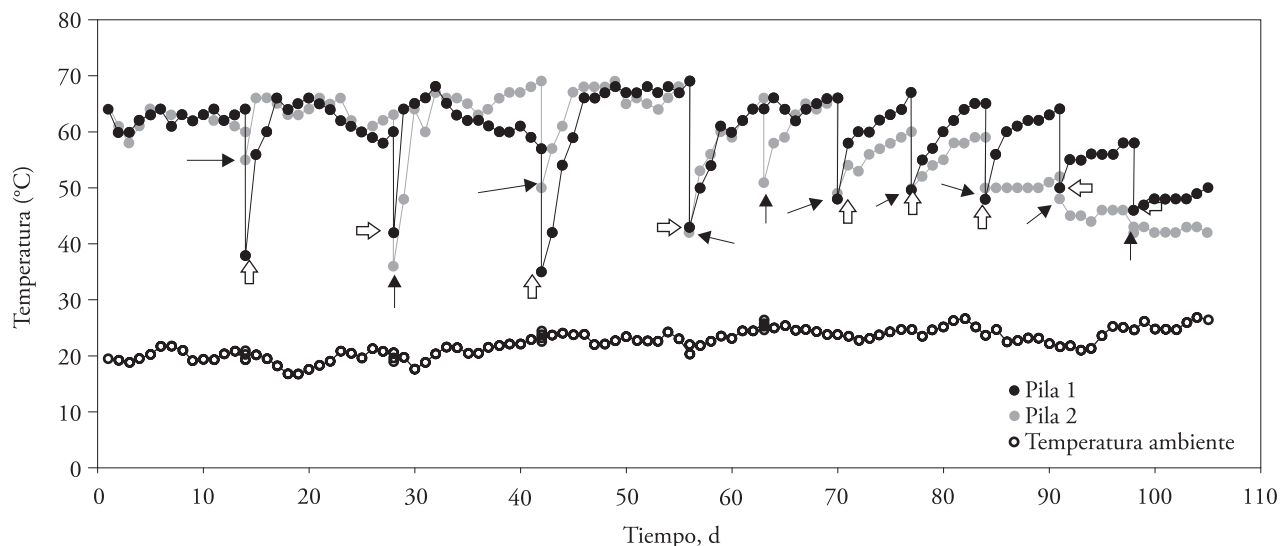


Figura 2. Cambios de temperatura durante el compostaje de residuos de cocina y jardinería. Las flechas gruesas y delgadas indican el tiempo en que se movieron las pilas 1 y 2.

Figure 2. Temperature changes during the composting of kitchen and garden wastes. The thick and thin arrows indicate the time in which the piles 1 and 2 were removed.

momento de llenar las celdas de compostaje: para la Pila 1, los residuos de jardinería contenían una mayor cantidad de material duro, producto de la molienda de árboles de navidad. Esta diferencia puede explicar que el material de la Pila 2 se estabilizara más rápidamente. De acuerdo con el volumen inicial y final de las pilas de compostaje, así como de la MS de los residuos de cocina y jardinería y los del compost, se obtuvo una pérdida de volumen y de materia seca promedio de 44 y 44.7 %.

Evaluación del compost

En el Cuadro 2 se muestra la producción de plantas de pepino cultivadas en mezclas formadas con diferentes porcentajes de compost y arena. No se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las diversas mezclas para frutos totales, frutos por maceta, peso medio del fruto y rendimiento total. La mezcla de 60 % de compost + 40 % de arena mostró el mayor rendimiento total (1005.81 g), el mayor peso del fruto (25.79 g) y la mayor longitud del fruto (17.40 cm) pero no el mayor número de frutos totales, es decir: las plantas de pepino cultivadas con esta mezcla produjeron frutos grandes. Márquez *et al.* (2008) obtuvieron resultados similares al evaluar las mezclas de Biocompost® y Vermicompost comercial con

were no significant differences ($p \leq 0.05$) between the diverse mixtures for total fruits, fruits per pot, average fruit weight and total yield. The mixture of 60 % compost + 40 % sand showed the highest total yield (1005.81 g), highest fruit weight (25.79 g) and the highest fruit length (17.40 cm) but not the highest number of total fruits, that is, cucumber plants grown with this mixture produced large fruits. Márquez *et al.* (2008) obtained similar results when evaluating the mixtures of Biocompost® and commercial Vermicompost with river sand and perlite (50 % Biocompost® o Vermicompost + 50 % perlite or sand), which promoted large fruits and higher yields of greenhouse tomatoes.

The only significant difference between mixtures of substrates evaluated was observed with the plants grown in the substrate formed by sand by 100 %, which had the lowest yield (154.98 g) and the lowest total fruit number (seven). The values of the variables plant height and root and aerial biomass showed a similar behavior where the more pronounced difference was also for plants grown in sand substrate by 100 %. Plants grown in the mixture 60 % compost + 40 % sand produced the most apparent amount of aerial biomass (48.78 g) and those cultivated in the mixture 40 % compost + 60 % sand produced the highest apparent value of root biomass (2.64 g). In this regard, Ojodeagua *et al.* (2009), Márquez *et al.*

Cuadro 2. Efecto del compost en el crecimiento y producción de pepino (*C. sativus* L.)[†].
Table 2. Effect of compost on growth and yield of cucumber (*C. sativus* L.)[†].

Compost-arena (v/v)	Frutos totales	Frutos/maceta	Peso (g) del fruto/maceta	Rendimiento total (g)	Longitud promedio de cada pepino (cm)	Altura de la planta (m)	Biomasa aérea (g)	Biomasa de raíz (g)	pH [‡]	Conductividad (dS m ⁻¹) [‡]
100-0	37	3.7 ^a	91.9 ^a	919.08	17.40 ^a	2.35 ^{c,d}	46.64 ^{b,c}	2.43 ^c	8.07	0.9132
80-20	42	4.2 ^a	89.3 ^a	892.92	16.53 ^a	1.86 ^b	35.18 ^b	1.89 ^b	8.16	0.579
60-40	39	3.9 ^a	100.3 ^a	1005.81	17.40 ^a	2.23 ^{b,c,d}	48.78 ^c	2.15 ^{b,c}	8.60	0.139
40-60	34	3.4 ^a	78.9 ^a	789.14	16.83 ^a	2.04 ^{b,c}	38.15 ^{b,c}	2.64 ^c	8.40	0.085
20-80	37	3.7 ^a	86.3 ^a	862.84	17.34 ^a	2.50 ^d	44.54 ^{b,c}	2.16 ^{b,c}	8.44	0.062
0-100	7	0.7 ^b	15.5 ^b	154.98	16.06 ^a	1.24 ^a	16.48 ^a	1.01 ^a	8.15	0.017

[†]En 103 d de experimentación con 42 d de cosecha; [‡]mezcla compuesta de las 10 macetas; a, b, c, d valores con diferente letra en una columna son diferentes ($p \leq 0.05$) ❖ [†]In 103 d of experimentation with 42 d of harvest; [‡]mixture composed of 10 pots; a, b, c, d values with different letter in a column are different ($p \leq 0.05$).

arena de río y perlita (50 % Biocompost[®] o Vermicompost + 50 % de perlita o arena) que promovió frutos grandes y los mayores rendimientos de tomate en invernadero.

La única diferencia significativa entre las mezclas de sustratos evaluados se observó con las plantas cultivadas en el sustrato formado por arena a 100 %, las cuales presentaron los menores rendimientos (154.98 g) y el menor número de frutos totales (siete). Los valores de las variables altura de planta y biomasa aérea y de raíz mostraron un comportamiento similar, donde la diferencia más marcada también fue para las plantas cultivadas en el sustrato de arena a 100 %. Las plantas cultivadas en la mezcla 60 % de compost + 40 % de arena produjeron la mayor cantidad aparente de biomasa aérea (48.78 g) y aquellas cultivadas en la mezcla de 40 % de compost + 60 % de arena produjeron el mayor valor aparente de biomasa de raíz (2.64 g). Al respecto, Ojodeagua *et al.* (2009), Márquez *et al.* (2008) y Urrestarazu *et al.* (2008) concluyen que las mezclas de materiales orgánicos e inorgánicos usados como medios de cultivo sin suelo para hortalizas superan en rendimiento a las plantas cultivadas en material solo o puro, e indican que esta superioridad se debe al mejoramiento de las propiedades físicas (Hernández *et al.*, 2008) al mezclar materiales orgánicos (p.ej. compost) con inorgánicos (p.ej. arena, perlita, vermiculita etc.). Además, todos los materiales orgánicos aportan cantidades importantes de elementos nutritivos, como 70-80 % de fósforo y 80-90 % de potasio en compost (Márquez *et al.*, 2008).

(2008) and Urrestarazu *et al.* (2008) conclude that mixtures of organic and inorganic materials used as soilless media for vegetables exceed in yield the plants cultivated in single or pure material, and indicate that this superiority is due to the enhancement of the physical properties (Hernández *et al.*, 2008) by mixing organic materials (e.g. compost) and inorganic (e.g. sand, perlite, vermiculite etc.). In addition, all organic materials provide significant amounts of nutrients such as phosphorus 70-80 % and 80-90 % of potassium in compost (Márquez *et al.*, 2008).

The values of pH of the different mixtures evaluated were superior to 8 and the highest (8.6) was obtained in the mixture of 60 % compost + 40 % sand. All exceed the optimum level (5.5-6.3) for soilless substrates (Abad *et al.*, 1992). The electric conductivity values decreased according to the decreasing percentage of compost in the mixtures, without exceeding the optimum level of 0-3.50 dS m⁻¹ (Abad *et al.*, 1992). However, the high values of pH and EC of the substrate does not have any risk to use it, as the irrigation program applied during the growing season causes an effective leaching of excess soluble salts (Noguera *et al.*, 1997; Abad *et al.*, 2002; Martínez *et al.*, 2009). The chemical analysis of the compost gave the following result: pH 8.26; electric conductivity 5.55 dS m⁻¹; total N 1.50 %; TOC 22.00 %; C/N ratio 14.64; total P 0.24 %; total K 1.20 %; total Ca 5.44 %; total Mg 0.32 %; total Na 370.54 mg kg⁻¹; Cu 35.38 mg kg⁻¹; Be 0.56 mg kg⁻¹; Al 7927.08 mg kg⁻¹; Ba 44.00 mg kg⁻¹; Cd 0.49 mg kg⁻¹; Cr 6.33 mg kg⁻¹; Pb 8.67 mg kg⁻¹;

Los valores de pH de las diferentes mezclas evaluadas fueron superiores a 8 y el más alto (8.6) se obtuvo en la mezcla de 60 % de compost + 40 % de arena. Todos superan el nivel óptimo (5.5-6.3) para sustratos de cultivos sin suelo (Abad *et al.*, 1992). Los valores de conductividad eléctrica disminuyeron de acuerdo con la disminución del porcentaje de compost en las mezclas, sin superar el nivel óptimo de 0-3.50 dS m⁻¹ (Abad *et al.*, 1992). Sin embargo, los altos valores de pH y CE del sustrato no presentan riesgo para usarlo, ya que el programa de riego aplicado durante el desarrollo del cultivo provoca una eficaz lixiviación de las sales solubles en exceso (Noguera *et al.*, 1997; Abad *et al.*, 2002; Martínez *et al.*, 2009). El análisis químico del compost dio el siguiente resultado: pH 8.26; conductividad eléctrica 5.55 dS m⁻¹; N total 1.50 %; COT 22.00 %; C/N 14.64; P total 0.24 %; K total 1.20 %; Ca total 5.44 %; Mg total 0.32 %; Na total 370.54 mg kg⁻¹; Cu 35.38 mg kg⁻¹; Be 0.56 mg kg⁻¹; Al 7927.08 mg kg⁻¹; Ba 44.00 mg kg⁻¹; Cd 0.49 mg kg⁻¹; Cr 6.33 mg kg⁻¹; Pb 8.67 mg kg⁻¹; Co 1.42 mg kg⁻¹; Fe 4379.74 mg kg⁻¹; Mn 767.07 mg kg⁻¹; Mo 13.75 mg kg⁻¹; Ni 3.16 mg kg⁻¹; Ag <0.29 mg kg⁻¹; Zn 165.28 mg kg⁻¹; Sb 18.87 mg kg⁻¹; Ti 118.99 mg kg⁻¹; V 10.32 mg kg⁻¹.

Consideraciones para el diseño de la planta de compostaje

La producción diaria de RC fue 2369 kg; si por cada 2 kg de estos residuos se necesita 1 kg de residuos de jardinería, habrá que someter a compostaje 3554 kg de materia compostable, lo cual significa un volumen 7.7 m³, equivalentes a una pila triangular (3 m ancho×2 m alto×2.56 m largo). Si los residuos a degradar no sufrieran transformación alguna en 120 d de compostaje, se acumularían 924 m³ de residuos, equivalentes a 10 pilas (31 m largo×3 m ancho×2 m alto), que cubriría un área aproximada de 2257 m² para el compostaje (Figura 3). Si el rendimiento es el mismo al de este estudio (63.2 %), una vez establecida la fase estacionaria habría una producción diaria de compost de 4.87 m³ (2246 kg), con una densidad 646.2 kg m⁻³ y un contenido de humedad de 55 %. Al área anterior habrá que añadir un espacio para la maduración del compost, así como para la recepción de los residuos de cocina y jardinería.

Co 1.42 mg kg⁻¹; Fe 4379.74 mg kg⁻¹; Mn 767.07 mg kg⁻¹; Mo 13.75 mg kg⁻¹; Ni 3.16 mg kg⁻¹; Ag <0.29 mg kg⁻¹; Zn 165.28 mg kg⁻¹; Sb 18.87 mg kg⁻¹; Ti 118.99 mg kg⁻¹; V 10.32 mg kg⁻¹.

Considerations for the design of the composting plant

The daily production of KW was 2369 kg; if for each 2 kg of this waste 1 kg of garden waste is required, will have to submit to composting 3554 kg of compostable matter, which means a 7.7 m³ volume, equivalent to a triangular pile (3 m wide×2 m high×2.56 m long). If wastes to be degraded did not undergo any transformation in 120 d of composting, 924 m³ of wastes would be accumulated, equivalent to 10 windows (31 m long×3 m wide×2 m high), covering an approximate area of 2257 m² for composting (Figure 3). If the yield is the same as in this study (63.2 %), once the stationary phase is established there would be a daily production of 4.87 m³ of compost (2246 kg), with a density of 646.2 kg m⁻³ and moisture content of 55 %. To the previous area there will be to add a space for the maturation of compost, as well as the reception of cook and garden wastes.

CONCLUSIONS

A group of people was organized to separate household wastes, mainly the kitchen residues, with which compost to agricultural uses can be prepared, as well as contributing nutrients to plants to increase the amount of organic material in soils. Also a composting plant was installed to handle all the kitchen wastes of the residential area, which prevented to dispose of them in a sanitary landfill. If this experience is spread in other housing units, the useful life of this traditional system of waste disposal would increase and help to reduce the production of methane gas, one of the main causes of global warming. It also showed that compost elaborated with kitchen and garden waste is valuable for the production of cucumbers and potentially for other agricultural purposes.

—End of the English version—



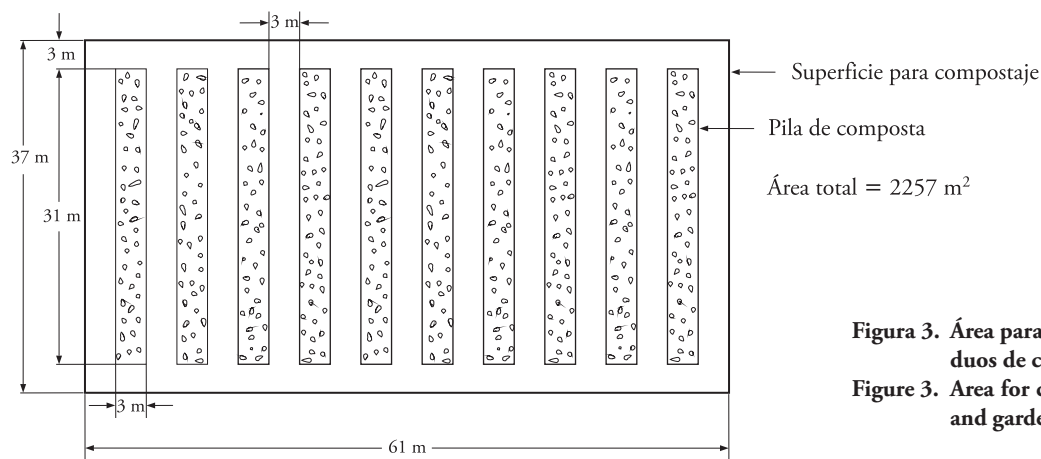


Figura 3. Área para el compostaje de residuos de cocina y jardinería.

Figure 3. Area for composting of kitchen and garden wastes.

CONCLUSIONES

Se organizó un grupo de personas para separar los residuos del hogar, principalmente los de cocina, con los cuales se puede preparar compost para fines agrícolas, ya que además de contribuir con nutrientes para las plantas aumenta la cantidad de materia orgánica en los suelos. Además se instaló una planta de compostaje para el manejo de todos los residuos de cocina del fraccionamiento, lo cual evitó disponer de ellos en un relleno sanitario. Si se difunde esta experiencia en otras unidades habitacionales, se aumentaría la vida útil de este sistema tradicional de disposición de desechos y se contribuiría a reducir la producción de gas metano, uno de los principales responsables del calentamiento del planeta. Además se mostró que un compost elaborado con residuos de cocina y jardinería es valioso para la producción de pepinos y, potencialmente, para otros fines agrícolas.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio recibió apoyo económico del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Jalisco. Los autores expresan su agradecimiento y reconocimiento al M. en C. Arturo Camacho por su ayuda en el análisis estadístico de los resultados, así como a las autoridades administrativas del Fraccionamiento Valle Real, por las facilidades otorgadas para realizar el proyecto.

LITERATURA CITADA

- Abad, M., P. Noguera, R. Puchades, A. Maquieira, and V. Noguera. 2002. Physical-chemical and chemical properties of some coconut coir dusts for use as a peat substitute for containerised ornamental plants. *Biores. Technol.* 82: 241-245.
- Abad, M., P. F. Martínez, M. D. Martínez, y J. Martínez. 1992. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. *Actas Hort.* 11: 141-154.
- AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. 15a ed. Association of Official Analytical Chemist, Washington, USA. pp: 11-18.
- CWMI 1995. Monitoring compost pH. Cornell Waste Management Institute. <http://compost.css.cornell.edu/monitor/monitorph.html> (Consultado: Octubre, 2009).
- Deffis C. A. 2005. La basura es la solución. *Digilibro*. www.digilibro.com (Consultado: Febrero, 2010).
- GODF. 2008. Gaceta Oficial del Distrito Federal, No. 436. Gobierno del Distrito Federal. 7 de octubre.
- Golueke, C. G. 1977. Biological processing: composting and hydrolysis. In: Wilson, D. G. (ed). *Handbook of Solid Waste Management*. Van Nostrand Reinhold, New York. pp: 197-225.
- Hernández A. J. A., L. F. Guerrero, C. L. E. Mármol, B. J. M. Barcenás, y E. Salas. 2008. Caracterización física según granulometría de dos vermicompost derivados de estiércol bovino puro y mezclado con residuos de fruto de la palma aceitera. *Interciencia* 33(9): 668-671.
- Márquez, H. C., R. P. Cano, y D. N. Rodríguez. 2008. Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate de invernadero. *Agric. Téc. Méx.* 34(1): 69-74.
- Martínez, G. G., H. Y. Ortiz, M. Urrestarazu, M. C. Salas San Juan, y T. C. Escamiroso. 2009. La rotación de cultivos y las propiedades de la cáscara de almendra como sustrato. *Rev. Fitotec. Mex.* 32(2): 135-142.
- Noguera, P., M. Abad, R. Puchades, V. Noguera, A. Maquieira, and J. Martínez. 1997. Physical and chemical properties of coir waste and their relation to plant growth. *Acta Hort.* 517: 279-286.
- Ojodeagua, A. J. L., R. J. Z. Castellanos, R. J. J. Muñoz, G. G. Alcántar, Ch. L. Tijerina, T. P. Vargas, y R. S. Enriquez. 2008. Eficiencia de suelo y tezontle en sistemas de producción de tomate en invernadero. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(4): 367-374.
- SEMADES. 2008. NAE-SEMADES-007. Norma Ambiental Ecológica de la Secretaría del Medio Ambiente para el

- Desarrollo Sustentable del Estado de Jalisco. Periódico Oficial del Estado de Jalisco. 10 de junio.
- Rynk, R. 1992. *In*: NRAES-54. Northeast Regional Agricultural Engineering Service. On-farm Composting Handbook. Ithaca, New York. pp: 10, 70-72.
- TMECC. 2001. Method 3.01-C, Method 04.12-E. *In*: Wayne, H. T. (ed). Test Methods for the Examination of Composting and Compost. The US Composting Council Research and Education Foundation, and the United States Department of Agriculture. pp: 8, 14.
- Urrestarazu M., P. C. Mazuela, and G. A. Martínez. 2008. Effect of substrate reutilization on yield and properties of melon and tomato crop. *J. Plant Nutr.* 31: 2031-2043.