

CALIDAD Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS CIUDAD DE BUENOS AIRES

EQUIPO TÉCNICO DEL ESTUDIO

DIRECTOR DEL ESTUDIO:

Ing. Augusto Pescuma

DIRECTORA GENERAL DE HIGIENE URBANA

Ing. Gabriela Faustinelli de Vanolli

COORDINACIÓN GENERAL Y TAREAS TÉCNICAS

Ing. Marcela Sandra De Luca

Arq. María Elena Guaresti

ESTUDIOS MICROBIOLÓGICOS:

Dr. Enrique Calderón

ANÁLISIS QUÍMICOS DE LABORATORIO

Ing. Gerardo Arrambide

Ing. Mario Valmala

COLABORADORES

Ing. Quím. Eduardo Brama

Ing. Quím. Andrea Garrido

Ing. Civil Angela Khmelevska

Técnico Químico: Jorge Arnal

Sr. Ricardo Rollandi

APOYO TÉCNICO

Arq. Mercedes Escalada

INSTITUTO DE INGENIERIA SANITARIA

Paseo Colón 850 4° Piso (1063) – Buenos Aires – ARGENTINA

TEL/FAX: 54-11-4331-5362

Palabras Claves:

Residuos Sólidos
Caracterización
Composición Física Y Química
Microbiología
Gestión de Higiene Urbana

I. MARCO DE REFERENCIA DEL ESTUDIO

RESUMEN

El presente trabajo fue realizado por el Instituto de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (IIS) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (UBA) en virtud del convenio marco de asistencia técnica, celebrado entre la Dirección General de Higiene Urbana del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires (GCBA). Este estudio tiene como objetivos conocer las características y composición de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) de la Ciudad de Buenos Aires (CBA) para poder desarrollar y planificar las actividades de la Gestión de los Servicios de Higiene Urbana, considerando alternativas de implementación de nuevas tecnologías de tratamiento y disposición final, así como el desarrollo de programas de minimización y recuperación en origen y reciclaje de los residuos.

Para la determinación de la composición de los RSU se llevó a cabo un muestreo de las distintas rutas de recolección de la CBA, estas fueron previamente clasificadas según Uso Predominante del Suelo (UDS), Nivel socioeconómico (NSE) y Densidad Poblacional (DP). La metodología de muestreo utilizada es aleatoria, doblemente estratificado (según UDS y NSE) y multietápico. Se llevaron a cabo determinaciones físicas (componentes y subcomponentes presentes en el flujo de RSU), Determinaciones Químicas (Composición Centesimal, Contenido de Nutrientes, Contenido Energético, Contenido de Materia Orgánica, Metales Pesados, Compuestos Tóxicos y Parámetros Químicos que puedan afectar la gestión). En la composición y generación de RSU inciden factores estrechamente ligados a las actividades de un área y las características demográficas y socioeconómicas de la población, por lo tanto la determinación de la composición fue estratificada según los factores de UDS y NSE. Los datos obtenidos fueron evaluados estadísticamente para determinar la Composición Física, Composición Química, Peso Volumétrico y Producción per Cápita (PPC), para el total de la ciudad y según los estratos de UDS, NSE y combinación de ambos factores. Además, se llevó a cabo la toma de muestras para determinaciones microbiológicas en laboratorio, se realizó la determinación de la presencia de Bacterias, Protozoos, Helmintos y Bacteriofagos y se evaluó la probabilidad de crecimiento bacteriano en una muestra esterilizada de RSU.

La composición física promedio de los RSU de la Ciudad de Buenos Aires ha variado notablemente comparada con la composición física de los RSU del Año 1991, se puede destacar el aumento del Papeles y Cartones, la disminución del porcentaje de vidrio y metales ferrosos, la importante presencia de pañales y apósitos descartables y considerable disminución del porcentaje de participación de los desechos alimenticios. Además se observó la disminución del Peso Volumétrico Promedio debido al aumento del contenido de envases y packaging cada vez más livianos, y a la disminución del contenido porcentual de componentes pesados. Sobre la composición química se observó un aumento del poder calorífico de los RSU, y un pobre contenido de Nutrientes. Además se advirtió la presencia de concentraciones de metales pesados significativas que podrían dificultar su tratamiento mediante degradación biológica o destrucción térmica. Cabe destacar que de los análisis microbiológicos de los RSU que se encontraron concentraciones de bacterias coliformes totales, *Escherichia coli*, enterococos y colifagos en las muestras de RSU procesadas elevados niveles de contaminación de origen fundamentalmente fecal y densidades microbianas relativas similares a las características de líquidos cloacales y que estos residuos deberían ser considerados como un reservorio y fuente de transmisión de *Cryptosporidium*

Dada la composición actual de los RSU se podrían plantear la utilización de otras tecnologías de tratamiento de los mismos. Sin embargo, habrá que considerar las condiciones sanitarias, el mercado de los productos de conversión y energía, así como la legislación necesaria para el fortalecimiento de la regulación y control de la utilización de estas tecnologías, no perdiendo de vista el objetivo del cuidado de la salud pública, la minimización de los impactos sobre el medio ambiente y la rentabilidad económica de los insumos a ser producidos, dejando en claro la necesidad en todos los casos de contar con un sitio para la disposición final.

La sociedad sufre cambios continuos de hábitos de consumo, implicando cambios en la calidad y cantidad de RSU. Se deberá evaluar la posibilidad de reducir las cantidades de residuos sólidos procedentes del consumo indiscriminado de recursos y modificar las tecnologías en uso para la producción, contemplando la conservación de los recursos naturales y la reutilización de los materiales para la fabricación de nuevos productos, dentro del marco legal adecuado.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo fue realizado por el Instituto de Ingeniería Sanitaria y Ambiental en virtud del convenio específico correspondiente al convenio marco de asistencia técnica, celebrado entre la Dirección General de Higiene Urbana del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires y la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires.-

El Estudio realizado permite un acercamiento al conocimiento de las características de la problemática de Higiene Urbana, comenzando por el conocimiento de los Generadores. Para ello incluye la identificación de zonas de generación diferenciales, clasificadas según el Uso y Ocupación del Suelo y el Nivel Socioeconómico (NSE) de la población predominantes en las distintas rutas de recolección domiciliarias, brindando una información fundamental para analizar diferentes escenarios de implementación de nuevas modalidades tecnológicas y de gestión, minimizando los impactos sobre la salud y el medio ambiente. Sobre esa base se efectuaron los análisis de campo y muestreo de calidad física, química y microbiológica de los residuos de la ciudad.

2.- OBJETIVOS DEL ESTUDIO

2.1 OBJETIVO GENERAL

El presente Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos Urbanos de la Ciudad de Buenos Aires tiene por objetivo general obtener información actualizadas sobre las características y composición de dichos residuos que permita contar con la base necesaria para la planificación de la Gestión de los Servicios de Higiene Urbana, considerando alternativas de implementación de nuevas tecnologías operativas, tales como programas de minimización y recuperación en origen y reciclaje de los residuos, así como otros posibles tratamientos o la combinación de los mismos, con factibilidad técnico-económica, social y ambiental.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos determinados para alcanzar el Objetivo General fueron los siguientes:

1. Identificar la relación de generación de residuos y las distintas fuentes considerando las distintas variables que afectan dicha generación, tales como el Nivel Socioeconómico de la población y el tipo de Uso y Ocupación del Suelo, por áreas diferenciales.
2. Determinar la composición y calidad promedio de los RSU de la Ciudad de Buenos Aires
3. Determinar la composición y calidad típica de los residuos generados en distintas zonas de la ciudad, calificadas según patrones de asentamiento en cuanto a uso y ocupación del Suelo
4. Determinar la composición y calidad típica de los residuos generados por los distintos estratos de nivel socioeconómico de la población de la Ciudad.
5. Evaluar los riesgos para la salud asociados con la gestión de RSU, a través de la investigación específica sobre presencia y densidad de microorganismos patógenos y/o indicadores de contaminación en los residuos domésticos y del comportamiento de los mismos determinando la evolución de las poblaciones microbianas en función del tiempo.

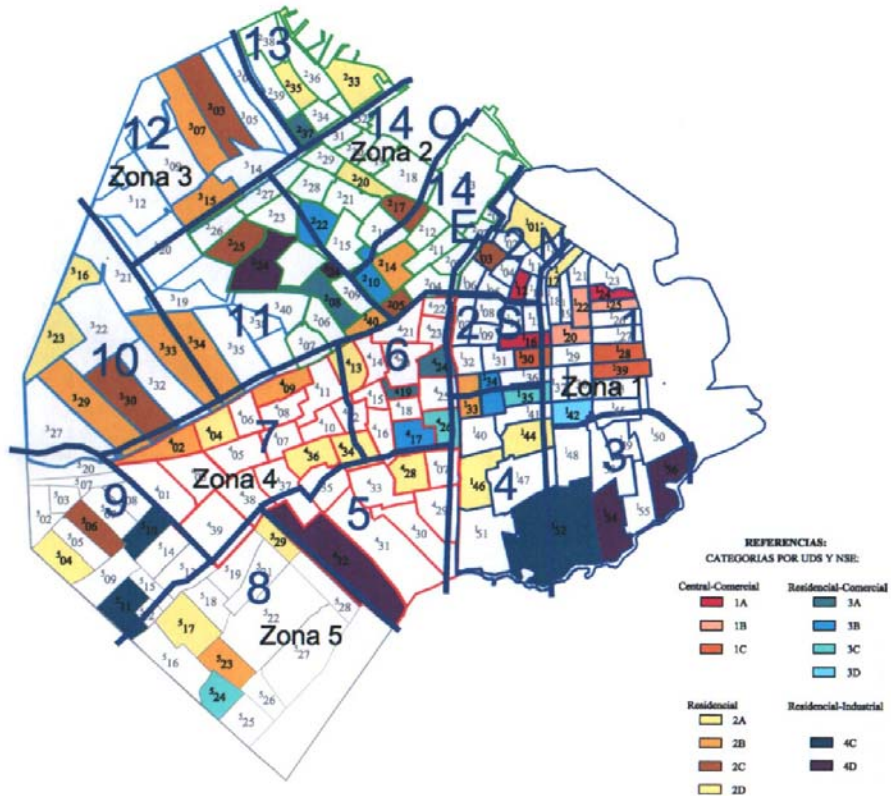
2.3 AREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó para el total de la Ciudad de Buenos Aires, en las cinco zonas en las que está dividida actualmente (año 2000/20001) la gestión y operación de los servicios de Higiene Urbana de la ciudad.

Buenos Aires es una Ciudad en la que residen aproximadamente tres millones de habitantes y la extensión de su éjido municipal es de 200 km². Concentra el 9% de la población total del país con una densidad del orden de los 14.830 hab/km². El número de habitantes ha tenido muy escasa variación en los últimos cincuenta años, pero el crecimiento del denominado Gran Buenos Aires, que en conjunto cuadruplica la cifra anterior, incide en la dinámica de la ciudad. Además, un millón seiscientos mil personas que duermen fuera del distrito, viajan diariamente a éste por razones de trabajo o de estudio.

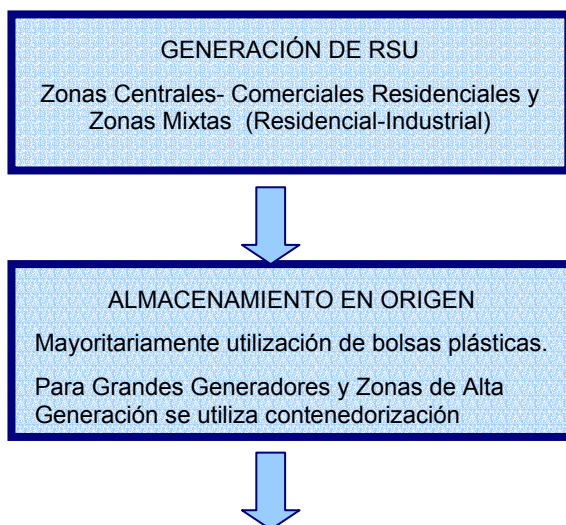
La ciudad cuenta con aproximadamente 16.000 establecimientos industriales (17 % de establecimientos totales del país), con un tamaño promedio es de 12,2 empleados/establ, predominando las ramas de confección de prendas de vestir, alimenticias, Impresiones gráficas, metalúrgicas, fabricación de muebles, productos de plástico y curtido y prendas de cuero. El comercio cuenta con aproximadamente 65.000 establecimientos y casi 90.000 establecimientos de servicios. (Censo económico INDEC)

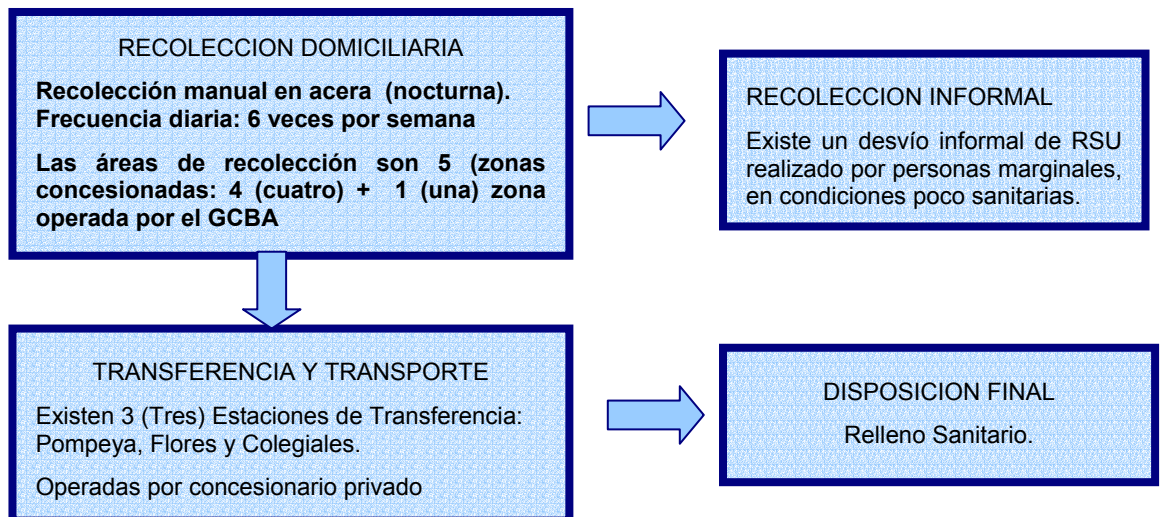
La Ciudad posee el privilegio de contar con una cobertura total de abastecimiento de Agua Potable, de buena calidad química y bacteriológica; sin embargo, 1,6% de la población que, aún habitando en áreas con servicios sanitarios, no disponen de los mismos dentro de su vivienda o su terreno. La cobertura del servicio cloacal por red abarca también prácticamente la totalidad del área de la Ciudad (99%); no obstante, el 3.12% de la población que no cuenta con servicios de evacuación de excretas en la vivienda.



2.4 ESQUEMA DE GESTIÓN

El sistema de gestión de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Buenos Aires es el que se esquematiza a continuación:





3. RESEÑA METODOLÓGICA

3.1 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

La primer tarea realizada consistió en la recopilación y análisis de información básica, tales como *Cantidad de Residuos Recolectados, Delimitación y denominación de Zonas y Rutas de Recolección de RSU e Información Sociodemográfica y Urbanística de la Ciudad de Buenos Aires.*

3.2 PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO

3.2.1 Organización

En segundo término se realizó la Planificación del Trabajo de Campo. Para ello se procedió a efectuar las siguientes actividades:

1. Delimitación en un mapa de la Ciudad de Buenos Aires del conjunto de Rutas de Recolección de Residuos Sólidos Domiciliarios, de acuerdo a los cinco operadores que realizan este servicio.
2. Clasificación de las Rutas según Uso y Ocupación del Suelo y Niveles Socioeconómicos predominantes.
3. Determinación del número de muestras representativas para los análisis físicos, químicos, químicos orgánicos y microbiológicos a realizar.
4. Selección de las Rutas de Recolección para la realización del muestreo con el objetivo de contar con muestras representativas de distintos sectores geográficos de la ciudad que permitiera conocer el comportamiento diferencial de la población y aportara al planteo de soluciones y propuestas para la gestión de los RSU.
5. Elaboración del Manual Instructivo para la realización del muestreo.

3.2.2. Selección de Rutas de Muestreo

Con la codificación de todas las rutas clasificadas se realizó la selección al azar (mediante números aleatorios) de las 62 rutas a ser muestreadas. Se mantuvo la proporcionalidad similar al total de rutas categorizadas por UDS y NSE. Las Rutas totales son 204. Dado que las rutas (40) de la zona 3 se superponen en dos sentidos de las calles, se ha cubierto la totalidad del territorio de la ciudad considerando y clasificando 190 rutas. **Se ha muestreado aproximadamente al 27 % de la población de la ciudad.**

3.2.3 Metodología de Muestreo

El método de muestreo adoptado es el aleatorio, doblemente estratificado (según Uso del suelo y Nivel socioeconómico), y multietápico.

3.2.3.1 Unidades Muestrales

Se consideró como universo de muestreo al conjunto de rutas de recolección en que se encuentra dividida la ciudad de Buenos Aires (190, considerando sólo 23 rutas de la zona 3 en un solo sentido). Se determinó que la *unidad muestral primaria*, es el camión recolector, el cual tiene asignada una ruta fija de recolección. La muestra extraída del camión recolector previamente seleccionado (en forma aleatoria), es la *unidad muestral secundaria*. Los RSU son cuarteados sucesivamente para su homogeneización y obtención de la *unidad muestral terciaria*. Esta unidad se utiliza con dos objetivos: determinaciones físicas según componentes y subcomponentes y determinación del peso volumétrico en campo y parte del material es triturado para su envío al laboratorio para las determinaciones químicas y biológicas.

3.2.3.2 Norma utilizada para realizar el Muestreo

La metodología del muestreo utilizada es la determinada por la Norma ASTM 5231-92, que establece que de cada uno de los camiones elegidos, *unidades muestrales primarias*, se descargaran aproximadamente 500 kg. de residuos los cuales, luego de ser homogeneizados y cuarteados conforman la *unidad muestral secundaria* (300 kg.). Luego de cuarteos sucesivos se separarán alrededor de 90 a 150 kg., que constituyen la *unidad muestral terciaria*, que se destina a las determinaciones físicas y del peso volumétrico (40 a 70 kg). Luego de la homogeneización de la unidad muestral terciaria, se procederá a triturar aproximadamente 90 a 150 kg. de residuos, el material triturado será homogeneizado y cuarteado sucesivamente, hasta obtener una muestra de 3 a 5 kg., la que será enviada al laboratorio para su posterior análisis. Ver Esquema de Muestreo.

3.3 DESARROLLO DEL MUESTREO DE CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA

3.3.1. Actividades de Muestreo

Las actividades de Muestreo de los RSU de la Ciudad de Buenos Aires se efectuaron durante el período: 05/02/01 al 11/03/01, en las tres Estaciones de Transferencias del CEAMSE: Pompeya, Flores y Colegiales.

3.3.2. Determinaciones Físicas

Se recolectaron 62 muestras de las unidades muestrales primarias (rutas de recolección de empresas que prestan servicios en las 5 zonas de la Ciudad de Buenos Aires), para determinaciones físicas de peso volumétrico e incidencia de los distintos componentes.

El muestreo de los RSU fue llevado a cabo según lo indicado en la Norma ASTM 5231-92 "Standard Test of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Wastes" y Norma ASTM E 5057-90/96 "Standard Test Method for Screening Apparent Specific Gravity and Bulk Density of Waste (para la determinación de Peso Volumétrico).

El material descargado de las rutas seleccionadas (camiones recolectores), aproximadamente 300 kg fue mezclado y cuarteado para su homogeneización. Luego del cuarteo se realizó la *segregación según componentes, mediante separación manual y la determinación del Peso Volumétrico*.

El listado de la clasificación de los residuos establecida para el muestreo se presenta a continuación:

- **Papeles y Cartones:** según los siguientes subcomponentes: Diarios y Revistas, Papel de Oficina, Papel Mezclado, Cartones y Envases Tetrabrick.
- **Plásticos: según subcomponentes:** PET (1), PEAD (2), PVC (3), PEBD (4), PP (5), PS (6), Otros (7).
- **Vidrio:** Blanco, Verde, Ambar
- **Metales Ferrosos**
- **Metales No Ferrosos:** Latas de Aluminio, Aluminio (otros), Bronce, Plomo, otros Metales No Ferrosos.
- **Materiales Textiles**
- **Madera**
- **Goma, Cuero y Corcho**

- Pañales Descartables
- Residuos de Poda y Jardinería
- Materiales de Demolición y Construcción
- Residuos Peligrosos
- Residuos Patógenos
- Desechos Alimenticios
- Residuos Misceláneos

3.3.3. Determinaciones Químicas

Se llevó a cabo la toma de 30 muestras, de las unidades muestrales terciarias para la determinación en laboratorio de los parámetros químicos, tal como lo establecen las Normas de Análisis EPA SW-846 (Test Method for Evaluating Solid Waste Physical/Chemical Methods: EPA SW-846) – Capítulo 9: Sampling Method. Las determinaciones de los elementos químicos fueron realizadas según porcentaje en peso (g/kg ó mg/kg), y para metales pesados (Cadmio, Cromo, Mercurio y Plomo) como lixiviados (mg/l), según Normas de Análisis EPA SW-846 (Test Method for Evaluating Solid Waste Physical/Chemical Methods: EPA SW-846).

Los parámetros químicos analizados de las *muestras terciarias* se exponen a continuación:

- **Composición Centesimal:** Porcentaje de Carbono, Porcentaje de Oxígeno, Porcentaje de Hidrógeno, Porcentaje de Azufre, Porcentaje Nitrógeno Total Kjeldhal, Porcentaje de Cloro, Porcentaje de cenizas
- **Contenido de Nutrientes:** Porcentaje de Fósforo, Porcentaje de Potasio, Porcentaje de Sodio, Porcentaje de Calcio.
- **Contenido Energético:** Poder Calorífico Inferior(en base húmeda y seca) y Poder Calorífico Superior(en base húmeda y seca)
- **Contenido de Materia Orgánica:** Sólidos Fijos, Sólidos Volátiles, Materia Orgánica, Nivel de Estabilización
- **Parámetros Operativos que afectan la gestión:** pH, Humedad, Líquidos Libres, Sulfuros, Cianuros, Inflamabilidad
- **Metales Pesados:** Arsénico, Bario, Cadmio, Cobre, Cromo Total, Hierro, Mercurio, Níquel, Plomo y Zinc

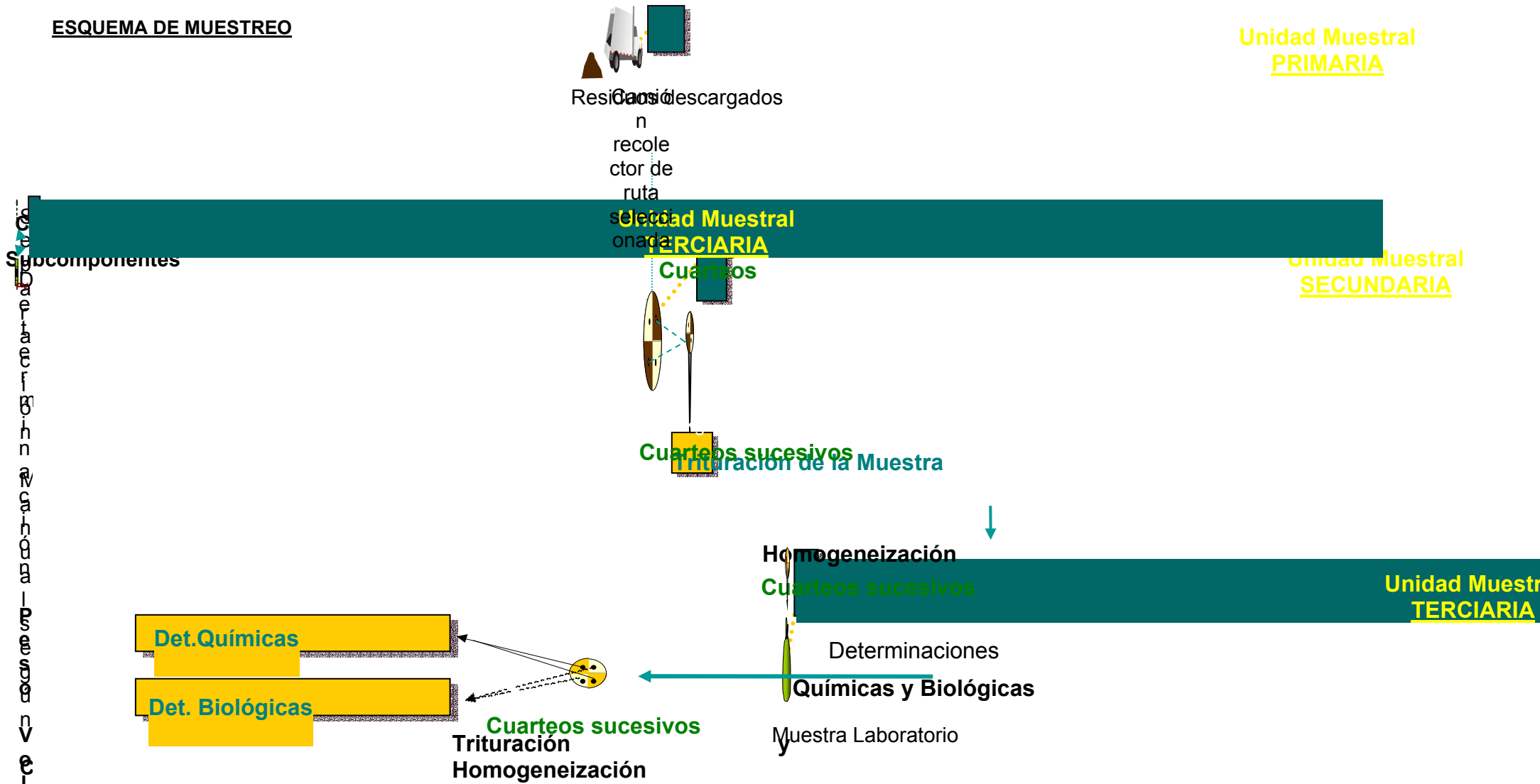
3.3.4. Determinaciones de Compuestos Peligrosos

Teniendo en cuenta la necesidad de contar con datos sobre presencia, dentro del flujo de RSU, de compuestos considerados como peligrosos por la legislación nacional (Ley 24.051 y Dec. reg. 831/93), se determinó realizar un muestreo de estos parámetros en zonas clasificadas como Mixtas (industriales/residenciales). Se considera que este tipo de zonas urbanas, teniendo en cuenta las actividades allí desarrolladas, presentan una mayor probabilidad para que estos elementos puedan estar presentes, respecto a otras zonas de diferentes características.

Por lo antes expuesto, se determinó realizar 5 muestras compuestas de las zonas clasificadas como mixtas residenciales-industriales dentro de la ciudad de Buenos Aires, en las cuales se tuvo como objetivo evaluar la presencia de los compuestos que se consignan a continuación:

- **Pesticidas clorados:** Aldrin + Dieldrin, Clordano, Heptacloro + Heptacloroepoxi; Metoxicloro y Lindano
- **Bifenilos Policlorados (PCB's)**
- **Compuestos fenólicos**
- **Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares**

ESQUEMA DE MUESTREO



3.3.5. Determinaciones Microbiológicas

a) Selección de condiciones de muestreo

Se llevó a cabo la toma de muestras también compuestas para determinaciones microbiológicas en laboratorio, siguiendo estrictos procedimientos de desinfección para lograr la asepsia de las áreas y elementos de trabajo. A fin de determinar las condiciones de muestreo de RSU más apropiadas para su análisis microbiológico, teniendo en cuenta las condiciones de "esterilidad" que se deben respetar, se analizó el procedimiento para la toma de muestras terciarias químicas, adaptando el mismo a las exigencias de "asepsia" requeridas, evitando la contaminación externa de las muestras y asegurando en lo posible que las mismas sean alícuotas representativas extraídas para las determinaciones físicas y químicas. Sobre la base de esta evaluación, se decidió efectuar el muestreo para análisis microbiológico inmediatamente después de la descarga de cada camión.

El procedimiento de muestreo comenzó realizando la desinfección con hipoclorito de sodio de la superficie donde se depositaban estos residuos, los elementos utilizados para su mezcla y la superficie de corte del triturador.

Se recolectó la primera porción triturada, luego del último cuarteo, en bolsa estéril, la cual se colocó en un recipiente adaptado para mantener la muestra en frío durante el transporte al laboratorio.

Asimismo, se decidió tomar y procesar para análisis microbiológico una muestra del subcomponente: pañales y apósitos, que se extrajo de cada muestra de RSU

b) Preparación de reactivos

A continuación se presenta la preparación para recuperación y concentración (elución, flotación, floculación), para cada tipo de microorganismo seleccionado para su estudio en muestras de RSU, y se determinan los medios de cultivo para la detección de bacterias indicadoras y enteropatógenas.

Se prepararon los siguientes reactivos y medios de cultivo para cada tipo de microorganismos:

- **Bacterias:** Caldo Lauril sulfato con MUG, Caldo Tetrionato, Agar XLD, Agar Mac Conkey con MUG, Agar TSI, Agar LIA, Agar MIO, Agar UREA
- **Protozoos:** Solución de Tween (Polisorbato) 80, Solución de Sulfato de Magnesio (densidad 1,060)
- **Helmintos:** Buffer Fosfato pH 7,2 con Tween 80 0,1%, Acido Sulfúrico 0,1 N, Eter Etilico, Solución de Sulfato de Magnesio (densidad 1,200)
- **Bacteriófagos:** Caldo MSB, Agar MSB, Solución de Cloruro de Calcio 1 M, Agar Mac Conkey, Solución peptonada salina

c) Preparación de cultivos control de cepas bacterianas (*E. Coli*, *Salmonella*), *Bacteriofagos Somáticos (Colifagos)* y suspensiones de quistes de *Protozoos* y *huevo de Ascaris lumbricoides*

A fin de evaluar la recuperación de las técnicas que se utilizaron para cada tipo de microorganismo propuesto, se prepararon cultivos bacterianos y suspensiones de colifagos y parásitos para inocular una muestra esterilizada de RSU, la cual se procesó de acuerdo a las técnicas mencionadas.

3.4 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN

Se llevó a cabo la evaluación estadística de los datos del muestreo y se realizó la determinación de la Composición Física, Peso Volumétrico, Peso per cápita, total y según clasificación de UDS y NSE, así como la determinación de la Composición Química y Microbiológica de los RSU de la Ciudad de Buenos Aires. El procesamiento de los datos tuvo como objetivo la obtención de los siguientes parámetros:

- a) Cálculo de los percentiles del 25% (x₂₅); 75% (x₇₅) y 50% (x₅₀:Mediana). Estos representan el valor por debajo del cual se hallan los valores obtenidos, a fin de captar la representatividad de la distribución cuando los valores extremos presentan asimetría.
- b) Cálculo del valor estimativo de la media aritmética (valor promedio), parámetro de posición.
- c) Cálculo del valor estimativo del desvío standard(s), parámetro de dispersión.
- d) Cálculo del coeficiente de variación (Cv), para determinar la variación relativa.
- e) Obtención del Intervalo de Confianza de la media aritmética, aplicando la distribución de Student o Gauss, según corresponda (Ls-Li).

II. DIAGNÓSTICO DE LA GENERACIÓN Y COMPOSICIÓN DE LOS RSU

1. FACTORES QUE INCIDEN EN LA GENERACIÓN DE RSU

En la composición y generación de Residuos Sólidos Urbanos inciden factores estrechamente ligados a las actividades de un área y las características demográficas y socioeconómicas de la población, en su relación con el sistema de gestión o manejo de dichos residuos, y en el marco del contexto de desarrollo socioeconómico del país, en general, y del área específica de que se trate.

1.1 USO DEL SUELO URBANO

En primer lugar se definieron Zonas de Uso de Suelo predominante. Espacialmente estas zonas representan la concentración de las distintas actividades urbanas en el territorio de la Ciudad de Buenos Aires. Como información de base de: USO DEL SUELO ACTUAL, elaborado para el Diagnóstico del PLAN URBANO AMBIENTAL –PUA, por la Comisión del Plan Urbano Ambiental del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. Dichas zonas son las que se describen a continuación:

1.1.1 Area Central

Por su significancia en la estructura y funcionamiento de la ciudad, así como por la complejidad de las actividades que concentra, el Area Central de la Ciudad requiere una consideración particular en el análisis territorial.¹ El Area Central concentra actividades de tipo comercial, administrativas, financieras y culturales, con la presencia simultánea del puerto. Estos factores contribuyen a generar en este espacio los mayores problemas en términos de tránsito, espacio público y calidad ambiental de la Ciudad.

1.1.2 Zonas Residenciales

Esta clasificación comprende zonas con predominio de actividad residencial (viviendas), tanto de alta, media y baja densidad y que son las que ocupan la mayor parte del territorio de la ciudad.

1.1.3 Zonas Residenciales-Comerciales

En las zonas Residenciales se han diferenciado aquéllas que constituyen un tejido mixto con viviendas, comercios y servicios, localizadas principalmente en los alineamientos comerciales, que partiendo del Area Central, penetran el territorio conformándose sobre importantes vías de circulación y su área de influencia. En estas zonas predominan más frecuentemente los estratos de NSE Alto, Medio Alto y Medio.

1.1.4 Zonas Residenciales-Industriales

También se han diferenciado las zonas Residenciales Mixtas que integran mayoritariamente actividades industriales, considerando también dentro de éstas, las actividades comerciales de almacenaje y establecimientos de comercio mayorista. En estas zonas predominan los estratos de NSE Medio-bajo y Bajo.

1.2 NIVEL SOCIOECONÓMICO DE LA POBLACIÓN

La localización de la población según distintos estratos de Nivel Socioeconómico (NSE) se efectuó a través del principal indicador indirecto para ello, tal como es la vivienda y la situación habitacional.

La clasificación de las rutas se efectuó con base: NIVEL SOCIOHABITACIONAL, elaborado para el Diagnóstico del PLAN URBANO AMBIENTAL –PUA, por la Comisión del Plan Urbano Ambiental del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, que considera el nivel de hacinamiento por cuarto.

Se sintetizaron cuatro estratos de NSE:

1. Alto y Medio-Alto (A)
2. Medio (B)
3. Medio-Bajo (C)
4. Bajo (D) (incluye además situaciones precarias tal como villas de emergencia)

¹ GCBA: PLAN URBANO AMBIENTAL, *Elementos de Diagnóstico-Documento de Trabajo*, Bs. As., Octubre de 1998, pág 67.

1.3 DENSIDAD POBLACIONAL

Para la determinación de categorías de Densidad alta, Media y Baja se utilizó la información elaborada para el Diagnóstico del PLAN URBANO AMBIENTAL –PUA, por la Comisión del Plan Urbano Ambiental del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, a nivel de radio censal.

2. RUTAS DE RECOLECCIÓN DOMICILIARIA CLASIFICADAS

La clasificación de Rutas de Recolección tiene por objetivo contar con muestras representativas de distintos sectores geográficos de la ciudad, a fin de obtener la información por muestreo sobre la calidad de los residuos, conociendo las características del lugar de su generación. Esta información permite conocer el comportamiento diferencial de la población, aportando al planteo de soluciones y propuestas para la gestión de los RSU.

2.1 VARIABLES Y CRITERIOS UTILIZADOS PARA LA CLASIFICACIÓN

A fin de obtener la generación y composición diferencial de RSU en la Ciudad de Buenos Aires (CBA), se clasificaron las rutas de recolección según:

1. Uso de Suelo(UDS): es decir según las distintas actividades urbanas predominantes localizadas en las mismas,
2. Nivel Socioeconómico(NSE): es decir según los estratos de NSE predominantes, y
3. Densidad Poblacional (DP): es decir según la Ocupación del Suelo

La clasificación de todas las rutas de recolección se efectuó con la técnica urbanística de superposición de planos (overlapping), complementada con recorridos urbanos de verificación en campo. Los Planos utilizados son: Uso del suelo actual, Nivel sociohabitacional, Densidad, Barrios y Rutas de Recolección

2.2 CLASIFICACIÓN DE RUTAS TOTALES Y MUESTREADAS POR UDS Y NSE

En las Tabla 1 se consigna la Cantidad de Rutas totales(190) clasificadas para cada tipología según Uso del Suelo (UDS) y Nivel socioeconómico (NSE) predominantes en cada una. En la Tabla 2 se exponen las Rutas Muestreadas (62) según dicha clasificación.

Tabla 1: Clasificación de Rutas Totales por UDS y NSE							
Uso del suelo	Código	Nivel Socioeconómico				TOTAL DE RUTAS	
		Alto/MA	Medio	M/Bajo	Bajo		
		A	B	C	D		
Central-Comercial	1	7	7	5	-	19	10 %
Residencial	2	52	36	20	15	123	65 %
Residencial/Comercial	3	13	9	8	2	32	17 %
Residencial/Industrial	4	-	-	8	8	16	8 %
TOTAL		72	52	41	25	190	100%
		38 %	27 %	22 %	13 %	100%	

De acuerdo a las variables utilizadas se calificaron las Rutas de Recolección MUESTREADAS definiendo, una Tipología con 13 estratos, según combinación de UDS y NSE.

Tabla 2: Clasificación de Rutas Muestreadas por UDS y NSE							
Uso del suelo	Código	Nivel Socioeconómico				TOTAL RUTAS MUESTREADAS	
		Alto/MA	Medio	M/Bajo	Bajo		
		A	B	C	D		
Central-Comercial	1	3	3	3	-	9	15%
Residencial	2	13	9	7	5	34	55%
Residencial/Comercial	3	4	4	3	1	12	19%
Residencial/Industrial	4	-	-	4	3	7	11%
TOTAL		20	16	17	9	62	100%
		32 %	26 %	27 %	15 %	100%	

3. DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RSU

3.1. COMPOSICIÓN FÍSICA: RESULTADOS OBTENIDOS

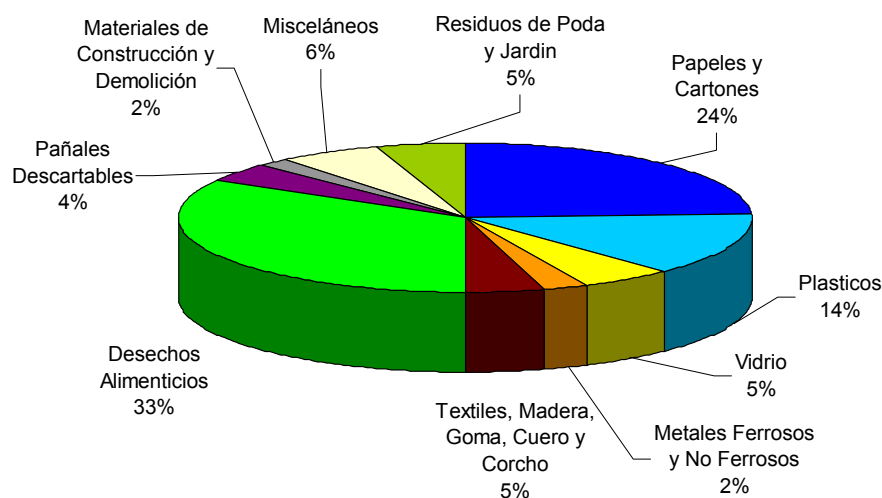
3.1.1 Composición promedio de los RSU de la Ciudad de Buenos Aires

La Composición Física promedio de los RSU (%) de la Ciudad de Buenos Aires se presenta en la Tabla 3, y en el **Gráfico 1**, según componentes y subcomponentes.

Tabla 3 - ESTADISTICA COMPOSICION FISICA				
Componentes	Media	Desvío Standard	Límite Superior	Límite Inferior
Papeles	24,10%	4,662%	31,78%	16,43%
Diarios y Revistas	8,14%	3,029%	13,13%	3,16%
Papel de Oficina (Alta Calidad)	0,92%	0,998%	2,56%	0,00%
Papel Mezclado	9,55%	3,166%	14,76%	4,34%
Cartón	4,55%	2,262%	8,27%	0,83%
Envases Tetrabrick	0,94%	1,062%	2,69%	0,00%
Plásticos	13,75%	3,767%	19,95%	7,55%
PET (1)	2,77%	1,819%	5,76%	0,00%
PEAD (2)	3,43%	2,004%	6,73%	0,13%
PVC (3)	0,40%	0,683%	1,53%	0,00%
PEBD (4)	4,67%	2,285%	8,43%	0,91%
PP (5)	1,40%	1,274%	3,50%	0,00%
PS (6)	0,47%	0,768%	1,73%	0,00%
Otros (7)	0,61%	0,840%	1,99%	0,00%
Vidrio	5,19%	2,438%	9,21%	1,18%
Verde	2,41%	1,685%	5,18%	0,00%
Ambar	0,84%	1,007%	2,49%	0,00%

Tabla 3 - ESTADISTICA COMPOSICION FISICA				
Componentes	Media	Desvío Standard	Límite Superior	Límite Inferior
Blanco	1,95%	1,515%	4,44%	0,00%
Metales Ferrosos	1,57%	1,341%	3,78%	0,00%
Metales No Ferrosos	0,90%	1,008%	2,56%	0,00%
Latas de Aluminio	0,46%	0,739%	1,67%	0,00%
Aluminio	0,29%	0,574%	1,23%	0,00%
Bronce	0,01%	0,059%	0,11%	0,00%
Plomo	0,03%	0,180%	0,33%	0,00%
Otros Metales no ferrosos	0,11%	0,333%	0,66%	0,00%
Materiales Textiles	2,51%	1,689%	5,29%	0,00%
Madera	1,30%	1,202%	3,28%	0,00%
Goma, cuero, corcho	0,70%	0,872%	2,13%	0,00%
Pañales Descartables y Apósitos	4,05%	2,202%	7,67%	0,42%
Materiales de Construcción y Demolición	1,70%	1,408%	4,02%	0,00%
Residuos de Poda y Jardín	4,97%	2,414%	8,95%	1,00%
Residuos Peligrosos	1,24%	1,251%	3,30%	0,00%
Residuos Patógenos	0,41%	0,656%	1,49%	0,00%
Desechos Alimenticios	33,39%	5,152%	41,87%	24,91%
Misceláneos Menores a 12,7 mm	4,22%	2,197%	7,84%	0,60%

Gráfico 1 – Composición Física Promedio RSU
Ciudad de Buenos Aires 2001



3.2.2. Peso Volumétrico

El Peso Volumétrico promedio de los RSU de la Ciudad de Buenos Aires es: **184.51 kg/m³**

3.2.3. Composición Física de los RSU según Uso del Suelo(UDS)

Se efectuó la determinación de la Composición Física Promedio teniendo en cuenta los Usos de Suelo predominantes UDS (Uso del Suelo- Actividades Urbanas) de la ciudad de Buenos Aires, de acuerdo a la clasificación efectuada.

Dicha determinación se realizó a través de la evaluación estadística de los datos del muestreo, para las determinaciones físicas, según su Clasificación por UDS: Zonas Centrales, Zonas Residenciales, Zonas Residencial/Comercial y Zonas Residencial/Industrial (mixta), a los fines de su aplicación al total del universo de la Ciudad de Buenos Aires. En la Tabla 4 se observan las diferencias relativas que presentarían las diferentes zonas respecto a la composición de los residuos domiciliarios que las mismas generan, de acuerdo al estudio realizado.

Tabla 4 Composición de los RSU según Uso del Suelo-UDS				
Componentes	UDS 1 Zonas Centrales	UDS 2 Zonas Residenciales	UDS 3 Zonas Residencial-Comercial	UDS 4 Zonas Residencial-Industrial
	% P/P	% P/P	% P/P	% P/P
Papeles y Cartones	24.86%	23.50%	25.89%	24.26%
Diarios y Revistas	4.60%	8.84%	8.84%	6.08%
Papel de Oficina (Alta Calidad)	1.40%	0.95%	0.83%	0.87%
Papel Mezclado	12.83%	8.67%	10.38%	10.66%
Cartón	5.23%	4.11%	4.80%	5.75%
Envases Tetrabrick	0.79%	0.93%	1.04%	0.91%
Plásticos	15.99%	13.58%	13.05%	12.94%
PET (1)	2.15%	2.89%	2.46%	2.82%
PEAD (2)	3.52%	3.52%	3.40%	2.72%
PVC (3)	0.59%	0.37%	0.44%	0.30%
PEBD (4)	6.91%	4.27%	4.45%	4.94%
PP (5)	1.93%	1.48%	1.11%	1.10%
PS (6)	0.43%	0.46%	0.52%	0.30%
Otros (7)	0.47%	0.59%	0.66%	0.76%
Vidrio	5.27%	5.60%	4.82%	3.35%
Verde	2.12%	2.67%	2.16%	1.78%
Ambar	0.81%	0.92%	0.84%	0.29%
Blanco	2.34%	2.01%	1.82%	1.28%
Metales Ferrosos	1.94%	1.44%	1.69%	1.89%
Metales No Ferrosos	1.21%	1.03%	0.60%	0.55%
Latas de Aluminio	0.51%	0.47%	0.42%	0.35%
Aluminio	0.48%	0.30%	0.18%	0.19%
Bronce	0.13%	0.00%	0.00%	0.00%
Plomo	0.00%	0.07%	0.00%	0.00%
Otros Metales no ferrosos	0.11%	0.20%	0.00%	0.00%

Tabla 4 Composición de los RSU según Uso del Suelo-UDS				
Componentes	UDS 1 Zonas Centrales	UDS 2 Zonas Residenciales	UDS 3 Zonas Residencial-Comercial	UDS 4 Zonas Residencial-Industrial
	% P/P	% P/P	% P/P	% P/P
Materiales Textiles	1.51%	2.71%	2.31%	2.96%
Madera	1.59%	1.31%	0.86%	2.16%
Goma, cuero, corcho	0.81%	0.65%	0.58%	1.25%
Pañales Descartables y Apósitos	2.22%	4.25%	3.76%	4.69%
Mat. de Construcción y Demolición	0.88%	1.52%	2.26%	2.62%
Residuos de Poda y Jardín	2.87%	5.16%	6.77%	2.30%
Residuos Peligrosos	1.15%	1.28%	0.87%	1.33%
Residuos Patogénicos	0.89%	0.44%	0.14%	0.32%
Desechos Alimenticios	34.56%	33.46%	32.08%	34.59%
Misceláneos Menores a 12,7 mm	4.24%	4.08%	4.31%	4.77%

En la siguiente Tabla 5 se consiguen las determinaciones de Peso Volumétrico para cada tipo de Uso del Suelo clasificado.

Tabla 5 Peso Volumétrico de los RSU según Uso del Suelo-UDS				
Parámetro	UDS 1 Zonas Centrales	UDS 2 Zonas Residenciales	UDS 3 Zonas Residencial-Comercial	UDS 4 Zonas Residencial-Industrial
Peso Volumétrico (kg/m ³)	192.42	185.10	179.97	181.07

3.2.4. Composición Física de los RSU según NSE

Se llevo a cabo la evaluación estadísticas de los datos del muestreo, para las determinaciones físicas, según su Categorización por NSE: A (Alto y medio-alto), B (Medio), C (Medio-bajo) y D (Bajo).

En la Tabla 6, se indica el Peso Volumétrico diferencial de los RSU según categorías de NSE analizadas y en la Tabla 7, se presenta la Composición Física Promedio, según las distintas categorías de NSE predominantes (Nivel Socioeconómico) de la ciudad de Buenos Aires.

Tabla 6 - Peso Volumétrico de los RSU según NSE – Bs. As- 2001				
Parámetro	NSE A Alto Medio-Alto	NSE B Medio	NSE C Medio-Bajo	NSE D Bajo
Peso Volumétrico (kg/m ³)	181.93	189.85	184.23	182.04

Tabla 7 - Composición Física Promedio de los RSU. Según NSE- Bs. As. 2001				
Componentes	NSE A	NSE B	NSE C	NSE D
	Alto y Medio Alto	Medio	Medio Bajo	Bajo
	% P/P	% P/P	% P/P	% P/P
Papeles y Cartones	24.26%	23.65%	25.14%	23.81%
Diarios y Revistas	8.33%	7.62%	8.33%	6.95%
Papel de Oficina (Alta Calidad)	0.84%	0.99%	1.43%	0.55%
Papel Mezclado	9.30%	9.72%	10.42%	10.10%
Cartón	4.78%	4.45%	4.01%	5.40%
Envases Tetrabrick	1.02%	0.87%	0.95%	0.81%
Plásticos	14.36%	14.03%	13.71%	12.21%
PET (1)	2.79%	2.94%	2.50%	2.41%
PEAD (2)	3.72%	3.35%	3.37%	2.94%
PVC (3)	0.48%	0.37%	0.44%	0.28%
PEBD (4)	4.92%	4.97%	4.83%	4.01%
PP (5)	1.24%	1.52%	1.50%	1.54%
PS (6)	0.58%	0.44%	0.41%	0.28%
Otros (7)	0.63%	0.44%	0.66%	0.75%
Vidrio	4.93%	5.16%	5.00%	5.74%
Verde	2.17%	2.16%	2.47%	3.07%
Ambar	0.77%	1.03%	0.79%	0.57%
Blanco	1.99%	1.97%	1.74%	2.10%
Metales Ferrosos	1.67%	1.48%	1.87%	1.32%
Metales No Ferrosos	0.69%	1.01%	1.10%	0.93%
Latas de Aluminio	0.45%	0.59%	0.38%	0.34%
Aluminio	0.24%	0.36%	0.16%	0.50%
Bronce	0.00%	0.00%	0.07%	0.00%
Plomo	0.00%	0.00%	0.14%	0.00%
Otros Metales no ferrosos	0.01%	0.06%	0.36%	0.08%
Materiales Textiles	2.08%	2.69%	2.68%	2.60%
Madera	1.18%	1.48%	1.51%	1.27%
Goma, cuero, corcho	0.44%	0.89%	0.71%	1.04%
Pañales Descartables y Apósitos	3.96%	3.90%	3.97%	3.75%
Mat. de Construcción y Demolición	1.85%	1.25%	1.35%	2.71%
Residuos de Poda y Jardín	5.57%	6.46%	2.91%	3.63%
Residuos Peligrosos	1.41%	1.05%	1.20%	0.96%
Residuos Patogénicos	0.52%	0.31%	0.23%	0.80%
Desechos Alimenticios	32.92%	32.17%	34.37%	35.34%
Misceláneos Menores a 12,7 mm	4.15%	4.48%	4.24%	3.89%

3.2.5. Composición Física según UDS y NSE

En la Tabla 8 se presenta la Composición Física Promedio y Peso Volumétrico, teniendo en cuenta, la doble estratificación según UDS predominante (Uso del Suelo: Actividad Urbana predominante) y NSE predominantes (Nivel Socioeconómico) de la ciudad de Buenos Aires, de acuerdo a la clasificación realizada.

Tabla .8 – Composición Física Promedio de los RSU según UDS y NSE – Buenos Aires -2001													
Zonas según NSE / UDS	UDS 1:Central			UDS 2:Residencial				UDS 3: Res/Comercial				UDS 4: Res-Ind	
	1A	1B	1C	2A	2B	2C	2D	3A	3B	3C	3D	4C	4D
Componentes	% P/P	%P/P	% P/P	% P/P	% P/P	% P/P	% P/P	% P/P	% P/P	% P/P	% P/P	% P/P	% P/P
Papeles y Cartones	23.48%	24.12%	26.97%	23.54%	22.58%	25.91%	21.88%	27.01%	25.96%	23.88%	27.15%	22.10%	27.15%
Diarios y Revistas	5.58%	3.08%	5.15%	8.72%	8.29%	9.97%	8.62%	9.22%	9.34%	8.61%	5.99%	6.13%	6.01%
Papel de Oficina (Alta Calid.)	1.77%	1.05%	1.37%	0.70%	0.66%	1.93%	0.76%	0.53%	1.76%	0.26%	0.00%	1.11%	0.56%
Papel Mezclado	9.94%	13.25%	15.31%	8.94%	8.39%	8.93%	8.24%	9.89%	10.39%	10.28%	12.66%	9.46%	12.26%
Cartón	5.41%	6.18%	4.10%	4.23%	4.25%	4.13%	3.50%	5.95%	3.63%	3.85%	7.71%	4.48%	7.43%
Envases Tetrabrick	0.77%	0.57%	1.03%	0.95%	0.98%	0.95%	0.75%	1.42%	0.84%	0.87%	0.79%	0.92%	0.89%
Plásticos	16.26%	15.83%	15.89%	13.74%	14.68%	12.85%	12.03%	14.79%	11.06%	12.93%	14.35%	13.33%	12.42%
PET (1)	2.53%	2.15%	1.79%	2.85%	3.55%	2.54%	2.17%	2.80%	2.01%	2.50%	2.79%	2.85%	2.79%
PEAD (2)	4.42%	2.25%	3.88%	3.62%	3.83%	3.33%	2.88%	3.51%	2.97%	3.06%	5.75%	3.04%	2.30%
PVC (3)	0.64%	0.54%	0.58%	0.37%	0.35%	0.36%	0.45%	0.72%	0.30%	0.37%	0.10%	0.45%	0.11%
PEBD (4)	6.26%	8.15%	6.32%	4.56%	4.41%	4.08%	3.55%	4.99%	3.98%	4.56%	3.82%	4.94%	4.94%
PP (5)	1.41%	1.85%	2.52%	1.29%	1.52%	1.47%	1.89%	0.95%	1.28%	1.06%	1.24%	1.06%	1.15%
PS (6)	0.30%	0.49%	0.49%	0.58%	0.47%	0.43%	0.19%	0.77%	0.32%	0.48%	0.45%	0.27%	0.33%
Otros (7)	0.71%	0.41%	0.30%	0.47%	0.55%	0.64%	0.89%	1.06%	0.21%	0.90%	0.21%	0.73%	0.80%
Vidrio	4.27%	6.31%	5.22%	5.35%	5.45%	5.70%	6.33%	4.18%	3.58%	5.36%	10.77%	3.17%	3.58%
Verde	1.38%	2.07%	2.89%	2.45%	2.48%	2.79%	3.38%	1.92%	1.43%	2.31%	5.64%	1.61%	2.01%
Ambar	1.04%	0.74%	0.64%	0.78%	1.36%	0.79%	0.54%	0.56%	0.40%	1.35%	2.20%	0.30%	0.27%
Blanco	1.85%	3.49%	1.68%	2.12%	1.61%	2.13%	2.40%	1.71%	1.75%	1.70%	2.92%	1.26%	1.30%
Metales Ferrosos	2.12%	1.59%	2.10%	1.42%	1.52%	1.54%	1.20%	2.09%	1.28%	1.79%	1.45%	2.28%	1.37%
Metales No Ferrosos	1.04%	1.38%	1.22%	0.60%	1.10%	1.54%	1.24%	0.70%	0.50%	0.55%	0.79%	0.49%	0.62%
Latas de Aluminio	0.75%	0.30%	0.46%	0.37%	0.77%	0.34%	0.28%	0.46%	0.35%	0.42%	0.58%	0.33%	0.39%
Aluminio	0.25%	1.01%	0.16%	0.23%	0.25%	0.16%	0.80%	0.25%	0.13%	0.13%	0.21%	0.16%	0.23%

Tabla .8 – Composición Física Promedio de los RSU según UDS v NSE – Buenos Aires -2001													
Zonas según NSE / UDS	UDS 1:Central			UDS 2:Residencial				UDS 3: Res/Comercial				UDS 4: Res-Ind	
	1A	1B	1C	2A	2B	2C	2D	3A	3B	3C	3D	4C	4D
Componentes	% P/P	%P/P	% P/P	% P/P	% P/P	% P/P	% P/P	% P/P	% P/P	% P/P	% P/P	% P/P	% P/P
Bronce	0.00%	0.00%	0.38%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Plomo	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.32%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Otros Metales no ferrosos	0.03%	0.07%	0.22%	0.00%	0.08%	0.72%	0.16%	0.00%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Materiales Textiles	2.96%	0.39%	1.17%	1.39%	3.91%	4.08%	1.55%	3.52%	1.36%	1.99%	2.27%	1.65%	4.71%
Madera	2.23%	1.52%	1.02%	1.07%	1.66%	1.42%	1.01%	0.70%	1.00%	0.87%	0.96%	3.73%	0.07%
Goma, cuero, corcho	0.41%	1.24%	0.77%	0.36%	0.92%	0.48%	1.07%	0.71%	0.55%	0.65%	0.00%	1.41%	1.05%
Pañales Descartables y Apósitos	1.98%	1.75%	2.94%	4.78%	4.70%	3.64%	2.94%	2.99%	3.49%	4.97%	4.27%	4.70%	4.68%
Mat. de Construcción y Demolición	0.00%	0.97%	1.69%	1.66%	0.78%	0.93%	3.47%	3.80%	2.64%	0.46%	0.00%	2.15%	3.25%
Residuos de Poda y Jardín	7.59%	0.00%	1.03%	5.82%	5.78%	3.34%	4.88%	3.31%	12.98%	5.02%	0.96%	2.06%	2.61%
Residuos Peligrosos	0.72%	1.82%	0.92%	1.74%	1.03%	1.18%	0.78%	0.91%	0.54%	1.29%	0.76%	1.26%	1.42%
Residuos Patogénicos	2.21%	0.45%	0.02%	0.25%	0.28%	0.43%	1.23%	0.08%	0.29%	0.07%	0.00%	0.56%	0.00%
Desechos Alimenticios	32.25%	36.59%	34.84%	34.11%	31.27%	33.02%	36.88%	29.85%	31.10%	35.83%	33.62%	35.56%	33.29%
Misceláneos < 12,7 mm	2.50%	6.04%	4.19%	4.17%	4.34%	3.94%	3.52%	5.34%	3.67%	4.34%	2.65%	5.51%	3.79%
Peso Volumétrico	179.83	204.54	192.88	179.71	191.51	186.96	182.58	190.16	174.66	174.33	177.38	179.81	182.75

4. DETERMINACIÓN DE LA GENERACIÓN MEDIA DIARIA DE RSU PER CÁPITA

Para realizar la determinación de la producción per cápita de RSU (PPC) se procedió a calcular la población residente en cada ruta de recolección muestreada a fin de su correlación con la información procesada sobre cantidad de RSU recolectados por día.

4.1 CÁLCULO DE PRODUCCIÓN MEDIA DIARIA(TN) DE RSU POR RUTAS DE RECOLECCIÓN

En primer término se realizó la recopilación y análisis de la información sobre las pesadas de vehículos de recolección que corresponden diariamente a cada ruta muestreada en las estaciones de transferencia del CEAMSE, para obtener datos promedio diarios por rutas, según clasificación por UDS y NSE. Se efectuó el análisis de 6 (seis) meses de pesadas del CEAMSE: Abril 2000, Julio 2000, Octubre 2000, Diciembre 2000, Enero 2001 y Febrero 2001. De este manera se obtuvo el valor promedio mensual y el valor promedio diario de cada una de las rutas.

4.2 CÁLCULO DE DENSIDAD Y POBLACIÓN POR RUTAS DE RECOLECCIÓN

Se llevo a cabo la determinación de la densidad y población en cada ruta de recolección muestreada, consolidando los datos de acuerdo a Información de densidad por radio censal (PUA), Población total en cada Centro de Gestión y Participación informada por SEC-GCBA y su distribución por la cantidad de Rutas que integran cada Centro, y Medición de superficie (Has) de cada ruta de recolección muestreada

Se efectuó la revisión consolidación de los valores de densidad aplicados a cada ruta ya que en varias de ellas se aprecia la existencia de grandes espacios abiertos o grandes equipamientos, que con un análisis pormenorizado del tejido urbano, fueron descontados de la superficie bruta de cada ruta, a fin de no distorsionar los resultados de población calculada por densidad. Luego, se efectuó el cálculo estimado de la población de todas las rutas de recolección clasificadas de la ciudad.

4.3 CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN PER CÁPITA (PPC)

La PPC (producción per cápita promedio diaria) para la ciudad de Buenos Aires es: **0.8816 kg/Hab. X día²**

En la Tabla 9 se presenta la Producción per cápita promedio diaria teniendo en cuenta los Usos de Suelo predominantes UDS (Uso del Suelo- Actividades Urbanas).

Tabla 9 - Producción per cápita según UDS- Buenos Aires -2001	
Usos del Suelo predominantes –UDS	PPC (Kg/Hab x día)
UDS 1 – Zonas Centrales	1.040
UDS 2 – Zonas Residenciales	0.826
UDS 3 – Zonas Residencial-Comercial	1.004
UDS 4 – Zonas Residencial-Industrial	0.789

En la siguiente Tabla 10 se presenta la Producción per cápita promedio diaria teniendo en cuenta los Niveles Socioeconómicos predominantes (NSE) de la ciudad de Buenos Aires.

Tabla 10 - Producción per cápita según NSE – Buenos Aires -2001	
Nivel Socioeconómico predominantes - NSE	PPC (Kg/Hab x día)
NSE A – Nivel socioeconómico Alto y Medio-Alto	0.960
NSE B – Nivel socioeconómico Medio	0.916
NSE C – Nivel socioeconómico Medio-Bajo	0.852
NSE D – Nivel socioeconómico Bajo	0.749

² La Producción per cápita (PPC) promedio fue calculada solamente para los residuos domiciliarios, sin tener en cuenta el aporte del Barrido y servicios especiales.

5. DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS RSU

5.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA: RESULTADOS OBTENIDOS

5.1.1 Composición Química promedio de los RSU de la Ciudad de Buenos Aires

En la Tabla 11, se presenta la composición química de los RSU de la ciudad de Buenos Aires:

Tabla 11 - ESTADISTICA COMPOSICION QUIMICA					
Parámetros Específicos	Unidades	Media	Desvío	Límite Inferior	Límite Superior
PH1(25 ml)	UpH	4,95	0,110	4,7	5,2
pH2(50 ml)	UpH	4,93	0,110	4,7	5,2
pH3(75 ml)	UpH	4,88	0,127	4,6	5,1
Líquidos libres		No presenta			
Sólidos volátiles	%p/p	37,1	2,082	32,8	41,5
Sólidos fijos	%p/p	45,3	2,520	40,1	50,6
Materia orgánica		81,1	2,112	76,7	85,5
Nivel de estabilización	%	> 10			
Inflamabilidad	°C	< a 60°			
Humedad	%p/p	54,7	2,520	49,4	59,9
Cenizas	%p/p	25,8	3,070	19,4	32,2
Cianuros	mg/kg	0,11	0,008	0,09	0,13
Sulfuros	mg/kg	307,0	23,02	259,1	354,9
Calcio	%p/p	1,23	0,080	1,06	1,40
Nitrógeno (NTK)	g/kg	18,7	2,362	13,8	23,7
Azufre	%p/p	0,36	0,033	0,29	0,42
Fósforo	%p/p	1,05	0,120	0,80	1,30
Cloro	%p/p	0,14	0,016	0,11	0,18
Carbono Total	%	22,0	1,276	19,4	24,7
Hidrogeno	%	5,4	0,146	5,0	5,7
Oxigeno	%	11,5	0,641	10,2	12,9
Poder Calorífico Inferior Húmeda	Base Kcal/Kg	1624	41,30	1539	1710
Poder Calorífico Inferior Seca	Base Kcal/Kg	4265	64,45	4131	4399
Poder Calorífico Superior Húmeda	Base Kcal/Kg	2129	32,04	2063	2195
Poder Calorífico Superior Seca	Base Kcal/Kg	4600	61,29	4472	4727
Metales Pesados					
Arsénico	mg/kg	0,11	0,029	0,047	0,177
Bario	mg/kg	< 0.006			
Cadmio	mg/l lixi.	0,109	0,0060	0,092	0,126

Tabla 11 - ESTADISTICA COMPOSICION QUIMICA

Parámetros Específicos	Unidades	Media	Desvío	Límite Inferior	Límite Superior
Cadmio	mg/kg	3,14	0,663	1,76	4,53
Cobre	mg/kg	562,2	238,18	37,98	1086,44
Cromo	mg/l lixi.	0,106	0,0055	0,089	0,124
Cromo	mg/kg	23,50	3,504	16,23	30,77
Mercurio	mg/l lixi.	< 0.001			
Mercurio	mg/kg	0,046	0,0125	0,020	0,072
Níquel	mg/kg	21,39	2,259	16,69	26,09
Hierro	mg/kg	1907,7	419,56	1035,0	2780,4
Plomo	mg/l lixi.	0,581	0,148	0,200	0,962
Plomo	mg/kg	73,0	19,19	19,78	126,30
Potasio	mg/kg	6190,7	614,1	4909,8	7471,7
Sodio	mg/kg	2930,7	494,0	1863,7	3997,7
Zinc	mg/kg	505,0	249,3	0,0	1036,2

5.1.2 Compuestos Peligrosos

Se llevó a cabo la toma de 5 (cinco) muestras compuestas de las rutas de recolección de zonas clasificadas como Mixtas (Industrial/Residencial), para determinar la presencia de compuestos considerados como peligrosos por la legislación nacional (Ley 24.051 y Dec. Regl. 831/93). Como conclusiones del muestreo de los compuestos con características peligrosas presentes en los RSU, puede expresarse que:

- No se detectaron pesticidas clorados: Aldrin + Dieldrin, Clordano, Heptacloroepoxi + Heptacloro, Lindano, Metoxicloro.
- No se detectaron Bifenilos policlorados (PCB's)
- No se detectaron Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares
- No se detectaron compuestos fenólicos

6. ANALISIS MICROBIOLÓGICO DE RSU: RESULTADOS

El estudio realizado permitió determinar los siguientes resultados:

- Las concentraciones de bacterias coliformes totales, Escherichia coli, enterococos y colifagos en las muestras de R.S.U. procesadas en el presente estudio, demuestran elevados niveles de contaminación de origen fundamentalmente fecal y densidades microbianas relativas similares a las características de líquidos cloacales.
- Los niveles de densidad bacteriana detectados en las distintas muestras, indican que el tipo y grado de contaminación detectada es característico de este tipo de residuos en el área en estudio.
- Si bien no se han detectado bacterias del género Salmonella ni huevos de Helmintos o quistes de protozoos, el reducido número de muestras procesadas en este estudio, no permite descartar que los R.S.U. puedan ser considerados un reservorio o vehículo de estos microorganismos.
- Los R.S.U. deben ser considerados como un reservorio y fuente de transmisión de Cryptosporidium
- No se pueden utilizar los niveles de bacterias coliformes, E.coli o enterococos, como indicadores de la presencia o ausencia de **Cryptosporidium**.
- Las elevadas densidades microbianas detectadas en algunas de las submuestras de pañales y apósitos indican que estos componentes pueden constituir una importante fuente de bacterias de origen fecal en los R.S.U.

- 7 Las únicas relaciones entre la composición fisicoquímica y microbiológica de muestras de R.S.U. encontradas en este estudio, son entre sus porcentajes de **sólidos fijos** y densidades de bacterias indicadoras de contaminación y la presencia de *Cryptosporidium* con la concentración de Nitrógeno de las muestras en las que se detectó este parásito.
- 8 El desarrollo de las poblaciones de *Salmonella typhimurium*, coliformes totales y *Escherichia coli* en muestras de R.S.U., indica su potencialidad del crecimiento bacteriano en este tipo de residuos.

III. COMPOSICIÓN Y GENERACIÓN DE RSU SEGÚN COMPONENTES

1. COMPOSICIÓN FÍSICA POR COMPONENTES

1.1. PAPELES Y CARTONES

El componente papeles y cartones tiene un valor promedio porcentual de: 24.10 % y un desvío standard de: 4.66%, siendo el segundo componente más importante en el flujo de residuos sólidos. Presenta un porcentaje mayor de participación en los RSU, respecto al año 1991. En efecto, el incremento porcentual de este componente es mayor al 38% en relación con el Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos de la Ciudad de Buenos Aires³, (Año 1991: 17,42 % y Año 2001: 24.10%).

Se puede afirmar además, que el crecimiento real que presentaría este componente sería aún mayor. En efecto, se observa que los papeles y cartones son desviados del flujo de RSU de manera informal, en zonas centrales y en zonas de alto nivel socioeconómico, así como las áreas comerciales.

El aumento de papeles y cartones se debería a:

- Mayor correspondencia comercial de todos los servicios comerciales y bancarios y Generalización del uso de computadoras.
- Uso de toallas del tipo tissue.
- Aumento del uso del cartón corrugado como embalaje en reemplazo de madera.
- Utilización de embalajes de cartón para lácteos: yoghurt, leche y jugos, no envasados al vacío (perecederos).
- Proliferación de envases tipo tetrabrick (aluminio + cartón + plástico), que se utilizan como envases para bebidas y comidas envasadas al vacío (lácteos, jugos, conservas, vino), que tienen una participación del 0.94 % desplazando a otros materiales tales como: vidrio y metales ferrosos.

El total de papeles y cartones dispuestos en las estaciones de transferencia es más de: 600 Tn/día, de las cuales aproximadamente el 50 % serían potencialmente reciclables.

1.2. PLÁSTICOS

El componente Plásticos tiene un valor promedio porcentual de 13.75 % y un desvío standard de: 3.76%, siendo el tercer componente más importante en el flujo de residuos sólidos. Tal cual se observa de estudios de composición anteriores realizados en la ciudad de Buenos Aires, el componente plástico presenta un crecimiento sostenido durante los últimos 25 años reemplazando materiales de embalaje y envases, dadas sus características: de bajo peso (menores costos de transporte) y seguridad para su manejo (menor cantidad de accidente por roturas). Además, durante estos últimos años ha habido una tendencia a fabricar productos plásticos cada vez más livianos utilizando nuevas tecnologías de producción y haciendo más atractiva su utilización. El uso como packaging y envase continua creciendo dada la versatilidad de este material.

Se han realizado las siguientes observaciones durante el muestreo del componente plástico:

- Mayor utilización de envases tipo botellas PET-1 y PEAD-2, para envases de bebidas y alimentos, en reemplazo del vidrio y metales ferrosos y no ferrosos.

³ Estudio de la Calidad de los Residuos Sólidos de la Ciudad de Buenos Aires – Instituto de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Buenos Aires. 1991

- Debido a hábitos de consumo establecidos este componente se presenta en todos los estratos clasificados, debido a la generalización de utilización de envases y packaging.
- Las nuevas modalidades de comercialización utilizadas por las cadenas de supermercados aumentaron la utilización de packaging para la comercialización de alimentos: bandejas de PS-6, envolturas con films de PEBD y PVC, bolsas plásticas, etc.

El total de plásticos encontrados en los RSU es más de 350 Tn/día, de las cuales aproximadamente el 80 % sería potencialmente reciclable (PET + PEAD + PEBD), dependiendo de los precios del mercado.

1.3. VIDRIO

El componente vidrio tiene un valor promedio porcentual de: 5.19 % y un desvío standard de: 2.43%, siendo el cuarto componente más importante en el flujo de residuos sólidos. El componente vidrio presenta una disminución en su participación porcentual mayor al 13 %, respecto a estudios anteriores realizados en la ciudad de Buenos Aires por el Instituto de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Buenos Aires. Este componente ha disminuido su incidencia porcentual durante los últimos 20 años, debido a su reemplazo por otros materiales en la producción de envases:

- Reemplazo de botellas y envases de vidrio para gaseosas y alimentos, por envases y botellas de plásticos tipo PET, dado que este material es más liviano.
- Reemplazo de envases de vidrio para cosméticos y medicamentos, por envases plásticos y blisters (plástico y aluminio)

El total de vidrios encontrados en los RSU es mayor a 135 Tn/día y son en su gran mayoría reciclables.

1.4. METALES FERROSOS

El componente metales ferrosos tiene un valor promedio porcentual de 1.57 % y un desvío standard de: 1.34%. El componente metales ferrosos verifica un importante decrecimiento porcentual y mayor al 37% con relación a estudios anteriores sobre calidad de RSU realizados en la ciudad de Buenos Aires. Este material ha disminuido su participación en el flujo de residuos debido a su reemplazo en la fabricación de envases, por materiales tales como: tetrabrick y plásticos y a la tendencia de evolución del packaging hacia elementos más livianos y más seguros en cuanto a su manejo. El total de metales ferrosos encontrados en los RSU es de más de 40 Tn/día.

1.5. METALES NO FERROSOS

El porcentaje de metales no ferrosos en el flujo de residuos es de 0.9 %. El componente metales no ferrosos verifica un incremento en su porcentaje mayor al 40% con relación a estudios de calidad de RSU realizados en la ciudad de Buenos Aires realizado en 1991. Este material ha aumentado su participación en el flujo de residuos debido al incremento del consumo de bebidas gaseosas y cervezas en latas de aluminio y a la utilización de este para packaging compuesto:

El subcomponente más importante de los metales no ferrosos son las latas de aluminio, que son fácilmente reciclables con un alto valor económico en el mercado. El total de metales ferrosos encontrados en los RSU es más de: 24 Tn/día.

1.6 MATERIALES TEXTILES

El porcentaje de materiales textiles en el flujo de residuos es del 2.51 %. El componente Materiales Textiles presenta una disminución del 7.4% con relación a estudios de calidad de RSU realizados en la ciudad de Buenos Aires en 1991. Sin embargo, su participación en peso (Tonelaje diario) aumento aproximadamente un 20% con relación a los valores encontrados en el Año 1991.

1.7. MADERA, GOMA, CUERO Y CORCHO

El componente madera presenta un porcentaje en el flujo de residuos del 1.3 % y los componentes Goma, Cuero y Corcho presenta un porcentaje en el flujo de residuos de: 0.7%.

1.8. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

El porcentaje de materiales de demolición y construcción en el flujo de residuos es del 1.7 %. El componente materiales de construcción y demolición presenta una disminución del 14% con relación a estudios de calidad de RSU realizados en la ciudad de Buenos Aires en 1991.

1.9. RESIDUOS DE PODA Y JARDÍN

El componente residuos de poda y jardín presenta un porcentaje en el flujo de residuos del 4.97 %, siendo el quinto componente más importante en el flujo de residuos sólidos.

1.10. PAÑALES Y APÓSITOS DESCARTABLES:

El componente pañales y apósitos descartables presenta un porcentaje en el flujo de residuos del 4.05 %. Cabe aclarar que este material no fue considerado como un componente específico, en el estudio de calidad de la ciudad de Buenos Aires en 1991, sino en forma conjunta con los plásticos (los pañales son fabricados con polipropileno). Debido al abaratamiento de estos elementos en el último tiempo, los porcentuales de pañales y apósitos encontrados en los RSU no están afectados de manera significativa por los niveles socioeconómicos, es decir que en todos los estratos sociales se utiliza estos pañales y apósitos.

1.11. DESECHOS ALIMENTICIOS

El porcentaje de desechos alimenticios en el flujo de residuos es del 33.39 %, con un desvío standard de: 5.15 %, siendo el primer componente más importante en el flujo de residuos sólidos. El componente desechos alimenticios presenta una disminución del 35% con relación a estudios de calidad de RSU realizados en la ciudad de Buenos Aires realizado en 1991. Este material ha disminuido su participación porcentual en el flujo de residuos, y también su participación en peso (tonelaje diario), en alrededor un 5% sobre el total de tonelaje de desechos alimenticios del año 1991. Las probables causas de su disminución porcentual se deben principalmente cambios de hábitos de consumo relacionados con el uso extendido de abastecimiento en supermercados.

1.12. MISCELÁNEOS

El porcentaje de misceláneos menores a $\frac{1}{2}$ " (12.7 mm) en el flujo de residuos es: 4.22 %. Este material incluye: restos de materiales diversos de tamaño menor a 1/2 pulgada (12,7 mm), tales como: papeles y cartones, papel tissue, elementos plásticos, desechos alimenticios, producido de barrido doméstico: polvo, cenizas, etc. Los materiales misceláneos corresponden a elementos diversos que no pueden ser separados manualmente.

2. PESO VOLUMÉTRICO SEGÚN UDS Y NSE

El peso volumétrico de los RSU generados en la ciudad de Buenos Aires es: 184.51 kg/m³. Ha disminuido un 25% comparativamente con el valor de peso volumétrico encontrado en el Estudio de Calidad de los residuos sólidos realizado en 1991.

Las probables causas de esta disminución son el aumento del contenido de envases y packaging más livianos, y la disminución del contenido porcentual de componentes pesados, tales como: metales ferrosos, materiales de construcción, desechos alimenticios, vidrios.

3. PRODUCCIÓN PER CÁPITA (PPC) SEGÚN UDS Y NSE

La producción per cápita (PPC) de RSU de tipo Domiciliarios en la ciudad de Buenos Aires es: **0.8816 kg/ Hab. x día**. La generación ha aumentado en aproximadamente 28% comparativamente con el valor de PPC encontrado en el Estudio de Calidad de los residuos sólidos realizado en 1991. Las causas del aumento de generación per cápita de RSU en la ciudad de Buenos Aires serían el crecimiento del packaging, los cambios en los hábitos de consumo y el crecimiento del consumo siguiendo la tendencia mundial de mayor consumo de productos.

4. COMPOSICIÓN QUÍMICA

4.1. PH

El pH de los RSU muestrados es: 4.95 UpH (ligeramente ácido), con un desvío standard de: 0.11 UpH. El valor de pH de los RSU disminuyó en relación con el valor de pH encontrado en 1991⁴ (5.24 UpH). Se

⁴ Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos de la Ciudad de Buenos Aires – Instituto de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Buenos Aires. 1991

observó que los valores de pH son bajos y podrían dificultar la degradación biológica de los residuos en el relleno sanitario y favorecería la disolución de metales pesados presentes en los RSU.

4.2. SÓLIDOS VOLÁTILES

El contenido de sólidos volátiles de los RSU es: 37.1 % p/p, con un desvío standard de: 2.082 % p/p. El contenido orgánico de un residuo es un parámetro importante para evaluar, entre otras cosas, la producción de olores, la potencialidad de atracción de vectores y la necesidad de reducción de ese contenido.

4.3. MATERIA ORGÁNICA

El valor promedio de Materia Orgánica es: 81.1 %, con un desvío standard de: 2.112 %. El contenido de materia orgánica ha aumentado en relación con el valor promedio obtenido en 1991 (76.23 %). Ello se debería al aumento de la presencia de plásticos y papeles y cartones en los RSU.

4.4. CIANUROS

El contenido de cianuros promedio en los RSU es: 0.11 mg/kg, con un desvío standard de: 0.008 mg/Kg. El contenido de cianuros determina la factibilidad, bajo determinadas condiciones específicas, que se puedan generar gases tóxicos en cantidad suficiente como para representar un peligro para la salud y el medio ambiente durante las operaciones de gestión de RSU. Los valores encontrados son bajos y no representan riesgos para la gestión. El valor estipulado para cianuros en la Ley 24051 y Dec. Reg. 831/93 es como máximo 250 mg/Kg de residuo como total de cianuro liberado.

4.5. SULFUROS

El contenido de sulfuros promedio en los RSU es: 307.0 mg/kg, con un desvío standard de: 23.02 mg/Kg. El contenido de sulfuros determina la factibilidad, bajo determinadas condiciones específicas, que se puedan generar gases tóxicos durante la operación. El valor estipulado para sulfuros en la Ley 24051 y Dec. Reg. 831/93, es como máximo 500 mg/Kg de residuos como total de sulfuro liberado.

4.6. NITRÓGENO (NTK)

El contenido de Nitrógeno Total por Kjeldhal promedio en los RSU es: 18.7 g/kg, con un desvío standard de: 2.362 g/kg. El valor de NTK ha aumentado significativamente con respecto al valor encontrado en el estudio de calidad de 1991, debido a: a) Importante presencia de pañales con heces humanas con alto contenido de urea y b) Utilización de colorantes orgánicos que contienen nitrógeno para plásticos y textiles. El nitrógeno es considerado un macronutriente esencial para los procesos de degradación biológica. La relación C/N es uno de los factores nutricionales más importantes para el desarrollo del composting, los valores recomendados por la bibliografía son: 20/1 a 25/1⁵. La relación de C/N para los RSU es: 12/1, esta debería ser corregida con el agregado de materia carbonacea para el caso de que se estime realizar el tratamiento de los residuos mediante composting.

4.7. AZUFRE

El contenido de Azufre promedio en los RSU es: 0.36 % p/p, con un desvío standard de: 0.033 % p/p. La determinación de azufre es parte del análisis elemental de un residuo para determinar el % de los elementos principales con que están constituidos los RSU. La determinación de azufre esta relacionada con la posibilidad de emisiones gaseosas con altos contenidos de SOx.

4.8. FÓSFORO

El contenido de Fósforo promedio en los RSU es: 1.05 % p/p, con un desvío standard de: 0.12 % p/p. El Fósforo es considerado un macronutriente esencial para el desarrollo de degradación biológica. El contenido de fósforo aumentó en relación con el valor promedio obtenido en el año 1991, debido posiblemente a la presencia de fosfatos en los pigmentos y de aditivos varios para los alimentos.

4.9. CLORO

El contenido de cloro promedio en los RSU es: 0.14 % p/p, con un desvío standard de: 0.016 % p/p. La determinación de cloro es parte del análisis elemental de un residuo para determinar el % de los elementos principales con que están constituidos los RSU. La determinación de cloro esta relacionada con la posibilidad de emisiones gaseosas con compuestos clorados durante la combustión. El valor de cloro es relativamente bajo debido a que se ha restringido la utilización de PVC principal fuente de cloro de los RSU.

⁵ Handbook of Solid Waste Management – Frank Kreith – McGraw-Hill

4.10. CARBONO

El contenido de carbono promedio en los RSU es: 22 %, con un desvío standard de: 1.276 %. La determinación de carbono esta relacionada con la posibilidad de biodegradación de estos mediante tratamientos biológicos (composting) y su estabilización biológica dentro de un relleno sanitario. Este elemento es considerado un macronutriente.

4.11. HIDRÓGENO

El contenido de Hidrogeno promedio en los RSU es: 5.4 %, con un desvío standard de: 0.146%. El contenido de Hidrogeno se mantiene dentro de los mismos valores obtenidos durante el Estudio de Calidad de los RSU en 1991.

4.12. OXÍGENO

El contenido de Oxigeno promedio en los RSU es: 11.5 %, con un desvío standard de: 0.641 %.

4.13. PODER CALORÍFICO

El contenido energético de los RSU se determina mediante la utilización de una bomba calorimétrica en el laboratorio y da cuenta del contenido de energía por unidad de masa liberado durante la combustión. Este parámetro vario considerablemente según sea la base para su determinación (base húmeda o seca).

- **Poder calorífico Inferior en base Húmeda:** Media: 1624 Kcal/kg y desvío: 41.30 Kcal/Kg. Se observa un aumento del 6.14% del poder calorífico con relación al valor encontrado en 1991 (1530 Kcal/Kg)
- **Poder calorífico Inferior en base Seca: Media:** 4265 Kcal/kg y desvío: 64.45 Kcal/Kg. Se observa un aumento del 8.44% del poder calorífico con relación al valor encontrado en 1991 (3933 Kcal/Kg).
- **Poder calorífico Superior en base Húmeda:** Media: 2129 Kcal/kg y desvío: 32.04 Kcal/Kg.
- **Poder calorífico Superior en base Seca:** Media: 4600 Kcal/kg y desvío: 61.29 Kcal/Kg. Se observa un aumento del 8.77% del poder calorífico con relación al valor encontrado en 1991 (4229 Kcal/Kg)

El aumento del poder calorífico de los RSU se debe a las siguientes causas: el aumento del contenido de componentes con alto poder calorífico: papeles y cartones y plásticos, en el flujo de RSU y a la disminución del contenido de elementos inertes: vidrios, metales ferrosos, materiales de demolición, etc.

4.14. ARSÉNICO

El contenido de Arsénico promedio en los RSU es: 0.11 mg/Kg, con un desvío standard de: 0.029 mg/Kg. El Arsénico es un metal pesado que inhibe la actividad biológica, considerado como tóxico para la salud humana, con efectos potencialmente cancerígenos. La legislación nacional⁶ no prevé los valores de este compuesto en % masa, solamente fija valores para el lixiviado de residuos o barros. El limite máximo para el arsénico en el lixiviado esta fijado en: 1 mg/litro. Dado que en el ámbito nacional no se prevén limites para el % en peso de este compuesto se compara el mismo con los valores establecidos por la Norma NBR 10004 – Residuos Sólidos de Brasil⁷, la que establece como limite para Arsénico y sus compuestos: 1000 mg/Kg, observándose que los valores encontrados son bajos.

4.15. BARIO

El contenido de Bario promedio en los RSU es: < 0.006 mg/Kg. La legislación nacional⁸ no prevé los valores de este compuesto en % masa, solamente fija valores para el lixiviado de residuos o barros. El limite máximo para el bario en el lixiviado esta fijado en: 100 mg/litro.

4.16. CADMIO

a. Cadmio % masa

El contenido de Cadmio promedio en los RSU es: 3.14 mg/Kg y desvío standard: 0.663 mg/Kg. En el Estudio de Calidad del Año 1991 se estableció que los valores de Cadmio encontrados en los RSU se encontraban por debajo del limite de detección, por lo tanto no pueden ser comparados con los valores obtenidos en este muestreo. La legislación nacional no prevé los valores de este compuesto en % masa, solamente fija valores para el lixiviado de residuos o barros.

⁶ Ley 24051 y Dec. Reg. 831/93 – Anexo VI – Parámetros químicos para barros.

⁷ Norma NBR 10004 – Residuos Sólidos – Anexo H – Listado 9 – Asociación Brasileña de Normas Técnicas

⁸ Ley 24051 y Dec. Reg. 831/93 – Anexo VI – Parámetros químicos para barros.

b. Cadmio en lixiviado

El contenido de Cadmio en el lixiviado de los RSU es en promedio: 0.109 mg/litro y el desvío standard es: 0.006 mg/litro. El valor establecido para el Cadmio en el lixiviado es el resultante de someter la muestra del residuo al procedimiento de extracción, tratando de reproducir las condiciones más adversas a que se vería expuesto este residuo en un relleno y por lo tanto medir la cantidad de este contaminante que eventualmente pasaría al lixiviado: Para el Cadmio en el lixiviado se adopta, en la Ley Nacional 24051 y Dec. 831/93, como límite máximo: 0.5 mg/l. Ninguna de las muestras de los RSU analizadas supera el valor límite de Cadmio en el lixiviado establecido en la Ley Nacional 24051 y Dec. Reglamentario 831/93.

4.17. COBRE

El contenido de Cobre promedio en los RSU es: 562.2 mg/Kg, con un desvío standard de: 238.18 mg/Kg. El cobre es considerado un micronutriente específico para el desarrollo del proceso de composting, pero cuando este elemento se encuentra en altas concentraciones es un inhibidor de la actividad biológica. Además, el cobre es considerado como tóxico para la salud humana. La legislación nacional no prevé los valores de este compuesto en % masa, solamente fija valores para el lixiviado de residuos o barros. El valor límite máximo para el cobre en el lixiviado es: 100 mg/l.

4.18. CROMO*a. Cromo % masa*

El contenido de Cromo promedio en los RSU es: 23.50 mg/Kg y desvío standard: 3.504 mg/Kg. En el Estudio de Calidad del Año 1991 se estableció que los valores de Cromo encontrados en los RSU se encontraban por debajo del límite de detección, por lo tanto no pueden ser comparados con los valores obtenidos de este muestreo. El cromo es un metal pesado que inhibe la actividad biológica, considerado como tóxico para la salud humana, con efectos potencialmente cancerígenos. La legislación nacional⁹ no prevé los valores de este compuesto en % masa, solamente fija valores para el lixiviado de residuos o barros. Dado que en el ámbito nacional no se prevén límites para el % en peso de este compuesto se compara el mismo con los valores establecidos por la Norma NBR 10004 – Residuos Sólidos de Brasil, la que establece como límite para Cromo y sus compuestos: 100 mg/Kg. De las muestras extraídas, se observa que ninguna ha superado este valor.

b. Cromo en lixiviado

El contenido de Cromo en el lixiviado de los RSU es en promedio: 0.106 mg/litro y el desvío standard es: 0.0055 mg/litro. El valor establecido para el Cromo en el lixiviado en la Ley Nacional 24051 y Dec. 831/93, como límite máximo: 5 mg/l. Ninguna de las muestras de los RSU analizadas supera el valor límite de Cromo en el lixiviado establecido en la Ley Nacional 24051 y Dec. Reglamentario 831/93.

4.19. MERCURIO*a. Mercurio % masa*

El contenido de Mercurio promedio en los RSU es: 0.046 mg/Kg y desvío standard: 0.0125 mg/Kg. En el Estudio de Calidad del Año 1991 se estableció que los valores de Mercurio encontrados en los RSU se encontraban por debajo del límite de detección, por lo tanto no pueden ser comparados con los valores obtenidos de este muestreo. Dado que en el ámbito nacional no se prevén límites para él % en peso de este compuesto se compara el mismo con los valores establecidos por la Norma NBR 10004 – Residuos Sólidos de Brasil, la que establece como límite para Mercurio y sus compuestos: 100 mg/Kg, observándose que los valores encontrados para las muestras extraídas son bajos.

b. Mercurio en lixiviado

El contenido de Mercurio en el lixiviado de los RSU es en promedio: < 0.001 mg/litro. El valor establecido para el Mercurio en el lixiviado es: 0.1 mg/l, conforme Ley Nacional 24051 y Dec. 831/93. Ninguna de las muestras de los RSU analizadas supera el valor límite de Mercurio en el lixiviado establecido en la Ley Nacional 24051 y Dec. Reglamentario 831/93.

4.20. NÍQUEL

El contenido de Níquel promedio en los RSU es: 21.39 mg/Kg, con un desvío standard de: 2.259 mg/Kg. El límite máximo para el níquel en el lixiviado es: 1.34 mg/litro, en la Ley de Residuos Peligrosos.

⁹ Ley 24051 y Dec. Reg. 831/93 – Anexo VI – Parámetros químicos para barros.

4.21. HIERRO

El contenido de Hierro promedio en los RSU es: 1907.7 mg/Kg, con un desvío standard de: 419.56 mg/Kg. El Hierro es un metal que inhibe la actividad biológica. Además, es fácilmente soluble y tiene alta movilidad en suelo, por tanto este metal es el principal parámetro a ser monitoreo para determinar la posibilidad de contaminación por mala disposición de residuos sólidos.

4.22. PLOMO

a. Plomo % masa

El contenido de Plomo promedio en los RSU es: 73.0 mg/Kg y desvío standard: 19.19 mg/Kg. En el Estudio de Calidad del Año 1991 se estableció que los valores de Plomo encontrados en los RSU se encontraban por debajo del límite de detección, por lo tanto no pueden ser comparados con los valores obtenidos de este muestreo. El Plomo es un metal pesado que inhibe la actividad biológica, considerado como tóxico para la salud humana con efectos potencialmente cancerígenos. Dado que en el ámbito nacional no se prevén límites para el % en masa de este compuesto se compara el mismo con los valores establecidos por la Norma NBR 10004 – Residuos Sólidos de Brasil, la que establece como límite para Plomo y sus compuestos inorgánicos: 1000 mg/Kg. Se observa que una de las muestras (Muestra 5 – código de identificación: 16116), presenta un valor de Plomo de: 932 mg/kg, considerado el mismo relativamente alto, comparado con la legislación brasileña.

b. Plomo en lixiviado

El contenido de Plomo en el lixiviado de los RSU es en promedio: 0.581 mg/litro y el desvío standard es: 0.148 mg/litro, con un límite superior de: 0.962 mg/litro. Para el Plomo en el lixiviado se adopta, en la Ley Nacional 24051 y Dec. 831/93, como límite máximo: 1 mg/l. Varias de las muestras de los RSU analizadas supera el valor límite de Plomo en el lixiviado establecido en la Ley Nacional 24051 y Dec. Reglamentario 831/93, a saber: Muestra 3 (código identificación: 2112), Muestra 5 (código de identificación: 16116), Muestra 8 (código de identificación: 4135), Muestra 12 (código de identificación: 5428).

4.23. POTASIO

El contenido de Potasio promedio en los RSU es: 6190,7 mg/Kg, con un desvío standard de: 614.1 mg/Kg. El potasio es considerado un macronutriente esencial para los procesos de degradación biológica mediante composting o descomposición en un relleno sanitario.

4.24. SODIO

El contenido de Sodio promedio en los RSU es: 2930.7 mg/Kg, con un desvío standard de: 494 mg/Kg. El sodio es considerado un micronutriente específico para el desarrollo del proceso de composting, pero cuando este elemento se encuentra en altas concentraciones es un inhibidor de la actividad biológica.

4.25. ZINC

El contenido de Zinc promedio en los RSU es: 505 mg/Kg, con un desvío standard de: 249.3 mg/Kg. El zinc un metal pesado que inhibe la actividad biológica, considerado como tóxico para la salud humana. La legislación nacional fija como límite máximo para el zinc en el lixiviado: 500 mg/litro, aunque no se han fijados valores para el % en masa.

5. CONCLUSIONES

1. Del muestreo de los RSU generados en la Ciudad de Buenos Aires se observa que estos contienen un porcentaje elevado de residuos orgánicos (mayor al 85%); que su contenido de sólidos volátiles es menor al 40%; que posee altos niveles de bacterias coliformes de origen fecal y la posibilidad de re-crecimiento bacteriano. Por lo antes expuesto, se puede afirmar que los RSU presentan condiciones favorables para el desarrollo de microorganismos potencialmente patógenos; por lo tanto, se deberá evaluar cuidadosamente cualquier cambio en la gestión de residuos de los RSU que impliquen la disminución en las frecuencias de recolección y/o contenedorización, debido a la posibilidad de que los RSU presenten condiciones propicias para la producción de olores, la potencial atracción de vectores y la posibilidad de transmisión de enfermedades, con los riesgos asociados para la salud.
2. Se advierten cambios en la composición de los RSU, que favorecerían el tratamiento mediante destrucción térmica, se observa que el 86% de los RSU son “potencialmente incinerables”, y se ha producido un aumento del contenido de materiales con alto poder calorífico, tales como

papeles y cartones y plásticos, con el consiguiente aumento del poder calorífico en masa bruta. Teniendo en cuenta los análisis elementales y de metales pesados presentes en masa en el flujo de residuos, sería conveniente la realización de un estudio específico para evaluar la factibilidad técnico-económica de utilizar la incineración como tecnología de tratamiento alternativa para los RSU.

3. Sería factible realizar un tratamiento de conversión biológica (composting), teniendo en cuenta la composición física, donde el 64% de los componentes presentes en los RSU son "potencialmente compostables". Sin embargo, teniendo en cuenta su composición química, los RSU son pobres en nutrientes y contienen concentraciones elevadas de algunos de metales pesados, tales como: Plomo, Cobre, Hierro, etc.; que inhiben la actividad biológica. Por lo tanto, en caso de evaluar la implementación de un sistema de tratamiento mediante la tecnología de composting se debería realizar una evaluación más exhaustiva sobre la composición física y química de los RSU factibles de ser compostados. Además, habría que tener en cuenta, como factor primordial, cuáles serán las condiciones de mercado: precio de venta, usos y consumidores posibles del producto resultante.
4. El flujo de RSU contiene más de un 30% de los componentes "potencialmente reciclables", esto indica que más de 850 Tn/día de RSU podrían ser factibles de ser recicladas; pero hay que ser cuidadoso con estas afirmaciones ya que la implementación de un programa de reciclaje no es solamente tener el material, sino también desarrollar los mercados para este material y evaluar meticulosamente en que condiciones estos dejan de ser residuos para convertirse en recursos codiciados por los potenciales consumidores.

Las transformaciones necesarias para introducir los materiales al mercado tienen un costo, que en la mayoría de los casos es elevado, porque para que un programa de reciclaje sea exitoso se debe llevar a cabo la segregación en origen (recolección diferenciada) para minimizar la contaminación de los materiales. Se debe además concientizar en forma permanente a la comunidad participante para que tenga en claro los objetivos del mismo; y realizar grandes inversiones para que los residuos sean considerados insumos por los consumidores, alcanzando las especificaciones técnicas necesarias, mediante su correcto procesamiento y en condiciones sanitarias y de seguridad.

Para la implementación de un programa de reciclaje hay que plantear objetivos claros y alcanzables, dado que la comunidad que va a participar tiene que *crear* y *ver* que sus residuos se transforman en otros materiales o productos que pueden ser reutilizados. La gente no puede ser defraudada, por lo tanto los objetivos de desvío de materiales no deberían ser sobrestimados. Se tiene que asumir que el reciclaje en muy pocas ocasiones es "*rentable*", hay que "desmitificar" la idea que reciclar RSU da dinero, si eso fuera cierto, los "cirujas" tendrían otras condiciones de vida....

5. Dada la composición actual de los RSU se podrían plantear la utilización de otras tecnologías de tratamiento de los mismos. Sin embargo, habrá que considerar las condiciones sanitarias, el mercado de los productos de conversión y energía, así como la legislación necesaria para el fortalecimiento de la regulación y control de la utilización de estas tecnologías, no perdiendo de vista el objetivo del cuidado de la salud pública, la minimización de los impactos sobre el medio ambiente y la rentabilidad económica de los insumos a ser producidos.

Habría que dejar en claro que con cualquiera de las tecnologías a ser utilizadas, por más novedosas o innovativas, siempre existirán los materiales de rechazo, los inertes o los contaminantes que deberán ser dispuestos en un relleno sanitario. Se debe concluir que todos los tratamientos, sean estos físicos, químicos o biológicos, generan residuos que deben ser ambientalmente dispuestos y controlados, ya que no existe "*tecnología de producción de residuos = cero*"

6. Los RSU contienen determinados compuestos con características de peligrosidad, tales como inflamabilidad, corrosividad, reactividad, toxicidad y patogenicidad. Estos componentes representan en la ciudad de Buenos Aires el 2% en peso del total de los residuos.

Con relación a su composición química, se observó que los RSU sobrepasaban el valor límite en el lixiviado para el plomo en varias muestras, y que la presencia de este compuesto en masa era alta (comparada con la legislación brasileña NBR 10004 – Residuos Sólidos). Otros metales presentes en los RSU con altos contenidos (en % masa) fueron: Cobre, Níquel, Hierro y Zinc, no existiendo en el país una legislación que fije valores máximos para estos parámetros en los RSU.

Los residuos domésticos peligrosos deberían ser separados convenientemente, para su recolección diferenciada, de modo tal de minimizar los riesgos para la salud del personal implicado en las actividades de Higiene Urbana y para la comunidad en general. Falta la legislación específica relativa a residuos domésticos peligrosos que propicien la separación en origen, la responsabilidad de los productores de “*hacerse cargo de los materiales o productos usados*”, tales como pilas y baterías, así como que promuevan el reemplazo o sustitución de productos con características de peligrosidad por otros menos peligrosos.

7. La sociedad sufre cambios continuos de hábitos de consumo, implicando cambios en la calidad y cantidad de RSU. Se deberá evaluar la posibilidad de reducir las cantidades de residuos sólidos procedentes del consumo indiscriminado de recursos. El desafío consiste en cambiar los hábitos de consumo, que viene incrementándose durante los últimos años, impuestos en muchos casos por pautas publicitarias que idealizan el consumismo feroz, así como en modificar las tecnologías en uso para la producción. Dichas tecnologías deberían contemplar la conservación de los recursos naturales y la reutilización de los materiales para la fabricación de nuevos productos. Con una legislación adecuada se podría exigir por ejemplo un % de material reciclado en cada producto fabricado, reuso de envases y reducción de packaging, cuando sanitariamente ello sea factible.
8. Se observó la presencia de bacterias coliformes fecales, Escherichia Coli, enterococos y colifagos en las muestras de RSU procesadas en el presente estudio. Se observan elevados niveles de contaminación de origen fecal y densidades microbianas relativas similares a las características de un desagüe cloacal. Los RSU quedan como reservorios y fuentes de transmisión de Cryptosporidium. Por lo expuesto habrá que evaluarse cuidadosamente cualquier alternativa de gestión de RSU que incluya tareas de separación manual, segregación o procesamiento para reducción de volumen, debido al potencial riesgo para la salud asociado con su manipulación.

Cabe aclarar que los datos obtenidos del estudio de caracterización de los RSU, se utilizaron como base para la evaluación de la factibilidad técnico-económica, social y ambiental de implementación de alternativas de gestión de residuos sólidos urbanos (RSU) para la ciudad de Buenos Aires, tales como contenedorización de los servicios. Programas de Minimización y Reciclaje y Recolección Neumática.

6. RECOMENDACIONES

1. Sería recomendable que el estudio de calidad se extienda durante el período de un año, de tal forma de poder considerar las variaciones estacionales que sufre la generación y la calidad de los RSU.
2. De acuerdo con los altos valores encontrados de algunos metales pesados, sería conveniente realizar una reverificación de los valores encontrados durante el muestreo, de modo tal de identificar las probables causas y orígenes que generan las altas concentraciones de los mismos.
3. Se debería extender la investigación microbiología de los RSU en un mayor número de muestras y en diferentes períodos estacionales, a fin de confirmar los hallazgos encontrados en el presente estudio y evaluar la influencia de otras variables zonales y meteorológicas. Asimismo, habría que realizar una mayor cantidad de experiencias de recrecimiento bacteriano en los RSU con otros microorganismos, a diferentes temperaturas de estacionamiento e investigar las características de los RSU que favorecen el crecimiento bacteriano de los mismos.

7.- BIBLIOGRAFIA Y FUENTES MENCIONADAS

1. ASTM-Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste – ASTM 5231-92
2. CEAMSE, (varios años), Tonelaje operativo recibido, Depto de Transporte
3. De Luca M.S., Sarubi A.J, Ronnow M.E.,(1991),Estudio de Calidad de los Residuos Sólidos de la Ciudad de Buenos Aires, Instituto de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires.
4. EPA(1995), Code of Federal Register 40 Parts -258 Municipal Solid Waste, USA.
5. EPA SW-846 – Chapter 1: Quality Assurance y Chapter 68: Sampling Plan – EPA

6. EPA(1980) Samplers and Sampling procedures for Hazardous Waste Streams –EPA/600/2 – 80-018 – January 1980
7. Federico Sabaté A.(1999), El circuito de los residuos sólidos urbanos- Situación en la Región Metropolitana de Buenos Aires, Informe de Investigación N°5, Instituto del Conurbano de la Universidad Nacional General Sarmiento, San Miguel
8. GCBA (2000), Toneladas de RSU recolectadas –1998-2000 y Zonas y rutas de recolección de RSU –Dcción de Higiene Urbana
9. GCBA (1998), Plan Urbano Ambiental de la Ciudad de Buenos Aires- Elementos de Diagnóstico- Documento de Trabajo- Secretaría de Planeamiento Urbano y Medio Ambiente-October, 1998
10. Guaresti M.E.,Zorrilla S(1984), Metodología para la determinación de la distribución espacial de consumos de agua potable en grandes centros urbanos, SRH, en Anales del XIX Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Santiago de Chile, Noviembre. 1984
11. Guaresti M.E.,Zorrilla S(1986), Metodología para un Estudio Preliminar de Demanda. Relevamiento Expositivo de un área del Gran Buenos Aires, en Anales XX Congreso de Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Guatemala, Nov. 1986
12. Ley Nacional sobre Residuos Peligrosos – Ley 24051 y Decreto Reglamentario N° 831/93
13. Palmisano (1997), Microbiology of Solid Waste. CRC, Lewis.
14. Pescuma A., Guaresti M.E(1991), Gran Buenos Aires: Saneamiento Básico y Contaminación, Medio Ambiente y Urbanización, IIED-AL, No 37, Dic. 1991, Bs.As.
15. SEDUE - Normas Técnicas para el Estudio y Análisis de los Residuos Sólidos Municipales: NTRS 3 – Residuos Sólidos Municipales: Muestreo y Cuarteos
16. Tchobanoglous, G.(1994), Integrated Solid Waste Management, Engineering Principles and Management Issues, Mc Graw-Hill.