

## 5. DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN ACTUAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

### 5.1. Caracterización cuali-cuantitativa de los residuos sólidos urbanos

La caracterización de los residuos sólidos urbanos forma parte del diagnóstico de la situación actual que se presenta en la Villa, en relación con la gestión de sus residuos. Esta caracterización consiste en un análisis de la **calidad** y **cantidad** de los residuos generados. Esta información es imprescindible para evaluar las posibles alternativas de manejo de los residuos generados en la comunidad, de modo tal de planificar un programa eficiente de gestión.

El análisis cualitativo de los residuos apunta a la clasificación o tipificación de cada uno de los componentes (papeles, metales, plásticos, residuos de comida, vidrios, etc.) que forman parte de la composición del flujo de residuos del lugar y la identificación de las distintas fuentes generadoras.

El análisis cuantitativo permite estimar la cantidad total de residuos generados o de cada uno de los subproductos o componentes mediante la medición de dos parámetros que dan idea de cuánto pesan y cuánto ocupan los residuos. Estos parámetros son: peso (en gramos, kilos, toneladas) y peso volumétrico, que es la cantidad de residuos presente en una unidad de volumen (normalmente m<sup>3</sup>). Se utiliza para determinar la dimensión de contenedores municipales para la vía pública, la cantidad que puede transportar un camión recolector, el volumen que debe tener un relleno sanitario para la recepción de los residuos en un determinado período de tiempo o vida útil, entre otros.

La cantidad y calidad de los RSU de una comunidad están relacionadas con varios factores, siendo los siguientes los más relevantes:

- ✓ Nivel de vida de la población
- ✓ Hábitos o costumbres de la población
- ✓ Actividades económicas principales (industria, comercio, rural, etc.)
- ✓ Servicios de limpieza urbana, infraestructura urbana, porcentaje de población servida
- ✓ Condiciones climáticas
- ✓ Sucesos o acontecimientos especiales, estacionales (temporadas turísticas, fiestas, etc.)

De lo anterior se desprende que la caracterización de los residuos tiene una muy fuerte componente local no pudiendo ser extrapolada de otras experiencias. Es por esto que para obtener una caracterización ajustada y representativa de los residuos es necesario llevar a cabo muestreos sistemáticos de los mismos. En los ítems que siguen se describen la metodología utilizada para el desarrollo de los muestreos y los resultados obtenidos.

#### 5.1.1. Metodología de muestreo

La metodología empleada para el desarrollo de los muestreos de caracterización cuali – cuantitativa de los RSU de la Villa de Antofagasta de la Sierra, es una adaptación de los métodos que se describen en los siguientes trabajos:

- *Especificaciones técnicas para la elaboración de proyectos ejecutivos de manejo y disposición final de residuos sólidos municipales.* Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología – Subsecretaría de Ecología. Dirección General de Prevención y Control Ambiental. México.
- *Programa regional OPS/EHP/CEPIS de mejoramiento de la recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos. Análisis de residuos sólidos.* Manual de Instrucción. Dr. Kunitoshi Sakurai, 1981.

*a) Cronograma de muestreos:*

Se realizaron 3 muestreos, programados de manera de abarcar la generación regular de RSU de los habitantes de la Villa y los picos máximos de producción debidos a eventos periódicos o estacionales. Entre estos, se consideraron como los más significativos en cuanto a producción de residuos el pico máximo anual de generación durante la Feria de la Puna, evento de carácter regional que dura 6 días durante los cuales se duplica la población, y la generación máxima de material vegetal durante el otoño, puesto que la Villa se encuentra forestada con especies caducas (principalmente álamos).

El resto de los eventos festivos y estacionales identificados (Fiestas Patronales, Navidad y Año Nuevo, Día de la Pacha Mama, Carnaval, etc.) no constituyen picos significativos de producción de residuos. En cuanto al turismo, según lo expresado por referentes locales, no genera picos de producción estacional de residuos ya que no existe actualmente un turismo organizado sino que predomina la concurrencia de turistas en forma aislada y de paso hacia otros puntos de mayor desarrollo turístico, permaneciendo escasos días en la Villa. Sin embargo, dado que hay una fuerte decisión política de desarrollo de esta actividad a corto plazo, debería tenerse en cuenta en futuros muestreos de los residuos para ajuste de los datos.

Los muestreos fueron realizados en las siguientes fechas del corriente año:

Muestreo N°1: 15 al 21 de febrero (período Feria de la Puna)

Muestreo N°2: 25 al 28 de abril

Muestreo N°3: 1 al 5 de junio

En cada fecha se realizaron análisis de caracterización diarios y consecutivos durante los días que duró el muestreo (de 7 a 4 días) obteniéndose un promedio diario por muestreo, salvo algunas variantes que hubo que implementar en el Muestreo N°1 durante la Feria de la Puna para no entorpecer el evento (ver detalles en el Informe N°1), en el cual los residuos generados durante los 4 primeros días fueron acumulados y caracterizados a la vez; no obstante, el resultado final fue representativo de los 7 días que duró el muestreo.

*b) Equipamiento, materiales y recursos humanos:*

- ♦ Lugar de trabajo: las tareas de muestreo, clasificación y cuantificación se desarrollaron en la Subestación Experimental de Altura ubicada hacia el NO del casco urbano de la Villa de Antofagasta de la Sierra y perteneciente al Ministerio de la Producción de la Pcia. de Catamarca, Dirección de Ganadería y Extensión Rural, cuyas instalaciones, así como

algunos elementos de trabajo utilizados, fueron facilitados gentilmente por las autoridades encargadas de la administración y operatividad de esta dependencia.

Las tareas específicas del muestreo se realizaron en el tinglado ubicado en la parte posterior de la Subestación, el cual cumplía con los requisitos necesarios para el desarrollo adecuado de este tipo de tareas en cuanto a dimensiones e infraestructura. Posee estructura de hierro, techo de chapa y protección del viento en uno de los laterales realizado con piedras del lugar. Se encuentra lindando con un galpón cerrado utilizado como depósito. Las dimensiones aproximadas del galpón son: 5 m x 7,5 m, y las del tinglado 15 m x 7,5 m. Dispone de una pileta azulejada para aseo y mesada y otra canilla para limpieza de los elementos de trabajo. La Subestación no posee energía eléctrica.

- ♦ Materiales: se utilizaron los siguientes elementos (ver Fotografías N° 17 a 22) :
  - 1 báscula mecánica de plataforma marca CAM (entre 50 g y 100 Kg.);
  - 3 cortes de lona resistente tipo tejido recubierto de 4 x 4,5 m, 2,5 x 2 m y 2,5 x 1,5 m, respectivamente;
  - 12 contenedores plásticos de 50 l de capacidad c/u;
  - 3 palas anchas, 1 rastrillo, 2 carretillas (elementos facilitados por los responsables de la Subestación)
  - 1 mesa de clasificación de residuos
  - 1 zaranda manual
  - Elementos de higiene y seguridad para 5 operarios: guantes resistentes a los cortes, barbijo, antiparra, gorro, camisa y pantalón de trabajo, delantal plástico, botas de goma;
  - Botiquín de primeros auxilios;
  - Elementos de limpieza
  - Planillas de campo.
- ♦ Medio de recolección y transporte de residuos: un camión recolector con caja de 6 m<sup>3</sup> de capacidad aproximada. Este vehículo es utilizado por la municipalidad para muchas tareas, es decir, no es de uso exclusivo para la recolección de los residuos. También fue utilizado un acoplado tipo rural perteneciente a la municipalidad (ver Fotografías N°13, 14 y 16).
- ♦ Recursos humanos: para todas las tareas del muestreo, desde la recolección de los residuos hasta la limpieza de las instalaciones y elementos, intervinieron 6 personas en total: 4 operarios de la municipalidad (los encargados normalmente de la recolección de residuos) y 2 de los profesionales encargados del proyecto.

*c) Procedimiento específico del muestreo:*

El procedimiento general de muestreo de los RSU se realizó en las etapas que se indican a continuación:

- Recolección de residuos en las fuentes

- Transporte hacia sector de muestreo y clasificación
- Toma de muestras mediante el método del cuarteo
- Determinación del peso volumétrico de los residuos
- Clasificación y cuantificación de los residuos
- Determinación de capacidad volumétrica de algunos componentes del flujo de residuos

Estas tareas fueron ajustadas para cada uno de los muestreos, dependiendo de las condiciones particulares del período de muestreo y de las posibilidades operativas.

Previo al desarrollo de las tareas de muestreo y caracterización, principalmente del primer muestreo, se informó a los habitantes de la Villa y a los turistas sobre esta actividad, mediante la colocación de afiches en diferentes lugares públicos (ver Fotografía N° 23) y la entrega de volantes. En los mismos se solicitó, a su vez, colaboración a la comunidad respecto de cambiar ciertos hábitos de manejo de los residuos en los hogares durante el período de muestreo para asegurar la representatividad del mismo, observándose en los resultados una muy buena disposición a colaborar. Una copia de los afiches y volantes difundidos se presenta en el Anexo 10.3.

Descripción de las tareas:

- Recolección de residuos en las fuentes: las fuentes de generación de los RSU que se incluyeron en los muestreos fueron: domicilios, comercios, comedor PRANI, escuela, municipalidad, Policía, Gendarmería, hostería, clubes sociales y deportivos y vía pública. No se incluyeron los residuos hospitalarios, los cuales fueron recolectados y caracterizados aparte.

Cabe resaltar que el universo del muestreo, es decir, la unidad total muestreada, fue el 100% de la población de la Villa, correspondiente a 200 viviendas aproximadamente y 744 habitantes, lo que garantiza una gran representatividad de los resultados.

La recolección se efectuó diariamente, mediante el camión recolector de la municipalidad ya mencionado (Muestreo N°1) y con una camioneta y el acoplado rural (Muestreos N° 2 y 3). Uno de los profesionales acompañó a los operarios durante la recolección con la finalidad de observar el itinerario, las condiciones de higiene y seguridad laboral del personal, el manejo de los residuos por parte de los operarios y el estado y tipo de contenedores domiciliarios y de la vía pública.

A medida que procedía la recolección, se iban mezclando con pala los residuos en la caja del vehículo de recolección para facilitar la homogeneización posterior de los mismos.

- Transporte hacia sector de muestreo y clasificación: la totalidad de los residuos recolectados en cada jornada de recolección fueron transportados al sitio de muestreo a medida que se completaba la capacidad del vehículo de recolección.

- Toma de muestras: la toma de muestras se realizó mediante el método del cuarteo el cual consiste en dividir una cantidad determinada de residuos en cuatro partes homogéneas y de igual tamaño de manera de obtener muestras representativas de la totalidad de residuos generados. En todos los muestreos se procuró obtener muestras homogéneas en cuanto a peso, de aproximadamente 20 Kg.

Las tareas se llevaron a cabo con tres operarios municipales (los encargados de la recolección habitual de los residuos) y dos profesionales que integran el equipo de trabajo del proyecto de gestión de residuos urbanos de la Villa.

Sintéticamente, la toma de muestras mediante cuarteo consistió en los siguientes pasos (la descripción detallada se puede consultar en el Informe N°1 o en la bibliografía citada):

- ✓ Vuelco de los residuos (carga total o parcial) recolectados sobre una superficie plana y cubierta con una lona de 16 m<sup>2</sup> (ver Fotografía N°27).
  - ✓ Mezcla de los residuos colocados sobre la lona, mediante palas y rastrillos (ver Fotografías N°17) hasta obtener un montículo homogéneo en cuanto a la distribución de los diferentes componentes de residuos sólidos.
  - ✓ Cuarteo de la muestra (ver Fotografías N°18) y separación en 4 partes aproximadamente iguales (ver Fotografía N°19).
  - ✓ Selección de dos cuartos enfrentados y descarte de los dos restantes.
  - ✓ Mezcla de los dos cuartos seleccionados y segundo cuarteo.
  - ✓ Selección de dos cuartos enfrentados para la obtención de 2 muestras de 20 Kg cada una. Los dos cuartos restantes se apartaron para la determinación del peso volumétrico de los residuos.
- Determinación del peso volumétrico *in situ* de los residuos: para esta determinación se procedió de la siguiente manera:
    - ✓ Se mezclaron y homogeneizaron mediante palas y rastrillos los dos cuartos enfrentados separados en el segundo cuarteo.
    - ✓ Se pesó un contenedor plástico de volumen conocido (50 l), vacío, limpio y libre de abolladuras, tomando este peso como la tara del mismo.
    - ✓ Se llenó el contenedor hasta el tope con los residuos sólidos homogeneizados cuidando de que no quedaran espacios libres. Una vez finalizada la tarea, se colocó el contenedor sobre la báscula para obtener el peso de los residuos más el peso del contenedor.
    - ✓ Para obtener el peso neto de los residuos sólidos, se restó la tara del contenedor al valor anterior.
    - ✓ Cálculo del peso volumétrico: 
$$P_v = \frac{P}{V}$$

P: peso neto de los residuos sólidos (peso bruto menos tara)

V: volumen del recipiente

- Clasificación y cuantificación de los residuos: las 4 muestras de 20 Kg obtenidas a partir del método del cuarteo se utilizaron para la clasificación en subproductos o componentes del flujo total de residuos y cuantificación correspondiente.

Para esto, se procedió de la siguiente manera con cada una de las muestras:

- ✓ Se volcaron los residuos sobre una mesa de clasificación cubierta con lona resistente y lavable y se clasificaron manualmente según la categoría correspondiente mediante la utilización de la ropa y elementos de higiene y seguridad laboral mencionados (ver Fotografía N°20).
- ✓ Se colocaron en los contenedores de 50 l ubicados cerca de la mesa de clasificación, previamente pesados para obtener la tara (ver Fotografía N°22). Estos recipientes fueron claramente identificados según las siguientes categorías de residuos:
  - Residuos de comida y cocina: residuos de manipulación, preparación, cocción y consumo de alimentos
  - Papel y cartón: periódicos, papel de oficina, papel de fax, papel mezclado, revistas, cajas de cartón, envoltorios, tetrabrik, etc.
  - Vidrio: botellas, restos de recipientes, ventanas, lámparas, adornos, otros.
  - Plásticos: botellas de refrescos (PET); envases de agua, leche y detergentes (PE-HD); bolsas, envoltorios (PE-baja densidad); tuberías, recipientes domésticos y de comida (PVC); telgopor (PS); plásticos mezclados, , etc.
  - Textiles, cueros y madera: ropa, trapos, lana, cueros, zapatos, tapicería, material residual de madera proveniente de la construcción, etc.
  - Metales: latas de aluminio, latas de hojalata, partes de carpintería, chapa, etc.
  - Patogénicos domiciliarios: gasas, vendas, algodón, pañales descartables, apósitos, toallas higiénicas femeninas, jeringas, etc.
  - Peligrosos: productos de automóviles (baterías, aceites, combustible, etc.), pinturas, pilas, plaguicidas, aerosoles, etc.
  - Barrido y escombros: hojas, ramas, restos de construcción (piedras, ladrillos, yeso, etc.), colillas de cigarrillos, piedras, papelitos, etc.
  - Tierra: tierra de barrido de hogares e instituciones y cenizas
  - Especiales: neumáticos, electrodomésticos, muebles, etc.
- ✓ Una vez finalizada la clasificación, se procedió a pesar cada uno de los contenedores con los residuos correspondientes. El peso neto de los residuos se obtuvo restandole la tara a este último valor (ver Fotografía N°22).
- ✓ Luego se calculó el porcentaje en peso de cada uno de estos subproductos, con respecto al peso total de la muestra.

- Determinación de peso volumétrico de algunos componentes del flujo de residuos: se realizó el mismo procedimiento que el detallado en el punto d) para las siguientes categorías de residuos: restos de comida y cocina, papel y cartón, vidrio, plásticos, residuos de barrido y escombros, tierra.
- Aseo del lugar de trabajo: finalizadas las tareas anteriormente descriptas, se procedió a la higiene del lugar y de todos los materiales utilizados, mediante desinfectantes y demás elementos habituales de limpieza.

### 5.1.2. Generación

Los datos de generación de residuos, totales y per cápita, fueron obtenidos únicamente a través del muestreo en las fuentes realizado en forma sistemática (de acuerdo con la metodología descrita en el ítem 5.1.1.). Dada la irregularidad en la frecuencia y cobertura de recolección y que se realiza una importante autogestión de los residuos en los lugares de origen, fue imposible realizar una estimación indirecta a través de la medición del volumen que se dispone en el basural o a través de encuestas a personal de la municipalidad, encontrándose gran amplitud y heterogeneidad en los datos aportados. Además, los datos estandarizados de generación per cápita disponibles en la bibliografía no pueden ser extrapolables puesto que las condiciones socioeconómicas y culturales no son representativas de la situación local.

Como ya se mencionó, los muestreos fueron programados de manera de abarcar períodos normales y los dos picos extraordinarios de producción más significativos que son la Feria de la Puna y el otoño, de manera que los datos promediados de los distintos muestreos pueden considerarse representativos de la generación total (diaria y anual) y per cápita y, a su vez, conservadores para el diseño del proyecto.

Los resultados obtenidos en cada uno de los muestreos de caracterización cuali – cuantitativa de los residuos se resumen en la siguiente Tabla.

**TABLA N° 5.1: Síntesis de los resultados obtenidos de los muestreos de caracterización**

		Muestreo N°1	Muestreo N°2	Muestreo N°3	Promedio
<b>Período:</b>		Febrero	Abril	Junio	
<b>Fecha:</b>		15-21/02/00	25-28/04/00	1-5/06/00	
<b>Duración:</b>		7 días	4 días	6 días	
<b>Total recolectados (m<sup>3</sup>)</b>		26,7	9,94	12,98	--
<b>Generación diaria</b>	m <sup>3</sup> /día	3,81	2,48	2,16	<b>2,82</b>
	kg/día	1989	946	988	<b>1308</b>
<b>Generación per cápita</b>	L/hab/día	2,54	3,34	2,91	<b>2,93</b>
	Kg/hab/día	1,32	1,26	1,33	<b>1,30</b>
<b>Peso volumétrico (kg/m<sup>3</sup>)</b>		522	381	457	<b>453</b>

Los resultados de cantidad generada por tipo o categoría de residuos se presentan en el ítem siguiente, en la descripción de la composición porcentual en peso y volumen del flujo de residuos.

Además de los datos de caracterización del total de los residuos (resumidos en la tabla anterior), se obtuvieron los parámetros de caracterización cuali-cuantitativa para cada uno de los componentes o categorías consideradas, incluyendo composición porcentual, peso volumétrico o densidad, producción diaria y per cápita. Estos datos discriminados por categoría son fundamentales como datos de base para la formulación y diseño del proyecto ya que las alternativas seleccionadas contemplan la recuperación de algunas de las fracciones. Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla N° 5.4.

### 5.1.3. Fuentes de Generación y Composición de los Residuos

En el siguiente cuadro se presentan las principales fuentes de generación y su correspondiente tipificación de residuos sólidos urbanos, identificadas con base en las encuestas a pobladores e instituciones y en la observación directa:

Origen	Fuente	Tipos de residuos
Doméstica	Viviendas familiares	Residuos de cocina, restos de comida, papel, cartón, vidrio, plásticos, latas de hojalata, otros metales, textiles y cuero, cenizas, tierra, restos de lana, hojas, residuos especiales domésticos (pilas, baterías, pañales, pintura, etc.)
Comercial	Almacenes, librería, hosterías, comedores, bares, clubes sociales	Residuos de cocina, restos de comida, papel, cartón, vidrio, plásticos, metales.
Institucional	Oficinas (Municipalidad, locutorio, policía), hospital, escuela, comedores comunitarios (escuela, PRANI), Gendarmería.	Residuos de cocina, restos de comida, papel, cartón, vidrio, plásticos, metales, patogénicos, residuos especiales
Construcción	De viviendas familiares, hostería, hospital.	Madera, juncos y cañas, adobe
Urbano	Limpieza de calles y plaza	Hojas, tierra, latas, plásticos, papel, vidrio.

#### a) Composición porcentual de los componentes del flujo de residuos

Los resultados de la clasificación y cuantificación de los componentes o categorías de residuos (según metodología descrita en 5.1.1. *Metodología de muestreo*) se expresan en porcentaje respecto del peso total de la muestra y respecto del volumen total de la muestra para obtener la composición porcentual en peso y volumen del flujo total de residuos. En cada muestreo los resultados representan el promedio de las muestras procesadas obteniéndose así una composición promedio total. Se incluyen aquellas



categorías que aparecen en el flujo de residuos descartándose aquellas que presentaron una incidencia despreciable o estuvieron ausentes.

En las Tablas N° 5.2 y 5.3 se presentan los promedios obtenidos en cada muestreo y el promedio total acerca de la composición porcentual en peso y en volumen. Se adjuntan a su vez, los respectivos gráficos de tortas y de barras.

**TABLA N° 5.2: Composición porcentual en PESO de RSU**

CATEGORÍAS	M1 - Febrero (%)	M2 - Abril (%)	M3 - Junio (%)	Promedio (%)
1. Residuos comida y cocina	10,5	7	11,9	9,8
2. Papel y cartón	1,3	2,5	1,9	1,9
3. Vidrio	8,9	0,25	5,8	5
4. Plásticos	3,8	3,9	4,6	4
5. Metales	0,2	2,7	1,4	1,4
6. Madera, textiles y cueros	1,5	3,6	5,8	3,7
7. Barrido (hojas) y escombros	33	33,5	29	32
8. Tierra y cenizas	36,5	37	31	35
9. Patogénicos domiciliarios	4	8	7,2	6,5
10. Peligrosos domiciliarios	0	1,1	0,9	0,7

**TABLA N° 5.3: Composición porcentual en VOLUMEN de RSU**

CATEGORÍAS	M1 - Febrero (%)	M2 - Abril (%)	M3 - Junio (%)	Promedio (%)
1. Residuos comida y cocina	2,4	3,9	7,7	4,7
2. Papel y cartón	8,9	18	7	11
3. Vidrio	18	0,03	2	6,7
4. Plásticos	27	21,5	24	24
5. Metales	0,7	4,7	3,9	3
6. Madera, textiles y cueros	5	7,2	8,5	6,9
7. Barrido (hojas) y escombros	23	30	30	28
8. Tierra y cenizas	9,7	7,8	8	8,5
9. Patogénicos domiciliarios	5,5	5,9	8	6
10. Peligrosos domiciliarios	0,0	0,5	0,7	0,4





**TABLA N° 5.4: Síntesis de los resultados obtenidos de generación y composición porcentual por categoría de residuos**

CATEGORÍA	PARÁMETROS		Muestreo1	Muestreo2	Muestreo3	PROMEDIO
<b>Residuos de comida y cocina</b>	% P		10,5	7,0	11,9	<b>9,8</b>
	% V		2,4	3,9	7,7	<b>4,7</b>
	PV	kg/m <sup>3</sup>	1950	348	402	<b>900</b>
	Generación Diaria	m <sup>3</sup> /día	0,09	0,10	0,17	<b>0,13</b>
	Generación per cápita	kg/día	180	34	68	<b>118</b>
		L/hab/día	0,06	0,13	0,23	<b>0,18</b>
		kg/hab/día	0,12	0,05	0,09	<b>0,16</b>
<b>Papel y cartón</b>	% P		1,3	2,5	1,9	<b>1,9</b>
	% V		8,9	18,1	7,0	<b>11,3</b>
	PV	kg/m <sup>3</sup>	73	27	67	<b>56</b>
	Generación Diaria	m <sup>3</sup> /día	0,34	0,45	0,15	<b>0,32</b>
	Generación per cápita	kg/día	24,8	12,2	10,3	<b>17,7</b>
		L/hab/día	0,23	0,61	0,21	<b>0,43</b>
		kg/hab/día	0,02	0,02	0,01	<b>0,02</b>
<b>Barrido</b>	% P		33	33	29	<b>32</b>
	% V		23	30	30	<b>28</b>
	PV	kg/m <sup>3</sup>	649	214	256	<b>373</b>
	Generación Diaria	m <sup>3</sup> /día	0,88	0,76	0,66	<b>0,8</b>
	Generación per cápita	kg/día	569	163	169	<b>290</b>
		L/hab/día	0,58	1,02	0,89	<b>1,05</b>
		kg/hab/día	0,38	0,22	0,23	<b>0,39</b>
<b>Tierra y Cenizas</b>	% P		36,6	37,3	31,0	<b>35,0</b>
	% V		9,7	7,8	8,0	<b>8,5</b>
	PV	kg/m <sup>3</sup>	1669	966	1019	<b>1218</b>
	Generación Diaria	m <sup>3</sup> /día	0,37	0,20	0,18	<b>0,24</b>
	Generación per cápita	kg/día	616	189	179	<b>290</b>
		L/hab/día	0,25	0,26	0,24	<b>0,32</b>
		kg/hab/día	0,41	0,25	0,24	<b>0,39</b>
<b>Vidrio</b>	% P		8,9	0,25	5,8	<b>5,0</b>
	% V		17,9	0,03	2,1	<b>6,7</b>
	PV	kg/m <sup>3</sup>	363	680	670	<b>571</b>
	Generación Diaria	m <sup>3</sup> /día	0,68	0,001	0,05	<b>0,19</b>
	Generación per cápita	kg/día	247	0,51	31,0	<b>106,6</b>
		L/hab/día	0,45	0,001	0,06	<b>0,25</b>
		kg/hab/día	0,16	0,001	0,04	<b>0,14</b>

**TABLA N° 5.4 Síntesis de los resultados obtenidos de generación y composición porcentual por categoría de residuos (continuación)**

CATEGORÍA	PARÁMETROS		Muestreo1	Muestreo2	Muestreo3	PROMEDIO
<b>Plástico</b>	% P		3,8	3,9	4,6	<b>4,1</b>
	% V		27,0	21,5	24,2	<b>24,2</b>
	PV	kg/m <sup>3</sup>	55	33	42	<b>43</b>
	Generación Diaria	m <sup>3</sup> /día	1,03	0,54	0,53	<b>0,68</b>
		kg/día	56,5	17,7	22,4	<b>29,4</b>
	Generación per cápita	L/hab/día	0,68	0,72	0,72	<b>0,91</b>
		kg/hab/día	0,04	0,02	0,03	<b>0,04</b>
<b>Metales</b>	% P		0,16	2,66	1,44	<b>1,4</b>
	% V		0,71	4,8	4,0	<b>3,1</b>
	PV	kg/m <sup>3</sup>	90	94	90	<b>91</b>
	Generación Diaria	m <sup>3</sup> /día	0,03	0,12	0,09	<b>0,09</b>
		kg/día	2,4	11,2	7,8	<b>8,0</b>
	Generación per cápita	L/hab/día	0,02	0,16	0,12	<b>0,12</b>
		kg/hab/día	0,002	0,02	0,01	<b>0,01</b>
<b>Madera Textiles</b>	% P		1,5	3,6	5,8	<b>3,7</b>
	% V		5,1	7,2	8,5	<b>6,9</b>
	PV	kg/m <sup>3</sup>	140	97	205	<b>147</b>
	Generación Diaria	m <sup>3</sup> /día	0,19	0,18	0,19	<b>0,19</b>
		kg/día	27,2	17,5	38,2	<b>28,5</b>
	Generación per cápita	L/hab/día	0,13	0,24	0,25	<b>0,26</b>
		kg/hab/día	0,02	0,02	0,05	<b>0,04</b>
<b>Patogénicos domiciliarios</b>	% P		4,1	8,1	7,2	<b>6,5</b>
	% V		5,5	5,9	8,0	<b>6,4</b>
	PV	kg/m <sup>3</sup>	260	270	243	<b>258</b>
	Generación Diaria	m <sup>3</sup> /día	0,21	0,15	0,18	<b>0,18</b>
		kg/día	54,1	39,7	42,6	<b>46,4</b>
	Generación per cápita	L/hab/día	0,14	0,20	0,24	<b>0,24</b>
		kg/hab/día	0,04	0,05	0,06	<b>0,06</b>
<b>Peligrosos domiciliarios</b>	% P		0,00	1,15	0,95	<b>0,7</b>
	% V		0,00	0,48	0,67	<b>0,4</b>
	PV	kg/m <sup>3</sup>	0	113	153	<b>133</b>
	Generación Diaria	m <sup>3</sup> /día	0,00	0,012	0,015	<b>0,01</b>
		kg/día	0,00	1,36	2,26	<b>1,4</b>
	Generación per cápita	L/hab/día	0,00	0,016	0,020	<b>0,01</b>
		kg/hab/día	0,00	0,002	0,003	<b>0,002</b>

De los resultados obtenidos acerca de la caracterización cuali-cuantitativa de los residuos se destacan las siguientes consideraciones:

- La producción total de residuos durante la Feria de la Puna (Muestreo N°1) fue marcadamente superior que en los demás períodos. Sin embargo, considerando que en esa ocasión la población duplicaba la residente en la Villa, la producción per cápita (PPC) resultó muy similar al promedio de todos los muestreos.
- También fue evidente un ligero aumento en la generación de residuos durante el fin de semana con respecto a los días laborales en período regular (Muestreo N°3). Se observó un aumento, tanto en peso como en volumen, principalmente en la producción de restos de comida y cocina, textiles, patogénicos domiciliarios, barrido y tierra debido a que durante el fin de semana aumentan las tareas domésticas ya que gran parte de las mujeres trabajan.
- La basura resulta bastante densa (peso específico promedio de  $453 \text{ kg/m}^3$ ) considerando el bajo contenido de humedad de la misma, lo cual se debe a la gran proporción de componentes con elevado peso específico (tierra, cenizas).
- Si bien no fue medido el contenido de humedad de los residuos, se pudo observar que es muy bajo debido a las condiciones climáticas y al bajo contenido de residuos putrescibles. Por los mismos motivos, no genera olores ni atrae insectos y vectores en forma significativa.
- En la composición porcentual en peso de la basura recolectada y dispuesta en el basural predominan (en orden decreciente) tierra y cenizas (35%), barrido y escombros (32%), residuos de comida y cocina (9,8%), patogénicos domiciliarios (6,5%), vidrio (5%), plásticos (4%), textiles, cuero y madera (3,7%), papel y cartón (1,9%), metales (1,4%) y peligrosos domiciliarios (0,7%).
- En la composición porcentual en volumen de la basura recolectada y dispuesta en el basural predominan (en orden decreciente): barrido y escombros (28%), plásticos (24%), papel y cartón (11%), tierra y cenizas (8,5%), textiles, cuero y madera (6,9%), vidrio (6,7%), patogénicos domiciliarios (6%), residuos de comida y cocina (4,7%), metales (3%) y peligrosos domiciliarios (0,4%).
- El barrido y escombros, tierra y ceniza representan la fracción más significativa respecto del total de los residuos que se generan, principalmente en peso (sumadas representan aproximadamente el 70% en la composición de los residuos). Esto es producto del barrido de las casas, puesto que muchas de ellas poseen pisos de tierra, y de la utilización de la combustión a leña para calefacción y cocción de alimentos en gran parte de la hogares.
- Por lo anterior, la generación por habitante (PPC) resultó muy elevada (promedio total de  $1,3 \text{ kg/hab/d}$ ), cifra comparable con la típica para grandes ciudades desarrolladas (para Bs.As., por ejemplo, se consigna una PPC de  $1 \text{ kg/hab/día}$ ). Sin embargo, si le restamos la producción de barrido, tierra y ceniza la PPC se reduce a  $400 \text{ gr/hab/día}$ , cifra ahora sí propia de poblaciones con estas características.

- Aparte de la consideración anterior, la generación diaria por persona se mantuvo constante no presentando variaciones en los distintos períodos muestreados.
- En abril y junio (Muestreos N° 2 y 3), correspondiente al período otoñal, la fracción de barrido y escombros denotó un muy significativo aumento en el contenido de hojas por lo que se encuentra en primer lugar en la proporción en volumen.
- Le sigue en importancia respecto del volumen la fracción de los plásticos predominando botellas de bebidas y envases de productos domésticos (principalmente durante la Feria de la Puna) si bien tienen poca incidencia en la proporción en peso dada su muy baja densidad.
- Reducida proporción de residuos orgánicos putrescibles puesto que se realiza un importante aprovechamiento de los mismos en las mismas fuentes (alimentación de animales domésticos, abono de las huertas domésticas, recolección por pobladores con bajos recursos).
- Los residuos patogénicos domiciliarios tienen una significativa incidencia en la composición de los residuos (4° lugar en la proporción en peso y 7° en volumen) debido casi exclusivamente a la presencia de pañales descartables.
- Hay que tener en cuenta la producción en significativo aumento de los plásticos y pañales descartables, favorecida por la escasa disponibilidad de agua potable, por el elevado número de bebés, mayor accesibilidad a estos productos y porque la Villa no escapa a la tendencia generalizada en todo el país.
- Entre las fracciones menores se encuentra la categoría de madera, textiles y cueros en la cual predominan los restos de lana, producto del tratamiento de la misma para la realización de tejidos artesanales en muchos hogares, observándose muy pocos desperdicios correspondientes a cueros, trapos, ropa, etc.
- Escasa proporción de metales (anteúltimo lugar tanto en peso como en volumen), en general correspondiente a latas de aluminio y hojalata.
- No son significativos los residuos peligrosos domiciliarios (último lugar tanto en peso como en volumen), en general correspondiente a pilas. Tampoco se observaron residuos especiales voluminosos (electrodomésticos, neumáticos, muebles, etc.).

## *5.2. Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos*

### 5.2.1. Manejo dentro de la fuente

Puesto que la recolección en períodos normales se realiza como mínimo semanalmente, los residuos deben ser necesariamente almacenados en los hogares entre una recolección y otra recibiendo un manejo diferencial según la fracción de que se trate.

Los datos acerca de los hábitos de manejo de los residuos de la población que se describen a continuación son el resultado de la observación directa de las costumbres de los pobladores y de la Encuesta en los Hogares realizada en la primer etapa del presente trabajo y descripta en el Informe N°1:

▪ *Fracción orgánica:*

Se realiza un significativo aprovechamiento de gran parte de los desperdicios putrescibles (restos de comida y cocina) llevándose a cabo, de hecho, una selección y separación de la fracción orgánica en el lugar de origen (hogares, instituciones, comercios), siendo retirada del circuito de recolección de los residuos.

En general, dentro de los hogares, instituciones y comercios los residuos orgánicos se disponen en bolsas de polietileno adentro de tachos comunes para evitar malos olores.

Los usos y/o destinos más frecuentes que se le da a esta fracción son:

- ✓ Alimentación de gente de bajos recursos: principalmente los restos de comida que se generan en los comedores comunitarios (el de la escuela y el de PRANI) y en comercios.
- ✓ Alimentación de animales domésticos (gallinas, perros, etc.)
- ✓ Abono para la huerta: es común en los hogares que poseen huerta la realización de un compost con técnicas caseras (simple enterramiento) para el mejoramiento de la tierra de cultivo. Cabe destacar que en la escuela no ha podido llevarse a la práctica la realización de una huerta que abastezca al comedor escolar, por lo tanto, los desperdicios orgánicos que se generan en el mismo son, en este sentido, desaprovechados.
- ✓ Enterramiento: en algunos hogares los restos orgánicos son enterrados en los fondos de la casas sin ningún otro fin más que el de eliminar las molestias generadas por su acumulación.
- ✓ Recolección con el resto de los residuos domésticos: en los casos en que no se reutilicen, los residuos orgánicos son sacados con el resto de la basura para su recolección con el camión municipal.

▪ *Papel y cartón:*

También se realiza un significativo aprovechamiento de esta fracción en las fuentes de generación. Los papeles impresos de un solo lado se utilizan para escritura. Los cartones de embalaje, proveniente principalmente de comercios, en general son dispuestos en la vía pública separados del resto de los residuos y aprovechados por los vecinos por ejemplo como material aislante en la construcción.

▪ *Rechazos:*

En la mayoría de los casos, el resto de los residuos, sin contar los patogénicos generados en el hospital, es decir, plásticos, papeles no aprovechables, lana, tierra, cenizas, vidrio, metales, etc., son acumulados en el lugar de origen sueltos en diferentes recipientes como tambores metálicos de 200 l enteros o cortados por la mitad, cajones de madera, baldes, etc. y en menor proporción en bolsas plásticas (ver Fotografía N° 10). En algunos casos, los residuos son almacenados transitoriamente en los fondos de los hogares/instituciones y retirados a la calle solamente cuando pasa el camión recolector. En otros casos, son dispuestos a medida que se generan directamente en los recipientes que



permanecen en el frente de la vivienda (ver Fotografía N° 10) y en ocasiones sueltos en la vereda (ver Fotografía N° 12). Con menor frecuencia, estos residuos son enterrados o incinerados en los fondos de las viviendas.

▪ *Residuos hospitalarios:*

Los residuos patogénicos generados en el hospital son separados del resto de los residuos e incinerados en un horno de barro construido recientemente en el fondo del hospital (ver Fotografía N°5); las cenizas resultantes son dispuestas en el basural municipal junto con el resto de los residuos. Anteriormente a la construcción del mismo, los residuos eran incinerados a cielo abierto en un pozo cercano al horno y tapados con tierra, lo cual implicaba un significativo riesgo a la salud, en particular para el director del hospital y su familia que reside en la parte trasera del establecimiento y para los empleados del hospital.

Si bien la incineración en el horno ha significado una importantísima mejora en la gestión de los residuos hospitalarios con respecto a la situación previa (enterramiento y quema a cielo abierto), representa aún un riesgo para la salud de la población por las emanaciones de gases y partículas, ya que el hospital se encuentra en el centro de la Villa.

Aunque esta fracción no forma parte del flujo de residuos sólidos urbanos pero dada su relevancia en la prevención de riesgos a la salud pública y ambiental, se consideró importante evaluar su manejo actual y tener una noción de su generación. Puesto que no son recolectados por el servicio municipal, para estimar la cantidad generada de estos residuos se solicitó a los responsables del hospital que llevaran un registro de su producción en peso durante el mes de mayo del corriente año cuyos resultados se presentan en la siguiente Tabla:

FECHA DE REGISTRO	PESO (kg)
4/5	5,5
6/5	3,2
8/5	6,3
9/5	4,0
10/5	1,3
12/5	3,0
13/5	2,1
14/5	1,7
17/5	5,3
20/5	1,8
22/5	3,4
24/5	2,7
26/5	7,8
27/5	10,3
28/5	2,1
30/5	4,7
<b>TOTAL</b>	<b>65,2</b>

### 5.2.2. Recolección

La recolección se realiza mediante un camión, recientemente adquirido por la Municipalidad (ver Fotografías N°13 y 14), de 6 m<sup>3</sup> de capacidad aproximada el cual es utilizado para múltiples propósitos según las necesidades que surjan (transporte de materiales, de provisiones desde las ciudades más cercanas, etc.). Cuando no está disponible se utilizan camionetas particulares que se complementan con un carro tipo acoplado rural (ver Fotografías N°16). En la tarea de recolección intervienen 4 operarios municipales: un chofer y 2 encargados del manejo de los residuos.

La frecuencia de recolección es irregular dependiendo, en la mayoría de los casos, de la disponibilidad del camión recolector y de la cantidad de residuos que se generan. En general, se realiza una vez por semana, los días viernes al mediodía, sin embargo, muchas veces la frecuencia de recolección se prolonga a 10 ó 15 días o se acorta en casos de algún evento especial que produzca un pico de producción de residuos (fiestas locales, otoño, etc.).

La cobertura del servicio también es irregular. En las entrevistas a pobladores se hizo evidente el reclamo de los residentes en la periferia de la Villa por padecer una recolección de los residuos más espaciada que en el centro. A causa de esta irregularidad del servicio, algunos pobladores que disponen de vehículo apropiado, transportan sus propios residuos hasta el basurero municipal.

Según las observaciones realizadas previo a los muestreos se pudo constatar que las condiciones de higiene y seguridad del personal no eran las óptimas ya que los operarios carecían de ropa específica para este trabajo utilizando la ropa de uso habitual que luego trasladaban a sus hogares y no disponían de botas ni barbijos y ocasionalmente de guantes. Sin embargo, a partir de la realización de los muestreos en que se les proporcionó vestimenta (ropa de trabajo, botas, gorros) y accesorios de protección (guantes anticortes y barbijos), éstos son ahora utilizados regularmente en las tareas rutinarias de manejo de los residuos.

Como ya se mencionó, los residuos se disponen en las fuentes en diferentes condiciones: en bolsas o sueltos dentro o fuera de tachos metálicos, plásticos, de cartón o de madera, principalmente, y en algunos casos, se disponen sueltos en la vía pública. Los operarios toman manualmente los tachos y los descargan en la caja del camión. Los residuos sueltos que están en el suelo los juntan con pala o lonas. Todo esto dificulta y retrasa la tarea de recolección por parte de los operarios haciéndola poco eficiente (ver Fotografías N° 10, 11 y 12)

### 5.2.3. Limpieza urbana

Hasta la realización de la Feria de la Puna (febrero de 2000) no había cestos ni contenedores en la vía pública, lo cual dificultaba a los visitantes, pobladores y transeúntes el deshacerse de los residuos. Previo al evento mencionado se instalaron tres contenedores en la vía pública los cuales han sido ampliamente utilizados por parte de los habitantes y turistas. Los mismos quedaron en los lugares originales de emplazamiento: frente a la plaza, frente al hospital y frente al Club San Martín (ver Fotografía N° 11).

No existe un servicio municipal de barrido y limpieza viaria que sea sistemático, sino que se realiza puntualmente después de algún acontecimiento como la Feria de la Puna.

Pese a lo anterior, no se observan desperdicios arrojados indiscriminadamente en la vía pública, permaneciendo la Villa en general limpia, seguramente debido a los buenos hábitos de la población. La excepción es el Barrio Portezuelo localizado en la periferia SE de la Villa el cual, dada su cercanía al basural municipal y la exposición a los fuertes y constantes vientos que caracterizan al lugar, padecen las voladuras constantes de residuos, en particular plásticos de todo tipo.

#### 5.2.4. Tratamiento y Disposición Final

La totalidad de los residuos recolectados por el servicio municipal son dispuestos en el basural a cielo abierto localizado en una quebrada a 800 a 1000 m hacia el E-SE de la Villa (ver Plano de la Villa de Antofagasta en el Anexo N° 10.1 y Fotografías N° 6, 7 y 9). Se accede por camino de tierra. Los residuos son depositados en superficie y no reciben ningún tipo de tapada.

En el relevamiento a campo del basural y a simple vista se pudo observar la presencia de abundantes envases plásticos, pañales, botellas de vidrio, latas, restos de lana, muy escasos textiles, cueros, gomas y residuos especiales voluminosos. Los residuos orgánicos no se hicieron evidentes ni a simple vista ni indirectamente a través de la presencia de olores, aves e insectos.

El principal inconveniente que ocasiona la disposición de los residuos a cielo abierto es que están expuestos a fuertes y constantes vientos que desparraman los residuos en un área de influencia considerable, especialmente los plásticos que por su baja densidad y su generación en aumento son vistos en superficie a grandes distancias del basural. Así se genera un impacto visual y estético muy significativo afectando principalmente a los pobladores de Antofagasta y al turismo.

Esto se agrava por la cercanía a la pista de aterrizaje de aviones, donde, además del impacto visual, existe riesgo para el normal funcionamiento del aeródromo.

El riesgo de contaminación del agua subterránea por la presencia del basural no sería muy significativo puesto que la formación de lixiviados tóxicos se minimiza considerablemente debido a las condiciones climáticas (muy escasas precipitaciones, elevada evapotranspiración, fuertes vientos), lo que a su vez determina un muy bajo porcentaje de humedad en los residuos, además de la muy escasa presencia de residuos peligrosos (cenizas de los residuos patogénicos incinerados en el hospital y muy pocos peligrosos domésticos). El recurso hídrico subterráneo no es utilizado, actualmente, como fuente de abastecimiento de agua para ningún uso puesto que se abastecen de agua surgente cuya toma se encuentra muy distante del sitio del basural. Sin embargo, se consigna la posibilidad de que existan fuentes de calidad apta para ingesta, en la zona (Estrada, C., 1998). Por lo tanto, se reitera que deben efectuarse perforaciones de inspección y análisis.

Sin embargo, esto requiere de un estudio específico para evaluar el riesgo de contaminación de acuíferos y aguas superficiales. Lamentablemente, no hay trabajos específicos sobre la hidrogeología de la zona. Aparentemente esta información no está documentada pues el recurso no es explotado.

El sitio de disposición actual se encuentra en uso desde hace aproximadamente un año. Previo a éste, fue utilizado otro sitio en el mismo sector hacia el oeste del basural actual, más cercano a la Villa (ver Fotografía N°8). El mismo no ha sido completamente saneado por lo que es evidente a simple vista, si bien se tiene conocimiento de algunas iniciativas de saneamientos parciales, ya sea por parte de la municipalidad como de organizaciones no gubernamentales (Brigada Ecológica).

### 5.3. Diagnóstico de la gestión actual de los RSU

A modo de síntesis diagnóstica, se señalan a continuación las conclusiones y consideraciones acerca de la caracterización y manejo actual de los RSU en la Villa de Antofagasta que se consideran más relevantes para la formulación y diseño del proyecto:

- La generación total promedio en peso de RSU es de **1,3 tn/día** equivalente a **39 tn/mes** y a **475 tn/año** con un pico máximo de **1,9 tn/día** durante la Feria de la Puna.
- La generación total promedio en volumen de RSU es de **2,8 m³/día** equivalente a **84 m³/mes** y a **1022 m³/año** con un pico máximo de **3,81 m³/día** durante la Feria de la Puna.
- La generación diaria per cápita (PPC) es de **1,3 kg/hab/día** no presentando variaciones en los distintos períodos muestreados. Resulta atípicamente elevada por la predominancia de tierra y cenizas en su composición.
- La basura resulta densa (con un peso volumétrico o densidad promedio de **453 kg/m³** y con muy bajo contenido de humedad).
- Los eventos más importantes que marcan estacionalidad y/o picos en la producción de residuos son la Feria de la Puna y el otoño. En un futuro habrá que tener en cuenta la afluencia de turismo.
- En la composición porcentual en peso de la basura recolectada y dispuesta en el basural predominan (en orden decreciente) tierra y cenizas (35%), barrido y escombros (32%), residuos de comida y cocina (9,8%), patogénicos domiciliarios (6,5%), vidrio (5%), plásticos (4%), textiles, cuero y madera (3,7%), papel y cartón (1,9%), metales (1,4%) y peligrosos domiciliarios (0,7%).
- En la composición porcentual en volumen de la basura recolectada y dispuesta en el basural predominan (en orden decreciente): barrido y escombros (28%), plásticos (24%), papel y cartón (11%), tierra y cenizas (8,5%), textiles, cuero y madera (6,9%), vidrio (6,7%), patogénicos domiciliarios (6%), residuos de comida y cocina (4,7%), metales (3%) y peligrosos domiciliarios (0,4%).
- La recolección de hojas durante el período otoñal fue muy significativa dentro de la categoría de barrido y escombros.

- Hay que tener en cuenta en un futuro la tendencia de aumento en la producción de plásticos y pañales descartables, ésta última predominante en la categoría de residuos patogénicos domiciliarios.
- Los materiales potencialmente recuperables con excepción de los compostables (vidrio, metal, plástico, papel) se producen en cantidades muy poco significativas.
- Se realiza en los lugares de origen (hogares, instituciones) un importante aprovechamiento (residuos de comida y cocina, papel, textiles) y autogestión (quema o enterramiento in situ de rechazos) de algunas de las categoría de residuos que se desvían del circuito de recolección municipal.
- El servicio de recolección resulta ineficiente debido a:
  - Irregularidad en la frecuencia de recolección
  - Irregularidad en día, horario y recorrido de recolección
  - Irregularidad en la cobertura del servicio
  - Incomodidad y pérdida de tiempo para los operarios para vaciar los basureros domiciliarios en el camión
- Molestias y riesgo a la salud para la población por ineficiente servicio de recolección ya que debe acumular los residuos en sus hogares no teniendo la certidumbre de cuándo pasa el camión recolector.
- Los residuos se disponen en un basural a cielo abierto cercano a la Villa y expuesto a fuertes y constantes vientos que desparraman los residuos en un radio de influencia considerable.
- El riesgo de contaminación de los recursos hídricos por la presencia del basural en principio no sería significativo.
- Existen indicios de enfermedades transmitidas por el contacto directo con la basura (parasitosis), sin embargo, no hay evidencias que lo confirmen debido a que en la Villa no hay laboratorio de análisis no quedando registro del seguimiento de los pacientes.