

EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN BOGOTÁ.

UN MODELO DE SIMULACIÓN

JAVIER PARRA PEÑA*
javierparrap@latinmail.com,

"La naturaleza no conoce el concepto de desperdicio, cualquiera que este sea, aún inservible para uno, será alimento para alguien más. La especie humana, considerada la inteligente sobre la tierra, es la única capaz de hacer las cosas que nadie quiere"

Gunter Paulli, 1995

1. Introducción

El crecimiento de las ciudades en torno a los sectores secundario (industria) y terciario (comercio y servicios) de la economía trae consigo un deterioro significativo del ambiente, que sumado al generado por el hombre en su quehacer diario va en detrimento del derecho de las futuras generaciones al disfrute de un ambiente sano.

Este deterioro del entorno se presenta principalmente por la ausencia de políticas adecuadas para impulsar verdaderos procesos de desarrollo sostenible, y por un inconsciente colectivo que desconoce la importancia del medio ambiente como elemento determinante del desarrollo, o que a pesar de conocerla actúa de manera indiferente. Al sumarse a los problemas propios de la producción (aumento en el consumo de recursos y generación de contaminantes asociado a los niveles de demanda), los relacionados con el crecimiento demográfico y el surgimiento de nuevas necesidades y hábitos de consumo, cada día tenemos patrones de producción y consumo más insostenibles.

Bajo estas consideraciones generales se presenta una alternativa para evaluar el comportamiento del hábitat urbano en la búsqueda de soluciones a problemas del orden ambiental y social: el uso de

herramientas de investigación de operaciones como soporte de las decisiones, que faciliten la adopción de medidas acordes con los principios de sostenibilidad. Se plantea inicialmente la concepción de un modelo determinístico de optimización para un adecuado uso de los recursos, cuando los comportamientos objeto de estudio sean lo suficientemente predecibles, generalmente al

.....

* Ingeniero Industrial Universidad Distrital F.J.C., Especialista en Informática Industrial Universidad Distrital F.J.C, docente de tiempo completo adscrito a la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital F.J.C.



PALABRAS CLAVES

RESIDUOS SÓLIDOS
SIMULACIÓN
GESTIÓN DE RESIDUOS
BASURAS
CONTAMINACIÓN

interior de las organizaciones productivas; además, un modelo estocástico que opera bajo el criterio de lo probable, en otras condiciones. Para estos últimos es destacable el papel de la simulación, que en un ámbito más amplio permite la representación de relaciones existentes entre las variables del sistema y que determinan de alguna manera su comportamiento, en términos del deterioro causado.

Considerando la complejidad del entorno urbano, en el cual coexisten diferentes tipos de uso del suelo, se establecen los lineamientos básicos y se describe el sistema que más tarde servirá de base para la construcción de un modelo de simulación, que actúe como instrumento de evaluación de diferentes alternativas (niveles de gestión) para la toma de decisiones en la *gestión integral de residuos sólidos*, la cual se convierte en un elemento fundamental cuando se aborda la problemática ambiental en términos de deterioro y ecoeficiencia.

Para contextualizar la aplicación sugerida se hacen algunas reflexiones acerca del manejo de los residuos sólidos en la ciudad de Bogotá, teniendo en cuenta que tras la recolección, el transporte y el tratamiento actual que se da a las basuras se encierra una problemática social de grandes dimensiones.

Se concluye con un modelo en el cual se presentan las diferentes entidades, variables y relaciones existentes, de manera conceptual y matemática, que tras una etapa de experimentación y validación estadística permitirán la evaluación de diferentes alternativas tendientes a alcanzar objetivos propios de los procesos ecoeficientes, entre los cuales está básicamente el hecho de reducir las pérdidas de materiales y energías que se presentan en el sistema de generación, recolección, disposición y transporte de residuos sólidos.

2. Algunas Consideraciones Teóricas

Desde el punto de vista de los materiales que intervienen en el sistema económico, éste se puede describir en términos de dos subsistemas (producción y consumo) con sus respectivos



atributos, las relaciones internas existentes entre ellos y las que se generan con la biosfera.

La actividad del hombre en los subsistemas industrial (producción), comercio y servicios y aún en su vida diaria (consumo), actúan de manera negativa sobre el entorno al generar y disponer residuos, en los diferentes estados de la materia, en volúmenes que están por encima de la capacidad de asimilación del ambiente. Si se observan de manera especial los flujos de residuos sólidos de los dos subsistemas en mención, detallando el curso que ellos siguen a través del sistema urbano y comparándolo con el que deberían seguir para un adecuado manejo, tratamiento y disposición, es posible establecer algunos mecanismos administrativos y técnicos tendientes a alcanzar mayores niveles de bienestar para las comunidades, en aspectos sociales, económicos y ambientales.

Alternativas ecoeficientes que ya hacen parte del quehacer de algunas organizaciones, soportando uno de los pilares del desarrollo sostenible, deben tenerse en cuenta como referentes a la hora de realizar cualquier tipo de proyecto de interés industrial, comercial, o social. Sólo de esta manera se garantizará a las futuras generaciones el derecho a disfrutar de un ambiente sano contemplado en la legislación ambiental colombiana. Las tecnologías limpias deben ser

uno de los objetivos de la política ambiental en cada una de las empresas públicas o privadas, como medio para su permanencia en el mercado y para la supervivencia, no sólo de la especie humana sino de las demás especies que cohabitan con el hombre en los diferentes ecosistemas. Estas tecnologías, entendidas como la aplicación de la ciencia a la producción de bienes o a la prestación de servicios sin lesionar el medio ambiente, deben considerar en primera instancia los principios de conservación de la materia y la energía, de manera tal que su transformación se realice con un mínimo de pérdidas, es decir, reduciendo las diferentes formas de desperdicios que se disipan o disponen al ambiente.

La comunidad internacional tiene claridad acerca de la gran responsabilidad que tienen en este momento la ciencia, la técnica, y la ingeniería dentro de las acciones de mejoramiento y conservación ambiental, para lo cual deben enfocar sus acciones hacia la búsqueda de nuevos materiales, que cumplan de manera satisfactoria y segura con los requerimientos de un cliente cada día más exigente; la reducción en la generación de desechos, tanto en los procesos productivos propios de la industria como en el consumo de bienes, y la mejor utilización de los recursos naturales y los residuos generados por la industria y los consumidores. En este momento también es necesario buscar fuentes alternativas de energía y materiales que permitan el desarrollo de las actividades humanas sin sobreexplotar los recursos, reduciendo la generación de contaminantes. Hoy son objeto de estudios interdisciplinarios el uso de energías eólica y solar, como fuentes inagotables, y el aprovechamiento de las basuras que en el ámbito internacional (especialmente en Europa, Japón y Estados Unidos), ha demostrado ser una potencial y real fuente de materiales y energía.

La gestión integral de residuos sólidos (que comprende su transporte, tratamiento, reciclaje,

reuso y disposición adecuada) debe integrar los esfuerzos de los individuos alrededor de la problemática de las basuras, con el fin de devolverlas al aparato productivo como materias primas o como fuentes de energía, reduciendo su impacto sobre el medio ambiente. Existen experiencias desarrolladas en diferentes partes del mundo que han mostrado resultados satisfactorios en cuanto a alternativas viables para retornar diferentes tipos de materiales a las actividades productivas y de consumo, sin lograr que hasta ahora su utilización se haya masificado.

El hombre debe buscar permanentemente la forma de reducir la contaminación, reciclando y reusando los desechos que genera su actividad, al igual que la reducción en la extracción y la explotación de unos recursos naturales finitos. Las decisiones concernientes a la gestión integral de residuos sólidos no pueden adoptarse (como se ha hecho en otras partes del mundo) porque la problemática social y económica relacionada con las basuras sea particularmente dramática; más bien es necesaria la utilización de diferentes herramientas que permitan evaluar algunos aspectos propios de la situación problemática antes de intervenir en la forma en la cual se lleva a cabo el manejo de las basuras.

La estadística y la simulación, como herramientas para el análisis, representación y evaluación del comportamiento de los sistemas, son bastante útiles a la hora de tomar decisiones relacionadas con comportamientos complejos. A pesar de ser costosas, al requerir un trabajo intenso de recolección, procesamiento y análisis de información primaria, permiten representar de manera simplificada las relaciones de interés para *observar* y *experimentar* a partir de ellas antes de adoptar una solución, sin intervenir sobre el sistema real, evitando costos mayores que pueden presentarse para alternativas que difícilmente puedan lograr el resultado buscado.

Las técnicas de optimización aplicadas a diferentes subsistemas también permiten

establecer criterios para un mejor desempeño ambiental de los centros generadores de residuos, y para su transferencia hacia otros centros de producción o hacia el entorno.

3. Gestión de Residuos en Bogotá

Los países del tercer mundo presentan unas características bastante particulares en términos de gestión de residuos sólidos, que por lo general revierten su efecto sobre la salud humana. Los desechos peligrosos se vierten conjuntamente con los demás, generando daños que pueden ser irreversibles aún en el mediano plazo.

Por su gran tamaño (población que supera los 8'000.000 de habitantes, incluida su población flotante) y por la variedad de actividades que en ella se realizan (industriales, comerciales, residenciales e institucionales), la ciudad de Bogotá genera un volumen considerable de residuos sólidos de todo tipo. En la zona Bogotá-

Soacha se genera cerca del 30% del total nacional de residuos sólidos industriales (DNP-PNUD, 1994); estudios realizados por la Cámara de Comercio de Bogotá y la empresa INGESAM-URS también determinaron que el volumen de desechos generado en la capital es de 5218 y 7000 toneladas diarias, respectivamente (Fonseca, 1994).

La composición de los residuos generados en la ciudad (ver Tabla 1), permite observar que existe un alto potencial de desarrollo para la actividad del reciclaje, dado que en la actualidad éste no alcanza a cubrir siquiera el 20% de los residuos sólidos reciclables que se generan (Pérez Preciado, 1996), y para la constitución de empresas que se dediquen a la producción de *compost* a partir de la fracción orgánica. Además, la evolución del conocimiento científico debe representar un aumento en el número de materiales susceptibles de algún tipo de recuperación.

DESCRIPCIÓN	TONELADAS / DÍA	%
Materia orgánica putrescible	2918	56.9
Papel y cartón	1175	22.5
Vidrio y Loza	223	4.3
Trapos	192	3.7
Metales	95	1.8
Plásticos	40	0.8
Otros*	575	11.0

*Incluye residuos especiales

TABLA 1. Composición de las Basuras en Bogotá

FUENTE: Cámara de Comercio de Bogotá, 1994

Los residuos sólidos peligrosos que genera la industria bogotana (130,5 ton/ día) corresponden al 24.1% del total producido en el país, siendo las principales industrias generadoras las curtiembres, sustancias químicas básicas, abonos y plaguicidas, resinas sintéticas, plásticos y fibras artificiales, productos farmacéuticos, industria petroquímica y carboquímica, industria del hierro y del acero, industrias básicas de

metales no ferrosos y la fabricación de metales no ferrosos (DNP-PNUD, 1994).

En la actualidad el tratamiento dado a los residuos sólidos se limita a su recolección, transporte y disposición en el relleno sanitario Doña Juana, ubicado al sur oriente de la ciudad. El sistema de recolección y transporte hacia este relleno, que no separa los diferentes tipos de

residuos, está conformado por empresas de capital privado, contratistas subordinadas a la Unidad Especial de Servicios Públicos (UESP).

También existe un sistema informal de recolección de la fracción reciclable compuesto por *recicladores*, esto es, personas que a título individual o asociados en cooperativas recolectan y venden los materiales reciclables provenientes de las basuras como fuente de generación de ingresos para su subsistencia. Como entidades de carácter asociativo, existen en la ciudad alrededor de cinco cooperativas entre las cuales se pueden mencionar «Rescatar» y «El Porvenir», que junto con asociaciones de carácter local (Asociación Bogotana de Recicladores) y nacional (Asociación Nacional de Recicladores) trabajan por dignificar la labor del reciclador.

A pesar de ser una fuente generadora de ingresos para el sustento de muchas familias (sólo la cooperativa Rescatar agrupa a más de 70 jefes de familia), el reciclaje ha llegado a considerarse como una labor de segunda que va en detrimento del aspecto de la ciudad. Su desarrollo informal y poco controlado, especialmente cuando no se percibe ninguna forma de organización, lleva a que se genere desorden en los sitios de selección de los materiales reciclables; a él también contribuye la inexistencia de una cultura de clasificación de residuos en la fuente, que sólo se da en pequeña escala en algunas urbanizaciones y empresas industriales y comerciales que ven en estos materiales una fuente de ingresos adicional.

Recursos y esfuerzos dedicados a la capacitación en la clasificación adecuada de materiales de acuerdo con la guía técnica 024 del ICONTEC no producen el impacto esperado, porque el sector informal no tiene la cobertura suficiente para el acopio de los materiales que se logra clasificar.

Desde el punto de vista social, es necesario tener en cuenta que la mayoría de los recicladores son discriminados por su aspecto, en muchos casos por su bajo nivel educativo que les impide acceder a otro tipo de empleo, o por estar inmersos en drogadicción y alcoholismo; por todo esto su actividad se asocia con un estilo de vida. Zonas deterioradas como *cinco huecos*, el *bronx* y la *calle del cartucho* concentran gran cantidad de población dedicada a esta actividad, haciendo que la discriminación sea aún mayor. Los sectores céntricos de la ciudad son, al parecer, los sitios más adecuados para el ejercicio de su actividad, por la proximidad geográfica a centros de alto consumo (comercio, talleres, etc.).

4. Un Modelo Conceptual y Analítico del Sistema Propuesto

El sistema de gestión de residuos sólidos para la ciudad debe desarrollarse a partir de las experiencias que se han realizado en otros lugares del mundo, y que han demostrado viabilidad desde el punto de vista técnico-económico; el propósito es alcanzar niveles de ecoeficiencia que faciliten el desarrollo sostenible de la ciudad, a la vez que propicien una mejor calidad de vida para los diferentes sectores de la sociedad.

La generación de residuos, su disposición por parte del consumidor, la infraestructura para la recolección de las fracciones que sugiere la guía técnica 024 del ICONTEC para los residuos domésticos e institucionales, y su posible utilización como materias primas de otros productos deben ser tenidos en cuenta a la hora de diseñar y desarrollar nuevos productos tendientes a satisfacer las necesidades de los consumidores.

Se requiere entonces abordar la complejidad del sistema de modo que las nuevas tecnologías de fabricación y los aspectos relacionados con el diseño puedan integrarse al ámbito de la gestión

de residuos, con el fin de ampliar la base de materiales reciclables y generadores de energía.

En el modelo propuesto se describen un conjunto de variables dinámicas que representan de manera general el comportamiento de los residuos sólidos en altos niveles de gestión. No obstante, la flexibilidad de las relaciones planteadas permite su adaptación a niveles intermedios o inferiores de gestión, manteniéndose su coherencia formal. Complementariamente, en la medida que se obtenga un mayor conocimiento del funcionamiento del sistema es posible la particularización de aquellos elementos de interés para el investigador.

La concepción del modelo representa básicamente los flujos de dinero y de materiales que tienen lugar en la gestión de los residuos sólidos; en el caso de los materiales se detallan los subgrupos necesarios para la evaluación de la gestión, dejándose espacio para posteriores desarrollos complementarios.

• Variables del sistema

Para la evaluación de la gestión de residuos sólidos en un sistema urbano se han definido las variables que se enumeran a continuación:

RE_C	: Residuos especiales clasificados en la fuente
RO_C	: Residuos orgánicos clasificados en la fuente
RR_C	: Residuos reciclables clasificados en la fuente
RD_I	: Residuos dispuestos indistintamente por el generador
RE_{CSR}	: Residuos especiales clasificados, que van al sistema de recolección
RO_{CSR}	: Residuos orgánicos clasificados, que van al sistema de recolección
RR_{CSR}	: Residuos reciclables clasificados, que van al sistema de recolección
RO_{CPC}	: Residuos orgánicos clasificados, que van a plantas de compostaje
RR_{CCA}	: Residuos reciclables clasificados, que van a centros de acopio
RR_{CR}	: Residuos reciclables clasificados por los recuperadores
RR_{DIR}	: Residuos reciclables recuperados por recuperadores, de los dispuestos indistintamente
RRA_{DI}	: Fracción de residuos reciclables aprovechables de los dispuestos indistintamente (reciclables no contaminados)
RRA_{DISR}	: Fracción de residuos reciclables aprovechables de los dispuestos indistintamente que van al sistema de recolección
REO_{DI}	: Residuos orgánicos y especiales dispuestos indistintamente
RRC_{DI}	: Residuos reciclables contaminados de los dispuestos Indistintamente
RD_{ISR}	: Residuos dispuestos indistintamente al sistema de recolección
MR_R	: Material recuperado por los recuperadores
MR_{CA}	: Material recuperado por centros de acopio, que va a la industria reciclaje
MR_{RCA}	: Material recuperado por recicladores (recuperadores), que va a los centros de acopio
MR_{RIR}	: Material recuperado por recicladores, que es vendido a la industria recicladora
MR_{IR}	: Material recuperado que va a proceso de reciclaje
MP_{IR}	: Materias primas provenientes de industria recicladora
CP_R	: Consumo de materiales en el proceso de reciclaje
PPR_{SR}	: Pérdidas del proceso reciclaje dispuestas al sistema de recolección

I SEMEST

- C : Compost producido
PPC_{SR} : Pérdidas del proceso de compostaje dispuestas al sistema de recolección
CPC : Consumo de materiales orgánicos en proceso de compostaje
MP_I : Materias primas industriales
MP_M : Materias primas provenientes del medio
P : Productos de la industria de bienes
C_P : Consumo de productos
DD_M : Desechos dispuestos al medio
Q_M : Capacidad del medio de transporte M
K_R : Valor pagado por una unidad de masa de material reciclable (a los recuperadores)
K_{CA} : Valor pagado a los centros de acopio por la industria recicladora

Este conjunto de variables deben ser dinámicas, no negativas, continuas y estar expresadas en unidades de masa.

Considérese además las siguientes relaciones:

$$P - C_P = RE_C + RO_C + RRC + RD_I \quad (1)$$

$$REC = RE_{CSR} \quad (2)$$

$$ROC = RO_{CSR} + RO_{CPC} \quad (3)$$

$$RRC = RR_{CSR} + RR_{CCA} + RR_{CR} \quad (4)$$

$$RDI = REO_{DI} + RRA_{DI} + RRC_{DI} \quad (5)$$

$$RRA_{DI} = RR_{DIR} + RRA_{DISR} \quad (6)$$

$$MR_R = RR_{DIR} + RR_{CR} \quad (7)$$

$$MR_{CA} = RR_{CCA} + MR_{RCA} \quad (8)$$

$$MR_{IR} = MR_{RIR} + MR_{CA} \quad (9)$$

$$MR_R = MR_{RCA} + MRR_{IR} \quad (10)$$

$$MR_{IR} - CPR - PPRSR = MPIR \quad (11)$$

$$MP_I = MPB_{IR} + MP_M \quad (12)$$

$$DD_M = RE_{CSR} + RO_{CSR} + RR_{CSR} + R_{DISR} - RRA_{DIR} \quad (13)$$

$$C = RO_{CPC} - PPC_{SR} - CPC \quad (14)$$

• Objetivos del modelo

Los objetivos básicos del sistema para la gestión integral de residuos sólidos son la reducción de las emisiones y el aprovechamiento de todas las fracciones que conforman el volumen total de residuos generados. Ellos se sintetizan en el modelo de la siguiente forma:

Reducción en el volumen de residuos sólidos dispuestos al medio

$$DD_M = RE_{CSR} + RO_{CSR} + RR_{CSR} + RD_{ISR} - RRA_{DIR} \quad (13)$$

Aumento del volumen de materiales reciclado por los centros de acopio

$$MR_{CA} = RR_{CCA} + MRR_{CA} \quad (7)$$

Aumento del volumen de materiales reciclados que van a proceso de reciclaje en la industria

$$MR_{IR} = MR_{RIR} + MR_{CA} \quad (8)$$

Aumento del volumen de compost obtenido a partir de la fracción orgánica.

$$C = RO_{CPC} - PPC_{SR} - CPC \quad (9)$$

También cabe la posibilidad de establecer objetivos económicos para cada una de las entidades involucradas, incluyendo parámetros asociados con el mercado de los residuos sólidos.

$$MR_{IR} = K_R MR_{RIR} + K_{CA} MR_{CA}$$

Para establecer las restricciones del modelo debe tenerse en cuenta la capacidad de recolección de las fracciones por los diferentes sistemas existentes para tal fin (formal e informal).

El éxito del modelo depende de un adecuado estudio y monitoreo permanente de las diferentes variables que intervienen en la representación de la situación, acompañados de un registro estadístico que permita conocer su comportamiento en el tiempo, a la vez que facilite inferir comportamientos posteriores. Esta propuesta inicial debe

consolidarse gradualmente partiendo de la representación de la recolección actual de residuos, que se concrete en modelos de optimización de las funciones objetivo propuestas; la simulación es sugerida como mecanismo de representación de este sistema, altamente estocástico, y de evaluación de alternativas, acompañada de procesos de optimización multiobjetivo que eleven el desempeño del sistema con respecto a las funciones identificadas.

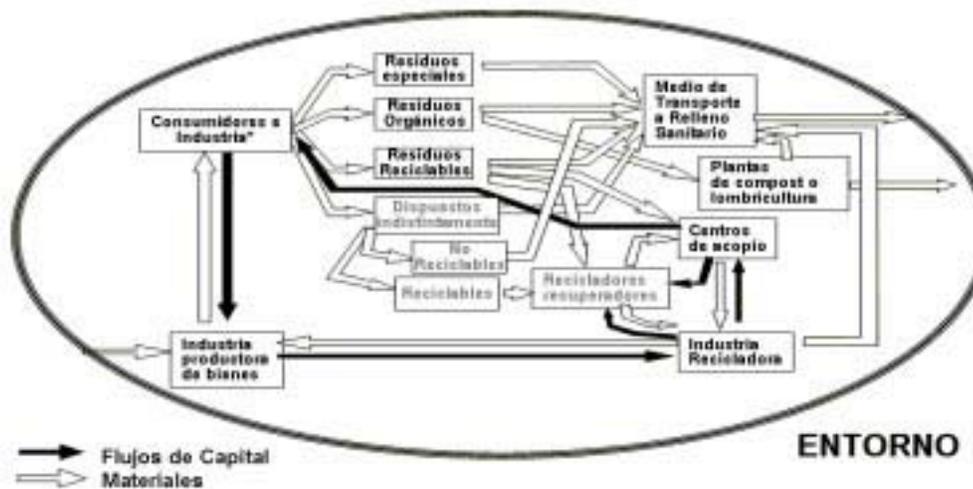


FIGURA 1. Flujos de Residuos Sólidos y Materiales dentro de un Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos¹

¹ La industria, productora de bienes, genera unos flujos de residuos que pueden ser considerados de la misma manera que los producidos por los consumidores, razón por la cual no se expresan de manera explícita en este diagrama

Se prevé el desarrollo de una simulación síncrona u orientada a intervalos, dado que es muy difícil establecer el momento justo de generación de un residuo, y de hacerse se elevaría innecesariamente la complejidad del modelo. Para tal efecto se asumen los mismos intervalos en los cuales se realiza el trabajo de recolección por parte de las empresas prestadoras del servicio de aseo, lo cual se constituye en una forma válida para realizar las observaciones y discretización del modelo, en la medida en que lo permiten las técnicas estadísticas. Se considera que tal simulación debe realizarse en primera instancia en una comuna o barrio, para que una vez estabilizado y validado el comportamiento se haga extensivo a sistemas mayores.

5. Comentarios y Conclusiones

El estudio de nuevos materiales y energías alternativas es hoy un reto para los profesionales de diferentes disciplinas; es esta la base de desarrollo de verdaderas tecnologías limpias que en un futuro cercano deben aumentar la cantidad de reciclaje de materiales, así como su potencial de uso para actividades que hasta el momento pueden parecer ilógicas o irrelevantes.

La capacitación del consumidor en cuanto a disposición de residuos sólidos debe realizarse simultáneamente con la implementación de un sistema apropiado de recolección. Sin embargo, los esfuerzos de capacitación no son fructíferos si se trabaja de forma aislada, es decir, si los consumidores disponen sus residuos separadamente y los vehículos de recolección los mezclan enfrente suyo, transmitiéndole un mensaje de la inutilidad de sus acciones previas que redundan en sensaciones de desmotivación e insatisfacción.

La gestión de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos puede facilitarse a través de la utilización de diferentes métodos cuantitativos que orienten los procesos de toma de decisiones en favor de la calidad ambiental, previniendo de



cierta forma establecer el destino que debe darse a cada tipo de residuo, de acuerdo con los volúmenes de generación. Una representación adecuada del sistema permitirá dimensionar la infraestructura necesaria para dar soluciones a diferentes aspectos relacionados con la recolección, transporte y disposición de residuos, de modo que sea factible su aprovechamiento.

Independientemente de la complejidad de las relaciones entre las diferentes entidades que lo componen, el éxito del modelo de simulación dependerá del estudio minucioso de las variables que intervienen, lo cual sólo será posible con la colaboración de una comunidad piloto que, convencida de la importancia de una adecuada gestión de residuos sólidos urbanos, facilite la tarea de caracterizar los desechos antes de disponerlos.

Un modelo de simulación consistente permitirá que la evaluación de alternativas de solución a la problemática existente en relación con el manejo de residuos sólidos se realice de manera integral, llegando a servir como guía para el comercio de los materiales reciclables y para la dignificación de un trabajo hasta hoy discriminado por la sociedad, con mayores garantías para quienes lo realizan.

T

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGEL SANINT, Enrique, Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones Ambientales, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Instituto de estudios ambientales, Medellín, julio de 2000
- CASTRO ÑUNGO, Luz Angela, Efectos Geográfico-Ambientales de la Localización de la Industria en Bogotá, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Tunja, 1996
- CENTRO DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS, Un Mundo en Proceso de Urbanización. Informe Mundial sobre los Asentamientos Humanos 1996, Ed. Tercer Mundo - INURBE -Fondo Nacional del Ahorro, Noviembre de 1996.
- CORPORACION MISION SIGLO XXI, Perfil Ambiental de Bogotá, Colección El Futuro de la Capital, Misión Siglo XXI, Bogotá, 1996
- EHRLICH, Paul R., EHRLICH, Anne H., La Explosión Demográfica. El Principal Problema Ecológico, Biblioteca científica Salvat, Salvat editores, Barcelona, 1993.
- FONSECA, Carlos, Planteamientos y Bases para la Elaboración del Plan Maestro de Residuos Sólidos para Bogotá, Corporación Propuesta Ambiental, Bogotá, Marzo de 1994.
- JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY (JICA), The Study on the Master Plan for Urban Transport of Bogotá in the Republic of Colombia, Draft Final Report, Chodai Co.,Ltd In association with Yachiyo Engineering Co., Ltd., September 1996.
- KREITH, FRANK (Editor In Chief), et al. HANDBOOK OF SOLID WASTE MANAGEMENT, Mc. Graw Hill, United States of America, 1994.
- MENDOZA MORALES, Alberto, Pacto Ecológico de la Sabana, Sociedad Geográfica de Colombia, Bogotá, 1996
- PARRA PEÑA Javier, SEPULVEDA FLOREZ Nelson Leonardo, Diseño de un Plan de Desarrollo Industrial para Bogotá, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, 1998.
- PARRA PEÑA Javier, VIATELAAPONTE Weimar, Desarrollo y Planificación de un Sistema Urbano Sostenible, Ponencia presentada en el III Seminario Internacional de Ciencias Empresariales en la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos, 1997.
- PEREZ PRECIADO Alfonso, Perfil Ambiental de Bogotá, Colección El Futuro de la Capital, Misión Siglo XXI, Bogotá, 1996.
- RIOS INSUA, David, RIOS INSUA, Sixto, MARTÓN, Jacinto, Simulación. Métodos y Aplicaciones, Editorial AlfaOmega, 2000.