

GENERACION DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÈSTICOS Y SU DIFERENCIACIÓN POR ESTRATO SOCIOECONÒMICO EN LA FAMILIA MEXICALENSE

SARA OJEDA BENÍTEZ

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA INSTITUTO DE INGENIERÍA
BOULEVARD BENITO JUÁREZ Y CALLE DE LA NORMAL S/N
COLONIA INSURGENTES ESTE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA CP 21280
Tel/fax (686) 5664150 sojedab@uabc.mx

RESUMEN

La generación de residuos sólidos, sobre todo en áreas urbanas caracterizadas por un crecimiento demográfico acelerado, representa un problema en el manejo y disposición final debido a la falta de infraestructura y equipo, así como a la falta de capacidad de gestión y financiamiento. El objetivo de este trabajo es ofrecer la posibilidad de conocer los perfiles de la composición material de los residuos. El estudio se realizó en la ciudad de Mexicali Baja California México para realizarlo se seleccionaron familias de tres estratos socioeconómicos. El muestreo se realizó durante 27 días. En total se recolectaron 805 bolsas de basura las cuales sumaron en total 1,199 kilogramos. Con los resultados de esta investigación se identificaran los patrones de consumo y desecho por zonas y por fuente generadora. Asimismo, se pueden identificar los desechos susceptibles de ser reciclados, con la finalidad de facilitar su manejo, tanto con la participación directa de la población como con la aplicación de políticas o programas específicos por sectores.

INTRODUCCIÓN

La generación, manejo y disposición final de los residuos sólidos municipales (RSM) presentan una serie de problemas en la mayoría de las ciudades de nuestro país, esta situación ha sido analizada en diversos estudios (Bernache, 2003; Buenrostro y Boccio, 2003; Ojeda y Beraud, 2003), dicha problemática se manifiesta en riesgos para la salud humana y el ambiente. El incremento acelerado de la generación de residuos sólidos y la gran diversidad de materiales que los componen demanda una mayor cobertura de los Sistemas de Manejo de Residuos Sólidos Municipales, así como nuevas alternativas de tratamiento, nuevos equipos y tecnología con la finalidad de establecer sistemas de manejo, control y aprovechamiento que resguarden la calidad de vida de la población. Para lograr esto es necesario conocer las características cualitativas y cuantitativas intrínsecas de los residuos, así como sistemas de manejos integral.

Dada la complejidad del problema, en nuestro país se han realizado diversos estudios de caracterización y cuantificación para conocer la composición física de los residuos entre ellos estan los realizados por Bernache-Pérez, et al, (2001), Buenrostro (2001), Escamirosa, Del Carpio, Castañeda y Quintana (2001), Gaxiola (1995), Luna (2002) y Ojeda (1999) entre otros. Estos estudios son importantes porque los estudios de caracterización, incluyen diversos análisis en algunos se determina la composición física y química de los residuos, en otros se cuantifican y analizan por tipo de residuo para conocer el potencia fde aprovechamiento y se utilizan tanto métodos cuantitativos, como cualitativos. Los estudios de caracterización son esenciales para

conocer la composición y volumen de los residuos lo cual arroja información para la planeación y manejo de los residuos en su aprovechamiento y disposición final.

Diversos estudios (Byström & Lönnstedt, 1999; Chung & Poon, 2001; Nasir, Abdul, Lee 2000; Ojeda, Armijo y Ramírez 2000 y Tucker, Grayson & Speirs 2000), enfatizan el potencial de reciclaje que poseen los residuos domiciliarios y el impacto que éste puede tener en la reducción de la cantidad de basura que va a la disposición final, así como el aprovechamiento de los residuos para reducir las cargas medioambientales y su recuperación como un insumo.

El objetivo del trabajo que aquí se presenta, es conocer e identificar los perfiles de la composición material de los residuos por estrato socioeconómico en la familia de la ciudad de Mexicali.

MÉTODOS

Para realizar esta investigación, en la ciudad de Mexicali, B. C. México, se tomó como referencia los métodos utilizados por Rathje, (1984), quien desarrolló técnicas aplicables a la investigación de los desechos generados por los hogares en zonas urbanas, siendo unidad de análisis la bolsa de basura que se genera en una familia, cada bolsa contiene los desechos que han sido depositados por las personas de la vivienda ya seleccionada, para posteriormente ser recolectados e identificados con etiquetas, para su análisis. El principio del método arqueológico reside en inferir que si los desechos de las sociedades antiguas permiten conocer como se comportaba esa sociedad; entonces, los residuos actuales pueden expresar como se comporta la sociedad actual. Todo se basa en el análisis de objetos que fueron utilizados por el individuo, la idea es entonces, analizar esos objetos para inferir el comportamiento del individuo o grupo social. El análisis de los desechos sólidos consiste en la aplicación de métodos arqueológicos al estudio de las sociedades modernas. El análisis que se realiza con este enfoque, es uno de los dos métodos efectivos para estudiar patrones socioeconómicos a nivel del hogar.

La investigación se realizó durante los meses de enero a abril del 2004, en tres estratos socioeconómicos de la ciudad (alto, medio y bajo). Para identificar y seleccionar las familias que se incluyeron en el proyecto se tomó como referencia el Área Geoestadística Básica (AGEB)*, esta es la estratificación que maneja el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) en los censos de población y vivienda. El criterio para seleccionar los AGEB's correspondientes a cada estrato, fue el salario mínimo general (SMG), para el estrato bajo se determinó el rango de uno a dos salarios mínimos, para el medio de tres a cinco y para el alto más de cinco SMG, para determinar el AGEB que representaría cada estrato se utilizó el software SCIENCE (2000) del INEGI. Los AGEB's seleccionados fueron el 277-8, para el estrato alto; el 054-0 y 055-5 para el medio y el 273-A para el estrato bajo.

El muestreo fue no probabilística, ya que sólo se trabajó con las viviendas que voluntariamente aceptaron participar, en el estrato alto aceptaron participar 45 viviendas, en el medio 88 y en el bajo 41.

La selección de las viviendas correspondientes a los AGEB's identificados en cada estrato, se realizó a través de una visita a las colonias que correspondían a cada AGEB, para verificar "IN Situ, que el dato arrojado por el software fuera el correcto. Una vez identificadas las colonias de cada AGEB y su correspondencia con el estrato socioeconómico, se planeó una ruta para

* Las unidades geográficas que se clasifican son grupos de manzanas que reciben el nombre de AGEB

distribuir las viviendas a seleccionar y tratar de abarcar diversas áreas del AGEB, y evitar la concentración de viviendas en alguna manzana específica.

Al visitar la vivienda, se le informaba sobre el proyecto y le pedía su cooperación, en un primer momento para contestar a una encuesta, en la cual se registraba la información demográfica de la familia, así como su interés por participar en el proyecto. Se les informaba que durante nueve días consecutivos recogeríamos la basura que generan, para ello les proporcionamos una bolsa de 48 Galones en la cual depositaron la basura generada. Se les informaba que sólo se pesaría la basura que ellos generaban, ya que si se les aclaraba que también se clasificaría, esto podría influir en la cantidad y clase de basura que incluirían en la bolsa.

La recolección de las muestras (Bolsa con basura) no se realizó simultáneamente en los tres estratos, primero se trabajó con el estrato alto, al concluir en este estrato se recolectaron las muestras en el estrato medio y finalmente en el estrato bajo. La recolección no se realizó de esta forma por que el manejo simultáneo de las 174 familias era muy complicado por el volumen y el equipo disponible (Humano, material y económico) era limitado.

Las bolsas de basura eran recolectadas de 6:30 a 9:30 A.M, al ser recogida de cada vivienda, se le ponía una etiqueta, para identificar la vivienda y de esta forma llevar el registro del número de bolsas que se recuperaban, así como las viviendas que entregaban la muestra. En la etiqueta se incluía, la fecha, un número (ID) que se le asignó a cada familia y el peso, el cual era registrado al llegar al laboratorio de muestreo. Al llegar al área de muestreo (separación, cuantificación y clasificación) la bolsa era pesada.

Posteriormente se analizaba bolsa por bolsa; para ello, los residuos se separaron los residuos en categorías, anotando el peso y características de cada subproducto y categoría en la ficha de registro. La clasificación se realizó con base a lo propuesta por (Ojeda, Armijo y Ramírez, 2002). Sólo se incluyeron en el análisis las viviendas que aportaron un mínimo de cinco muestras, las viviendas que no cumplieron con este criterio fueron desechadas del estudio. Se utilizaron balanzas electrónicas para la cuantificación, para pesar la muestra completa se utilizó una balanza de 100KG, para los subproducto fue de 12 Kg y de 2200 gramos. Para la captura y análisis de la información se diseño una base de datos en Acces XP.

RESULTADOS

Se trabajó con un total de 861 bolsas-muestras que pesaron 6,479.31 Kilogramos; de las cuales 230 bolsas-muestra se recogieron del estrato alto, 416 del estrato bajo y 215 del estrato bajo. En la tabla 1 se presentan las tendencias de medida central de la generación de residuos de los estratos, de acuerdo con estos resultados se observa que el estrato socioeconómico alto generó más residuos.

Tabla 1 Generación de residuos domésticos en los tres estratos

Estrato Socioeconómico	Peso	Medidas de tendencia centra		
		n	Media	Des estandar
Alto	2,062,011.06	223	64,437.85	41,999.79
Medio	3,215,855.23	423	51,868.63	42,137.82
Bajo	1,211,553.73	215	39,082.38	26,414.32
Total	6,489,420.02	861		

En la tabla 2 se presenta la composición de los residuos generados por estrato socioeconómico, en la tabla se observan los porcentajes de la composición con respecto a al total de las categorías, no se incluyen los pesos que corresponden a los residuos que llamamos contenedores y que corresponden a los empaques de los subproductos que generan.

Tabla 2 Composición de los residuos domésticos por estrato socioeconómico

Composición	Estrato socioeconómico					
	Alto		Medio		Bajo	
	Peso en Grs.	%	Peso en Grs.	%	Peso en Grs.	%
Orgánicos						
Desechos de comida	360,309.43	44.37%	610,688.25	36.64%	310,417.09	46.79%
Residuos de Jardín	170,125.16	20.95%	360,408.88	21.62%	78,248.67	11.79%
Excremento de animal	2,985.77	0.37%	20,479.37	1.23%	6,330.80	0.95%
Madera	7,169.70	0.88%	13,903.66	0.83%	2,294.91	0.35%
Telas	5,909.41	0.73%	72,878.78	4.37%	69,625.92	10.49%
Papel y Cartón						
Periodico	63,578.08	7.83%	42,737.21	2.56%	8,454.95	1.27%
Empaque	1,430.33	0.18%	2,861.47	0.17%	1,555.94	0.23%
Revistas	9,287.13	1.14%	14,933.85	0.90%	2,770.26	0.42%
De Oficina	6,286.49	0.77%	7,077.26	0.42%	3,004.13	0.45%
Papel diverso	24,267.61	2.99%	28,429.29	1.71%	11,005.70	1.66%
Carton diverso	23,812.52	2.93%	67,892.30	4.07%	17,969.98	2.71%
Inorgánicos						
Papel celofan	13.26	0.00%	87.20	0.01%	7.83	0.00%
Papel Plástico	446.69	0.06%	53.67	0.00%	0.00	0.00%
Papel encerado	476.06	0.06%	563.35	0.03%	117.15	0.02%
Bolsas de Plástico	10,343.65	1.27%	26,155.61	1.57%	10,074.28	1.52%
Plástico diverso	20,960.13	2.58%	33,030.72	1.98%	13,669.50	2.06%
Vidrio diverso	6,089.36	0.75%	9,743.13	0.58%	2,193.30	0.33%
Aluminio diverso	512.47	0.06%	1,016.60	0.06%	216.90	0.03%
Cobre	0.00	0.00%	1.42	0.00%	0.00	0.00%
Metal diverso	5,126.11	0.63%	12,029.93	0.72%	2,992.08	0.45%
Desechos sanitarios	64,879.90	7.99%	174,765.49	10.48%	64,309.88	9.69%
Pañales	13,330.96	1.64%	82,271.87	4.94%	34,930.21	5.26%
Foam	11,624.08	1.43%	10,049.78	0.60%	9,984.95	1.50%
Papel Aluminio	1,652.55	0.20%	1,594.63	0.10%	821.01	0.12%
Residuos Inertes						
Tierra	1,380.00	0.17%	59,752.46	3.58%	10,824.10	1.63%
Piedras	0.00	0.00%	13,520.50	0.81%	1,658.60	0.25%
Subtotal	811,996.85	100%	1,666,926.68	100%	663,478.14	100%

En la tabla 3 se presentan los resultados de la composición de los residuos que corresponden a los empaques de los subproductos que desechan por estrato socioeconómico. El empaque de plástico es el que más generan en los tres estratos, siendo el estrato medio y el estrato bajo los que más generan en esta categoría. Después del plástico en el estrato alto el que sigue en porcentaje es el cartón con un 14.41 %.

Tabla 3 Composición de los contenedores generados por estrato socioeconómico

Contenedores	Estrato socioeconómico					
	Alto		Medio		Bajo	
	Peso en Grs.	%	Peso en Grs.	%	Peso en Grs.	%
Cartón	212,966.55	14.41%	237,207.97	8.36%	56,800.66	4.61%
Papel	8,205.07	0.56%	11,507.15	0.41%	7,918.36	0.64%
Plástico	224,937.77	15.22%	667,758.92	23.53%	405,064.63	32.84%
Lamina	89,321.82	6.04%	252,147.63	8.88%	171,972.04	13.94%
Vidrio	240.00	0.02%	2,880.00	0.10%	2,306.50	0.19%
Vidrio Transparente	63,939.69	4.33%	132,438.23	4.67%	171,678.86	13.92%
Vidrio verde	24,723.44	1.67%	10,060.68	0.35%	115,920.04	9.40%
Vidrio Ambar	19,217.13	1.30%	98,961.85	3.49%	75,973.64	6.16%
Aluminio	21,158.40	1.43%	34,547.87	1.22%	19,306.49	1.57%
Plastificado	14,138.76	0.96%	38,407.75	1.35%	22,042.21	1.79%
Foam	2,021.24	0.14%	993.71	0.04%	2,224.25	0.18%
Tetrapack	9,499.88	0.64%	20,973.80	0.74%	16,996.47	1.38%
Empaque raro	1,019.68	0.07%	2,640.24	0.09%	3,315.25	0.27%
Otro	14,138.76	0.96%	38,407.75	1.35%	22,042.21	1.79%
Subtotal	1,478,111.47	100.00%	2,838,020.38	100%	1,233,419.92	100%

En la figura 1 se observa gráficamente el comportamiento de los empaques por estrato y por tipo de empaque, esta gráfica muestra las diferencias que existen en el consumo en los tres estratos.

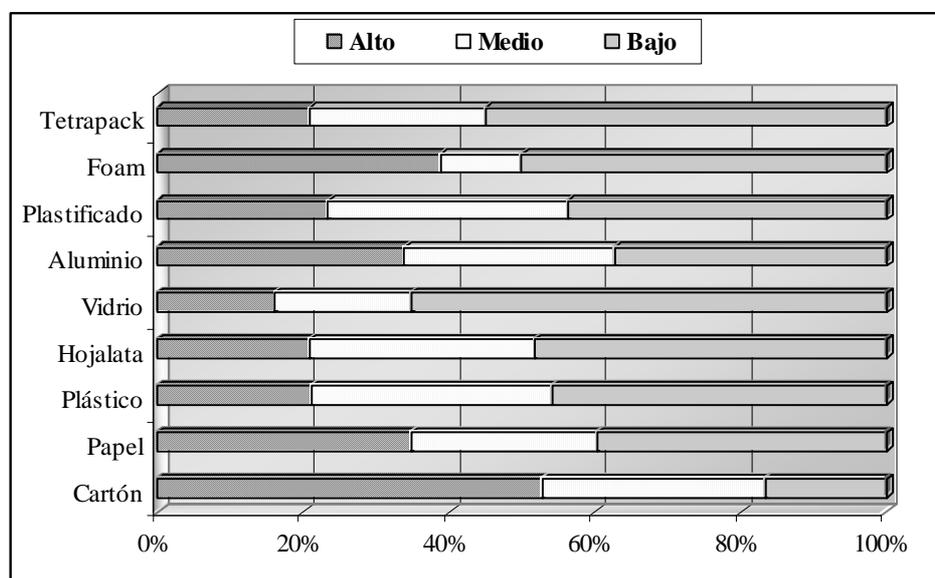


Figura 1. Composición de material de los empaques desechados por estrato socioeconómico

En la figura 1 se observa cual es la proporción de cada empaque generado por estrato socioeconómico; por ejemplo, se observa que el estrato alto genera más desechos de cartón, que el medio y el bajo, en cambio el estrato bajo genera más empaque de vidrio.

En los siguientes párrafos, se realiza un breve análisis de los datos con el objetivo de establecer si es posible generalizar las observaciones hechas hacia la totalidad de la población, basándonos en la probable semejanza de los tres estratos. En la tabla 4 se concentran los resultados de la prueba de diferencia de medias en la generación de residuos domésticos por estrato socioeconómico

Tabla 4 Diferencia de medias en la generación de residuos por estrato socioeconómico

Variable	Estrato socioeconómico					
	Alto		Medio		Bajo	
	n	Media en grs	n	Media en grs	n	Media en grs
Desechos de comida	223	11,259.67	423	9,849.81	215	10,013.45
Residuos de jardín	223	5,316.41	423	5,813.05	215	2,524.15
Excremento de animal	223	93.31	423	330.31	215	204.22
Madera	223	224.05	423	224.25	215	74.03
Telas	223	184.67	423	1,175.46	215	2,246.00
Periódico	223	1,986.82	423	689.31	215	272.74
Empaque	223	44.70	423	46.15	215	50.19
Revistas	223	290.22	423	240.87	215	89.36
De Oficina	223	196.45	423	114.15	215	96.91
Papel diverso	223	758.36	423	458.54	215	355.02
Cartón diverso	223	744.14	423	1,095.04	215	579.68
Papel celofán	223	0.41	423	1.41	215	0.25
Papel Plastificado	223	13.96	423	0.87	215	0.00
Papel encerado	223	14.88	423	9.09	215	3.78
Bolsas de Plástico	223	323.24	423	421.86	215	324.98
Plástico diverso	223	655.00	423	532.75	215	440.95
Vidrio diverso	223	190.29	423	157.15	215	70.75
Aluminio diverso	223	16.01	423	16.40	215	7.00
Cobre	223	0.00	423	0.02	215	0.00
Metal diverso	223	160.19	423	194.03	215	96.52
Desechos sanitarios	223	2,027.50	423	2,818.80	215	2,074.51
Pañales	223	416.59	423	1,326.97	215	1,126.78
Foam	223	363.25	423	162.09	215	322.10
Papel Aluminio	223	51.64	423	25.72	215	26.48
Piedras	223	0.00	423	218.07	215	53.50
Tierra	223	43.13	423	963.75	215	349.16

Para tratar de probar que no existe diferencia significativa en el valor obtenido de las medias de cada variable para cada estrato se propone la siguiente hipótesis de investigación integrada por la hipótesis nula y la alternativa.

Ho: La diferencia entre el valor medio de la variable (tipo de residuo) de cada estrato son iguales (ver Ecuación 1)

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 \quad \text{Ecuación 1}$$

Ha: La diferencia entre el valor medio de la variable (Tipo de residuo) de cada estrato socioeconómico son diferentes. (Ver ecuación 2)

$$H_a = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \quad \text{Ecuación 2}$$

La prueba de hipótesis se estableció con un nivel de confianza del 95%. Para la prueba de verificación de hipótesis, se utilizó la diferencia entre medias. (ver ecuación3).

$$z = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s^2}{n_1} + \frac{s^2}{n_2}}} \quad \text{Ecuación 3}$$

Al sustituir los datos y comparar las medias, se encontró que para los casos en los que se comparó el estrato bajo con el medio y estrato medio con el alto los resultados muestra que se comportan como una normal (Ver figura 2), en cambio en el caso de la comparación entre el estrato bajo y el alto, cae en la zona de rechazo, por lo que la hipótesis nula se rechaza y se toma la hipótesis alternativa

Comparación del estrato bajo y medio	$\mu_1 = \mu_2$	$z = 1.79$
Comparación del estrato bajo y alto	$\mu_1 = \mu_3$	$z = 2.88$
Comparación del estrato medio y alto	$\mu_2 = \mu_3$	$z = 1.37$

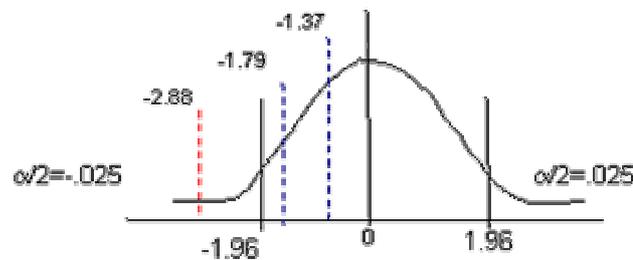


Figura 2 Prueba de hipótesis de las medias de los estratos socioeconómicos

En la figura 3 se presentan los resultados de la generación per cápita por estrato por estrato socioeconómico. En la figura se muestra gráficamente que los días lunes y martes, la generación per cápita es muy similar en los tres estratos, el día que la generación baja en el estrato medio es el miércoles, en el alto es el jueves y para el bajo es el viernes. También se observa que es el estrato bajo el que tiene la menor generación per capita.

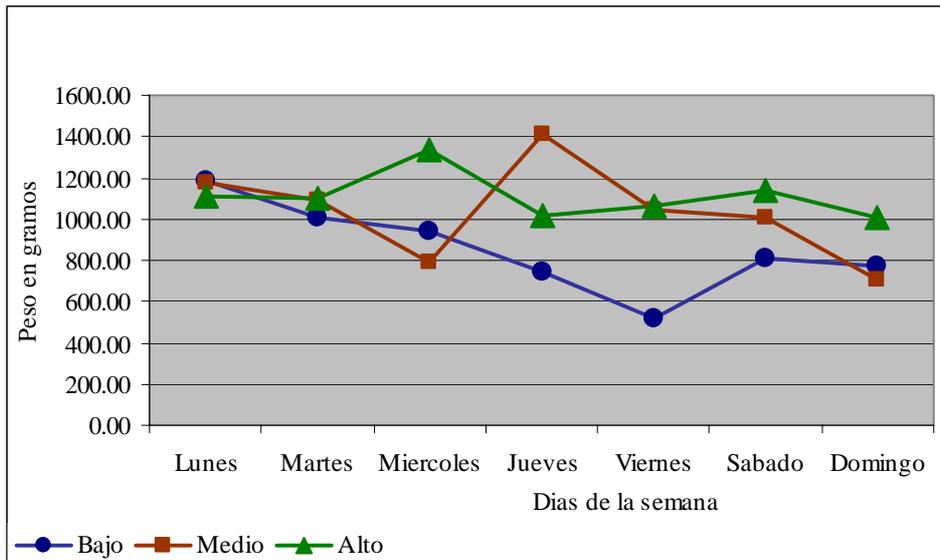


Figura 3. Generación de residuos per cápita por estrato socioeconómico

En la figura 4 se presentan los datos de la generación de residuos por familia y estrato socioeconómico, se observa que la familia del estrato alto mantiene una generación mas homogénea, siendo el miércoles el día la generación más alta. En cambio, en el estrato bajo inicia el lunes con la generación más alta y va descendiendo hasta el viernes, que es el día que genera menos residuos. En el estrato medio, el jueves es el día que más residuos generan.

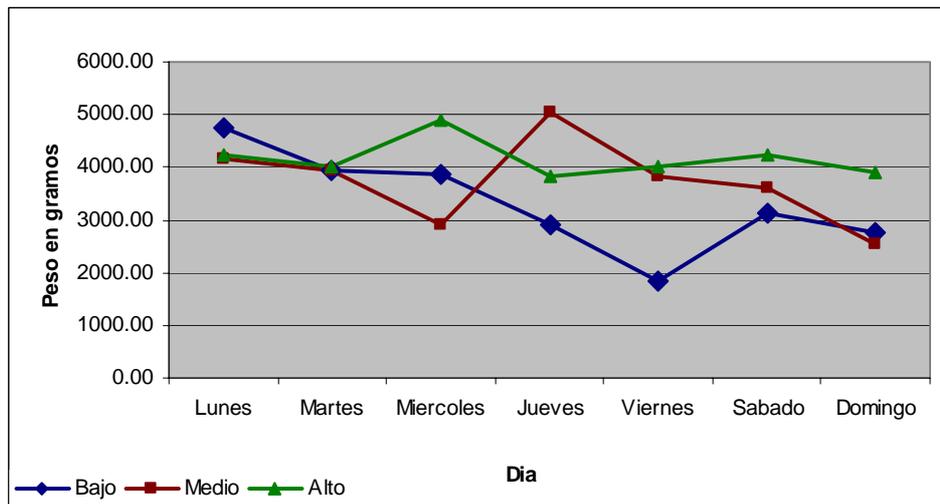


Figura 4. Generación de residuos por familia y estrato socioeconómico

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados de esta investigación, la generación de residuos por estrato socioeconómico, indica que existe evidencia de que el promedio de generación de RSD entre los

estratos es diferente; concluyendo que no se pueden realizar análisis por estrato bajo esta suposición.

Con lo expuesto podemos concluir que no se puede rechazar la hipótesis que la media del estrato bajo sea igual a la del estrato medio, tenemos evidencias para rechazar la hipótesis de que la media del estrato bajo es igual a la del estrato alto y finalmente no se puede rechazar que la media del estrato medio sea igual a la del estrato alto. Por lo tanto, tenemos evidencias para afirmar que los análisis posteriores deberán realizarse por estrato, sin compararlos entre ellos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bernache-Pérez G. Sánchez Colón S. Garmendia A. Davila-Villarreal A. y Sánchez-Salazar M. (2001) *Solid waste characterisation study in the Guadalajara Metropolitan zone, Mexico*. Waste Management & Research 19: 413-424.
- Bernache G. (2003) *The environmental impact of municipal waste management: the case of Guadalajara metro area*. Resources Conservation and Recycling. 39 (3) 223-237
- Byström S. & Lönnstedt (1999) *Paper recycling: a discussion of methodological approaches* Resources Conservation and Recycling. 28: 55-65.
- Buenrostro, O. (2001) Los Residuos Sólidos Municipales. Perspectivas Desde la Investigación Multidisciplinaria. Universidad Michoacana, Morelia, México.
- Buenrostro O. y Bocco G. (2003) Solid waste management in municipalities in Mexico: goals and perspectives, Resources Conservation and Recycling. 39 (3) pp. 251-263.
- Chung & Poon (2001) *Characterisation of municipal solid waste and its recyclable contents of Guangzhou*. Waste Management & Research. 19 (6): 473-485
- Escarimosa Montalvo L. del Carpio Penagos G. Castañeda Nolasco G. y Quintal Franco C. (2001) Manejo de los residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez Chiapas. Plaza y Valdez Editores México.
- Gaxiola, Camacho E. (1995). Patrones de consumo y basura doméstica en Mexicali. Tesis inédita de Maestría en Arquitectura, Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, B.C
- Luna, C. (2002). *Caracterización de los residuos sólidos domésticos y su diferenciación por estrato socioeconómico: un estudio de caso para Tijuana, B.C.* Tesis para obtener el grado de Maestro en Administración Integral del Ambiente. El Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, B.C., México
- Nasir Hassan M. Abdul Rahman R. Lee Chong T. Zakaria Z. & Muhamad A. (2000) *Waste recycling in Malaysia: problems and projects*. Waste Management & Research. 18 (4) 320-328.

- Ojeda S. (1999). *Niveles de conciencia ambiental en una comunidad: Un instrumento para diseñar programas de educación ambiental*. Tesis para obtener el grado de Doctora en Ciencias de la Educación. Universidad Iberoamericana Noroeste. Tijuana, México.
- Ojeda-Benitez S. Ramírez Barreto E y Armijo de Vega C. (2000) El manejo adecuado de los residuos sólidos domiciliarios en una comunidad urbana. Reporte Final CONACYT
- Ojeda-Benitez S. Armijo de Vega C. & Ramírez-Barreto E. (2003) *Characterization and quantification of household solid wastes in a Mexican city*, Resources Conservation and Recycling. 39 (3) pp. 211-222
- Ojeda-Benítez S. and Beraud-Lozano J. L. (2003) *The municipal solid waste cycle in Mexico: final disposal*, Resources Conservation and Recycling. 39 (3) pp. 239-250
- Rathje, William. (1984), "The Garbage Decade" en *American Behavioral Scientist*, Vol. 28 No. 1, September / October.
- Tucker P. Grayson J. & Speirs D. (2000) *Integrated effects of a reduction in collection frequency for a kerbside newspaper recycling scheme*. Resources, conservation and recycling. 31: pp. 149-170