

IMPORTANCIA DE CARACTERIZAR RESIDUOS DOMÉSTICOS EN LA FUENTE: CASO DE UNA COMUNIDAD DE EL CONSEJO, VENEZUELA

Ing. Agr. MSc. Luisa Villalba
 Laboratorio Ecología de Agroecosistemas
 Dr. Renato De Nóbrega
 Laboratorio Ecología Humana
 luisa.villalba@ciens.ucv.ve
 renato.nobrega@ciens.ucv.ve

Econ. MSc. María del Carmen Polanco
 Ing. Elizabeth Ramírez
 Geog. José Rafael Llovera
 Asociación para la Defensa del Ambiente y de la Naturaleza, ADAN.
 Venezuela
 maria.c.polanco@hotmail.com
 eramirezmedina@gmail.com
 josllovera@gmail.com

Recepción 16 de diciembre de 2018 / Aceptación 20 de febrero de 2019
Vinculación Universidad – Sector Productivo

Resumen

La producción y composición de residuos sólidos en zonas residenciales de la población de El Consejo fueron evaluadas mediante la metodología de muestreo en la fuente, recomendada por la Organización Panamericana de la Salud. Se consideraron dos tipos de viviendas, que reflejan condiciones socioeconómicas distintas de sus moradores: casas y ranchos. La tasa promedio de producción de residuos per cápita en las casas (110,4 g/persona/día) fue el doble que la correspondiente a los ranchos (53,2 g/persona/día). Ambas tasas son drásticamente menores que las registradas en el municipio en 2007 (800 g/persona/día) y en otros estudios de esta naturaleza (300-650 g/persona/día), posiblemente debido a un menor poder adquisitivo de las familias dada la hiperinflación que experimenta el país. La producción en días no laborables del fin de semana para las casas fue de 144,6 g/persona/día y desciende a 89,9 g/persona/día en los días laborables. Esto confirma la necesidad de considerar una semana completa de muestreo diario continuo, como mínimo, al corroborarse una significativa variación en la tasa de producción de residuos en este lapso. Las casas generan una mayor gama de componentes (15 categorías) que los ranchos (6 categorías). Los restos de alimentos representan más del 60% del total de componentes generados, en ambos tipos de vivienda, siendo materiales aprovechables por medio del compostaje. Las bondades del muestreo en la fuente son resaltadas pues permite obtener patrones de difícil detección mediante otros tipos de muestreo, y conocimiento útil para la elaboración de campañas educativas de aprovechamiento de los residuos a nivel de familia.

Palabras Claves: Residuos domésticos; basura; tasa de generación; caracterización; compostaje.

**THE IMPORTANCE OF CHARACTERIZING
DOMESTIC WASTE FROM THE SOURCE:
THE CASE OF A COMMUNITY IN EL
CONSEJO, VENEZUELA**

**IMPORTANCE DE CARACTÉRISER LES
DÉCHETS MÉNAGERS À LA SOURCE:
CAS D'UNE COMMUNAUTÉ DE EL
CONSEJO, VENEZUELA**

Abstract

The production and composition of solid waste in residential areas of the town of El Consejo were evaluated by using the source sampling methodology recommended by the Pan American Health Organization. Two types of contrasting dwellings were considered and which reflected different socioeconomic conditions of their inhabitants: houses and shacks. The production rate of waste per capita in houses (110.4 g/person/day) was double than that of shacks (53.2 g/person/day). Both rates are drastically lower than what was registered in the municipality in 2007 (800 g/person/day) and in other studies of this nature (300-650 g/person/day), possibly due to the lower purchasing power of families as a result of the hyperinflation experienced in the country. Waste production during the non-working days of the weekend for houses was of 144.6 g/person/day and this figure drops to 89.9 g / person / day on weekdays. This result confirms the requirements for undertaking

Résumé

La production et la composition de déchets solides dans des zones résidentielles du village de El Consejo ont été évaluées en utilisant la méthodologie de l'échantillonnage à la source recommandée par l'Organisation Panaméricaine de la Santé. Deux types de logements ont été considérés, lesquels reflètent des conditions socioéconomiques de leurs résidents : des maisons et des bidonvilles. Le taux moyen de production de déchets per capita dans les maisons (110,4g/personne/jour) a doublé celui des bidonvilles (53,2g/personne/jour). Tous les deux taux ont été radicalement inférieurs à ceux enregistrés dans la municipalité en 2007 (800g/personne/jour) et dans d'autres études de cette nature (300-650g/personne/jour), probablement dû à un pouvoir d'achat plus bas chez les ménages à cause de l'hyperinflation expérimentée dans le pays. La production pendant les jours non ouvrables de la fin de semaine pour les maisons a été 144,6g/personne/jour et elle

at least a complete week of continuous daily sampling because a significant variation in the rate of waste production in this period was corroborated. Houses generate a greater range of components (15 categories) than shacks (6 categories). Food leftovers represent more than 60% of the total of components generated in both types of housing and are materials that may be used for composting. The benefits of sampling at the source are highlighted since they allow researchers to obtain patterns that are difficult to detect through other types of sampling. In addition, they are a useful means of knowledge for the elaboration of educational campaigns for the treatment of waste at the family level.

descend à 89,9g/personne/jour pendant les jours ouvrables. Ce résultat confirme le besoin de considérer une semaine continue d'échantillonnage, au minimum, car une variation significative a été corroborée dans le taux de production de déchets dans cette période. Les maisons génèrent une gamme de composants majeure (15 catégories) à celle générée par les bidonvilles. Les restes de nourriture représentent plus de 60% de la totalité des composants générés, dans les deux types de logements, ces matériaux étant utilisables à travers le compostage. Les bénéfices de l'échantillonnage à la source sont soulignés car il permet d'obtenir des patrons de détection difficile au moyen d'autres types d'échantillonnage et d'autres connaissances utiles pour l'élaboration de campagnes éducatives pour l'utilisation des déchets au niveau de ménages.

Keywords: Domestic waste; garbage; generation rate; characterization; composting.

Mots-clés: Déchets ménagers; ordure; taux de génération; caractérisation; compostage.

Introducción

La región de América Latina y el Caribe es la más urbanizada de los países en desarrollo, con alrededor de un 80% de su población viviendo en áreas urbanas. La región continuará urbanizándose alrededor de las próximas décadas, y en ese sentido la generación de residuos sólidos urbanos es, según Rondón et al. (2016):

El indicador más importante para dimensionar la escala que deberán tener los distintos servicios de manejo de dichos residuos y prever las dificultades que se encontrarán en los procesos (especialmente es un parámetro muy importante para la toma de decisiones en lo que se refiere a proyección y diseño de los sistemas de recolección y disposición final). Su cuantía varía entre las distintas localidades de acuerdo con una serie de factores que influyen en su determinación, tales como desarrollo económico, nivel de ingreso, sectores de actividad predominantes, patrones de consumo, cantidad de población de la localidad, grado de urbanización y densidad poblacional entre otros (p. 23).

Debido a esto, los estudios de caracterización de los residuos sólidos urbanos son fundamentales para obtener la información que permita planificar y optimizar la gestión de los mismos. De acuerdo con el objetivo para el cual se plantee el desarrollo de un estudio de caracterización, se hace necesario el diseño de una metodología en la cual se definan los requerimientos de datos y el alcance de la precisión que amerite el estudio (Runfola y Gallardo, 2009).

Según Munizaga y Lobo (2013), los residuos domésticos presentan mayor dificultad para su adecuada gestión, con respecto a residuos de origen no doméstico, debido a su mayor complejidad producto de la diversidad de sus componentes, su variabilidad estacional, y las diferencias en la intensidad de producción y dispersión de los sitios de generación.

Así, para implementar mejoras o diseñar sistemas apropiados de manejo y tratamiento de residuos sólidos en una determinada localidad, es importante conocer las características de dichos residuos, tales como su tasa de generación, composición y densidad, entre otras variables. Este conocimiento es fundamental para el planeamiento y dimensionamiento

adecuado del servicio de aseo a corto, mediano y largo plazo, así como de la selección de equipos y tecnologías apropiados (Sakurai, 1981).

Determinar estas variables requiere un estudio de caracterización de residuos sólidos que defina como condición inicial el número de viviendas a seleccionar, de modo de reducir tiempos y costos en el desarrollo del mismo. Con ese objetivo, Sakurai (1981, 2000) desarrolló una metodología que se ha venido aplicando en diferentes estudios de caracterización de residuos en varios países de América Latina. Sakurai (1981) señala varios tipos de muestreo para un análisis de residuos: el muestreo en la fuente (recogiendo los desechos generados en cada inmueble u hogar), el muestreo en las veredas (muestras tomadas en recolectores colectivos), el muestreo de los camiones recolectores y el método APWA (principalmente para realizar análisis químicos de aguas residuales). Dicho autor destaca que la cantidad y la composición de la basura muestreada de los camiones recolectores suelen diferir considerablemente de aquella generada en la fuente - debido a la activa recuperación de materiales, tales como papeles, cartones, trapos, botellas y metales - y recomienda la caracterización desde la fuente pues permite una mejor estimación de la cantidad y composición de los residuos que se generan realmente en una vivienda.

En Venezuela, el informe del análisis sectorial de residuos sólidos para nuestro país realizado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) en el año 2000, reveló que los estudios de evaluación de la composición y características de residuos municipales eran pocos, y que correspondían a evaluaciones circunstanciales que diferían en las técnicas de muestreo empleadas. Este hecho dificultó la interpretación de dichos trabajos y limitó su valor en el proceso de toma de decisiones sobre la materia (OPS/OMS, 2000). Por otra parte, los planes regionales iniciados en 2002 por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARN) en diferentes estados del país, realizaron los estudios de caracterización mediante el muestreo de los camiones de recolección del aseo urbano en los sitios de disposición final. Tales son los casos de los estados Trujillo (MARN y BIOCENTRO, 2002), Falcón (MARN y CONNATURA, 2002a), Táchira (MARN y CONNATURA, 2002b), Delta Amacuro (MARN y Ecology and Environment, 2002), Sucre (MARN e Ingenieros Consultores, 2002); Nueva Esparta (MARN e IDOM, 2003) y Guárico (MARN y Oficina Técnica Marisa Sosa, 2007).

Sin embargo, en el municipio Chacao y como parte de un convenio de cooperación técnica con la CAF (Corporación Andina de Fomento, Banco de Desarrollo de América Latina), se realizó un estudio de caracterización, liderado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela (UCV), en el cual el muestreo se realizó desde la fuente (Alcaldía municipio Chacao et al., 2012; Sánchez et al., 2014).

Runfola y Gallardo (2009) señalan que la información obtenida de los estudios de caracterización será más específica en la medida en que se realicen desde su origen. La información de las caracterizaciones residenciales es más detallada y definida si se realizan desde la vivienda, en contraste con la información más general obtenida si la caracterización se realiza desde una fuente indirecta, por ejemplo, desde los vertederos.

En este trabajo se presentan resultados de un estudio exploratorio de caracterización de residuos sólidos, cuyo objetivo fue evaluar la cantidad y composición de los residuos generados desde la fuente en sectores residenciales de la población de El Consejo, siguiendo la metodología propuesta por Sakurai (1981, 2000).

El estudio formó parte de las actividades del análisis ambiental contemplado en el desarrollo del Plan Maestro y Programa de Actuaciones en El Consejo, promovido por el Instituto de Estudios Regionales y Urbanos (IERU) de la Universidad Simón Bolívar (USB).

Materiales y métodos

La metodología se expone en las siguientes secciones: selección del área de estudio, diseño del programa de muestreo (criterio de estratificación y tamaño de la muestra), protocolo de campo para obtención de mediciones de producción diaria y composición física de los residuos sólidos, y técnicas de análisis estadísticos de los resultados.

Área de estudio

El área de estudio de esta investigación está ubicada en la población de El Consejo, capital del Municipio Revenga del estado Aragua en Venezuela. Este centro poblado cuenta con una población aproximada de 48.800 habitantes según el Censo Nacional de 2011 Instituto Nacional de Estadística (2011).

Se ubica en el sector este de la cuenca del río Tuy, en su margen derecha, en la vertiente sur de la Cordillera de la Costa. La topografía de la zona es accidentada, con altitudes entre los 500 y 600 msnm, con pendientes variables que van desde los 0 a 90 grados.

Se seleccionaron cuatro sectores urbanos residenciales denominados Juan Moreno I, II y III y la Urbanización Camino Real, contiguos y ubicados al noreste de El Consejo. Los tres primeros sectores representan asentamientos informales con alto grado de consolidación, cuyos principales problemas son la creciente inseguridad, la alta tasa de desempleo y un servicio de transporte público deficiente. La urbanización Camino Real, de más reciente desarrollo, se inició como una invasión en donde luego se construyeron viviendas de interés social en el año 2000. Se puede decir que el sector urbano más consolidado, con viviendas con más de 50 años de construidas, es Juan Moreno III, seguido de Juan Moreno I y Juan Moreno II, y finalmente Camino Real, de más reciente desarrollo (Plepso, C.A. Inversiones, 2016).

El área de estudio tiene una superficie de 205.659,72 m² y se localiza entre las siguientes coordenadas UTM, elipsoide WGS84, zona 19 norte: Coordenadas del punto superior izquierdo: Norte 1.132.952,94 metros. Este: 689.265,76 metros. Coordenadas del punto inferior derecho: Norte: 1132.333,81 metros. Este: 690.306,46 metros.

Los criterios para la selección del área de estudio contemplaron las actividades dominantes, vías arteriales, y la sectorización existente para la recolección de la basura. No se consideró la actividad comercial debido a que no está consolidada, pues existen apenas 6 a 7 comercios en un terminal de pasajeros ubicado en la entrada de los sectores Juan Moreno I y Urbanización Camino Real. De allí que el sector a estudiar fue el residencial, para lo cual se preparó información básica de cada sector en cuanto a número y tipo de viviendas, y número total de habitantes. Los datos de las comunidades Juan Moreno se obtuvieron del censo socioeconómico realizado por Plepso C.A. Inversiones (2016) y la información de la Urbanización Camino Real fue facilitada por la Fundación Santa Teresa.

Diseño del programa de muestreo

Criterio de estratificación

El estudio consideró dos tipos de viviendas contrastantes en su aspecto físico y que reflejasen condiciones socioeconómicas distintas: casas y ranchos. Estos tipos de vivienda fueron tratados como los estratos del universo de estudio a muestrear. Para el conjunto de

los cuatro sectores residenciales, el total de viviendas en el estrato casas fue de 710 y el total del estrato ranchos fue de 61. La urbanización Camino Real no presentó viviendas tipo rancho.

Determinación del tamaño de muestra

Considerando como variable objetivo a la producción de residuos per-cápita por día en los dos estratos considerados, el número total de viviendas (n) que conformaron la muestra a seleccionar se determinó mediante la ecuación expresada en Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Organización Panamericana de la Salud (CEPIS/OPS) (2000), incorporando la condición de muestreo estratificado (Scheaffer et al.,1986):

$$n = \left[\frac{V^2}{\left[\frac{E}{1,96} \right]^2 + \frac{V^2}{N}} \right] \cdot \frac{[N_1^2 + N_2^2]}{N^2}$$

Donde:

V: es la desviación estándar estimada de la producción de residuos per- cápita por día. Se postuló una desviación V= 200 g/persona/día, valor recomendado en CEPIS/OPS (2000) cuando no se dispone de información previa sobre esta magnitud. En la ecuación se supone que esta desviación es igual en cada uno de los dos estratos considerados.

E: es el error máximo admisible de la estimación del promedio de producción de residuos per- cápita por día. En CEPIS/OPS (2000) se recomienda que el error de estimación admisible no supere el 15% del promedio de la producción per cápita y se sugiere considerar un valor de 500 g/habitantes/día para dicho promedio, en poblaciones pequeñas de bajos a moderados recursos económicos como el caso en estudio. Con base en estas recomendaciones, se postuló un error máximo (E) de 75 g/persona/día, lo cual representaría un 15% del promedio de producción sugerido con un nivel de confianza de 95%.

N: es el total de viviendas en todos los sectores considerados (N=771)

N1: total de viviendas en el estrato casa (N1=710)

N2: total de viviendas en el estrato rancho (N2=61)

De acuerdo a estas consideraciones, y previendo un número de viviendas manejable en función de la disponibilidad de recursos, el tamaño de la muestra a seleccionar fue establecido en 23. Este total se repartió de forma proporcional entre los dos estratos considerados según su tamaño relativo, y de forma equitativa entre los sectores: 20 muestras para el estrato casas (5 en cada uno de los cuatro sectores residenciales), y 3 muestras para el estrato ranchos (una en cada uno de los tres sectores residenciales con este tipo de vivienda) (Tabla 1). Las viviendas se seleccionaron en forma aleatoria, considerando la disposición a participar de sus moradores, con el fin de asegurar el supuesto de independencia entre las observaciones requerido para las estimaciones y pruebas de significación estadística.

Tabla 1. Número de muestras según estrato y sector residencial.

	Juan Moreno I	Juan Moreno II	Juan Moreno III	Camino Real	Total
Número de casas a muestrear	5	5	5	5	20
Número de ranchos a muestrear	1	1	1	0	3

Fuente: Elaboración propia. (2019)

Protocolo de campo para obtención de mediciones

Se hizo una visita inicial en cada vivienda seleccionada para explicar el motivo de la investigación, el método de recolección de la basura generada y la duración del estudio, el cual fue de 8 días consecutivos: desde el lunes 16 hasta el lunes 23 de abril de 2018. Se consideró una semana completa de recolección en conformidad con los planteamientos de Taboada et al. (2009) y Sánchez et al. (2014), quienes señalan que puede haber una variación destacada dentro de este lapso y recomiendan hacer el estudio durante todos los días de la semana. En cada vivienda visitada se identificó un individuo responsable, el cual recibió una breve instrucción sobre la recolección y entrega apropiada de la muestra de basura diaria requerida la cual se buscaba al día siguiente en la mañana, así cada día se recolectaron los residuos generados el día anterior. En la visita inicial se realizó una encuesta sobre el número de habitantes de cada vivienda, así como información complementaria de interés para el estudio.

Toma de la muestra de residuos: en cada día de recolección se entregó una bolsa vacía al responsable de cada vivienda a cambio de la bolsa de la basura generada el día anterior, marcándola para su identificación. La bolsa de basura recolectada fue trasladada al sitio de procesamiento.

Determinación de la producción diaria de residuos sólidos

Para definir la generación o producción de residuos domésticos, se pesaron las bolsas recogidas diariamente, durante los ocho días que duró el muestreo; este peso, al ser dividido entre el número de viviendas muestreadas y el número de habitantes de cada inmueble nos arrojó un resultado que representa la producción per cápita (g/persona./día). Para el pesaje se utilizó una balanza de 0 a 50 kg de capacidad (Sarmiento, 2015).

Determinación de la composición física de los residuos sólidos

Se realizó el análisis de la composición física de los residuos sólidos, colocando los residuos en una plataforma de trabajo cubierta de un plástico grande, donde en forma manual se hizo la clasificación de los residuos en los siguientes componentes: papel, cartón, vidrio, plástico (PET, duro y blando), metales ferrosos, metales no ferrosos, textiles, pañales, restos de alimentos, restos de vegetales, objetos voluminosos (cauchos, artefactos, madera, otros), pilas y otros (Sakurai, 1981; Sarmiento 2015).

Una vez separados los distintos componentes (plástico, metal, vidrio, etc.), se pesó cada uno, determinando luego su porcentaje en función del peso total de la muestra (Sarmiento, 2015).

Análisis estadístico

A partir de las medidas de la tasa de producción per cápita se analizaron los estadísticos siguientes: a) para cada tipo de vivienda, el promedio y desviación estándar de las producciones diarias durante el periodo de ocho días continuos de registro y para períodos con días específicos (lunes a viernes; sábado a domingo), (b) para cada día de registro, la distribución, promedio y desviación de las tasas de producción per-cápita de las viviendas, discriminadas en casas y ranchos.

Las tasas promedio entre casas y ranchos, para el periodo de ocho días, se compararon mediante una prueba de análisis de varianza de un factor. Para cada tipo de vivienda se comparó el promedio de producción entre el período conformado por los días laborables (lunes a viernes) y el período dado por los días no laborables (sábado y domingo) mediante una prueba t unidireccional para datos emparejados. Se verificó previamente el no rechazo de los supuestos requeridos de normalidad y homogeneidad de varianzas, mediante la prueba de normalidad de Lilliefors y la prueba F de homogeneidad. Se utilizó un nivel de significación de 0,05. El comportamiento de los valores promedios y desviación estándar de las tasas de producción per cápita, para cada día particular del período considerado y según tipo de vivienda, se analizó mediante gráficos de caja y bigote (box-plot).

Se calculó el porcentaje del peso que representaba cada una de las categorías que componen los residuos, con respecto al peso total producido durante los ocho días. Esta composición porcentual se representó en forma tabular para cada tipo de vivienda.

Resultados y discusión

Tasa de producción de residuos

El número de habitantes en los ranchos considerados osciló entre 2 y 3 personas, mientras que en las casas fue entre 3 a 18 personas, con una mediana de 6,5 personas.

La tasa promedio de producción por persona en las viviendas categorizadas como casas, considerando todo el período de 8 días, fueron muy similares entre los cuatro sectores residenciales (Tabla 2). Las diferencias observadas no fueron estadísticamente significativas (Análisis de varianza: $F=0,08$; $gl_1=3$, $gl_2=16$; $p=0,98$). Esto permitió reportar una tasa promedio per cápita global para las casas aglutinando todos los sectores, la cual fue de $110,4 \pm 46,9$ g/persona/día. La tasa promedio de las viviendas categorizadas como ranchos fue prácticamente la mitad ($53,2 \pm 32,9$ g/persona/día) siendo significativa su diferencia con respecto a la producción de las casas (Análisis de varianza: $F = 4,78$; $gl_1=1$, $gl_2=21$; $p=0,04$) (Tabla 2). Esta diferencia observada en la producción entre los dos tipos de viviendas es significativa tanto estadísticamente como en magnitud y ocurre en el sentido esperado, pudiendo estimarse de manera más precisa en un estudio de carácter confirmatorio con mayor número de observaciones.

Tabla 2. Promedio y desviación estándar de las tasas de producción de residuos per cápita (g/persona/día), según tipo de vivienda.

	Casas					Ranchos
	Juan Moreno I	Juan Moreno-II	Juan Moreno-III	Camino Real	Global	
Promedio	111,0	106,6	118,5	105,4	110,4	53,2
Desviación Estándar	18,9	51,5	38,1	65,1	46,9	32,9
n	5	5	5	5	20	3

Fuente: Elaboración propia. (2019)

Las tasas obtenidas para ambos tipos de vivienda son mucho menores que la estimada en 2007 para el municipio: 800 g/persona/día (Villalba, 2007), y las reportadas en otros trabajos de esta naturaleza: 500 g/persona/día para centros poblados menores de 5.000 habitantes (Sakurai, 1981; CEPIS/OPS, 2000) y 650 g/persona/día para Venezuela (Tello et al, 2011). Sánchez et al. (2014) reportan para el municipio Chacao del estado Miranda, valores de 855, 485 y 318 g/persona/día para los estratos socioeconómicos A, B y C, respectivamente.

Según Rondón et al. (2016), se estimó que la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios en América Latina y el Caribe llega a 630 g/persona/día, mientras que la de los residuos sólidos urbanos asciende a 930 g/persona/día.

Runfola y Gallardo (2009) señalan que la mayor parte de los estudios de caracterización de residuos residenciales toman en cuenta el factor de los niveles socioeconómico para organizar el muestreo, ya que es el factor que más relacionan con la tasa de generación y la composición. La generación de residuos familiares per cápita y promedio varía según la tipología de la familia y el estrato socioeconómico, siendo el estrato medio el que más residuos genera (Ojeda et al., 2008).

Considerando que los resultados observados, así como los estudios citados revelan una alta correlación positiva entre ingreso económico y producción per-cápita de residuos, estos notablemente bajos valores de producción obtenidos pudiesen estar relacionados con la situación socioeconómica de los habitantes del área, y ser reflejo del proceso hiperinflacionario que experimentaba el país para el momento del estudio, y que aún persiste. La inflación acumulada hasta el mes de febrero de 2018 se estimó en 231,6 % y la interanual en 6.147,1% (Asamblea Nacional, 2018). Este factor se traduce en ingresos familiares insuficientes para

suplir la canasta alimentaria, disminuyendo así el poder adquisitivo de bienes de consumo. Esto muy probablemente se refleja en una menor generación de residuos domésticos por los habitantes de las viviendas.

Al examinar el comportamiento diario de la producción per cápita de todas las casas, sin discriminar por sector residencial, se observa que manifiesta valores más altos en los días sábado y domingo con respecto a los días comprendidos entre lunes y viernes (Figura 1).

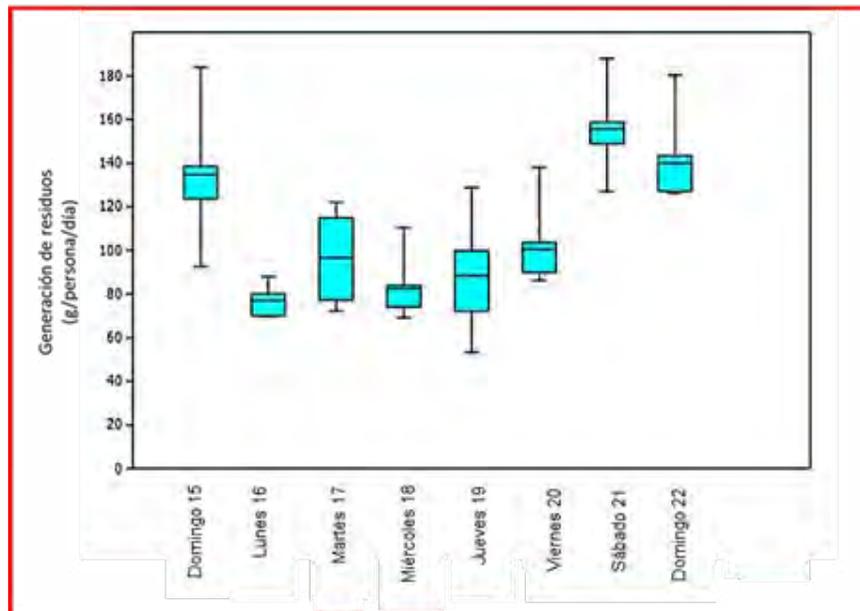


Gráfico 1. Tasas de producción de residuos per-cápita (g/persona/día) de las casas, para cada día considerado (Fuente: Elaboración propia). (2019)

El promedio de las tasas de producción per cápita de las casas, calculada considerando solo los días sábado y domingo, fue de 144,6 g/persona/día. Dicho promedio, calculado con base en el período de cinco días comprendido entre lunes y viernes, desciende a 89,9 g/persona/día. Esta disminución de 54,7 g/persona/día es estadísticamente significativa (Prueba t unidireccional, para datos emparejados: $T=4,04$; $gl=19$; $p=0,0003$).

El promedio de producción para los ranchos en los días sábado y domingo fue de 96,3 g/persona/día, mientras que para el lapso comprendido entre lunes y viernes se redujo notablemente a 27,3 g/persona/día. La diferencia es estadísticamente significativa (Prueba t unidireccional, para datos emparejados: $T=3,84$; $gl=2$; $p=0,031$).

Gu et al. (2015) reportan mayor generación de residuos los fines de semana que los días de la semana, y lo atribuyen a que las familias hacen mercado los fines de semana y generan más residuos, así como a que en los fines de semana permanecen más tiempo en sus hogares que en los días laborables. También señalan que la basura que se acumula corresponde al día anterior; en este sentido, los resultados pesados el día lunes corresponden en realidad a lo generado el día domingo. Esta conducta se observó de igual manera en el estudio.

En concordancia con lo anterior, los resultados evidencian mayor producción de residuos en los fines de semana con respecto a los días laborables. Si una fracción importante de los habitantes de las casas trabaja o asisten a la escuela en los días de la semana laboral, es de esperar que la producción de residuos que generen en la vivienda sea menor al permanecer fuera de ella buena parte del día.

Según el estudio realizado por Plepso, C.A. Inversiones (2016), en el área de estudio el 42,8% de los habitantes trabajan, 6,7% son pensionados, 20,9% son estudiantes, 10,7% están desempleados, 15,5% se dedican al hogar y un 2% son discapacitados. Estos datos corroboran el hecho de que los fines de semana se encuentran más personas en los hogares y por lo tanto generan más residuos que en los días de semana.

Composición de los residuos generados en las viviendas.

En las viviendas tipo casa se detectó una amplia gama de componentes: 15 categorías. Esto contrasta notablemente con el bajo número de componentes registrado en los ranchos: apenas 6 categorías (Tabla 3). Ambos tipos de vivienda coinciden en los dos principales componentes generados: restos de alimentos y plástico blando. En ambas los restos de alimento representan más del 60% de los tipos de residuos generados.

Se aprecia que el plástico blando y el papel representan un mayor porcentaje de los residuos en los ranchos que en las casas, debido a la reducida gama de categorías que se generan en los ranchos.

Esta proporción de residuos orgánicos (restos de alimentos y restos vegetales) con respecto al resto de los residuos generados, se mantiene en otros estudios a nivel nacional (Tabla 4), en particular en el estudio del municipio Chacao (Sánchez et al., 2014) en el cual se aprecian valores por encima del 40% para los restos de alimentos en los estratos A y B, y 60% para el estrato C, muy similar al obtenido en este estudio para casas y ranchos.

Tabla 3. Composición porcentual del total de residuos sólidos generados según tipo de vivienda.

Composición de los residuos	Casas (% en peso)	Ranchos (% en peso)
Restos de alimentos	68,2	63,3
Plástico blando	5,4	16,7
Vidrio	3,6	3,3
Papel	2,9	11,7
Plástico PET	2,6	1,7
Metal ferroso	2,3	0,0
Cartón	2,1	3,3
Plástico duro	2,1	0,0
Restos vegetales	1,8	0,0
Textiles	1,6	0,0
Metal no ferroso	1,3	0,0
objetos voluminosos	1,2	0,0
Pañales	1,0	0,0
Escombros	0,9	0,0
Otros	3,0	0,0
Total	100,0	100,0

Fuente: Elaboración propia. (2019)

Tabla 4. Composición porcentual de residuos sólidos reportados en diferentes estudios de caracterización en Venezuela.

Localidad	Restos alimentos %	Restos de jardín y áreas verdes (vegetales) %	Papel y cartón %	Plástico %	Tipo de muestreo	Fuente
Coro (municipio Miranda, edo. Falcón)	23,19	13,7	32,77	10,2	Muestreo realizado en los camiones recolectores que llegan al sitio de disposición final.	Illarreta y Trasmonte (1987); Díaz y Peña (1999); MARN y CONNATURA (2002a)
El Piache (municipio García, edo Nueva Esparta)	10,6	19,8	18	14,2		MARN-IDOM, Ingeniería y Consultoría (2003)
Calabozo (municipio Francisco de Miranda, edo. Guárico)	21	19	14	15		MARN y Oficina Técnica Marisa Sosa (2007)
San Juan de los Morros (municipio Juan Germán Roscio, edo. Guárico)	18	10	20	12		

Fuente: Elaboración propia. (2019)

Continuación. Tabla 4. Composición porcentual de residuos sólidos reportados en diferentes estudios de caracterización en Venezuela.

Valle de la Pascua (municipio Leonardo Infante, edo. Guárico)	11	9	13	18		
Chacao (municipio Chacao, edo. Miranda). Estrato social A	40	19	8	16	Muestreo realizado en la fuente (residencias)	Sánchez et al. (2014)
Chacao (municipio Chacao, edo. Miranda). Estrato social B	49	2	13	10		
Chacao (municipio Chacao, edo. Miranda). Estrato social C	60	0	14	15		

Fuente: Elaboración propia. (2019)

En la Tabla 4 se aprecia además que el porcentaje que representan los restos de alimento en estudios que han realizado el muestreo en los camiones recolectores es mucho menor que el reportado por el estudio de muestreo en la fuente de Sánchez et al (2014), y el obtenido en esta investigación. Posiblemente se deba a que los restos de alimentos se descomponen más rápidamente al permanecer compactados mucho tiempo dentro del vehículo. Esto dificulta su identificación y separación quedando oculto su valor en el renglón “otros”. Parte de ellos pueden perderse por lixiviación.

Sakurai (1981), señala cómo varía la densidad de los residuos siendo aproximadamente de 200 kg/m³ cuando están sueltos y luego de 500 kg/m³ al ser compactada por los camiones. Es por esta razón que los estudios de caracterización realizados desde la fuente presentan resultados más representativos y fidedignos de la composición real de los residuos generados en los hogares.

En los restos de alimentos se observó frecuentemente la presencia de conchas de yuca y de plátano. Los plásticos blandos estaban representados principalmente por envoltorios de alimentos, tales como bolsas de arroz o pasta, y bolsas de harina de maíz. Esto indica el tipo de alimento que se elabora en esos hogares y muy probablemente lo que consumen de manera predominante.

Las causas que determinan la cantidad y composición de los residuos sólidos que se generan en los domicilios se deben a distintas razones, tales como el nivel educativo, las costumbres y la cultura local, los patrones de consumo y los estilos de vida (Gu et al., 2015).

Aleluia y Ferrão (2016) señalan que en países asiáticos (en vías de desarrollo, y tropicales como es el caso de Venezuela), la gestión de los residuos sólidos está impulsada principalmente por motivos de salud pública, de allí que la recolección y eliminación de desechos se realiza para evitar la propagación de vectores de enfermedades. Sin embargo, esto conlleva un elevado costo por la prestación de estos servicios y poco o ningún valor se deriva de los residuos, que normalmente se consideran como un problema a resolver, una responsabilidad, y no como un recurso que se puede aprovechar.

Los mismos autores plantean que los residuos en esos países tienden a ser más ricos en materia orgánica biodegradable, la cual generalmente representa más del 50% de la composición total, lo que sugiere que los métodos biológicos son más adecuados para el tratamiento de esta fracción orgánica. Por el contrario, las tecnologías de combustión térmica, que son aplicadas extensivamente en países de altos ingresos, son técnicamente y económicamente difíciles de implementar a la luz del bajo valor calorífico de los flujos de residuos que son ricos en materia orgánica y humedad.

Considerando estos casos, como alternativas para una adecuada gestión de los residuos sólidos residenciales encontrados en los sectores Juan Moreno I, II, III y Urb. Camino Real, se pueden plantear una serie de recomendaciones y proposiciones:

- Dado que el área de estudio representa solo una porción del área residencial de El Consejo, para implementar programas de aprovechamiento se debe considerar un área mayor que integre todo el municipio, e inclusive municipios aledaños.
- Se debe fortalecer la capacidad de gestión de la alcaldía del municipio José Rafael Revenga en lo relacionado con el manejo de sus residuos sólidos.
- El reciclaje de papel, cartón, plástico y vidrio no es viable desarrollarlo, debido a los bajos contenidos de estos materiales en los residuos sólidos generados, tal como se evidencia en este estudio. Haría falta considerar otros sectores de la población de El Consejo que generen mayores cantidades de estos materiales reciclables, como por ejemplo el sector agroindustrial.
- El aprovechamiento de los residuos orgánicos es posible por medio de prácticas de compostaje, pues los residuos orgánicos son los de mayor proporción dentro de la gama de residuos domiciliarios (70%).

Sin embargo, en cuanto al aprovechamiento de residuos a través del compostaje, es necesario destacar lo señalado por Rondón et al. (2016) para América Latina y el Caribe:

Pese a que la materia orgánica representa un alto porcentaje de los residuos sólidos en la región, las prácticas de compostaje no se encuentran proporcionalmente desarrolladas. En general, la falta de guías para la aplicación de tecnologías apropiadas para la región y la falta de estándares de calidad para el producto final conspiran contra su progreso (p. 28).

Conclusiones

El estudio revela las bondades de evaluar la producción y la composición de los residuos sólidos generados en cada vivienda (residuos domésticos), es decir desde la fuente. Entre estas bondades podemos mencionar que el conocer la generación de residuos por persona día, nos facilita planificar el sistema de recolección, bien sea para el servicio de aseo urbano (los residuos mezclados: la basura) o para un sistema de aprovechamiento el cual incluya un servicio de recolección selectiva o el diseño de puntos de entrega voluntaria para materiales aprovechables (plástico, papel y cartón, vidrio).

Por otra parte, el alto contenido de restos de alimentos refleja los hábitos de consumo de la población y su situación económica (poder adquisitivo), ya que al encontrar muy pocos materiales como latas de aluminio o de latón, envases de refresco, cajas y cartones de empaques, esto indica que la principal actividad generadora de residuos de los residentes de esa zona es el consumo de alimentos. Al observar las características de los restos de alimentos que consumen, podemos inferir que la población presenta carencias que ameritarían un estudio nutricional de la misma.

Los patrones reportados serían difíciles de detectar mediante muestreos en camiones recolectores que llegan a los sitios de disposición final. El estudio desde la fuente presenta información más detallada y destaca la importancia de considerar en investigaciones de esta naturaleza viviendas que reflejen diferentes estratos socioeconómicos - pues se obtienen diferencias importantes en magnitud y gama de residuos producidos, según el estrato considerado, como fue la diferencia entre casas y ranchos - y confirma la necesidad de considerar una semana completa de muestreo diario continuo, como mínimo, al corroborarse una significativa variación en la tasa de producción de residuos en este lapso.

El estudio desde la fuente permitió detectar que esta comunidad particular ha experimentado una reducción drástica en la producción de residuos, lo cual puede ser un indicador de

disminución en la capacidad de adquisición de bienes por las familias, producto de la condición económica nacional. Por otra parte, un estudio desde la fuente permite evaluar la magnitud porcentual de los tipos de residuos generados en las viviendas, lo cual representa información básica y valiosa para la planificación de un sistema de gestión integrado de residuos sólidos, así como para diseñar campañas educativas que promuevan la reducción, la reutilización y el reciclaje a nivel de familia.

El alto porcentaje de residuos orgánicos generados (70%) representa una oportunidad para que sean utilizados mediante prácticas como el compostaje, lo que nos plantea la necesidad de desarrollar líneas de investigación que permitan promover estudios para la determinación de la calidad de los compost y evaluar las distintas tecnologías relacionadas con el aprovechamiento de la materia orgánica generada por las diversas actividades humanas, en especial en los centros poblados.

Se recomienda a su vez la capacitación del personal encargado del Servicio de Aseo Urbano de la alcaldía -así como de los miembros de las comunidades-, en buenas prácticas de aprovechamiento de sus residuos sólidos, tales como compostaje y reciclaje, percibiendo estas alternativas como oportunidades de mejoras económicas, sociales y ambientales.

Agradecimientos

La realización del presente estudio fue posible gracias al Instituto de Estudios Regionales y Urbanos (IERU) de la Universidad Simón Bolívar (USB) y a la Fundación Santa Teresa. Especial agradecimiento a Ivelisse Antequera.

Referencias Bibliográficas

- Alcaldía del municipio Chacao (2012). Modelo de Gestión Sostenible de Residuos Sólidos Urbanos Reciclables del municipio Chacao. Estado Miranda. Recuperado el 18/11/2018 en: http://www.adan.org.ve/documentos/Modelo_Gestion_RSUR_Chacao_2012.pdf
- Aleluia, J.; Ferrão, P. (2016). Characterization of urban waste management practices in developing Asian countries: A new analytical framework based on waste characteristics and urban dimension. *Waste Management*. 58:415-429.
- Asamblea Nacional. (2018). Asamblea Nacional cifró en 231,6% la inflación acumulada de 2018. *Diario el Carabobeño*, artículo con fecha: 12 de marzo de 2018. Recuperado el 27-04-2018 en: <https://www.el-carabobeno.com/asamblea-nacional-cifro-en-2316-la-inflacion-acumulada-de-2018/>
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Organización Panamericana de la Salud (2000). Guía de caracterización de residuos sólidos domiciliarios. Recuperado el 22-03-2018 en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/fulltext/evaluacion/anexo2.pdf>
- Gu, B.; Wang, H.; Chen, Z.; Jiang, S.; Zhu, W.; Liu, M.; Chen, Y.; Wu, Y.; He, S.; Cheng, R.; Yang, J.; Bi, J. (2015). Characterization, quantification and management of household solid waste: A case study in China. *Resources, Conservation and Recycling* 98:67-75.
- Instituto Nacional de Estadísticas (2011). Censo de población y vivienda 2011. Recuperado el 11-02-2019 de: http://www.ine.gov.ve/index.php?option=com_content&view=category&id=95&Itemid=26
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (2002). Plan Operativo Manejo Integral de Desechos Sólidos, estado Trujillo. Informe técnico presentado ante el MARN, no publicado.
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (2002a). Plan Operativo Manejo Integral de Desechos Sólidos, estado Falcón. Informe técnico presentado ante el MARN, no publicado.
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (2002b). Plan Operativo Manejo Integral de Desechos Sólidos, estado Táchira. Informe técnico presentado ante el MARN, no publicado.
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (2002). Plan Operativo de Manejo Integral de Residuos Sólidos para el estado Delta Amacuro. Informe técnico presentado ante el MARN, no publicado.

- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (2002). Plan Operativo de Manejo Integral de Residuos Sólidos para el estado Sucre. Informe técnico presentado ante el MARN, no publicado.
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (2003). Plan Operativo para el Manejo Integral de los Desechos Sólidos en el estado Nueva Esparta (POMI). Informe técnico presentado ante el MARN, no publicado.
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (2007). Plan de Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos para el estado Guárico. Informe técnico presentado ante el MARN, no publicado.
- Munizaga, J.; Lobo, A. (2013). Generación de residuos domésticos y su variabilidad en comunidades de tamaño intermedio. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 29(3):9-17.
- Ojeda, S.; Armijo, C.; Marquez, M. (2008). Household solid waste characterization by family socioeconomic profile as unit of analysis. *Resources, Conservation and Recycling.* 52:992–999
- Organización Panamericana de la Salud (2000). Análisis Sectorial de Residuos Sólidos, Venezuela. Publicación de la Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud, División de Salud y Ambiente. Caracas, Venezuela.
- Plepso, C.A. Inversiones. (2016). Censo Socioeconómico de la comunidad de Juan Moreno en el municipio Revenga. Documento facilitado por la Fundación Santa Teresa.
- Rondón, E.; Szantó, M.; Pacheco, J.; Contreras, E.; Gálvez, A. (2016). Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios. Manuales de la Cepal. Publicación de las Naciones Unidas. Santiago, Chile.
- Runfola, J.; Gallardo, A. (2009). Análisis comparativo de los diferentes métodos de caracterización de residuos urbanos para su recolección selectiva en comunidades urbanas. II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. Barranquilla, Colombia.
- Sakurai, K. (1981). Manual de Instrucción del Módulo: Análisis de Residuos Sólidos. Ciclo: Aspectos básicos del servicio de aseo del Programa Regional OPS/EHP/CEPIS de mejoramiento de la recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos. Ediciones CEPIS/OPS.

- Sakurai, K. (2000). HDT 17: Método sencillo del análisis de residuos sólidos. En: hojas de divulgación técnica CEPIS, recuperado el 22-03-2018 en: <http://www.bvsde.paho.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt017.html>
- Sánchez, R., Blanco, H., Alberdi, R. y Najul, M.V. (2014). Potencial de aprovechamiento de los materiales presentes en los residuos sólidos de origen doméstico. Caso estudio municipio Chacao, estado Miranda, Venezuela. Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela, 29(1):29-36
- Sarmiento, A. (2015). Caracterización del manejo de residuos sólidos en el distrito Desaguadero-Puno-Perú. Rev. Investig. Altoandin. 17(1):65-72.
- Scheaffer, R.L., Mendenhall, W. y Ott, L. (1986). Elementos de muestreo. Grupo editorial Iberoamericana, México.
- Taboada, P., Armijo, C., Aguilar, Q., Ojeda, S. y Aguilar, X. (2009). Métodos para la determinación de generación de residuos en comunidades rurales. Memorias del II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. 554-560p.
- Tello, P., Martínez, E., Daza, D., Soulier, M. y Terraza, H. (2011). Informe de la Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y El Caribe 2010. Publicación del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria (AIDIS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS). Recuperado el 20-09-2018 en: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/3286/Informe%20de%20la%20Evaluaci%C3%B3n%20Regional%20del%20Manejo%20de%20Residuos%20S%C3%B3lidos%20Urbanos%20en%20Am%C3%A9rica%20Latina%20y%20el%20Caribe%202010.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Villalba, L. (2007). Propuesta para una gestión integrada de los residuos y desechos sólidos en el Municipio José Rafael Revenga del estado Aragua. Documento interno de la Asociación para la Defensa del Ambiente y de la Naturaleza sobre estudio patrocinado por la Embajada Británica. Caracas, Venezuela.