

DETERMINACIÓN POR MUESTREO DE LA GENERACIÓN Y COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS PARA SU GESTIÓN INTEGRAL (TARTAGAL, SALTA)

Cruz Mercedes C.¹, Plaza Gloria del C.², Sánchez Diana C.

Facultad de Ingeniería - INENCO – CIUNSa - Universidad Nacional de Salta

Avda. Bolivia 5150. CP 4400. Salta. Argentina Fax: 0387 - 4255489 – Tel: 0387 - 4255424

merceci18@yahoo.com.ar - gloria@unsa.edu.ar

RESUMEN

Se realizó un muestreo probabilístico estratificado, según características socioeconómicas, en la ciudad de Tartagal para determinar la generación per cápita de Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD) y su composición porcentual.

El muestreo con separación en origen en seis fracciones (orgánicos, plásticos, metales, papeles, vidrio y otros) se efectuó durante ocho días consecutivos, en una muestra de 89 viviendas representativas de los cuatro estratos.

La producción per capita determinada por estrato del 1 al 4 es la siguiente 367,47; 350,6; 265,40 y 371,40 g/hab/día respectivamente. Con una media ponderada de 333,2 g/hab/día. La composición de RSD general es de: Orgánico, 55,1%; Plástico, 8,1%; Vidrio, 6,5%; Papel, 5,6%, Metal, 2,3% y Otros 22,4%.

Se realizan comparaciones de medias de generación para cada fracción por estrato, encontrándose diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$) para la fracciones: orgánicos, plástico y otros. Siendo las dos primeras de carácter relevante al diseñar e implementar una gestión integral de RSD.

PALABRAS CLAVES: Gestión Integral – Residuos Sólidos Domiciliarios – Muestreo probabilístico

INTRODUCCIÓN

Se entiende por Gestión Integral de Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD) al *conjunto de actividades interdependientes y complementarias entre sí, que conforman un proceso de acciones para el manejo de residuos domiciliarios, con el objeto de proteger el ambiente y la calidad de vida de la población.* (Ley 25.916 de Presupuestos Mínimos) y se tiene en cuenta como jerarquía de gestión la siguiente: 1-Reducción 2- Reutilización 3- Valorización y Tratamiento 4- Disposición final.

Para aplicar este marco de política de gestión de residuos se debe contar con información confiable y actualizada, que permita tomar medidas adecuadas y óptimas para la localidad en estudio. Por ello, implementar mejoras o diseñar sistemas de manejo y tratamiento de RS implica conocer las características de esos residuos en cuanto a su generación y composición para seleccionar la mejor opción de valorización y tratamiento de los mismos (CEPIS, 2005).

Cabe destacar que cada núcleo poblacional es particular en su tasa de generación y composición de RSD ya que la producción de los mismos depende principalmente de características específicas de la zona como: clima, aspectos culturales, nivel socio-económico, actividad económica predominante (CEPIS, 1982). Así, que la utilización de datos obtenidos en otras localidades para diseñar planes de gestión no es lo adecuado, cuando existen los medios para realizar un estudio a nivel local.

En la Provincia de Salta existen antecedentes de muestreos con separación en origen realizados en el año 1994 (Plaza et al, 1994) en la ciudad Capital y en Cerrillos una localidad semi-rural. Asimismo, la Secretaria de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Provincia, en el año 2003, realizó muestreos de RSU en el sitio de disposición final (con residuos provenientes del recorrido de un camión recolector) en varios municipios provinciales. Es importante señalar que la metodología de muestreo con segregación en domicilio, incluyendo la participación de la población al separar sus residuos y de recolección diaria en cada vivienda, permite obtener datos mas representativos a los obtenidos con otros tipo de muestreos, porque cuenta con el registro del número de habitantes del cual proviene la muestra y además permite saber la generación sin la intervención previa de recolectores informales (que generalmente, recogen los residuos antes que pase el camión recolector). Esta situación hace que, muchas veces se subestime la generación (porque llega a la disposición final mucho menos de lo que se genera) o bien se sobreestime cuando no se conoce a cuántos días corresponde la basura recolectada y/o se estime por debajo del número real los habitantes por vivienda. A su vez, es un

¹ Facultad de Ciencias Naturales – Becaria CIUNSa

² Facultad de Ingeniería

³ Consejo de Investigación

muestreo que abarca a toda la población, posea o no el servicio de recolección, y genera una instancia de concientización y participación ciudadana en el manejo de residuos.

En el caso de la ciudad de Tartagal no existen datos de muestreos con segregación en origen y como se mencionó anteriormente, no es aconsejable utilizar datos provenientes de otras localidades y sobretodo si fueron realizados durante épocas distintas a las actuales desde el punto de vista económico. Particularmente, Tartagal tiene características que la hacen meritoria de un análisis específico, motivado por el incremento de la tasa de desempleo a partir de la privatización de la empresa hidrocarburífera del Estado y sumado a esto los cambios financieros (después del 2001) hicieron que varíen los niveles de consumo y, por lo tanto, la generación de residuos. Asimismo, es importante destacar el gran porcentaje de población indígena (misiones) existente dentro del ejido urbano.

La actual gestión de residuos en el municipio de Tartagal se circunscribe sólo a la recolección (con distintas frecuencias según la ubicación y accesibilidad al barrio), sin cobertura total de todo el ejido urbano y la disposición final a cielo abierto en un vertedero ubicado a orillas del río homónimo. En el mismo es posible observar un alto porcentaje de personas (niños y adultos) que subsisten de la recolección de residuos reciclables como de la cría (dentro del basural) de ganado vacuno y porcino. Asimismo, la existencia de numerosos microbasurales tanto en los barrios céntricos como en los periféricos (debido a la falta de cobertura del servicio y/o hábitos de disposición final inadecuada en espacios públicos) hacen que la ciudad posea un alto riesgo sanitario-ambiental y un impacto visual estético negativo.

Con esta situación es inevitable la necesidad de implementar una gestión integral de RSU. Cabe destacar que en este trabajo sólo se tienen en cuenta los residuos Domiciliarios.

El objetivo del presente trabajo es la determinación de la generación de residuos domiciliarios per cápita según estratos socio-económicos y detectar cuáles serían las principales fracciones plausibles de ser tratadas y/o recicladas en función de su porcentaje de generación en la composición total. Se destaca el estudio de la fracción orgánica -generalmente la principal componente de los RSU, variando, según las características del lugar, entre 50 y 80 % del total (Tchobanoglous, 1998) y la que mayores problemas de sanitarios ocasiona- para analizar, posteriormente, la factibilidad técnica-económica y social de su posible tratamiento a través de la digestión anaeróbica para generación de energía. Dado que, paradójicamente en Tartagal –ciudad cabecera del Departamento Gral San Martín, principal productor de hidrocarburos en la Provincia- sólo un 45% de la población posee el servicio de gas natural de red. El tratamiento anaeróbico sería una solución recomendable para aquellos sectores que no poseen este servicio energético y donde el servicio de recolección de residuos es insuficiente o inexistente. Significando, al mismo tiempo, un aporte a la mitigación del cambio climático, ya que al aprovechar el metano producto de la degradación anaeróbica de los residuos, se elimina una emisión de gas de efecto invernadero 21 veces más potente que el dióxido de carbono.

MATERIALES Y MÉTODOS

La base de la metodología estadística aplicada al muestreo de los RSD es la recomendada por el CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente) y es la aplicada en los países de América Latina y el Caribe.

La generación y composición de los RSD es una variable dependiente del nivel de consumo de los habitantes (generadores), y este a su vez, al nivel económico, por lo que previamente a la realización del muestreo de RSD, se llevó a cabo la estratificación socio-económica de la población por barrios de la ciudad de Tartagal. Para la misma se contó con la siguiente información del Censo Nacional 2001: datos de las encuestas y la cartografía (con divisiones de fracción-radio-manzanas censales) sobre la cual se delimitaron los barrios existentes. De esta forma fue posible asignar a cada barrio los datos censales. Cabe aclarar que, si bien, existen en la actualidad nuevos barrios en la ciudad, los únicos datos sociales oficiales disponibles son los del Censo 2001, por lo que la estratificación por barrios sólo se realizó con los existentes en ese momento.

Mediante la consulta a expertos en el tema de estratificación socio-económica las variables consideradas para el análisis fueron: 1-NBI (Necesidades Básicas Insatisfechas, es una variable creada que contempla Hacinamiento, Condiciones sanitarias, Calidad de la vivienda, Asistencia escolar y Capacidad de subsistencia), 2- % Hogares con Obra Social, 3- Variables de Confort (entre las más explicativas se considera: 3.1- % Hogares con Tenencia de heladera con freezer o freezer sólo y 3.2- % de Hogares con Tenencia de lavarropas automático), 4-Escolaridad en años del Jefe de Hogar.

El procesamiento de los datos se realizó con el programa estadístico SPSS 10.0, quedando clasificados, los barrios de la ciudad, en cuatro estratos -donde el de mejores condiciones socio/económicas está representado por el 1 y el de peores condiciones por el 4 - según lo muestra la siguiente tabla:

Estrato	Barrio	Total Hab	Total Hog
1	Centro – Lugones - 200 Viviendas - Los Payos - San Isidro - Supe - Roberto Romero - 365 Viviendas	10542	2731
2	Alberdi - San Roque - San José – Lujan – Fátima - Vª Saavedra - Vª Güemes - San Antonio - Santa Maria	25586	5953
3	Santa Rita – Belgrano - Norte Grande – Misión San Silvestre - Tomas Ryan – Misión Cherenta - Nueva Esperanza - 9 De Julio - Tomas Sánchez - San Juan Radio Nacional	16192	3299
4	Misión La Loma - Misión Sachapera - Misión Chorote - Misión Los Tobas – Misiones RN 86	2770	574
Total		55090	12557

Tabla 1. Estratificación socio-económica de la población por barrios de la ciudad de Tartagal

Para la determinación del tamaño de la muestra general (n), conociéndose el tamaño de la población (N) de 12557 viviendas, se aplicó la siguiente ecuación:

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N \sigma^2}{(N-1)E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}$$

donde, N (tamaño de la población) = 12557, Nivel de confianza (1- α): 95%, por lo tanto $Z_{1-\alpha/2} = 1,96$, E (nivel de error de estimación) con 10% del promedio estimado = 0.0416 -este último valor sale a partir del dato estimado en el muestreo de Salta (1994) ppc = 0.416 kg/hab/día- y σ^2 (varianza) se asume = 200 g/hab/día.

El tamaño de la muestra para Tartagal es de 89 viviendas, sin embargo se toma un 10% más de viviendas por posibles retiros o bajas que pudieran llegar a existir durante el muestreo, por lo tanto el tamaño de la muestra inicial es de 100 hogares.

La determinación del tamaño de la muestra en cada estrato obedeció a una asignación proporcional al tamaño de los estratos y a su vez al tamaño de cada barrio, de forma tal de obtener al menos una observación en todos los barrios de la ciudad. En la siguiente tabla se observa la asignación proporcional por estrato:

Estrato	% hog	n	n (real)
Estrato 1	22	22	17
Estrato 2	47	47	42
Estrato 3	26	26	25
Estrato 4	5	5	5
	100	100	89

Tabla 2. Tamaño de la muestra por estrato

Se observan las diferencias entre el n calculado y el n que efectivamente se utilizó durante el muestreo debido a que existieron bajas de cinco viviendas tanto en el estrato 1 como en el 2 y un retiro en el tercer estrato.

La selección de las 100 viviendas fue al azar en cada barrio, se visitó cada una, invitándola a participar del muestreo, ya que la intervención en el mismo era voluntaria. En cada hogar se realizó una encuesta donde se obtuvieron datos sobre la cantidad de habitantes y la composición familiar, específicamente se indagó sobre la presencia de niños o adultos usuarios de pañales descartables, como así también sobre hábitos de reutilización de algún producto que se pudiera considerar residuo (botellas plásticas descartables, botellas de vidrio, materia orgánica, etc.) y sobre la percepción de la gestión actual de residuos.

La metodología de muestreo aplicada es la de recolección con separación en origen, significando que en cada hogar se debían segregar los residuos en seis fracciones: Orgánico, Plástico, Metal, Papel/Vidrio y Otros, para tal fin, se dejó en cada una de las viviendas participantes cinco bolsas plásticas de colores distintos para la colocación de cada una de las fracciones cada día en que se efectuó el muestreo.

El muestreo se llevó a cabo durante ocho días consecutivos (incluido el domingo) de forma tal que para obtener el dato de una semana (siete días) se eliminó la recolección del primer día, debido a que la experiencia ha demostrado que los

residuos recolectados el primer día no resultan representativos, ya sea porque se entrega demasiada cantidad o muy poca (CEPIS, 2005), incorporando este hecho variabilidad al muestreo.

Se realizó la recolección diaria de las bolsas con los residuos separados y entrega de las bolsas vacías a los propietarios de la vivienda, procurando que allí depositen la basura generada en el día y que no cambien sus costumbres de reutilización de algún tipo de residuo. Una vez recolectadas las cinco bolsas se las colocó en una bolsa etiquetada que identificaba a la vivienda.

Se trasladaron las bolsas a un predio donde se realizó el pesaje diario, se tomó el registro tanto del peso total como del peso de las bolsas correspondientes a cada fracción de cada una de las viviendas, previamente a este último pesaje, se realizó una inspección visual de las bolsas para determinar si las fracciones provenían correctamente separadas, en caso negativo se procedía a la corrección de las mismas y posterior pesaje.

Los datos de peso total y peso por fracciones de todas las muestras de cada día fueron analizados con asistencia del Software SPSS v. 10.01

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la siguiente tabla se observa la generación per capita de RSD por estrato:

	Intervalo de confianza para la media ($\alpha = 0.95$)	Desvío Standard	Tamaño de la muestra	
			Nº viv	Nº hab
Estrato 1	(242,90; 492,045)	242,29	17	79
Estrato 2	(279,28; 421,92)	223,00	42	249
Estrato 3	(205,54; 325,26)	145,02	25	167
Estrato 4	(-74,33; 817,13)	358,98	5	31

Tabla 3. Producción per capita total de residuos domiciliarios discriminados por estratos

Se observa una disminución de la producción per capita (ppc) desde el estrato 1 al 3, sin embargo las diferencias no son estadísticamente significativas, debido a la variabilidad entre los datos (ver desvío estándar en la tabla), sin embargo el test de análisis de homogeneidad de la varianza, para los tres primeros estratos, es positivo.

Existen diferencias estadísticamente significativas para las medias de producción entre los estratos 1 y 3, al aplicar el análisis de la Prueba t.

La elevada ppc del estrato inferior (4) obedeció a que en la fracción Otros es considerable la cantidad de pañales y tierra, esto debido a que, mediante la encuesta se pudo constatar que en cada hogar había un niño usuario de pañales descartables y a su vez las viviendas pertenecientes al estrato 4 (conformado por Misiones aborígenes) son muy precarias y no poseen piso de ningún tipo, por lo tanto la tierra producto de la higiene habitacional era incorporada a los residuos domiciliarios.

La media ponderada por estrato es 333.2 g/hab/día para la población de Tartagal.

En la siguiente tabla se observa la composición porcentual general de los RSD en Tartagal:

Fracción	Composición Porcentual
Orgánicos	55,1 %
Plásticos	8,1 %
Vidrio	6,5 %
Papel	5,6 %
Metal	2,3 %
Otros	22,4 %

Tabla 4. Composición porcentual general de RSD para la localidad de Tartagal

Como se esperaba la fracción más abundante es la Orgánica con un (55,1% en peso) compuesta principalmente, mediante simple observación visual, por restos de comida y residuos del jardín y hojarasca de la vivienda, no del barrido de calle. Seguidamente los Plástico con un 8,1% -a pesar de ser muy livianos- es considerable su generación, fundamentalmente constituida por botellas descartables de bebidas no alcohólicas, esto debido a que la mayor parte de la población muestreada manifestó la “desconfianza” que tienen de consumir el agua potable suministrada.

Con respecto a las fracciones Papel, Vidrio y Metal es bajo su aporte a la composición general (ver Figura 1)

Se observa el alto porcentaje correspondiente a la fracción Otros, confirmando lo anteriormente mencionado con respecto a los residuos que abarca esta fracción, en su gran mayoría corresponde a pañales y tierra.

En el siguiente gráfico se observa la composición porcentual de cada fracción en cada estrato (ver Figura 1)

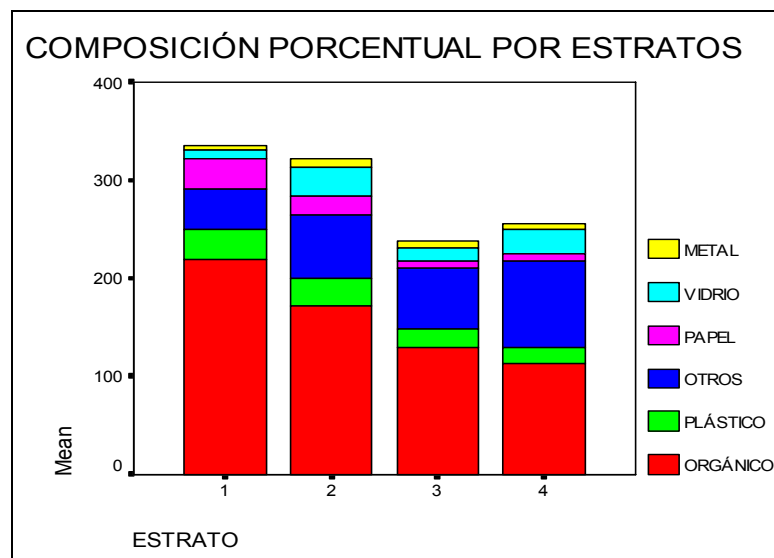


Figura 1. Composición porcentual de residuos por estrato

Se aplicó un análisis de la varianza para comparar la producción per capita de residuos orgánicos, plásticos, metales, vidrio, papeles y los abarcados en la categoría otros, para los 4 estratos.

Se detectaron diferencias estadísticamente significativas para las fracciones: orgánicos ($p < 0,001$), plásticos ($p < 0,001$), papel ($p = 0,003$) no hallándose diferencias para las fracciones vidrio y metal, resultando la producción de ésta última fracción insignificante, para la toma de decisiones en un plan de gestión integral.

Es posible observar, que la composición de fracción orgánica es la de mayor porcentaje composicional en todos los estratos., disminuyendo desde el estrato 1 al 4. Esta situación se debe a que -como se relevó a través de la encuesta- los estratos inferiores reutilizan la materia orgánica con distintos fines: abono para la huerta familiar, comida para los animales domésticos (perros, gallinas), y es ínfima la cantidad de restos de comida, mientras que es distinta la situación observada en los estratos superiores donde es apreciable una gran cantidad de comida –aun es estado consumible-desechada.

Los Plásticos también es una fracción cuya generación disminuye en los estratos inferiores, posiblemente debido por la imposibilidad de esta población a acceder a estos bienes (bebidas en botellas descartables) o bien porque (según encuesta) realizan una reutilización de los mismos: para disponer nuevamente otras bebidas, para hielo, etc.

Estas dos fracciones (Orgánico y Plástico) muestran diferencias estadísticamente significativas entre todos estratos entre sí, excepto el entre el 3 y el 4, siendo su comportamiento similar en las generación de las mismas.

La fracción Otros es de considerable importancia ya que en la misma se incluyen elementos como los pañales y tierra, la misma aumenta al aumentar el número del estrato (los mas carenciados), existiendo una relación con el porcentaje de viviendas donde hay niños que usan pañales, el mismo aumenta hacia los estratos mas bajos de la siguiente forma: en el estrato 1 solo 4 de las 17 viviendas muestreadas (23,5%); en el estrato 2, 14 de las 42 (33,3%); en el estrato 3, 12 de las 25 (48%) y en el inferior 4 de las 5 (80%) inclusive en una ellas había 2 niños. Asimismo, como se mencionó anteriormente, el número de viviendas sin piso, es mayor en los estratos más bajos.

CONCLUSIONES

La producción per capita determinada por estrato del 1 al 4 es la siguiente 367,47; 350,6; 265,40 y 371,40 g/hab/día respectivamente. Con una media ponderada de 333,2 g/hab/día.

La composición de RSD general es de: Orgánico, 55,1%; Plástico, 8,1%; Vidrio, 6,5%; Papel, 5,6%, Metal, 2,3% y Otros 22,4%, para los meses de invierno en la ciudad de Tartagal

Existen diferencias estadísticamente significativas en la generación por fracciones entre estratos, no existiendo estas diferencias para la producción total de RSD entre estratos, debido a la elevada variabilidad entre los datos. La elevada ppc en el estrato inferior está explicada por el considerable porcentaje en la composición de los residuos dentro de este estrato de la fracción Otros, que incluye pañales y tierra.

Las fracciones más interesantes, desde el punto de vista de la gestión integral, para diseñar planes específicos de tratamiento y/o reciclaje son Orgánicos y Plásticos. La generación de estas dos fracciones está directamente relacionada con el nivel socio-económico disminuyendo a medida que se avanza en los estratos (del 1 al 4). Las otras fracciones, como Metal –por ejemplo- resultan insignificantes en su generación y composición porcentual de los RSD.

ABSTRACT

It was realized a statistical stratified sampling, according to socioeconomic characteristics, in Tartagal's city to determine the generation per capita of Solid Household Waste (SHW) and its percentage composition.

The sampling, with separation in origin in six fractions (organic, plastic, metals, papers, glass and others) was carried out for eight consecutive days, in 89 representative houses of four clusters. The production per capita determined by cluster of the 1 to 4 is the following: 367,47; 350,6; 265,40 and 371,40 g/inhab/day respectively. The weighted mean is 333,2 g/inhab/day. The general composition of SHW is: Organic, 55,1 %; Plastic, 8,1 %; Glass, 6,5 %; Paper, 5,6 %, Metal, 2,3 % and Other 22,4 %.

It was done the comparisons of mean generation for every fraction by cluster, there are statistically significant differences ($p < 0,001$) for: organic, plastic and others. The two first fractions have significant character to design and to implement Household Solid Waste's integral management

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Box, George E. P.; Hunter, William G.; Hunter, Stuart J. (1999). *Estadística para Investigadores*. Editorial Reverté, S.A., México.
- Cochran, William G. (1980). *Técnicas de Muestreo*. C.E.C.S.A. México.
- Hoja de Divulgación Técnica N° 17 (1982). *Método Sencillo del análisis de residuos sólidos*, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS-OPS).
- Hoja de Divulgación Técnica N° 97 (2005). *Procedimientos estadísticos para los estudios de caracterización de Residuos Sólidos*, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS-OPS).
- Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2001
- Ley 25.916 de Presupuestos Mínimos de protección ambiental para la Gestión Integral de Residuos Domiciliarios
- M. Menna, S. Jacob, O. Noguera, G. Plaza, H. DiVelz, J. Cid, O. Pacheco (1997). *Muestreo piloto de Residuos Sólidos Domiciliarios de la Ciudad de Mar del Plata*. Publicado en Actas XX Reunión de Trabajo ASADES. IV Seminario sobre capa de ozono y radiación solar. Río Cuarto, Córdoba.
- Mejía Arias, C. (2004). *Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios del distrito de Santa Anita*, Lima-Perú.
- Plaza G., Pacheco O., Robredo P., Di Veltz H., Saravia Toledo A (1994). *Muestreo de residuos municipales clasificados*. 17ava Reunión Nacional de Energía Solar y Fuentes Alternativas. Rosario-Argentina.
- Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (SEMARNAT) *Guía para la gestión integral de los Residuos Sólidos Municipales*, (2001).
- Tchobanoglous, G. (1998). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*, McGraw-Hill.

AGRADECIMIENTO

Se agradece la colaboración brindada por la Municipalidad de la ciudad de Tartagal, Dirección de Estadística y Censos de la Provincia de Salta y Lic. Carolina Sanchez