

# Muestreo de Residuos Municipales Clasificados

Gloria Plaza\*    Osvaldo Pacheco †    Patrica Robredo ‡    Antonio Saravia Toledo

INENCO<sup>§</sup>

Universidad Nacional de Salta

Buenos Aires 177

4400 - Salta.

TE/FAX (087) 251034

Asesoramiento: Horacio Di Veltz (Facultad Ciencias Exactas)

## Resumen

Ante el desconocimiento de los patrones o parámetros de la basura de la ciudad de Salta, se diseñó una prueba piloto para determinarlos, elaborando una técnica de muestreo estratificado con recambios en la ciudad de Salta capital, tomando como base el último Censo Nacional de Población y Vivienda (1.991) con la clasificación por estratos socio-culturales que allí se determinan. A partir de esta clasificación se estudia la basura domiciliar de las ciudades de Salta Capital y Cerrillos según sus componentes físicos, con el fin de diseñar y dimensionar un sistema alternativo de tratamiento que disminuya la contaminación ambiental y permita el aprovechamiento de la fracción orgánica para generación de energía renovable y bioabono mediante un proceso de digestión anaeróbica, así como la recuperación y reciclaje de otros compuestos no orgánicos.

## 1 Introducción

La población mundial aumentó de mil seientos millones de habitantes en 1900 a cinco mil millones en 1.990; preveyéndose para el año 2000, seis mil millones de habitantes. Este crecimiento fue acompañado de un incremento de la producción industrial que ha utilizado sólo el 20% de las reservas de recursos no renovables, o sea que en 1.990 quedaría el 80% de los recursos. Pero fue tanto el aumento de residuos y la proliferación de contaminantes, que los recursos se vieron afectados por estos residuos, y afectaron esencialmente la fertilidad de los suelos, aumentando su erosión, rebasando los índices de lo físicamente sostenible. Por esto, la agricultura deberá competir con un mercado financiero cada vez con menos recursos, ya que se gastará más capital y energía para extraer lo que queda en el subsuelo, haciendo más caros los alimentos y recursos no renovables.

Si no se reduce el nivel del flujo de materiales y energía, habrá en las próximas décadas una caída incontrolable en la producción per cápita de comestibles, en el consumo de

\*Profesional del CONICET - Fac. de Ingeniería

†Fac. Ingeniería

‡Fac. Cs. Exactas

§Instituto UNSa. CONICET

energía y en la producción industrial, necesiéndose desarrollar tecnologías para controlar la acumulación de residuos.

Una sociedad que creció más allá de sus límites, que extrae recursos de la tierra más rápidamente de lo que puedan regenerarse, que produce contaminantes y residuos con más rapidez de lo que la tierra pueda reabsorber o neutralizar, disminuyendo las reservas de agua del subsuelo, de los bosques, de los peces y de la capa vegetal de la tierra; necesita mayor nivel de capital, energía, materiales y mano de obra para explotar los recursos cada vez mas distantes y difusos, presentando un creciente conflicto sobre derechos de explotación de recursos naturales o de emisión de contaminantes.

Una de las vías de solución a esta situación, la constituye el aprovechamiento de los Residuos Domiciliarios o al menos la concientización de su disminución con un correcto tratamiento final (1), en especial y dado su alto porcentaje, la conversión de la fracción orgánica, en biogas y bioabono, que contiene los principales componentes necesarios para fertilizar y recuperar los suelos.

## 2 Objetivos

A partir de la clasificación domiciliaria de los residuos en seis fracciones principales (orgánicos, papeles, plásticos, vidrios, metales y otros), se caracterizan física y químicamente los mismos para determinar los datos de parámetros que permitan cuantificar su composición y variación diaria. Para ello, se estudiaron las poblaciones de Salta y Cerrillos (localidad semirural), a travez de un muestreo estadístico, con el fin de diseñar y dimensionar un sistema alternativo de tratamiento que disminuya la contaminación ambiental y permita el aprovechamiento de la fracción orgánica para generación de energía renovable y bioabono mediante un proceso de digestión anaeróbica, así como la recuperación y reciclaje de otros compuestos no orgánicos.

Con la caracterización de la fracción orgánica de los residuos, se dispone de una de las herramientas necesarias para dimensionar una Planta de Tratamiento de Residuos Orgánicos para la basura de la ciudad de Salta. Esta escala industrial, no podría implementarse sin los escalamientos a nivel Laboratorio y Planta Piloto. La etapa de laboratorio fue desarrollada en el INENCO (2). La escala Planta Piloto, se prevee desarrollar en la localidad de Cerrillos, razón por la que se caracterizaron sus residuos.

## 3 Antecedentes

La capital de la provincia de Salta creció significativamente en los últimos años. Su participación en el total de la población provincial subió del 28 % en 1.960, al 42 % en 1.991. Este hecho es más notable si se tiene en cuenta que la población de la provincia se incrementó a su vez por encima del promedio nacional, ocupando en estos momentos la capital salteña por su población, el noveno lugar en concentración urbana del país. Paralelo a ello, y conjuntamente con la población, en los últimos 30 años, la producción de residuos domiciliarios ha aumentado un 250 %, manteniendo un crecimiento sostenido del 4,10 % anual.

La deposición final de los residuos de las poblaciones en estudio, contaminan el medio ambiente de dos modos diferentes. En la de Salta, la basura se destina al enterramiento, y

en la localidad de Cerrillos, al igual que en todos los pueblos y ciudades de la Provincia, los residuos se depositan a cielo abierto. En el primer caso, la contaminación se produce por los lixiviados o jugos que la fracción orgánica genera y llegan a las napas de agua subterráneas, afectando finalmente las aguas del Río Arenales, cercano al basural municipal, y que surte de este primordial elemento a varios pueblos asentados aguas abajo. En el segundo caso, la basura se deposita en las márgenes del Río Rosario sin tratamiento alguno. Esta situación se generaliza para todos los pueblos del Valle de Lerma, donde es triste apreciar cómo sus ríos se encuentran invadidos por basuras, llegando finalmente al lago del dique Cabra Corral.

La problemática de los residuos domiciliarios debe ser resuelta de inmediato por el efecto negativo que su disposición final produce a nuestro medio ambiente.

## **4 Metodología de Trabajo**

La basura de una ciudad responde a patrones particulares y propios de la cultura e idiosincracia de los pueblos; así, su composición está directamente relacionada con los niveles socio - económico - culturales, dependiendo fundamentalmente de: nivel de vida, estación del año, modo de vida de la población, zonas turísticas, clima y día de la semana.

Ante el desconocimiento de los patrones o parámetros de la basura de nuestra ciudad, se diseñó una prueba piloto para determinarlos. Por ello, y para desarrollar nuestro trabajo de investigación, se elaboró una técnica de muestreo estratificado con recambios en la ciudad de Salta capital, tomando como base el Censo Nacional de Población y Vivienda (1.991) con la clasificación por estratos socio - culturales que allí se determinan (3).

### **4.1 Actividades desarrolladas**

Las actividades se desarrollaron según el siguiente orden:

- Identificación de las 384 familias participantes de ambas comunidades.
- Visitas domiciliarias a las familias mencionadas.
- Suministro de insumos necesarios para la clasificación de la basura a cada familia.
- Recolección diaria de la basura.
- Toma de muestra y reducción de tamaño de la basura recolectada.
- Análisis físico - químico de la misma.
- Disposición final de la basura.

Peso total de basura tratada : 3.470 Kg.

Para la ciudad de Salta, se seleccionaron 228 viviendas con 96 de recambio, a cuyos habitantes se les solicitó clasificar su basura durante seis días consecutivos. Este muestreo se desarrolló en 4 semanas a razón de 57 viviendas más 24 familias de recambio por semana. Esta división por semana, obedeció al volumen máximo de basura que pudo ser procesada por el grupo de trabajo.

Paralelamente se desarrolló una técnica de muestreo aleatorio en Cerrillos, comunidad semirural cercana a la ciudad donde se prevee la construcción de la Planta Piloto para el tratamiento combinado aeróbico anaeróbico de la fracción orgánica municipal. Se trabajó con 60 familias seleccionadas al azar, sin recambios, que clasificaron su basura durante 6 días consecutivos.

Se analiza posteriormente la composición física de la basura domiciliaria, la cual, a juicio de nuestros estudios, se clasifica en seis fracciones: Orgánicos, Plásticos, Vidrios, Metales, Papeles y Otros, determinándose en cada caso el peso por habitante, peso total diario y semanal. Se les entregó a cada familia participante, 30 bolsas plásticas en 5 colores (6 por color), para que clasifiquen diariamente su basura.

#### 4.2 Muestreo de residuos domiciliarios clasificados

No disponiéndose de datos de parámetros que permitan cuantificar la composición de la basura de la ciudad de Salta y su variación diaria, se decidió encarar este **Muestreo Piloto de residuos domiciliarios clasificados para la determinación de parámetros.**

Para el diseño de la prueba piloto se tuvo en cuenta:

- Según bibliografía (5) que establece que la composición de la basura domiciliaria depende del nivel socio-económico de la población, se decidió trabajar con 6 áreas censales establecidas en el Censo Nacional de 1.991, donde para cada área o Cluster fueron calculadas 17 variables que miden situaciones de confort y de carencia desde el punto de vista social.
- Del informe citado surge que cada cluster es homogéneo con respecto a las variables citadas. Por ello se consideraron 6 niveles sociales, consecuentes con cada cluster. El Cluster 2, es el de mayor nivel socio-económico, correspondiendo el menor nivel al Cluster 6; el Cluster 1, engloba a aquellas zonas donde las viviendas se mezclan por niveles, además de reunir a 22 Radios Censales que quedaron fuera de la clasificación.
- De acuerdo al informe del INDEC, las viviendas están compuestas por 5 personas (3), produciendo cada una 500 gramos de basura por día (4).
- De acuerdo con los recursos con que contó el grupo de trabajo, fue posible procesar como máximo 150 kg de basura por día.

Con estas consideraciones, fue posible establecer el siguiente diseño para la ciudad de Salta:

**Muestreo de 57 familias, 6 días por semana, durante 4 semanas, haciendo recambio de familias semanalmente, para lograr un total de 228 familias.**

Las variables a determinar fueron las siguientes:

- Peso total de basura por día.
- Composición porcentual en peso de la basura total y por familia, por día. (fracción orgánica, papeles, plásticos, vidrios, metales y otros).
- Peso total de basura por día y por cluster.

- Producción de basura per cápita total y por día.
- Composición porcentual en peso de la basura por cluster.

La presente prueba piloto, pudo haber aumentado su precisión en la estimación de parámetros si se aumentara el tamaño de la muestra, con lo que se hubiera contado con una mayor cantidad de residuos para su análisis. Ello no fue posible porque no se contó con personal suficiente para el manipuleo de los mismos al pesarlos y caracterizarlos.

Próximamente se evaluarán los grandes generadores de las distintas fracciones de residuos tales como mercados, supermercados, bares, hoteles, carnicerías, frigoríficos, bancos, escuelas, etc..

### 4.3 Selección de la Muestra

Para la selección de la muestra, se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Los residuos de una comunidad están relacionados, entre otras variables, con su número de habitantes.
- Según bibliografía (4), la producción per cápita de basura para la ciudad de Salta, es de 500 gr/día.
- Se considera un intervalo de confianza de 95 %, y se verificó el 97 %.
- Se calculó un tamaño mínimo de muestra igual a 20 para el Cluster con menor cantidad de viviendas ocupadas. A partir de esta cifra, se calcula el tamaño mínimo de muestra para los clusters restantes, cuya sumatoria es igual a 228.
- Los recambios se establecen a los fines de asegurar la participación del número mínimo de la muestra. Se fijan 16 recambios para cada cluster, 96 para toda la muestra, a razón de 4 por semana y por cluster, 24 por semana para la muestra total.
- Para la localidad de Cerrillos, se adoptó una muestra de 60 viviendas sorteadas al azar entre las de Villa Los Tarcos y Villa Balcón, por ser estos barrios los que aportarán la fracción orgánica de sus residuos al Digestor Piloto que se prevee construir en terrenos del INTA Cerrillos, aledaños a ambos barrios.

## 5 Resultados y Comentarios

En la *Figura 1* se muestran los gráficos de las Composiciones porcentuales de la ciudad de Salta y de Cerrillos.

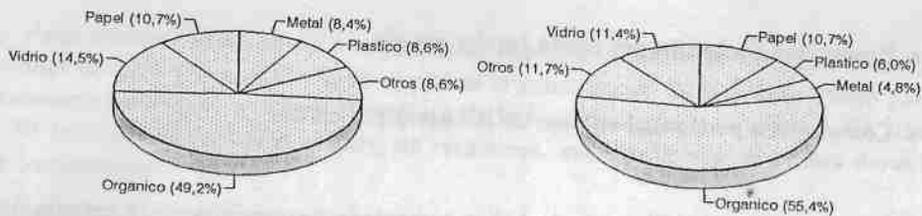


Figura 1: COMPOSICION PORCENTUAL PARA CERRILLOS Y SALTA

Se puede apreciar en la misma, que en la comunidad semirural, es menor la producción de la fracción orgánica de los residuos domiciliarios. Ello es así, por cuanto las personas aprovechan mejor sus residuos orgánicos, destinándolos a animales domésticos y a la preparación de abono o compost para sus jardines. Asimismo, en ésta es mayor la producción de plásticos, vidrios y metales.

En ambas poblaciones el mayor porcentaje corresponde a la fracción orgánica, para la cual se propone un sistema de degradación biológico, habiéndose previsto tres etapas de estudio: laboratorio, planta piloto y diseño de la escala industrial. Sólo los residuos orgánicos pueden ser biodegradados por lo que resulta imprescindible separar esta fracción del total de basura, es decir clasificar la basura. La clasificación industrial implicaría una gran inversión que ningún Municipio de nuestro medio estaría en condiciones de afrontar, siendo la solución mas sencilla y económica la clasificación domiciliaria. Este es entonces el primer paso fundamental que permitirá:

- a) Recuperar distintos productos (papel, vidrio, metal, etc.) que pueden ser reciclados y/ o comercializados.
- b) Obtener biogas, bioabono, y efluentes líquidos, a partir de la fracción orgánica.

Para evaluar los tamaños se considera para la ciudad de Salta un total de 353.000 habitantes (Censo 1.991), lo cual da un estima de la producción diaria de basura domiciliaria de 144 tn/día, y de la fracción orgánica domiciliaria de 80 ton/día. El reactor industrial, recibirá además de esta carga, la fracción orgánica proveniente de los grandes productores como bares, hoteles, comedores, mercados de frutas y verduras, carnicerías, etc., cuyos datos de producción de residuos se relevarán.

La producción diaria per cápita de residuos, se muestra en la Figura 2. Puede observarse una tendencia decreciente en la misma, siendo mayor la producción per cápita en los estratos sociales más altos (480 gr/día para Cluster 2), cifra que va disminuyendo significativamente para los de clase baja (350 gr/día para Cluster 5). Ello induce a pensar que las personas de menor nivel socio cultural de la Ciudad, producen menor cantidad de desechos.

La composición porcentual de las distintas fracciones por cluster, puede verse en la Figura 3. Puede apreciarse un comportamiento muy homogéneo en todos los niveles de la población, con respecto a la producción de la distintas fracciones de residuos, a excepción de la fracción de orgánicos, cuyo comportamiento fue definido precedentemente. Con ello podemos inferir, que la producción de basura en la ciudad de Salta, no obedece a patrones sociales en cuanto a la composición porcentual de sus fracciones, salvo la fracción orgánica.

Deseamos destacar la excelente predisposición de los vecinos que colaboraron con mucho interés en el tema. Con gran satisfacción comprobamos que toda nuestra comunidad

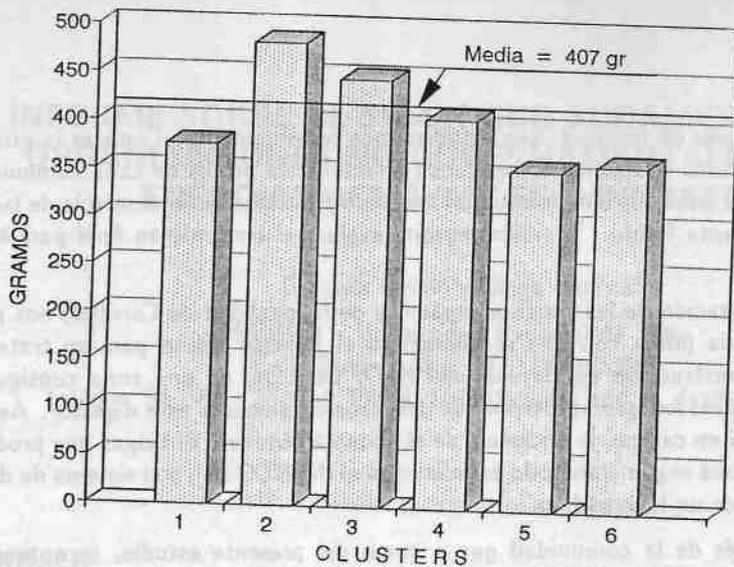


Figura 2: Producción per cápita diaria según clusters

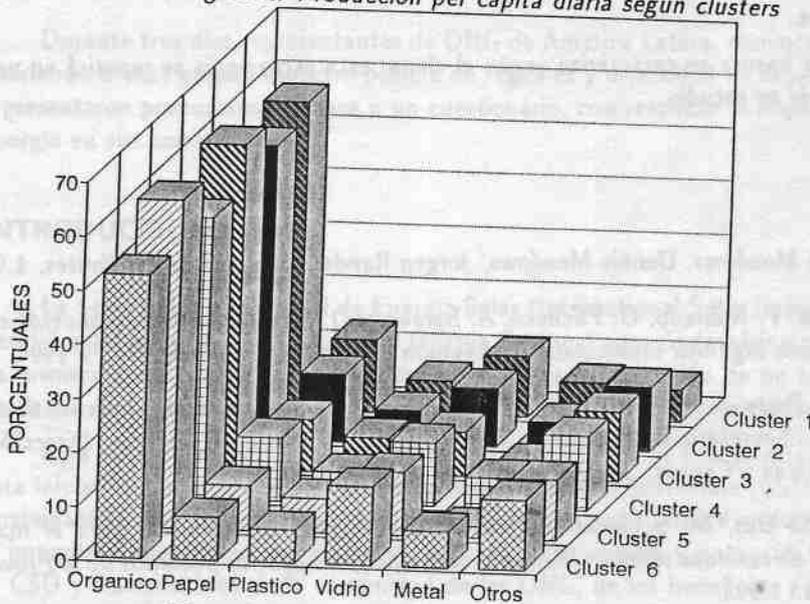


Figura 3: Composición porcentual por clusters

está tomando conciencia de la importancia que tiene preservar el medio ambiente, lo que fue corroborado por la respuesta de uno de los ítems de la encuesta realizada a la población participante, lo que demuestra que la campaña realizada sirvió también de concientización a la población.

## 6 Conclusiones

Este trabajo sirvió para comprobar la excelente disposición de los vecinos para clasificar sus residuos, y corroboró la factibilidad de implementar el tratamiento anaeróbico - aeróbico de la fracción orgánica municipal.

En la ciudad de Salta, se producen 144 Tn/día de Residuos Domiciliarios, de los cuales, 80 Tn/día corresponden a la fracción orgánica. Estas cantidades se incrementan con los

grandes generadores de residuos, que estudiaremos próximamente. Conocer la producción diaria de las distintas fracciones de residuos (característica propia de cada comunidad), es fundamental para diseñar y dimensionar un reactor industrial, previo desarrollo de las etapas Laboratorio y Planta Piloto. También permite evaluar el tratamiento final para las otras fracciones.

La caracterización de los residuos orgánicos de la localidad de Cerrillos, nos permitió estudiar la materia prima con que se alimentará el Reactor Piloto para su tratamiento. Preveemos su construcción en terrenos del INTA Cerrillos, en una zona contigua a los barrios muestreados, los que aportarán sus desechos orgánicos a este digestor. Asimismo, el INTA verificará en campo, la eficiencia de el abono a obtener. El biogas que producirá el reactor, se purificará según el método estudiado en el INENCO (6), y el sistema de digestión estará cubierto por un invernadero.

Es de interés de la comunidad que a partir del presente estudio, se optimicen las estrategias para la recolección de los residuos domiciliarios, tema al que nos abocaremos próximamente.

Como la basura se caracteriza según el clima, esta experiencia se repetirá en verano para completar su estudio.

## Referencias

1. Donella Meadows, Dennis Meadows, Jorgen Randers. *Mas allá de los límites*. 1.992.
2. G. Plaza, P. Robredo, O. Pacheco, A. Saravia y O. Jerez. *Tratamiento anaeróbico de la fracción orgánica municipal*. 17º Reunión de ASADES. Rosario Sta.Fe 1994.
3. J. Cid. *Parte de Prensa: La información censal y una clasificación de áreas de Salta Capital*. Secretaría de Estado de Planeamiento y Control de Gestión. Dirección de Estadísticas y Censos. Julio de 1.993.
4. F. García Bes, M. Schindler de Pfister, M. Vargas. *Alternativas para el manejo integral de residuos sólidos urbanos en los principales centros poblados de la Provincia de Salta*. 1.993.
5. *International Symposium on Anaerobic Digestion of Solid Waste*. Venice - Italy. 14 - 17 Abril de 1992.
6. G. Plaza, G. Morales, D. Cabrera. *Simulación de una torre de absorción para la purificación de biogas*. 17º Reunión de ASADES. Rosario, Santa Fe, 1994.

## Agradecimientos

Agradecemos al Ministro de Bienestar Social de Salta, Sr. Antonio Autiero, al Senador Provincial, Ing. Oscar V. Sívori. Este trabajo fue parcialmente subvencionado por el Ministerio de Bienestar Social de Salta. A las siguientes personas que colaboraron en el trabajo: Docentes: María Rita Martearena, Elsa Scaroni, Mónica Camacho; los señores Orlando Jerez, Carolina Sánchez, Santiago Rocha, Ricardo Caso y Carol Murguizur.