



INDICADORES AMBIENTALES PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS EN ROSARIO, ARGENTINA.

Gándara, María, Petrona¹.

ingmpgandara@hotmail.com

Guerrero, Elsa M².

Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales (CINEA), FCH, UNICEN, Argentina
emarguerr@gmail.com

Resumen

La falta de información sobre la recolección diferenciada, la no clasificación en la estación de transferencia y las deficiencias en la disposición final constituyen falencias en la gestión de los residuos sólidos domiciliarios (RSD) reducen la sustentabilidad ambiental de la ciudad de Rosario (Argentina) con una población cercana al millón doscientos mil habitantes (INDEC, 2010) y más de 20.000 toneladas de residuos a tratar al mes.

La presente investigación describe la gestión de los RSD de la ciudad de Rosario, calcula el flujo unidireccional de residuos, propone y determina un conjunto de indicadores capaces de evaluar el grado de sustentabilidad ambiental urbana. La elección de esta metodología responde a la capacidad de los indicadores de producir señales que permiten comprender y gestionar determinados procesos ambientales. También porque ofrecen una representación sintética de una serie de parámetros que, agrupados lógicamente dan una visión global de una problemática ambiental en un sitio determinado y en un período de tiempo limitado.

Finalmente se avanza en el lineamiento de ejes de intervención en la gestión actual de los RSD de la ciudad a través de la educación ambiental, el mejoramiento de la información a nivel municipal, y de otros instrumentos de gestión ambiental

Palabras claves: Q57indicadores- Q01sustentabilidad ambiental- gestión- Q53residuos sólidos urbanos- Q57 termodinámica

Abstract

Information absences about differentiated recollection, classification faults and final disposition deficit are management fails domestic solid wastes (DSW) what reduce environmental sustainability in Rosario city with more one million and two hundred people (INDEC, 2010) and more than 20.000 ton/month wastes to management.

¹ Ingeniera química/Laboral, Docente de escuelas técnicas, Consultora, Licencianda en gestión ambiental

² Magíster en Economía Ecológica y Gestión Ambiental y Magíster en Gestión Ambiental del Desarrollo Urbano, Doctoranda geografía. Docente e Investigador Licenciatura en Diagnóstico y Gestión Ambiental, Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional del Centro, Argentina.

This research described DSW management in Rosario city, calculated unidirectional wastes flux, proposes and assess an indicators set capable to assess environmental urban sustainability. This methodology was selected because indicators are signal system about particular environmental process. Also they give a synthetically representation about a characteristics set, that joined in a logical way allow us obtain a global view environmental problem in a specific site in a specific time.

Finally we go far intervention exes for a better DSW management in Rosario city throw environmental education, municipal information generation and others environmental management instruments.

Key words: Q57indicators- Q01environmental sustainability- management- Q53domestic solid wastes- Q57thermodynamic-

1. INTRODUCCION

Las actividades que se desarrollan en el ámbito urbano son responsables de la producción de residuos con diferentes propiedades. En algunos casos se trata de sustancias de origen sintético de baja biodegradabilidad, en otros preocupa la alta toxicidad de los compuestos implicados en el residuo, y otras veces, se trata de residuos que comprometen el stock de recursos no renovables como es el caso de los metálicos, entre otros.

Ciertas pautas de producción y consumo agravan esos procesos de ahí la necesidad de impulsar acciones tendientes a una gestión sustentable de los residuos que favorezcan la capacidad de asimilación de la naturaleza, el reciclaje biogeoquímicos de la materia y las condiciones de vida saludables para las personas y el resto de los seres vivos.

La denominada Escuela Termodinámica de Nicholas Georgescu-Roegen (1971) estableció la importancia de las relaciones biofísicas sobre las que se asientan las actividades económicas, así como sus posibilidades y limitaciones. Caracterizó al proceso económico desde un punto de vista termodinámico como la transformación inevitable de baja entropía o recursos naturales, en alta entropía o residuos. Esta visión entrópica del proceso termodinámico como sistema abierto significa irreversibilidad, pérdida de calidad en los flujos de energía y materiales. Por lo tanto, el conocimiento del funcionamiento de la naturaleza -sustrato sobre el cual se desarrollan las actividades económicas- permite definir las estructuras de funcionamiento operativas desde este punto de vista (Xavier Simón Fernández, 2007).

Desde esta perspectiva una vez desechados los residuos en diferentes formas de disposición final, pueden alterar los ciclos de la materia pasando de comportarse como circulares y cerrados (en los cuales los elementos retornan a su lugar de origen) a ser lineales y abiertos, interviniendo en los ciclos biogeoquímicos de la materia y la energía. Si se incluye al análisis el concepto de entropía la producción de residuos resulta ser en un proceso en el cual la disponibilidad de energía implicada decrece; es decir, materiales/recursos de baja entropía (energía ordenada) se convierten en materiales de alta entropía (energía desordenada) de acuerdo a la Segunda Ley de la Termodinámica, por lo tanto según lo anterior el proceso económico (producción y consumo de materiales) y transformación posterior en residuos aumenta el desorden energético.

Es por ello que el análisis de la sustentabilidad en la gestión de los RSD se la puede relacionar con las modificaciones de los ciclos naturales dada por la magnitud del transporte neto de materia de la litosfera y la biosfera hacia la biosfera. A este respecto Di Pace M. y Crojetovich A. (2004) analizaron la sustentabilidad ecológica en la gestión de residuos sólidos urbano en el Área Metropolitana de Buenos Aires utilizando indicadores de sustentabilidad ecológica relacionando la tasa de reincorporación sobre la tasa de extracción de metales de la litosfera según datos de Karlsson Sten de Uppsala University (Man and material flows-towards sustainable materials management, 1997).

2. MATERIALES Y MÉTODO

Para la descripción del circuito de recolección de los residuos y construcción de las fichas metodológicas de los indicadores fue necesario relevar la información disponible en instituciones municipales como la Dirección General de Planificación y Gestión Ambiental que brindó los primeros datos sobre las empresas recolectoras de la ciudad, cantidad de residuos enviados al relleno sanitario durante el período en estudio, así como los resultados sobre la composición de los RSD para el año 2005. La empresa recolectora SUMAR –ente autárquico municipal- aportó información sobre las características de funcionamiento del organismo, los datos de la flota de camiones, zonas y horarios de recolección.

Se utilizaron datos del Censo Nacional de personas, viviendas y hogares del año 2010 y del Instituto Provincial de Estadística y del Censo económico del año 2008 para completar la

información de las fichas metodológicas. Para reunir datos faltantes así como información cartográfica y figuras se recurrió a diferentes sitios de Internet y al uso de la cámara fotográfica.

La información obtenida se constituye en insumo para dar valores a los indicadores propuestos. La descripción de los campos que componen las fichas se realizaron siguiendo los criterios propuestos por Quiroga Martínez, R (2003) y ampliada según criterios de Di Pace, M. y Crojethovich, A. (2004) y que fueron adaptados para este caso. Los criterios elegidos fueron: nombre del indicador, descripción del indicador, valor base, periodicidad de los datos, limitaciones (qué no mide el indicador), direccionalidad con la sustentabilidad. La Tabla N° 1 muestra la ficha metodológica de los indicadores (Guerrero et al, 2004) .

Nombre del indicador	Descripción del indicador	Fórmula del indicador/ variables	Fuente y disponibilidad de los datos	Valor Base	Periodicidad	Limitaciones	Valor	Direccionalidad con la Sustentabilidad
Se debe poner un nombre claro, conciso y amistoso para el usuario.	Consiste en una breve descripción de la información aportada por el indicador.	Explica las operaciones y procesamiento de las variables necesarias para obtener el valor del indicador. Estipula la unidad de medida en que se expresará el indicador.	Se refiere a las facilidades y dificultades del acceso sistemático al dato, más allá de que formalmente se encuentre producido o no	Establece el valor de base que permite Monitorear la evolución del indicador en el tiempo.	Es el período en el que se actualizará el dato.	Aclara las dificultades técnicas y económicas asociadas a la obtención del valor del indicador así como las dimensiones y dinámicas que no pueden ser capturadas a partir del indicador.		Explica las potencialidades que posee el indicador de acuerdo al criterio de sustentabilidad y direccionalidad del indicador. Por ejemplo, qué ocurre si el indicador aumenta en el tiempo o si ocurre lo contrario.

Tabla N° 1: Indicadores ambientales de sustentabilidad ecológica para RSD.
Fuente: Guerrero, et al 2004.

Procedimiento de cálculo del flujo unidireccional de los residuos.

La sustentabilidad ecológica (SE) del ciclo litosfera-biosfera-tecnósfera hacia la biosfera-litosfera se estima mediante la siguiente relación:

$$SE = \frac{\text{tasa de reincorporación a la litosfera (toneladas/año)}}{\text{tasa de extracción desde la litosfera – biosfera (toneladas/año)}}$$

Valores menores que 0 (cero) indican una baja sustentabilidad ecológica, es decir donde la reincorporación de los materiales a la litosfera se producirá con una lentitud mayor que la extracción; el valor inverso de esta relación cuantifica el ritmo de extracción. Los datos para este cálculo fueron extraídos de Karlsson, Sten; Man and material flows-towards sustainable materials management (Uppsala University, 1997).

3. DESCRIPCIÓN DE LA GESTIÓN DE RSD EN ROSARIO

La ciudad de Rosario se encuentra al sur de la provincia de Santa Fe, Argentina sobre la margen derecha del río Paraná a 300 km (figura 1). Cuenta con una ribera barrancosa y la cercanía al cauce profundo de navegación son condiciones que la predisponen para la actividad portuaria de ultramar.

Integra la llamada Región Metropolitana junto a ocho localidades más. Esta área se caracteriza por un fuerte proceso de urbanización del territorio que se manifiesta en el desarrollo de las periferias urbanas, en la extensión de los pueblos y ciudades más allá de sus límites administrativos, en la conurbación de localidades vecinas y la permanente anexión urbana de tierras rústicas o rurales y paisajes naturales, dando como resultado una progresiva artificialización del territorio original.

Un intento de planificación metropolitana –pionero en la Argentina- fue la creación en 1969 de la Prefectura del Gran Rosario cuyo objetivo prioritario era el planeamiento del área y que funcionó hasta 1976, fecha en la que fue disuelta por la dictadura militar. En 1996 la municipalidad de Rosario formuló un Plan Estratégico (PER) que se reconvirtió en el año 2004 en el Plan Estratégico Metropolitano Región Rosario (PEM) como un instrumento que facilitara la gestión estratégica del desarrollo territorial a escala regional y que luego en 2008 se transformara en el Plan Estratégico Rosario Metropolitano (PERM); (Global Environment Outlook, Área Metropolitana; GEOMAR, 2008).



Figura 1: Mapa localización de Rosario en Argentina y la provincia de Santa Fe.

Fuente: www.google.com.ar

En el año 1996 se inició en la ciudad un proceso de descentralización de la gestión administrativa que condujo a la organización de la misma en seis distritos: Centro, Norte, Noroeste, Oeste Suroeste y Sur. En cada uno se creó un Centro Municipal instrumentando los canales adecuados para impulsar la participación ciudadana, con la incorporación de la población en los procesos de evaluación, control y toma de decisiones (www.rosario.gob.ar).

Desde un punto de vista económico la ciudad integra una región en la cual el principal sector manufacturero es el dedicado a la agroindustria, en especial asociada a las oleaginosas. Otros sectores que contribuyen a la diversificación de la oferta industrial son: el de los automóviles, la refrigeración, la de maquinarias para la industria de la alimentación y el de carrocías para micros de larga distancia, los cuales son fabricados totalmente en el área. Existen también una serie de empresas multinacionales de diferentes rubros con plantas radicadas en la región como: General Motors, Cargill, Unilever, John Deere, Petrobras, Dow, Tenneco, entre otras. Asimismo, la creación del Polo Tecnológico Rosario está considerado el centro tecnológico más importante de Argentina constituido por una red de más de 70 empresas y pymes, sumado al aporte del conocimiento de las universidades y su vinculación también con la municipalidad; concentrándose en tres áreas específicas de investigación y desarrollo: biotecnología, desarrollo de software y telecomunicaciones (GEOAMR, 2007).

De acuerdo al Censo del año 2010 del INDEC, la población de la ciudad es de 1.198.528, lo cual constituye el 31% de los habitantes de la provincia de Santa Fe. La densidad poblacional de la ciudad es de 5.550 habitantes/km² (www.rosario.gob.ar). La ciudad ha experimentado en

las últimas décadas un acelerado crecimiento de la población, tanto vegetativo como migratorio; el primero debido a la disminución de la mortalidad como consecuencia de los avances sanitarios, económicos y tecnológicos que posibilitaron la desaparición de epidemias, y el segundo debido a las migraciones provenientes de otras provincias y de localidades del interior de Santa Fe (GEOAMR, 2007).

En relación a la gestión de los RSD¹, la Ordenanza N° 7.600 (2003) regula la gestión de los mismos a nivel municipal. Los comercios e instituciones que superan un determinado tamaño o una cantidad especificada tienen la obligación por la Ordenanza N° 8.084 (23 de noviembre de 2006) de contratar un servicio privado de recolección. A estas instituciones se las denomina Grandes Generadores o Generadores Especiales; pertenecen a los sectores comerciales, institucionales e industriales que producen RSD y compatibles en una cantidad, calidad o en condiciones tales que, a juicio de la autoridad de aplicación requieren de la implementación de programas específicos de gestión.

En el año 2010 se depositaron en el relleno sanitario de Ricardone la cantidad de 247.631 toneladas de RSD provenientes de la ciudad de Rosario. Incluían materia procedente de la litosfera, como: metales, sílice y subproductos de los combustibles fósiles, así como otros procedentes de la biosfera: productos vegetales y animales. Esta disposición en el relleno sanitario afecta la sustentabilidad ecológica ya que se trata de un transporte lineal (de acumulación) que se produce entre la tecnófera y la biosfera en el área cercana a Rosario con una baja tasa de retorno a la naturaleza (Di Pace M., Crojethovich A., 2004).

Interesa conocer la tasa de generación así como la composición de esos RSD. Para ello se consideró como línea base la generación de los residuos durante el año 2010 que se muestra en la Tabla N° 2.

Mes	Toneladas/mes	Promedio por día Toneladas/día	Valor indexado ¹	Promedio por día y por Habitante PPC ² Kg/día/habitante
Enero	19.264	642,30	87,32	0,535
Febrero	20.002	714,35	90,67	0,596
Marzo	21.398	690,25	96,99	0,575
Abril	20.755	691,83	94,08	0,577
Mayo	19.787	638,29	89,69	0,532
Junio	20.909	696,96	94,78	0,581
Julio	19.658	634,12	89,11	0,529
Agosto	21.113	681,06	95,70	0,568
Setiembre	20.520	684,00	93,00	0,570
Octubre	20.953	675,90	94,90	0,563
Noviembre	21.212	707,06	96,10	0,589
Diciembre	22.060	711,61	100,00	0,593
Total	247.631			
Promedio Mensual	20.635,91			

¹ 100= mes de mayor generación de RSD.

² PPC= promedio per cápita en base a 1.198.528 habitantes.

Tabla Nº 2: Generación de residuos durante el año 2010.

Fuente: elaboración propia en base a datos suministrados por la Dirección General de Planificación y Gestión Ambiental de la Municipalidad de Rosario (2010).

La recolección y transporte de RSD es desarrollada por tres empresas diferentes (CLIBA; LIME y SUMAR). La ciudad posee un sistema de *Recolección diferenciada*. Las leyes nacionales Nº 25.675 –Política Ambiental Nacional-, Nº 25.916/04 –Gestión de Residuos Domiciliarios-, la provincial Nº 11.717 –Tratamiento y disposición final de RSU-, las ordenanzas municipales Nº 5.017/90 –Relleno Sanitario-, Nº 7311/02 –Plan Municipal de Erradicación de Basurales-, Nº 7600/03 –Tratamiento de los RSU-, Nº 7938/05 –Programa de Separación en Origen y Recolección Diferenciada de los RSD-, Nº 8486/06 –Grandes Generadores-, Nº 8335/08 –Basura Cero-, Nº 8422/10 –Ente Autárquico “Servicio Urbano de Mantenimiento Ambiental Rosario”- regulan el manejo de los RSD en la ciudad.

Desde el año 1994 y bajo el marco legislativo descrito la Dirección General de Planificación y Gestión Ambiental se han instrumentado acciones tendientes a mejorar el sistema de gestión de los RSD. En 1994 se ha instrumentado el programa “Separe” que impulsa la separación en origen de la basura, la cual se lleva a cabo con distintas modalidades: recolección puerta a puerta, centros de recepción. Más recientemente se han sumado la creación de islas verdes y la recolección de residuos informáticos

1) Recolección puerta a puerta: esta modalidad de recolección consiste en el paso de un camión especial en un día determinado en el horario de 9-12 horas de acuerdo a la zona de la ciudad que corresponda. Está permitido disponer papel, cartón, tela, vidrio, metal y plástico por separado en bolsas o cajas cerca de la puerta o en el cantero de la vereda. Los residuos recolectados se destinan a cooperativas de recuperadores, vecinales y también grupos auto organizados. Para ello se efectúa el procesamiento de los residuos (enfardado, molido, agrumado, etc.) a través de maquinaria y herramientas provistas por la municipalidad, permitiendo otorgar un valor agregado a los productos. Además, todas las actividades que se desarrollan van acompañadas de otras acciones de comunicación y participación de los ciudadanos involucrados, entre los que se pueden citar el trabajo continuo con diferentes escuelas e instituciones de la ciudad. Este tipo de recolección alcanza a más de diez sectores de la ciudad con una población estimada en 120.000 vecinos (www.rosario.gov.ar, 2012). Las figuras 3 y 4 describen cartográficamente los días de recolección del programa separa en dos zonas Norte y Sur respectivamente.

2) Centros de recepción: en este caso los residuos reciclables se disponen en contenedores color naranja (figura 2) ubicados en escuelas, dependencias oficiales, clubes, empresas –como supermercados- universidades, bibliotecas, centros de salud, hospitales, además de otras instituciones de la ciudad que voluntariamente abren sus puertas para depositar los residuos separados en sus hogares.



Figura 2: contenedor naranja, centros de recepción.
Fuente: www.rosario.gov.ar (2011).

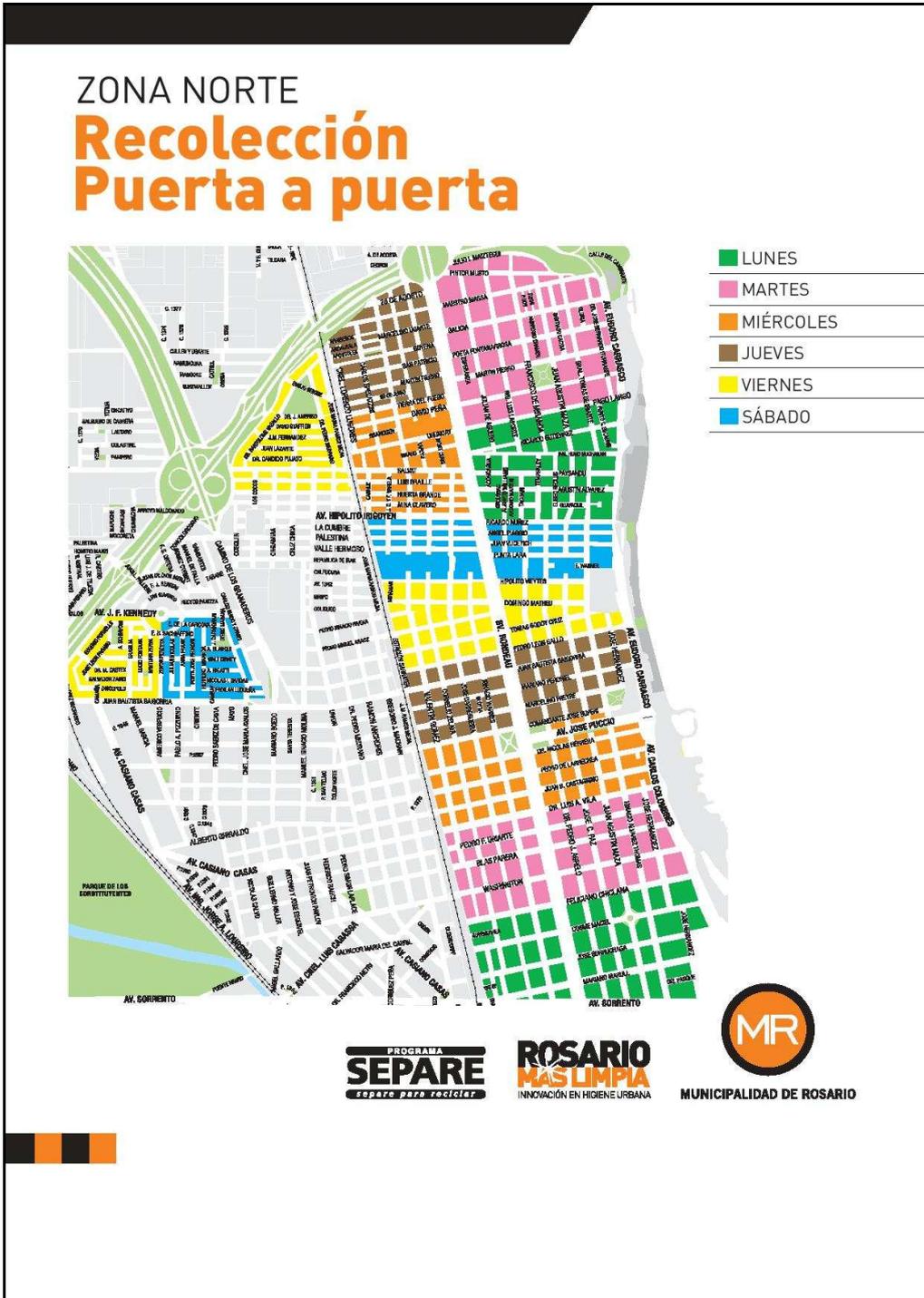


Figura 3: Programa Separe, recolección puerta a puerta, zona norte.
Fuente: www.rosario.gov.ar (2012).



Figura 4: Programa Separe, recolección puerta a puerta, zona sur.

Fuente: www.rosario.gov.ar (2012).

La ubicación de los contenedores en instituciones responde a la necesidad de instalar políticas participativas a nivel institucional y social, evitando el vandalismo que suelen sufrir estos recipientes instalados en la vía pública. Las 128 escuelas que funcionan como centros de recepción promueven los hábitos de separación en los más pequeños. A través de charlas a los docentes y talleres con los alumnos, se busca educar en el cuidado del ambiente y en el ejercicio de una ciudadanía ambiental activa. En el caso de las oficinas públicas, se pretende además convertir a la administración pública en el ejemplo a seguir por toda la ciudadanía.

Estas islas de separación complementan la recolección diferenciada realizadas por los centros de recepción y recolección puerta a puerta ya mencionados. Los materiales recuperados en las islas de separación constituyen una fuente de ingresos para numerosos emprendimientos sociales de la ciudad; acciones que están cimentadas en los principios de la solidaridad, la cooperación y la economía solidaria. Los materiales recolectados son clasificados en una planta ubicada en la zona sur de la ciudad operada por organizaciones sociales. El producto de la recolección se orienta así a grupos sociales que viven de este tipo de productos reciclables. Esta iniciativa de higiene urbana comenzó a plasmarse en noviembre de 2010 con la incorporación inicial de 50 islas y la intención de llegar a las 163 unidades en los meses posteriores (www.rosario.gov.ar, 2010).

4) Recolección de residuos informáticos: Esta iniciativa, puesta en marcha junto con el programa Rosario Más Limpia, propone la recepción de aparatos informáticos en desuso conocidos como "chatarra electrónica".

Para facilitar la recolección diferenciada de este tipo de residuos domésticos especiales y un adecuado tratamiento ambiental, cada último sábado de cada mes, los vecinos pueden acercarse a Montevideo 2.852 los componentes electrónicos como: computadoras, notebooks, teclados, monitores, mouses, parlantes, impresoras, cables, routers, entre otros.

No se reciben residuos corporativos puesto que las empresas deben convenir la recolección y tratamiento de este tipo de residuos especiales a través de un servicio de recolección diferencial. La adecuada gestión de estos residuos, así como otros tipos de aparatos eléctricos y electrónicos, es una responsabilidad de los productores de los mismos, tal como lo establecen los tratados internacionales y las leyes de presupuestos mínimos relacionados con la gestión de residuos (www.rosario.gov.ar, 2012).

En relación a la disposición final de los RSD, la municipalidad de Rosario firmó a finales de 2004 un contrato con la empresa Resicom Ingeniería Ambiental SRL para la disposición final de los RSD en el relleno sanitario en la comuna de Ricardone (figura 7) que contaba con las exigencias técnicas de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de la provincia de Santa Fe y las normas técnicas establecidas por la Resolución N° 128/2.004 de Santa Fe y por la Ordenanza 7368/02 de la Municipalidad (Resicom, 2010).



Figura 7: Relleno Sanitario de Ricardone.
Fuente: Google Earth (2010).

El relleno se encuentra emplazado en el distrito de Ricardone, departamento de San Lorenzo, a unos 30 kilómetros al norte de la ciudad de Rosario. Se ubica en una zona rural a unos 3.000 metros del sudeste del casco urbano cubriendo una superficie de 15,74 hectáreas.

El relleno se asienta sobre un terreno cuyo perfil estratigráfico está compuesto por suelos limoarcillosos y arcillosos de baja permeabilidad, siendo además la geología de toda la región homogénea estable. El fondo del relleno se encuentra impermeabilizado por una geomembrana de polietileno de alta densidad de 1.000 micrones. Para la recolección de lixiviados se construyó en el fondo de las celdas un sistema de drenaje que permite coleccionar el líquido y transportarlo a la planta de tratamiento (Resicom, 2011).

El área destinada a la disposición de residuos está dividida en celdas con el objetivo de operar el módulo del relleno por sectores, de manera de reducir la superficie expuesta al ambiente. El módulo operado actualmente comprende 10 celdas de 4.800 m² de extensión, con una capacidad media de recepción de 110.000 toneladas.

Una vez descargados los residuos de los camiones son distribuidos por las topadoras en capas de 0,40 metros, que luego de varias pasadas de la maquinaria trituran y compactan los residuos. Una vez obtenida la cota máxima de residuos, se realiza la cobertura final con una capa de tierra compactada de 0,40 metros para facilitar el desarrollo de la cubierta verde previamente existente en el lugar (Resicom, 2011).

El monitoreo consta de los siguientes sistemas de control:

- Un sistema de muestras y monitoreo de agua subterránea mediante 4 pozos de de 10 metros de profundidad distribuidos aguas arriba y aguas abajo del relleno de manera de establecer comparaciones. Los parámetros varían desde pH (potencial hidrógeno), DBO/DQO hasta detección de metales pesados.
- Sistema de control de vectores operada por una empresa de tratamiento de insectos y vectores.
- Sistema de monitoreo de la calidad de aire en la zona del relleno, evaluando trazas de gases emanados por la degradación de residuos y emisiones propias de funcionamiento.
- Manejo de lixiviados y efluentes líquidos los cuales son retirados de los conductos de extracción mediante un camión que los transporta a la planta de tratamiento con una capacidad de 50 m³/día construida al SO del predio. En ella se realizan tratamientos biológicos y físicoquímicos. Los líquidos son tratados posteriormente mediante cloración y corrección de pH, y luego de verificado el cumplimiento de los parámetros de vuelco se vierten a un sistema cloacal (Rosario y Área Metropolitana, Centro integral de tratamiento y disposición final de residuos, julio 2.011).

4. EVALUANDO LA SUSTENTABILIDAD DE LA GESTIÓN DE LOS RSD

La cantidad de metales depositados en el relleno sanitario surge del siguiente cálculo en el cual se considera que el peso anual de residuos depositados corresponde al 100%, y que el 1,77% resulta de la composición en volumen para los metales (dato que resulta del estudio de caracterización de los residuos, 2005); por lo tanto efectuando una regla de tres simple resulta:

$$\begin{array}{l} 100 \% \text{ ----- } 247.631 \text{ toneladas} \\ 1,77 \% \text{ ----- } x = 4.383,06 \text{ toneladas de metales} \end{array}$$

Según Karlsson, S. (ibídem), la tasa de reincorporación de los metales a la litosfera es de 112 toneladas/analesⁱⁱ, el cálculo de SE resulta:

$$SE = \frac{\text{tasa de reincorporación de los metales a la litosfera (toneladas/año)}}{\text{tasa de extracción desde la litosfera (toneladas/año)}} = \frac{112 \text{ (toneladas/año)}}{4.383 \text{ (toneladas/año)}} = 0,0255.$$

Durante el año 2005 la Dirección General de Planificación y Gestión Ambiental de la Municipalidad de Rosario realizó el estudio de composición de los RSD por fracción de materiales. La determinación se hizo sobre los residuos sólidos urbanos que llegan al relleno sanitario los cuales están compuestos por una parte por los residuos domiciliarios y por otra por los residuos comerciales de los grandes generadores.

Para llevar a cabo el estudio se analizaron 20 unidades de muestra de 1 m³ tomadas de 20 camiones recolectores elegidos al azar. Los resultados se muestran en la figura 2.

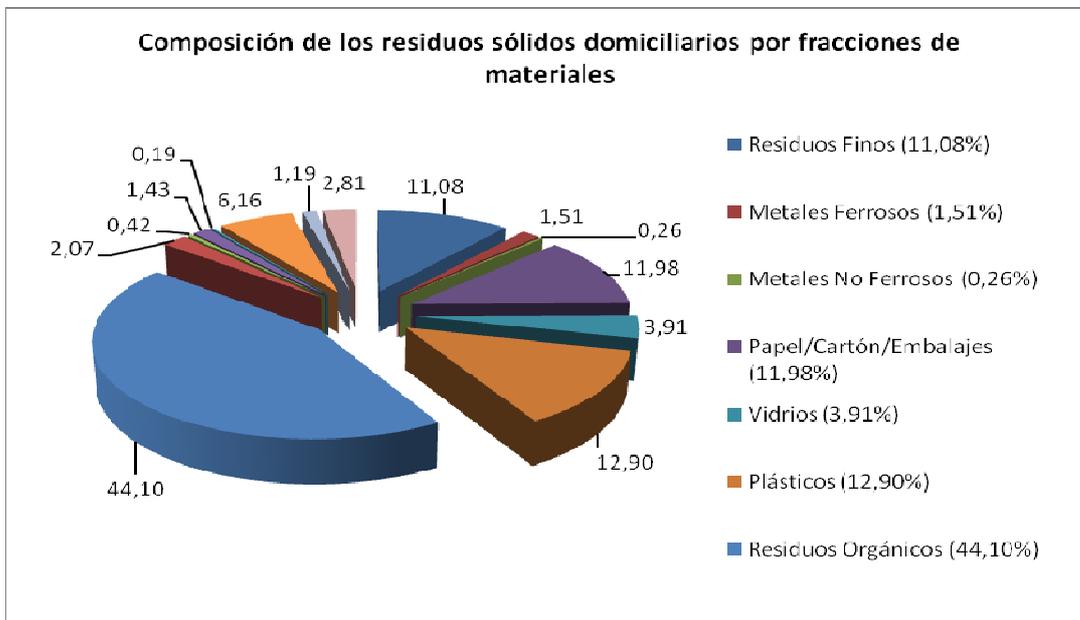


Figura 2: Composición de los RSD
Fuente: Dirección General de Planificación y Gestión Ambiental, Municipio de Rosario

5. INDICADORES AMBIENTALES PROPUESTOS

En la tabla 2 se proponen, describen y ponderan 5 indicadores tendientes a evaluar y monitorear en el tiempo la gestión ambiental de los RSD en Rosario. Con ello se establece el punto de partida o línea base del sistema de indicadores propuestos (asignándoles valores). Dicha ponderación permitirá su seguimiento en el tiempo.

Nombre del indicador	Descripción	Fórmula del indicador/variable	Fuente y disponibilidad de los datos	Valor base	Periodicidad	Limitaciones	Valor	Dirección con la Sustentabilidad
Generación RSD (GRSD)	Este indicador permite medir el peso total de RSD dispuestos.	Mide el promedio de RSD/mes. Toneladas/mes	Dirección General de Planificación y Gestión Ambiental.	Registro 2.010.	Mensual	No se dispone de datos de generación, sino el de recolección y/o disposi-	20.635,91 Toneladas/mes	El aumento del total de RSD generados es función de varios factores: el aumento de población, las

DELOS

Revista Desarrollo Local Sostenible

						ción final. Existen desvíos de RSD (cirujeo de reciclables entre la generación y disposición final).		estaciones del año, la composición y los hábitos de consumo de la población.
Generación per cápita/mes (GRSDPC)	El indicador permite evaluar la generación/dispersión final promedio per cápita y su evolución en el tiempo.	Kg/habitante/mes	Dirección General de Planificación y Gestión Ambiental. INDEC.	Registro y datos 2.010.	Mensual.	No se dispone de datos de generación, sino el de recolección y/o disposición final. Existen desvíos de RSD/cirujeo de reciclables entre la generación y disposición final.	17,20 kg/Habitante/mes	El aumento del total de RSD generado es función de varios factores: el aumento de población, las estaciones del año, la composición y los hábitos de consumo de la población.
Composición de los RSD (CRSD)	Este indicador muestra la composición en %, de acuerdo a los materiales que integran los RSD.	El indicador es función de la composición de: la parte orgánica, y de los RSD valorizados en términos de reutilización/reciclaje en porcentajes de: cartón/papel, vidrios, plásticos.	Dirección General de Planificación y Gestión Ambiental.	Estudio realizado en el año 2.005.	Variable	Depende de la periodicidad con la que se efectúe el estudio.	Orgánicos 44,10% Papel 11,98% Vidrios 3,91% Plásticos 12,90% Textiles 2,07% Minerales 0,42% Materiales 1,43% Especiales 0,19% Higiénicos 6,16% Metales ferrosos 1,51% Metales No-ferrosos 0,26% Finos	La composición de los RSD es importante como insumo frente a alternativas de gestión, separación en origen, compostaje, biogás, relleno, etc). Las decisiones de gestión y aprovechamiento de RSD son favorables a la sustentabilidad ambiental.

							1,08 % Otros 1,19%	
Superficie destinada para disposición de RSD (SDRSD)	Mide el espacio o superficie destinada a la disposición final de RSD.	Hectáreas	Resicom Ingeniería Ambiental.	Al inicio del relleno sanitario.	Anual	No posee limitaciones.	15,74 hectáreas	El aumento de la superficie destinada al tratamiento o disposición final de los RSD es indicador de la presión espacial del metabolismo urbano.
Flujo lineal de los metales (RSDM)	Este indicador analiza el flujo unidireccional de los metales en los residuos.	SE: sustentabilidad ecológica. Es la relación entre la tasa de reincorporación de los metales a la litosfera (toneladas/año) y la tasa de extracción desde la litosfera y la biosfera (toneladas/año). Valor adimensional.	Dirección General de Planificación y Gestión Ambiental.	Estudio de composición de residuos de 2.005.	Anual.	Depende de la periodicidad con la que se efectúe el estudio de caracterización de los residuos.	0,0255	Valores decimales pequeños de SE estarían indicando una baja sustentabilidad ecológica; lo cual implica que la reincorporación de metales a la litosfera se produciría con una lentitud mayor que la extracción.

Tabla 2: Indicadores de la gestión de los RSD en Rosario

Fuente: Elaboración propia

6. CONCLUSIONES

A partir de la descripción del circuito de recolección de residuos y sus etapas, el sistema de recolección diferenciada en el marco del programa "Separe", la disposición final de los residuos en el relleno sanitario de Ricardone su operación y monitoreo de sus efluentes, fue posible identificar variables y construir indicadores para evaluar y monitorear la gestión ambiental de los RSD en Rosario.

Los indicadores propuestos fueron presentados en hojas metodológicas llamadas también fichas técnicas o metadatos en un formato amigable y de fácil comprensión tanto para los decisores de políticas como para el público en general. En ellos se visualizan la generación de residuos durante el año 2.010, la generación per cápita, la composición de aquellos y la superficie destinada al relleno sanitario. Finalmente, el indicador del flujo lineal de los metales que permite calcular la Sustentabilidad Ecológica (SE) de la gestión de residuos arrojó un valor de **0,0255** y su valor inverso (aproximadamente) **40** señala una velocidad de extracción superior en 40 veces a la velocidad de reincorporación de dichos metales a la litosfera lo que demuestra las condiciones de no sustentabilidad de dicha gestión, la cual fue planteada en la hipótesis del trabajo de investigación.

El criterio adoptado para la elaboración de las fichas metodológicas resume y simplifica información relevante volviendo visibles o perceptibles fenómenos de interés, mostrando condiciones de no sustentabilidad en la gestión de los RSD.

En este marco, la actualización permanente de los indicadores ambientales podrá ser utilizada como insumo necesario en el mejoramiento de la gestión municipal de los residuos. Asimismo, la ampliación en el acceso al conocimiento y la información hace que tanto individuos como grupos organizados de ciudadanos puedan establecer mayores exigencias de calidad a los proveedores de productos y servicios, sean estos públicos o privados. *“La democratización y socialización de la información en su más amplio sentido, desde la producción hasta su uso por distintos grupos con agendas diversas, es una de precondiciones críticas para construir sociedades sustentable” (Rayen Quiroga, 2005).*

Por último debe mencionarse que los indicadores ambientales de sustentabilidad ecológica no muestran las interrelaciones –que si poseen los indicadores de sostenibilidad-, entendidos estos como los que pueden operar vinculando transversalmente las dinámicas económicas, sociales, institucionales y ambientales del proceso hacia el desarrollo sustentable a escala urbana.

6.1. Consideraciones finales

Se considera necesario además avanzar en pautas tendientes a mejorar las condiciones actuales ala gestión de los RSD a través de los siguientes ejes de intervención:

- *Educación Ambiental:* A pesar de las mejoras realizadas fundamentalmente en las etapas de almacenamiento y recolección de los residuos, todavía persisten 320 micro basurales (Diario La Capital, 14 de mayo de 2011), incumpliendo la ordenanza de erradicación de basurales mencionada en la tesis. No se tienen además datos sobre la cantidad de residuos recolectados por las islas de separación dando cuenta del grado de aceptación de la comunidad a este servicio; por lo cual se recomienda instrumentar un programa de educación ambiental cuyos objetivos sean modificar hábitos incorrectos de disposición de residuos por un lado y por otro fomentar la clasificación y separación y su posterior disposición en las islas de separación.
- *Mejoramiento de la calidad de la información municipal:* Actualizar de forma permanente la información sobre la composición de los residuos, cantidad generados/recolectados/clasificados/dispuestos de manera de optimizar la elaboración de los indicadores ambientales. Complementariamente, es urgente generar información transdimensional que relacione las dinámicas económicas, sociales y ecosistémicas para una mejor gestión de la sustentabilidad del desarrollo a escala urbana.
- *Otros instrumentos de gestión ambiental:*
 - Implementación de instrumentos económicos que promuevan el eco-canje de envase plásticos/aluminio.
 - Instrumentar un programa “Biodiesel” destinado a la recolección de aceites comestibles utilizados por grandes generadores (restaurantes, hoteles, geriátricos, comedores escolares, etc.), los cuales podrán ser usados en la fabricación del biocombustible.
 - Creación de una ordenanza que instrumente la responsabilidad social de las empresas comerciales/industriales respecto al embalaje de sus productos, en especial aquellos protegidos por poliestireno expandido. Este material derivado del petróleo es reutilizable 100% y a través de su reciclado se pueden fabricar materias primas para otra clase de productos. La degradación de este derivado sintético puede llevar meses a 500 años dependiendo de las condiciones de enterramiento. La ordenanza debería contemplar que los comerciantes/industriales se hicieran responsables de la recolección del embalaje post-venta de sus productos.
- *Propuestas tecnológicas en la planta de clasificación de residuos:* Dado que en esta tesis se ha trabajado con indicadores de sustentabilidad ecológica con énfasis en los metales, las siguientes propuestas favorecerán la selección de metales no-ferrosos:

- Separación de metales no-ferrosos por corrientes de Foucault. Este método consiste en establecer a través de un dispositivo fuerzas electromagnéticas variables que originan polos de repulsión; cuando el metal presente en el residuo cruza el campo magnético inducido sufre un efecto de repulsión y salta a una cierta distancia del tambor de Foucault y lejos del resto de materiales (Universidad de Pamplona, Colombia, 2.010). El método puede recuperar cobre (Cu) y Aluminio (Al); el primero puede ser reciclado un número ilimitado de veces sin perder sus propiedades, el reciclado requiere un 25% de la energía requerida para convertir el mineral de Cu en metal.

A pesar de que el Al es uno de los metales más abundantes en la naturaleza, su proceso electro-magnético es uno de los más costosos. Se necesitan 4 kg de bauxita (mineral de Al) para producir 1 kg de metal; mientras que la energía necesaria para producir una lata a partir de Al reciclado es menor al 0,05 de la energía necesaria para producir una lata a partir de materias primas.

- Instalación de plantas de reciclaje para ambos metales.

7. BIBLIOGRAFÍA

Diario La capital (2011). Microbasurales en Rosario. Disponible en http://www.lacapital.com.ar/ed_impresa/2011/5/edicion_924/

Di Pace, M. y Crojethovich, A. (2004). La sustentabilidad ecológica en la gestión de residuos sólidos urbanos. *Area de Ecología Urbana*, Instituto del Conurbano. Universidad Nacional de General Sarmiento, Gran Buenos Aires.

Fernández, Xavier Simón (2007). Economía Ecológica y Agro-ecología. Facultad de Económicas y empresariales de la Universidad de Vigo, España. Síntesis de tesis doctoral. Documento en PDF.

GeomR (2007). Plan Urbano Rosario. Municipio de Rosario, Provincia de Santa Fe, Argentina. Disponible en: http://www.rosario.gov.ar/sitio/arquitectura/plan_urbano_0717.jsp

Georgescu-Roegen, Nicholas (1971). *The Entropy Law and the Economic Problem*. Harvard University Press: Cambridge, Massachusetts.

Guerrero, E. M. y Erbiti, C. (2004). Indicadores de sustentabilidad para la gestión de residuos sólidos domiciliarios. Municipio de Tandil, Argentina. *Revista de Geografía Norte Grande*, 32:71-86. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile.

Guerrero, E.; Banda Noriega, R.; Ruiz de Galarreta, A. (2009). Indicadores Ambientales de la gestión del agua en Tandil. *Estudios ambientales I*. Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales. (CINEA). Tandil.

INDEC (2010). Censo Nacional de población, viviendas y hogares. Instituto Nacional e Estadísticas y Censos. Buenos Aires. Disponible en <http://www.indec.gov.ar/>

Karlsson, Sten (1997). *Man and material flows towards sustainable materials management*. Uppsala University.

Quiroga, Rayén (2003). Como forjar ciudades sustentables. *Polis* revista de la universidad Bolivariana invierno año/ vol. 1. Número 005, Santiago de Chile.

Quiroga Martínez, Rayén (2005). Propuesta regional de indicadores complementarios al objetivo de desarrollo del Milenio 7: "Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente". CEPAL, División de Estadística y Proyecciones Económicas S E R I E estudios estadísticos y prospectivos N° 50 Santiago de Chile.

ⁱ La Ordenanza N° 7.600 (2003) denomina Residuos Sólidos Domiciliarios y Compatibles a aquellos elementos, objetos o sustancias que como subproductos de los procesos de consumo domiciliario y del desarrollo de las actividades humanas son desechados, con un contenido insuficiente como para fluir libremente, y cuyo destino natural debería ser su adecuada disposición final, salvo que pudiera ser utilizado como insumo para otro proceso.

ⁱⁱ Cifra muy conservadora tomando como base que una cierta cantidad de metal puede reincorporarse al medio de unos 400 años. Metales como el plomo se reincorporan a la naturaleza a un ritmo más lento. El 99,9% de una cantidad dada tarda 9.000 años en reducirse a una forma que sea utilizada por la naturaleza (tomado de Di Pace M. y Crojethovich A., 2004).