

## RESIDUOS PLÁSTICOS DE JUJUY: CARACTERIZACIÓN EN PESOS Y VOLÚMENES

M.S. Alonso, E.D. Vilte, A.M. Apaza, A.R. Lozano  
Facultad de Ingeniería (Planta Piloto), Universidad Nacional de Jujuy  
Avdas. Martiarena e Italia, (4600) San Salvador de Jujuy  
Tel. (0388)4221592, Fax (0388)4221588, Email: msalonso@fi.unju.edu.ar

### RESUMEN

Este trabajo fue realizado con el fin de conseguir la información necesaria para analizar las condiciones de aplicación de una futura valorización de los residuos plásticos de S.S. de Jujuy. Estos desechos, recogidos de cuatro zonas con nivel socioeconómico diferente, fueron lavados y secados, luego de lo cual se clasificaron por tipo de resina. Cada una de estas fracciones fue pesada y se le midió el volumen respectivo antes y después de una compresión como la que sufrirían al ser dispuestas en un relleno sanitario. Las resinas encontradas en mayor proporción fueron el polietilentereftalato y las poliolefinas. Se pudo concluir una economía significativa de espacio en caso de no disponer los desechos plásticos con los demás residuos en un relleno sanitario, como así también se establecieron los aspectos a tener en cuenta para una posible minimización de los residuos plásticos, con o sin valorización de los mismos.

*Palabras clave:* plásticos, resinas, residuos domiciliarios, caracterización, minimización, valorización.

### INTRODUCCIÓN

Actualmente es bien conocido el hecho de que los residuos plásticos pueden ser minimizados, involucrando o no con ello su valorización, a través de diferentes procesos que incluyen, entre otros, el reciclaje (mecánico o químico), la incineración y la degradación por acción de la luz o de microorganismos (Comisión técnica Plastivida, 1998; Morton y Surman, 1996; Carrasco, 1991). También se sabe que en muchos casos, para poder aplicar estos procesos de minimización, se necesita disponer de residuos plásticos no sólo lo más limpios posibles y exentos de otros contaminantes (Comisión técnica Plastivida, 1998; Plastivida Argentina, 1993; Noyon, 1991), sino además separarlos, por tipo de resina, lo que permite aumentar la calidad y precio de los productos del reciclaje y evitar que en la incineración se produzcan gases tóxicos como los generados al quemar policloruro de vinilo (Comisión técnica Plastivida, 1998; Carrasco, 1991). La clasificación de plásticos, por tipo de resina, puede hacerse mecánicamente o manualmente; en este último caso resulta de gran utilidad el código internacional SPI (Society of Plastics Industry, Inc.), que permite identificar cada tipo de plástico con un número y/o sus siglas respectivas (Pearson, 1993), a saber: "1 PET" polietilentereftalato, "2 PEAD" polietileno de alta densidad, "3 PVC" policloruro de vinilo, "4 PEBD" polietileno de baja densidad, "5 PP" polipropileno, "6 PS" poliestireno, y "7 OTROS" para las demás resinas.

Todos los procesos de minimización de residuos plásticos conducen a reducir el volumen de estos plásticos que se dispone generalmente en rellenos sanitarios, lo que permite aumentar la vida útil de estos centros de disposición final, ya que éstos se cierran cuando se colma su capacidad, lo que está limitado por el volumen que los residuos dispuestos ocupan en el relleno (Plastivida Argentina, 1997). Sin embargo, salvo raras excepciones y esto en general para otros países (Carrasco, 1991; Pearson, 1993), no se encontraron datos publicados acerca del volumen que los plásticos (ni en su totalidad ni menos aún por resina) ocupan en los residuos sólidos domiciliarios, como para tener una idea del ahorro de espacio que significaría en los rellenos sanitarios la minimización de los plásticos de desecho.

Por otra parte, las publicaciones en donde se menciona el aporte en peso de los plásticos a los residuos sólidos urbanos contienen en su amplia mayoría datos para la totalidad de los plásticos, y son muy pocas (Comisión técnica Plastivida, 1998; Noyon, 1991) las que presentan resultados diferenciados por tipo de resina, información necesaria para los casos en que el proceso de valorización a aplicar requiera que se practique esta separación.

Teniendo en cuenta la gran escasez de publicaciones anteriormente mencionada, y conociendo tanto la influencia de las características de una población determinada sobre los residuos que produce (Alonso et al., 1999; Comisión Técnica Plastivida, 1998) como que, desde el punto de vista del tratamiento de los desechos plásticos, es importante saber en qué proporción se encuentran éstos en los residuos sólidos domiciliarios, se realizó el presente estudio, con la finalidad de evaluar, a través de los pesos y volúmenes de los residuos plásticos, para zonas con diferente nivel socioeconómico de la capital de la provincia de Jujuy, las posibilidades de minimización o valorización de estos desechos.

Con los resultados encontrados se pretende no sólo analizar los aspectos a tener en cuenta para una posible valorización de estos desechos, sino también, y por sobre todo, contribuir a paliar el grave problema de la escasez actual, en Jujuy, de sitios aceptables para la construcción de rellenos sanitarios.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los residuos plásticos domiciliarios del presente estudio fueron obtenidos a fines de 1999 de cuatro zonas de San Salvador de Jujuy, perteneciendo cada una a una de ellas a una de las cuatro categorías de nivel socioeconómico existentes en esta ciudad: media alta (MA), media (M), media baja (MB) y baja (B). Para las cuatro zonas se muestrearon 285 viviendas, lo que, considerando los únicos datos publicados disponibles (DIPEC, 1993) acerca del número de habitantes por vivienda para S.S. de Jujuy, correspondió a 1146 habitantes. Fueron excluidos de este estudio objetos tales como pañales descartables, y aquéllos en donde el plástico, mezclado con otros materiales, no representara el peso preponderante.

Luego de lavados y secados, los plásticos de cada zona fueron clasificados según el tipo de resina, utilizando para ello, en primer lugar, el código SPI marcado en algunos elementos de plástico.

En una segunda etapa, se clasificaron los objetos similares (en tipo y marca) a los ya identificados en la primera etapa. Los objetos restantes fueron clasificados teniendo en cuenta una preselección basada en los usos y aplicaciones de los diferentes plásticos (Plastivida, 1997), confirmando el tipo de resina mediante ensayos sencillos de laboratorio, como son las pruebas de ignición y ensayos de densidad, esto último, realizado con un aparato de Fisher-Jones, para diferenciar el polietileno en sus fracciones de alta y baja densidad.

Para cada una de las zonas se llenaron tablas en donde se registraron, para cada uno de los objetos hallados, descripción y cantidad, indicándose, además, cuáles de ellos tenía marcado el código SPI. Se consideraron, según el caso, en forma separada, los diferentes elementos de un mismo artículo, esto es: para una botella de gaseosa se clasificaron, separadamente, el envase en sí, y la etiqueta y la tapa respectivas.

Una vez realizada la clasificación por resina, se pesaron los diferentes plásticos de cada zona en una balanza granataria, en tanto se determinó el volumen de las fracciones obtenidas con recipientes previamente tarados, de tamaño adecuado a cada caso. Con este último procedimiento se hallaron los volúmenes de los desechos plásticos tal como fueron generados. Para conocer el grado de disminución de volumen de los plásticos dispuestos en el relleno sanitario, desechos de las resinas más voluminosas fueron sometidos a compresión con una compactadora (de iguales características al equipo usado actualmente en el relleno sanitario de S.S. de Jujuy) y a la aplicación de pesos crecientes permanentes, de modo de simular la compresión que sufren los plásticos una vez dispuestos en el relleno, en donde reciben el peso de una columna, progresivamente en aumento, de capas de basura y tierra. Esto último se aplicó con exclusividad en el caso de elementos construidos con láminas finas de plástico tales como bolsas, sachets, películas, envoltorios de golosinas, etc., ya que éstos no sufren, a diferencia de los envases (botellas, frascos, etc.) una deformación permanente al ser comprimidos con la compactadora, sino que luego del paso de ésta se expanden nuevamente, hasta retomar un volumen similar al original.

Para expresar los resultados encontrados para la producción de residuos plásticos, en pesos y volúmenes de cada resina, por habitante y por día se emplearon datos, por barrio, del promedio de habitantes por vivienda, del Censo Nacional de Población y Vivienda realizado en 1991 (DIPEC Jujuy, 1993), además de los datos de frecuencia de recolección de residuos de las hojas de ruta proporcionadas por la Dirección General de Higiene Urbana de S.S. de Jujuy. Para el cálculo de la producción de plásticos de desecho, en peso y volumen, para la totalidad de los habitantes, se empleó el dato actualizado (estimado) de la población para los departamentos de Jujuy (INDEC Argentina, 1991).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las Tablas 1 y 2 se muestran los resultados encontrados para la producción de los residuos plásticos para la zona estudiadas. Los volúmenes informados en la Tabla 2 corresponden a los plásticos sin comprimir, o sea tal como son recogidos de los domicilios. Los porcentajes de las Tablas 1 y 2 están referidos al peso y volumen totales, respectivamente, de los residuos plásticos de cada zona.

RESINA	PRODUCCIÓN EN PESO POR ZONA							
	MA		M		MB		B	
	[g/habxdía]	%	[g/habxdía]	%	[g/habxdía]	%	[g/habxdía]	%
1 PET	15,6	27,0	16,2	29,7	13,0	41,4	3,4	27,5
2 PEAD	15,8	27,3	12,7	23,3	6,8	21,8	3,9	31,7
3 PVC	2,6	4,5	6,4	11,8	1,2	3,9	0,3	2,6
4 PEBD	9,5	16,5	8,4	15,4	4,6	14,5	1,9	15,2
5 PP	8,4	14,6	6,8	12,5	3,1	9,9	1,3	10,6
6 PS	3,2	5,6	3,6	6,5	1,5	4,8	1,4	11,1
7 OTROS	2,6	4,5	0,4	0,7	1,2	3,7	0,7	1,4
<b>TOTAL</b>	<b>57,8</b>	<b>100</b>	<b>54,3</b>	<b>100</b>	<b>31,4</b>	<b>100</b>	<b>12,8</b>	<b>100</b>

Tabla 1. Pesos de los residuos plásticos domiciliarios, por resina, producidos en S.S. de Jujuy.

RESINA	PRODUCCIÓN EN VOLÚMENES POR ZONA							
	MA		M		MB		B	
	[ml/habx día]	%	[ml/habx día]	%	[ml/habx día]	%	[ml/habx día]	%
1 PET	1043	27,1	940	24,4	698	31,1	226	24,0
2 PEAD	1229	32,0	1425	36,9	852	37,9	371	39,5
3 PVC	46	1,2	102	2,6	93	4,1	19	2,1
4 PEBD	823	21,4	875	22,7	355	15,8	200	21,3
5 PP	555	14,4	354	9,2	185	8,2	67	7,1
6 PS	145	3,8	158	4,1	58	2,6	43	4,6
7 OTROS	2	0,1	4	0,1	5	0,2	14	1,5
<b>TOTAL</b>	<b>3843</b>	<b>100</b>	<b>3858</b>	<b>100</b>	<b>2246</b>	<b>100</b>	<b>940</b>	<b>100</b>

**Tabla 2.** Volúmenes de los plásticos de desecho, por resina, para la producción domiciliar de residuos de S.S. de Jujuy.

En estas tablas puede observarse tanto la influencia del nivel socioeconómico sobre el peso o volumen de una resina determinada como la influencia del tipo de resina para una determinada zona. Para la producción en peso, salvo unas pocas excepciones, puede observarse una producción de cada resina que disminuye con el nivel socioeconómico de la zona estudiada. No se han encontrado, hasta el presente, publicaciones de otros autores que permitan comparar los resultados de este estudio con los de ellos, en cuanto a la tendencia recién enunciada. En cuanto a las resinas de cada zona, el mayor aporte porcentual correspondió al polietilentereftalato y a las poliolefinas (polietileno de alta y de baja densidad y polipropileno); el menor aporte porcentual correspondió en general al poliestireno, al policloruro de vinilo y a las resinas codificadas como "otros". Tanto el orden decreciente de aporte de cada resina como los valores de los porcentajes respectivos hallados en este estudio no coinciden con los pocos datos que de otros autores se dispone (Comisión técnica Plastivida, 1998), aunque en realidad esta comparación tendría una validez relativa, por cuanto habría que tener en cuenta la influencia de las características de las poblaciones estudiadas en cada caso y el año en que se hicieron los diferentes estudios. Para la producción en volumen, el orden decreciente fue en general: polietileno de alta densidad, polietilentereftalato, polietileno de baja densidad, polipropileno, poliestireno, policloruro de vinilo y otras resinas; para las resinas de mayor aporte (PET, PEAD, PEBD y PP) se observa una disminución del volumen producido con el descenso del nivel socioeconómico. No existen al presente publicaciones de otros autores que permitan comparar los resultados de producciones en volumen de este estudio y los porcentajes de aporte respectivos de cada resina con los resultados de otros trabajos.

Con respecto a los objetos identificados con el código SPI, el número de éstos representó en la mayoría de los casos un porcentaje inferior al 20 % de la totalidad de los objetos plásticos de la zona respectiva. En este aspecto también se observó una influencia del tipo de resina y del tipo de objeto para una resina determinada. En efecto, se encontraron codificados: la casi totalidad de los envases de PET, y muchos recipientes (frascos, botellas, vasos, bandejas) de PEAD, PEBD, PP y PS. La casi totalidad de los objetos de PVC y de "OTROS" como así también la amplia mayoría de los objetos construidos con láminas delgadas de polietileno, sobre todo PEBD, y de PP (bolsas, sachets, envoltorios de golosinas, stretch-films, etc.) no presentaron código SPI. Estos resultados tampoco pueden ser comparados con los de otros trabajos de Argentina o de otros países por cuanto no existe información publicada al respecto.

La reducción de volumen, en los ensayos de compresión (con aplanadora o con pesos permanentes), se practicó sobre objetos de las resinas más voluminosas, esto es: de PET y poliolefinas. En promedio, el porcentaje de reducción de volumen encontrado fue de alrededor del 70% para los envases de PET, de aproximadamente 50% para los de PEAD y de cerca del 85% para los objetos hechos con películas de poliolefinas. Esto significa que, tomando como aproximación un valor promedio de 70% de reducción de volumen para los plásticos más voluminosos al colocarlos en un relleno sanitario, el volumen total de plástico (despreciando el aporte de PVS, PS y OTROS) sería de algo más de 1 litro/habitante x día para las categorías socioeconómicas MA y M, en tanto para los niveles MB y B sería de poco menos de 0,7 litro/habitante x día y de 0,3 litro/habitante x día, respectivamente. Considerando que la ciudad de S.S. de Jujuy está principalmente formada por barrios de categorías M, MB y B, y tomando una población total estimada de alrededor de 230000 habitantes (INDEC Argentina, 1991), resulta que los desechos plásticos que se disponen anualmente con los residuos domiciliarios de esta ciudad, ocuparían en total un volumen de aproximadamente 60000 m<sup>3</sup>. Este valor resulta de interés si se tiene en cuenta que es el volumen de relleno sanitario que se podría economizar, esto es: destinar a la disposición de otros residuos y aumentar la vida útil del relleno, siempre que los desechos plásticos se separaran del resto de la basura y se valorarann o simplemente se minimizaran a través de alguno de los procedimientos disponibles, ya mencionados al comienzo de este trabajo. La superficie del centro de disposición final que se podría disponer gracias a esta separación de plásticos dependería de la profundidad del relleno. Tomando, por ejemplo, un espesor de relleno de 10 m, el ahorro en superficie de terreno sería alrededor de 6000 m<sup>2</sup> por año.

El proceso de minimización o valorización a realizar dependerá de un análisis económico detallado de cada una de las posibles soluciones a practicar, para lo cual pueden ser útiles los datos de este trabajo (además de la metodología empleada, si se quiere aplicar el estudio a otras ciudades). En este sentido serían de utilidad tanto los pesos como los volúmenes hallados, ya sea por resina como totales.

Si se recurriera a una separación manual de los plásticos debería tenerse en cuenta el bajo porcentaje de elementos con código SPI; esto también influiría en la separación de elementos de PVC si se prefiere separarlos antes de incinerar el resto de los plásticos (en caso de que la incineración sea el proceso elegido), aunque con una mínima formación de los operarios esto no significaría una complicación significativa, ya que el número de elementos de PVC encontrado para todas las zonas fue muy bajo con respecto al de los plásticos mayoritarios (PET y poliolefinas). Teniendo en cuenta el relativamente bajo número de habitantes de S.S. de Jujuy habría que evaluar si la producción respectiva de plásticos (en total o para una resina determinada) es interesante desde el punto de vista económico como se ha afirmado para ciudades de número similar de habitantes (IFEP Argentina, 1990) o es tan baja que vuelva antieconómico el reciclaje de los mismos o la instalación de hornos (de última generación o no) para incinerarlos. En ese caso se podría aplicar alguna de las soluciones viables, según se propone en la bibliografía (Plastivida Argentina, 1993), esto es: la venta de los materiales ya clasificados, la asociación con otras comunidades similares o un relleno sanitario que puede incluir un enterramiento diferenciado (en este caso de plásticos) para una reutilización futura accesible.

El grupo de investigación autor del presente trabajo continuará en el futuro con el análisis económico de las diferentes posibilidades de valorización de los plásticos, aunque en los próximos ensayos se concentrará principalmente en el estudio de las posibilidades de minimización de algunas de las resinas analizadas, a través de la biodegradación de las mismas.

## CONCLUSIONES

A partir de los resultados hallados, y teniendo en cuenta la discusión sobre los mismos, recién expuesta, se puede concluir que:

- 1- Debería analizarse la posibilidad de minimización, con valorización o sin ella, de los residuos plásticos de S.S. de Jujuy (en forma parcial o total), ya que esto puede significar una economía importante del espacio limitado disponible en un relleno sanitario. Esto es de suma importancia para ciudades que, como S.S. de Jujuy, tienen restricciones en la disponibilidad de terrenos aceptables para un centro de disposición final de residuos.
- 2- Una posibilidad de reducción de costos de limpieza e identificación de los plásticos estaría dada por una separación diferenciada de residuos en los hogares, la que debería incentivarse.
- 3- A menos que en el futuro se logre incrementar, de alguna manera, el porcentaje de elementos de plástico identificados con el código SPI, se debe recordar que el bajo porcentaje actual dificultará (aunque no impida realizarla) la clasificación manual de plásticos por tipo de resina, en caso de que ésta sea necesaria por alguna de las causas ya invocadas. Esto implicaría tanto un aumento en el costo de la mano de obra empleada para esta tarea como una disminución en la calidad del producto obtenido.
- 4- De no ser económicamente viable la valorización de los residuos sólo para S.S. de Jujuy, los mismos deberían ser ya sea vendidos inmediatamente a alguna otra ciudad que concentre de algún modo una masa más importante de plásticos de desecho, mezclados o separados por resina, o sino deberían ser acumulados por algún medio que evite su deterioro hasta que se justifique su uso. La asociación de S.S. de Jujuy con otras ciudades de la provincia no constituye una solución apropiada, dada la baja densidad poblacional generalizada de Jujuy.
- 5- Los resultados de este trabajo pueden ser empleados como referencia, sobre todo para ciudades con características similares de población a S.S. de Jujuy, en particular teniendo en cuenta que, en algunos casos, se carece totalmente de información en los trabajos publicados sobre el tema. La metodología de trabajo aplicada puede también ser adoptada, en forma parcial o total, para estudios similares.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece especialmente a: SECTER-U.N.Ju. por el apoyo económico brindado, a la Lic. Carmen VITURRO por sus acertadas sugerencias, y a la Dirección General de Higiene Urbana de S.S. de Jujuy y a la DIPEC de Jujuy por la información suministrada.

## REFERENCIAS

- Alonso M.S., Lozano A.R., Apaza A.M., Vilte E.D. (1999). Producción de residuos plásticos en diferentes zonas de San Salvador de Jujuy. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, **3** (2): 01.29-01.31.
- Carrasco F. (1991). Residuos plásticos: reciclaje y medio ambiente. *Ingeniería Química*, **Mayo**, 181-185.
- Comisión técnica Plastivida (1998). *Manual de valorización de los residuos plásticos*, edit. FIPMA y PLASTIVIDA ARGENTINA, Buenos Aires, Argentina, 83 pp.
- DIPEC Jujuy (1993). *San Salvador de Jujuy por barrios. Datos provisorios del Censo Nacional de Población y Vivienda 1991*, edit. DIPEC Ministerio de Economía de Jujuy, Jujuy, Argentina, 80 pp.
- IFEP Argentina (1990). *Síntesis de la Primera Jornada sobre Tratamiento de Residuos Urbanos*, edit. Secretaría Parlamentaria del Senado de la Nación de la República Argentina, pp. 19 (exposición de J.Bader) y 22 (debate).

- INDEC Argentina (1991). *Estimaciones de la población por departamento. Período 1990-2005*, edit. INDEC Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos de la República Argentina, Serie Análisis demográfico, **8**, p.41.
- Morton L.H.G. y Surman S.B.(1996). The involvement of biofilms in biodeterioration processes. En *Labs 2. Biodegradation and biodeterioration in Latin America*, edit C.C. Gaylarde, E.L. Saccol de Sá y P.M. Gaylarde, Porto Alegre, Brasil, 85-90.
- Noyon N. (1991). Clasificación y reciclaje de plásticos de residuos sólidos municipales. *Informe para la Agence Nationale pour la Récupération et l'Élimination des Déchets*, 21 pp.
- Pearson W. (1993). *The Mc Graw-Hill Recycling Handbook*, edit. Mc Graw-Hill Inc. (H.F..Lund), New York, Estados Unidos de Norteamérica, Capítulo **14**: 1-32.
- Plastivida - Autores varios (1997). *Revista Ecoplast*, 1,4, 27 pp.
- Plastivida Argentina (1993). Residuos plásticos. Su aprovechamiento como necesidad. *Boletín técnico informativo N° 3*, 12pp.
- Plastivida Argentina (1998). Manejo de los residuos plásticos en diferentes partes del mundo. *Boletín técnico informativo N° 5*, 23 pp.
- Plastivida Argentina (1997). La relación entre la biodegradación y los residuos plásticos. *Boletín técnico informativo N° 8*, 19pp.

#### ABSTRACT

The present work was carried out to obtain the necessary information to analyze the conditions for a future valorization of the plastic wastes of S.S. de Jujuy (Argentina). These wastes, collected from four areas by different social economic levels, were washed and dried, and then sorted by type of resin. Every classified group was weighed and its volume was also measured before and after a compression similar to the one they would undergo when they are disposed in a landfill. The resins found in bigger proportion were polyethylene terephthalate and the polyolefins. The conclusions were: a) a significant space economy in case that the plastic wastes are not disposed with the rest of the garbage in a landfill, b) the establishment of the aspects to take into account for a possible minimization of the plastic wastes, with or without their valorization.