

III-101 - CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DE ORIGEN DOMÉSTICO Y POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO DE MATERIALES EN EL ESTADO MIRANDA – REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA

Rebeca Sánchez⁽¹⁾

Ingeniero Químico, Instituto Universitario Politécnico de Barquisimeto. MSc Ingeniería Sanitaria y MSc Investigación de Operaciones, UCV. Profesora de la Escuela de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería, UCV.

Henry Alberto Blanco Salas⁽²⁾

Ingeniero Civil Universidad Central de Venezuela-UCV- MSc Ingeniería Sanitaria UCV. Profesor Escuela Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. UCV.

Rosario Alberdi⁽³⁾

Rosario Alberdi Marquéz: Licenciada en Química, Universidad Central de Venezuela. Profesora Escuela de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. UCV. Jefe Planta Experimental de Tratamiento de Aguas, Facultad de Ingeniería, UCV.

María Virginia Najul⁽⁴⁾

María Virginia Najul: Ingeniero Químico, Universidad Simón Bolívar. MSc. Ingeniería Sanitaria Universidad Central de Venezuela-UCV. Profesora Escuela de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería UCV.

Dirección⁽¹⁾: Urbanización Santa Cecilia, Quinta Alegre, Calle Oriente, Caracas, Venezuela. Teléfono: 58-212-2324052 (habitación) / 58-414-3265704 (celular) / 58-212-6053249 (oficina). e-mail: rebecaucv@gmail.com.

RESUMEN

Con el propósito de aportar información que contribuya a subsanar la falta de información que de soporte a la toma de decisiones en materia de recuperación y aprovechamiento de residuos sólidos urbanos, se realizó la cuantificación y caracterización de los residuos provenientes de la actividad residencial en un sector del Área Metropolitana de Caracas y municipios aledaños ubicados en el Estado Bolivariano de Miranda-EBM, República Bolivariana de Venezuela. El tamaño de la muestra determinado utilizando la técnica de muestreo aleatorio estratificado, estuvo conformada por 76 viviendas agrupadas según estrato social: Alto, Medio y Bajo, definidos de acuerdo a las características del material de construcción de la vivienda. Los resultados indican que la tasa de generación de residuos sólidos doméstico promedio en el EBM es de 0,4 kg/persona.d variando, como es propio de ciudades con diversidad de características urbanas y sociales, entre 0,1 y 2,5 kg/persona.d. Los valores obtenidos por estrato social considerado fueron 0,487; 0,337 y 0,246 kg/persona.d para los estratos A, B y C, respectivamente. El potencial de aprovechamiento de residuos varía con el nivel socioeconómico de la población obteniéndose valores de 0,12, 0,08 y 0,04kg/persona.d para los estratos A, B y C, respectivamente. Estos resultados unidos a la experiencia adquirida en separación de residuos y disposición a participar en programas de esta naturaleza, sugieren que el aprovechamiento de la fracción seca representaría una reducción en el orden del 30% de esta corriente de residuos, siempre y cuando se asegure la infraestructura técnica necesaria para el aprovechamiento y transformación de esos materiales y el respectivo respaldo institucional.

PALABRAS-CLAVE: Composición de residuos sólidos domésticos, Tasa de generación, Potencial de aprovechamiento, Materiales reciclables secos.

INTRODUCCIÓN

La incorporación de propuestas orientadas a la recuperación y aprovechamiento de materiales presentes en los desechos y residuos sólidos municipales en el conjunto de estrategias para avanzar hacia una gestión integral y sustentable de estos desechos en una determinada localidad, requiere entre otros, de un análisis objetivo que permita evaluar la viabilidad de la propuesta en sus dimensiones técnica, económica, ambiental y social [1,3]. Un análisis de esta naturaleza implica identificar los sectores y actividades donde se generan las mayores cantidades de residuos, cuantificar las tasas de generación y principales características físico – químicas de los residuos generados, así como identificar los factores que condicionan la participación de los generadores en este tipo de programas [4, 5].

La información sobre los aspectos mencionados, debe ser representativa de la localidad que se esté considerando y lo suficientemente completa como para permitir la aplicación de las herramientas existentes para la evaluación, al menos preliminar, de las implicaciones ambientales, económicas y sociales de las propuestas en esta materia.

Con el propósito de proporcionar información que pueda ser aplicable en las ciudades de la Región, el objetivo de este trabajo es determinar el potencial de aprovechamiento de materiales con miras a proponer opciones de manejo orientadas a disminuir la cantidad y volumen de desechos generados, los riesgos a la salud e impactos ambientales que éstos ocasionan en el Estado Bolivariano de Miranda - República Bolivariana de Venezuela.

MATERIALES Y MÉTODOS

La estrategia metodológica para lograr el objetivo planteado se describe en los siguientes términos:

- Selección del sector para la ejecución del estudio: Se seleccionan tres (3) subregiones del Estado Bolivariano de Miranda – EBM, representativas de las condiciones predominantes en la entidad para la dotación y gestión de los servicios básicos indispensables para asegurar su desarrollo sustentable. Estas subregiones fueron: a) Sucre, caracterizada por una alta densidad poblacional con zonas de alta complejidad urbana y social. Forma parte del Distrito Capital. b) Altos Mirandinos, zona de intenso desarrollo habitacional y comercial en las últimas décadas, ubicada en zonas con topografía adversa y dificultades para la movilidad de sus habitantes. En esta zona coexisten los centros urbanos densamente poblados con zonas rurales dispersas en su territorio. C) Guarenas –Guatire, sector con intenso desarrollo habitacional, antigua zona de actividad industrial con severas limitaciones en capacidades técnicas y financieras para la prestación del servicio.
- Caracterización de los residuos generados en la actividad residencial agrupada en tres estratos sociales: alto (A), medio (B) y bajo (C), definidos según características y ubicación de la vivienda [6] La metodología empleada para la determinación del tamaño de la muestra, fue la diseñada por Kunitoshi Sakurai [7], considerando un error permisible del 10%, margen de confianza del 95% y varianza supuesta de 200g/persona.d. Los parámetros utilizados para la caracterización fueron: cantidad y tasa de generación, distribución porcentual de constituyentes y la estimación de densidad aparente, contenido de humedad libre y valor calórico. Todo ello aplicando las metodologías estandarizadas para tal fin [3]. Tales parámetros se determinaron durante (8) días continuos, previa capacitación de los residentes participantes en el estudio para la separación de materiales en el origen. Complementa la información recabada los resultados de un cuestionario especialmente diseñado para el estudio y entrevista no estructurada aplicados a los residentes, a fin de obtener información sobre el manejo interno de sus residuos, así como disposición a participar en programas de recuperación y reciclaje y las condiciones para ello.
- Procesamiento de la información: Una vez verificada la representatividad del número de muestras se procedió a la determinación de los parámetros seleccionados para la caracterización de los residuos, cuantificación del potencial de aprovechamiento, así como los factores que en opinión de los usuarios deben ser considerados al momento de la implantación de programas de aprovechamiento de materiales.

RESULTADOS

La tabla 1 resume los valores obtenidos en un total de 608 muestras procesadas. El análisis de estos resultados permite visualizar importantes diferencias con respecto a los valores reportados en estudios previos a nivel local, nacional y regional. Las tasas de generación obtenidas fueron 0,487; 0,337 y 0,246 kg/persona.d para los estratos A, B y C, respectivamente, con un valor promedio de 0,40 kg/persona.d. La correspondiente tasa reportada a nivel de país es 0,6 kg/persona.d y para América Latina y El Caribe, es 0,9 kg/persona.d. [8]. No obstante, como es propio de ciudades con diversidad de características urbanas y sociales, el intervalo de variación de la tasa de generación es amplio: entre 0,1 y 2,5 kg/persona.d.

Tabla 1: Tasa de generación de residuos residenciales según estrato socioeconómico

Tasa de generación (kg/persona.d)	Estrato Social*		
	A	B	C
Promedio	0,487	0,337	0,246
máximo	2,523	1,910	0,716
mínimo	0,052	0,017	0,100
Promedio de la actividad	0,40		
Materiales Reciclables Secos (%)	35	33	26
Potencial aprovechamiento de Residuos ** (kg/persona. d)	0,12	0,08	0,04
Viviendas donde recuperan algún tipo de residuo (%)	4 - 31	4 - 26	8 - 17

*A: Estrato socioeconómico alto (viviendas construidas con materiales de buena calidad; B: Estrato Medio (vivienda construidas con materiales de calidad media y ubicadas en zonas populares); C: Estrato Bajo (vivienda construidas con materiales de mala calidad y ubicadas en zonas populares)**Supone eficiencia del 70% para la recuperación

Estos resultados unidos a la información suministrada por los usuarios en el cuestionario aplicado, ponen de manifiesto la realidad cotidiana de las familias residentes en el Área Metropolitana de Caracas. El tiempo en su residencia es relativamente corto, lo que implica que prácticamente los desechos y residuos que generan sean descartados en otros lugares distintos a su residencia. Otro elemento que influye en el resultado obtenido es que un porcentaje significativo de los usuarios pertenecientes a los estratos A, B y C (entre 4 y 31% en el Estrato A; entre 4 y 26% en el B y entre 8 y 17% en el C), recuperan o reúsan materiales como: papel y cartón, envases y botellas de plástico y vidrio, disminuyendo la cantidad de residuos descartada en la vivienda.

En cuanto a las propiedades físico-químicas de los residuos de origen doméstico, los resultados obtenidos resumidos en la tabla 2, señalan que en promedio predomina la presencia de materiales orgánicos putrescibles, los cuales incluyen restos de alimentos, de jardín y papel sanitario (más del 45% en los tres estratos). La fracción de materiales reciclables secos conformados por papel, cartón plástico, vidrios textiles y metales representan en el orden de un tercio de los residuos descartados, mientras que otros materiales denominados especiales por su posible peligrosidad, aparecen en una proporción muy baja en todos los casos, menor al 1%. No obstante se observa una alta variabilidad en las proporciones en las que aparecen los distintos constituyentes.

Cuando se consultó a los usuarios sobre la frecuencia con la que descartan la diversidad de constituyentes, se pudo detectar que en términos generales, la mayoría descarta la variedad de ellos, sólo que la frecuencia con que lo hacen puede ser distinta, posiblemente asociada a la rutina de sus actividades domésticas. La mayoría de los constituyentes calificados como reciclables secos son descartados semanal o mensualmente, mientras que para los restos de alimentos y papel sanitario es diaria. Estos resultados sugieren que las cantidades de materiales aprovechables pueden ser superiores a las estimadas en la tabla 1, siempre y cuando se provea de la infraestructura necesaria para su acopio y recolección separada de otros residuos.

La situación descrita también aplica a la presencia de residuos especiales. Los resultados señalan que más del 40% de los usuarios consultados pertenecientes al estrato A reconocen la descarga de al menos uno de los materiales incluidos en la categoría, dos o tres veces al año. En el estrato B, la proporción de usuarios que dan esta respuesta sigue siendo significativa (entre 17 y 26%), mientras que en el estrato C la frecuencia de descarte reconocida por al menos el 10% de los usuarios consultados pasa a ser una vez al año. Estos resultados sugieren la necesidad de promover estrategias para el acopio y recolección de estos materiales fuera de los sistemas convencionales existentes para los residuos no peligrosos.

Considerando los valores promedio, se infiere que promoviendo el aprovechamiento de la fracción de reciclables secos, con una eficiencia de separación en no más del 70% de lo disponible, se lograría la reducción en el orden de un tercio de los residuos generados en la actividad residencial.

Sin embargo es importante destacar que la toma de decisiones al respecto no solo depende de la disponibilidad de los materiales. También es necesario asegurar la demanda del material y contar con la infraestructura técnica necesaria para el aprovechamiento y transformación de esos materiales. Adicionalmente destaca que

prácticamente todos los consultados dicen conocer a qué se refiere el término reciclaje y una alta proporción (mayor al 85% en todos los estratos) estaría dispuesto a participar en programas de esa naturaleza.

Tabla 2: Resumen de la caracterización de residuos sólidos provenientes de la actividad residencial

Producción Unitaria (kg/persona-d)		ESTRATO SOCIAL A			ESTRATO SOCIAL B			ESTRATO SOCIAL C		
		máx	mín	Promedio	máx	mín	Promedio	máx	mín	Promedio
		2,52	0,05	0,49	1,91	0,02	0,34	0,72	0,10	0,25
Tipo de Residuos	Distribución Porcentual									
Orgánicos Putrescibles	Restos de alimentos	100,0	0,0	49,3	100,0	0,0	46,7	90,9	12,5	45,9
	Restos de jardín	63,5	0,0	2,5	54,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0
	Papel sanitario	100,0	0,0	12,2	100,0	0,0	17,3	77,8	0,0	28,1
Plásticos	Duro	52,6	0,0	6,5	69,0	0,0	5,8	39,1	0,0	4,5
	Blando	19,7	0,0	3,8	40,9	0,0	3,6	20,0	0,0	4,9
	Anime	24,4	0,0	0,8	8,5	0,0	0,4	14,3	0,0	1,4
Gomas	Gomas	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Papel y Cartón	Papel	38,5	0,0	4,1	63,6	0,0	5,0	23,0	0,0	3,8
	Cartón	58,8	0,0	3,2	43,9	0,0	3,6	20,0	0,0	1,8
	Revistas	64,2	0,0	1,3	26,3	0,0	1,4	12,5	0,0	0,5
	Periódicos	57,8	0,0	4,0	49,2	0,0	2,5	36,4	0,0	4,7
Vidrio	Vidrio	69,2	0,0	6,8	56,3	0,0	4,1	45,5	0,0	2,6
Metálicos	Aluminio (latas de refrescos)	34,2	0,0	1,0	48,0	0,0	1,8	12,5	0,0	0,4
	Latón (latas de alimentos)	29,0	0,0	2,6	49,5	0,0	3,7	19,0	0,0	1,1
	Otros metales (piezas met.)	52,2	0,0	0,3	8,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
Madera	Madera	1,4	0,0	0,0	15,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
Textiles	Trapos	32,1	0,0	0,8	40,2	0,0	0,7	2,8	0,0	0,1
Otros		19,5	0,0	0,3	85,9	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0
Especiales	Especiales	16,7	0,0	0,5	31,0	0,0	0,6	9,5	0,0	0,2
Materiales Reciclables secos (%)		69	0	35	69	0	33	45	0	26
Densidad Aparente (kg/m3)		571	9	200	826	1	199	377	52	182
Humedad Libre (%)		92	0,5	38	96	0,1	38	68	10	35
Valor Calórico (kJ/kg)		41436	898	16732	52222	163	17122	36759	2174	18682

*A: Estrato socioeconómico alto (viviendas construidas con materiales de buena calidad; B: Estrato Medio (vivienda construidas con materiales de calidad media y ubicadas en zonas populares); C: Estrato Bajo (vivienda construidas con materiales de mala calidad y ubicadas en zonas populares)

El alto contenido de humedad libre -siempre mayor al 35%-, asociado al también alto contenido de materiales putrescibles, obligan a una intensa frecuencia de recolección, pues las condiciones de clima predominante en las distintas entidades favorece la degradación incontrolada de estos materiales, con la consecuente amenaza para la salud y confort de las personas.

Los valores de densidad, también superiores a los reportados como típicos para los residuos de origen residencial, indican la necesidad de recipientes para su almacenamiento temporal con la suficiente capacidad y resistencia para soportar el peso de los residuos. Aun cuando los valores obtenidos para el valor calórico podrían sugerir posibilidad de incineración de los residuos, la fracción importante de plásticos, en ocasiones mayor al 10%, descarta el uso de incineradores convencionales para la destrucción térmica, a menos que se separe esa fracción.

CONCLUSIONES

Con base en el trabajo realizado se puede concluir:

- La tasa de generación de residuos sólidos doméstico en el EBM promedio es de 0,4 kg/persona.d variando, como es propio de ciudades con diversidad de características urbanas y sociales, entre 0,1 y 2,5 kg/persona.d. Los valores obtenidos por estrato social considerado fueron 0,487; 0,337 y 0,246 kg/persona.d para los estratos A, B y C, respectivamente.
- El potencial de aprovechamiento de residuos varía con el nivel socioeconómico de la población obteniéndose valores de 0,12, 0,08 y 0,04kg/persona.d para los estratos A, B y C, respectivamente. Estos resultados unidos a la experiencia adquirida en separación de residuos y disposición a participar en programas de esta naturaleza, sugieren que el aprovechamiento de la fracción seca representaría una reducción en el orden del 30% de esta corriente de residuos, siempre y cuando se asegure la infraestructura técnica necesaria para el aprovechamiento y transformación de esos materiales y el respectivo respaldo institucional.

AGRADECIMIENTOS

La ejecución de este trabajo fue posible gracias al apoyo de la Gobernación del Estado Bolivariano de Miranda, República Bolivariana de Venezuela. Los resultados constituyen parte del estudio sobre el Diagnóstico para determinar las alternativas de solución para un manejo integral y sustentable de los residuos y desechos sólidos en las Sub-regiones: Altos Mirandinos (Municipio Guaicaipuro, Los Salias y Carrizal), Metropolitana (Municipio Sucre) y Guarenas-Guatire (Municipios Plaza y Zamora) del Estado Bolivariano de Miranda.

REFERENCIAS

1. McDougall, F., White, P., Franke M., y Hindle, P. (2004): Gestión Integral de Residuos Sólidos: Inventario de Ciclo de Vida. Publicado por Procter & Gamble Industrial S.C.A. 624pp
2. Gómez, G.; Meneses, M.; Ballinas, L.; Castells, F.(2009). Seasonal characterization of municipal solid waste (MSW) in the city of Chihuahua, Mexico. Waste Management 29 (2009) 2018–2024.
3. Tchobanoglous G.; Theisen, H.;Vigil, S. (1994): Gestión Integral de Residuos Sólidos. Vol.1 y 2. McGraw-Hill. España.
4. Sánchez (2005): Manejo integral de residuos sólidos en condiciones normales y situaciones de emergencia. Material del curso de Igual nombre, publicado por Ministerio del Poder Popular para Ciencia y Tecnología. Caracas. 90 pp.
5. Soares, L.C. (2002): Guía metodológica para la preparación de planes directores del manejo de los residuos sólidos municipales en ciudades medianas. Organización Panamericana de la Salud/ Organización mundial de la Salud, Washington D.C. 134 pp.
6. INE (2011): Cuadro crecimiento Demográfico. Población total, según entidad federal al 30 de Junio, 2000-2015. Características de viviendas <http://www.ine.gob.ve>. Consulta 29/08/2011.
7. Sakuray, K.(1982): Metodología estadística para la caracterización de residuos sólidos en América Latina y El Caribe, presentado en: Cantanhede,A.; Sandoval, L.; Monge, G. Caycho, C. (2005) Procedimientos estadísticos para los estudios de caracterización de residuos sólidos. HDT – N°97 OPS/OMS 8 pp
8. DIRSA-AIDIS, BID, OPS-OMS (2010): Evaluación regional del manejo de residuos sólidos urbanos en América Latina y El Caribe 2010 – Informe Analítico por País: República Bolivariana de Venezuela. 49pp

- [1] Nava, M.F. (2008): Implicaciones ambientales derivadas del manejo y disposición final de los desechos sólidos en Venezuela. Trabajo Especial de Grado para optar al título de Licenciada en Geografía Facultad de Humanidades- UCV. Tutor Rebeca Sánchez
- [2] Sánchez, R (2009): Estrategias para Abordar el Manejo de los Desechos Sólidos Urbanos en Localidades con Alta Complejidad Urbana y Social. Seminario sobre Desarrollo Sustentable. Universidad Simón Bolívar. En proceso de publicación.
- [3] Sánchez, R. (2010): Evaluación regional del manejo de residuos sólidos urbanos en América Latina y El Caribe 2010 – Informe Analítico por País: República Bolivariana de Venezuela DIRSA-AIDIS, BID, OPS-OMS. 49 pp
- [4] Soares, L.C. (2002): Guía para la preparación de planes directores en ciudades intermedias. CEPIS/OPS. 134 pp
- [5] Jaramillo, J (2002): Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales. Una solución para la disposición final de residuos sólidos municipales en pequeñas poblaciones. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Lima, Perú. 287pp
- [6] Terraza H (2009): Lineamientos estratégicos del Banco Interamericano de Desarrollo para el sector de residuos sólidos (2009 – 2013). Banco Inter-Americano de Desarrollo. 54pp.
- [7] Muñoz – Caden, C.E., Arenas- Huertero, F.J., Ramón – Gallegos, E. (2009): Comparative analysis of The street genration of inorganic urban solid waste (IUSW) in two neighborhoods of Mexico City. Waste Management 29 (2009) 1167 – 1175.
- [8] Koo, H. (2009): Life cycle impact assessment of various waste conversion technologies. Waste Management 29 (2009) 1892 – 1900.
- [9] Zhiqiang, L., Zhihua, L. Xiaolin, L (2006): Status and prospect of the application of municipal solid waste incineration in China. Applied Thermal Engineering 26 (2006) 1193 – 1197.
- [10] Kumar, S., Bhattacharyya, J.K., Vaidya, A.N., Chakrabarti, T., Devotta, S, Akolkar, A.B (2009): Assesment of the status of municipal solid waste management in metrocities, state capitals, class 1 cities, and class II towns in India: An insight. Waste Management 29 (2009) 883 – 895.
- [11] Sánchez, R; Betancourt, E; Camero, S.; Molina, A (2010): Preparación de materiales compuestos a partir de la fracción de reciclables secos presentes en los desechos sólidos domésticos. Libro de memorias del XXXII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Punta Cana, república Dominicana.
- [12] ASTM D 2240-02: Standard Test Methods for Rubber Property – Durometer Hardness
- [13] ASTM D 695-02: Standard Test Methods for Compressive Properties of Rigid Plastics
- [14] ASTM D 256- 00: Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics
- [15] ASTM D 471-98. Standard Test Methods for Rubber Propierty – Effect of Liquids