

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1</b>	<b>PRESENTACION.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIPCION DE LA SITUACION ACTUAL EN EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN CORABASTOS Y LAS PLAZAS DE MERCADO .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL PROPUESTO .....</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE USO DIRECTO O TRANSFORMACION DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS .....</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA RECOMENDADA - COMPOSTAJE AEROBIO .....</b>	<b>8</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>10</b>

## 1 PRESENTACION

A continuación se presentan los principales resultados del estudio realizado por el Consorcio NAM – VELZEA "**Gestión de Residuos Orgánicos en las Plazas de Mercado de Santa Fe de Bogotá**", en el marco del contrato suscrito entre el Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente – DAMA y el PNUD “Programa de Fortalecimiento Institucional para la Gestión Ambiental Urbana de Santafé de Bogotá” (COL/96/23).

Los objetivos para el desarrollo sostenible del país incorporan el programa de mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de las áreas urbanas, el cual se orienta a prevenir, mitigar y controlar los factores de deterioro de la calidad ambiental<sup>1</sup>. Con relación al manejo adecuado de los residuos sólidos, recientemente y especialmente a partir de la promulgación de la Agenda 21, se han introducido cambios en la perspectiva tradicional que limita las acciones a controles tipo higiénico y sanitario. Entre los nuevos objetivos se destacan la eliminación o reducción en la producción de residuos, la reutilización o el aprovechamiento de los residuos producidos, el reciclaje ecológicamente racional y la ampliación del alcance de los servicios que se ocupan de los mismos, y cambios en las pautas no sostenibles de producción y consumo.

El objetivo fundamental del proyecto es: “Evaluar las alternativas de gestión para los residuos orgánicos en las plazas de mercado propiedad del distrito Capital, y la Central de Abastos CORABASTOS, también en la ciudad de Santafé de Bogotá”. El trabajo se inició el 29 de diciembre de 1998 y terminó el 13 de septiembre del 2000. Como resultados, el estudio propone decisiones y acciones en el desarrollo de estos objetivos, mediante la promoción de cambios en los patrones de comercialización de los alimentos que ingresan a la ciudad, Plan de Gestión Integral de los Residuos Sólidos - PGIRS. Igualmente, es posible agregar un valor económico a los residuos vegetales si estos se transforman en un material aprovechable - compost. En este sentido, el diseño y puesta en marcha de instrumentos de tipo económico, técnico y ambiental por parte del Estado, posibilitarían la implementación de soluciones auto-sostenibles. Así mismo, se requieren cambios en la normatividad, pues la escasa regulación no cumple con los objetivos planteados, ésta puede adecuarse a nuevas circunstancias institucionales para ampliar la oferta de servicios en la gestión de residuos sólidos.

Santa Fe de Bogotá tiene 36 plazas de mercado, 18 de propiedad del Distrito y 18 de carácter privado. El estudio centra su atención sobre las primeras (comercializan el 10% de la demanda por alimentos de la ciudad) y sobre la Central de Abastos - CORABASTOS, como mercado mayorista, de la cual el Distrito es accionista. Se estima que diariamente concurren a CORABASTOS más de 250,000 personas entre transportadores, vendedores, empleados y compradores (la segunda Central de Abastos más grande de suramérica). La ciudad deposita diariamente en el relleno sanitario de Doña Juana cerca de 5,000 toneladas

---

<sup>1</sup> Presidencia de la República, Departamento Nacional de Planeación; “Cambio para Construir la Paz” Plan Nacional de Desarrollo – Bases 1998-2002. Capítulo 4.3 Medio Ambiente.

de residuos sólidos. Las plazas y CORABASTOS producen diariamente 70.5 toneladas; es decir, contribuyen con el 1.4% de los residuos totales.

## **2 DESCRIPCION DE LA SITUACION ACTUAL EN EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

El proyecto diseñó, recopiló, procesó y analizó información primaria para las 18 plazas de mercado y la Central de Abastos<sup>2</sup>. A partir del proceso de comercialización, se establecieron los flujos de generación de residuos<sup>3</sup>, las condiciones de almacenamiento y disposición temporal de residuos, la infraestructura existente y los impactos sobre la población expuesta. Se evaluó el cumplimiento a la normatividad ambiental y sanitaria, y la disposición y capacidad de las organizaciones existentes para mejorar la gestión de residuos sólidos.

Los residuos sólidos comprenden: residuos de origen vegetal y animal, alimentos procesados, empaques, otros residuos como textiles y papeles, y residuos inorgánicos (no susceptibles de ser degradados biológicamente).

En cuanto a la generación de residuos en las plazas de mercado se obtiene una alta participación del componente verduras (mayor al 50%), le sigue las frutas (promedio del 14%). De la misma forma, en CORABASTOS los sectores de verduras, frutas y hortalizas son los mayores generadores de residuos, más del 80% comprendiendo vegetales, papel y madera. En el sector de granos y procesados los residuos corresponden a empaques.

Del total de 70.5 ton/día de residuos sólidos, el 88.5% corresponde a residuos vegetales (verduras, frutas y hortalizas). De éstas 62.4 toneladas, 11.5 se producen en las plazas de mercado y 50.9 en CORABASTOS. Los otros residuos, que representan 8.1 toneladas, comprenden papel (3.5 ton/día), madera (1.8 ton/día), plásticos (1.7 ton/día), cárnicos (0.4 ton/día) y otros (0.7 ton/día). Por lo tanto, el porcentaje de los residuos que salen a disposición en el RSDJ de origen cárnico y de alimentos procesados (cocidos) es muy bajo.

Lo anterior generación se explica principalmente por la importación de residuos desde los centros de producción, por la utilización de empaques no apropiados y no reutilizables, y el alto grado de rechazo del producto por maltrato durante el transporte y por la carencia de estándares mínimos de calidad. En CORABASTOS, la descarga de frutas, verduras, hierbas, plátano y hortalizas, es la actividad que genera mayor cantidad de residuos. Los transportadores evidentemente no se llevan los desechos y estos quedan abandonados en el sitio de descarga. En CORABASTOS el nivel de pérdida de productos vegetales es del 2% (aproximadamente 18.500 ton/año). El nivel de pérdidas en las plazas de mercado oscila entre el 5 y 7%.

---

<sup>2</sup> Incluso se levantaron los planos de distribución del espacio para cada una de ellas.

<sup>3</sup> Uno para frutas, verduras y hortalizas, y otro para abarrotos, papas, plátanos, almacenes cárnicos y alimentos procesados.

Considerando las características de la infraestructura disponible en cada una de las plazas analizadas, se diseñó un indicador de generación de residuos por unidad de área en la zona de comercialización, el cual se presenta en tres niveles de eficiencia:

- Alta: indicador menor de  $0,5 \text{ Kg/día} \cdot \text{m}^2$
- Mediana: mayor a  $0,5 \text{ Kg/día} \cdot \text{m}^2$  y menor de  $1 \text{ Kg/día} \cdot \text{m}^2$
- Baja: indicador mayor de  $1 \text{ Kg/día} \cdot \text{m}^2$

En las bodegas y puestos de venta el manejo de los residuos registra desorden, no existe una separación ni clasificación de los residuos sólidos, no hay espacios adecuados, y la conciencia sobre los impactos ambientales de los residuos es mínima. No se utilizan recipientes estandarizados para su almacenamiento temporal. La recolección y el traslado de estos residuos a un almacenamiento temporal no cuenta con equipo mecánico apropiado. Los sitios de acopio temporal son inapropiados en 6 plazas, no existen en 8 plazas y sólo 4 plazas usan contenedores. Cuando no hay zona de acopio los usuarios de los puestos se encargan de transportar los residuos manualmente hasta el vehículo del consorcio de Aseo, resultando en una mayor mezcla de todos los residuos. En CORABASTOS los residuos se disponen en las vías internas, y se acopian en una de ellas. No existen cadenas organizadas para el reciclaje; el aprovechamiento de los residuos con algún valor comercial como cárnicos, cajas de madera, plásticos, papel, cartón, vidrio y metales se hace de manera informal. Los residuos de verduras y frutas no se seleccionan ni reciclan.

Los Consorcios de Aseo transportan los residuos de algunas plazas al RSDJ en vehículos compactadores y volquetas. La compactación reduce los espacios intersticiales del material, condición que dificulta el flujo de aire requerido para procesos de transformación, como el compostaje. CORABASTOS y las plazas que llevan directamente los residuos al RSDJ pagan a ECSA<sup>4</sup> por la disposición de los residuos y el barrido externo, en promedio \$29,405 /ton. El costo actual de disposición en el relleno es de \$10,380 /ton. Si se considera una operación completa en el relleno con extracción de gases y tratamiento de lixiviados el costo estimado es de \$15,671 /ton.

Con el propósito de identificar los patrones de mejoramiento en el manejo de los residuos sólidos, se efectuó una comparación con la gestión de residuos en una cadena privada de comercialización, representativa de los super e hipermercados, los cuales se caracterizan por una baja generación de residuos con destino al RSDJ. Se encontró que Carulla trabaja con sus proveedores desde la cosecha, les exige estándares de calidad y condiciones de empaque de los productos, lo que evita el ingreso de desechos a la ciudad. Existen programas específicos de conservación de los alimentos y de minimización de inventarios, lo que permite reducir las pérdidas por deterioro de los alimentos. Los programas de gestión evitan que en lo posible los residuos se conviertan en desechos. Carulla ha

---

<sup>4</sup> Empresa Comercializadora del Servicio de Aseo.

desarrollado estrategias de control ambiental y salud ocupacional, asegurando el cumplimiento de la normatividad.

En las plazas de mercado y CORABASTOS el tema ambiental y de salud ocupacional no ocupan un espacio predominante, por lo tanto se encuentran serias deficiencias administrativas frente a la normatividad. Si bien, el problema es más de orden estético o de presentación pues no existe evidencia de generación de efectos nocivos sobre la salud de la población expuesta. Las bajas condiciones de higiene producen riesgos potenciales de accidentes por caídas, así como olores. El tránsito vehicular produce concentración de ruido y emisión de gases. Los resultados de las encuestas realizadas a quienes se ocupan en las plazas y CORABASTOS indican que el 83% de los encuestados tienen dolencias respiratorias y osteomusculares, enfermedades cardíacas y renales, e infecciones de la piel, sin que pueda establecerse una relación directa de éstas con la ocupación o alto riesgo por exposición a la presencia de residuos sólidos.

### **3 CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN CORABASTOS Y LAS PLAZAS DE MERCADO**

Mediante muestreos y análisis de laboratorio, utilizando la técnica TCLP<sup>5</sup>, se estableció la composición física y química de los residuos sólidos, en parámetros como contenido de humedad, relación carbono y nitrógeno, contenido cenizas, metales pesados y pesticidas, entre otros. Esta información es fundamental para comparar la composición de los residuos generados con los requerimientos de las distintas alternativas de transformación. Como factor positivo se encuentra una baja presencia de elementos tóxicos, los cuales se mantendrían a lo largo de cualquier proceso de transformación y aparecerían en el producto final.

En términos de aprovechamiento, los residuos se pueden agrupar según la fuente primaria u origen (animal o vegetal), su biodegradabilidad, el contenido de humedad y su tamaño promedio.

Los principales resultados de los muestreos son las siguientes: la densidad promedio de los residuos es de 0.31ton/m<sup>3</sup>. La humedad varía entre 80 y 92%, el contenido de carbono está entre 43.5 y 49.8%, los fenoles varían entre 14.3 y 316 mg/kg., los nitratos entre 372 y 18,040 mg/kg., los nitritos entre 5.2 y 32.8 mg/kg., y nitrógeno total varía entre 1.1 y 2.1%. Los sólidos totales varían entre un 8 y 20%, y los sólidos volátiles entre 78.4 y 89.7%. Los sulfatos entre 6,580 y 93,120 mg/kg., los sulfitos entre 177 y 1,200 mg/kg. El pH (medido en campo) varía entre 6.1 y 7.

---

<sup>5</sup> Toxicity Characteristic Leaching Procedure.

#### **4 PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL PROPUESTO**

A partir del diagnóstico se concluye que pueden introducirse patrones de cambio en la cadena de comercialización de alimentos, a fin de reducir la producción de los residuos sólidos, separarlos adecuadamente y tratarlos o aprovecharlos técnica y económicamente. Se establecieron procesos y parámetros de cambio, los cuales conforman el PGIRS, plan que agrupa esfuerzos inter-institucionales, coordina acciones e implementa medidas en cinco temas: generación de residuos por importación de residuos a la ciudad, generación de residuos en los centros de comercialización, salud ocupacional, capacidad administrativa y transformación de los residuos vegetales.

Los administradores de las plazas y CORABASTOS manifiestan interés y disposición a trabajar en programas de gestión de residuos, especialmente programas de reciclaje y de compostaje, y sobre todo sí éstos se traducen en una disminución de las tarifas vigentes. En general, hay un rechazo hacia adquirir productos de presentación y calidad superior, pues son mayores los costos; se prefiere arreglar los productos en los puestos.

Para disminuir la importación de desechos, el PGIRS contempla la implementación de tres programas: 1) utilización de empaques reutilizables siguiendo las normas técnicas del ICONTEC, con lo cual se disminuye la generación de residuos de lenta degradabilidad como papel, cartón, plásticos y madera 2) aplicación en CORABASTOS de las normas de calidad para los productos que ingresan a la ciudad, y 3) aplicación de normas de transporte para reducir las pérdidas de productos alimenticios. Para disminuir la generación de desechos en los centros de comercialización, el PGIRS plantea la incorporación de recipientes de almacenamiento, ampliación y mejoramiento de los sitios de acopio transitorio, e incorporación de equipos de transporte.

Los costos de las inversiones requeridas en los centros de comercialización para la puesta en marcha del PGIRS alcanzan los \$913.9 millones, incluyendo la ejecución de un programa de capacitación con aspectos técnicos, ambientales, económicos y normativos.

#### **5 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE USO DIRECTO O TRANSFORMACION DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS**

Desviar de la corriente de desechos 62.4 toneladas diarias de residuos es equivalente a no disponer en el RSDJ los residuos que genera una ciudad de 100.000 habitantes.

Se identificaron siete posibles usos o transformaciones de los residuos vegetales (que son los de mayor generación) y se diseñó una metodología de comparación entre ellos, considerando variables técnicas, ambientales, económicas, normativas y de organización. La evaluación también consideró los resultados de experiencias nacionales e internacionales. Las alternativas se describen brevemente a continuación.

**Tabla No. 1 Alternativas de uso directo o transformación de los Residuos Orgánicos**

ALTERNATIVA	DESCRIPCION
Uso Directo: alimento para animales	Los residuos que corresponden a alimentos procesados son comercializados como alimento para cerdos "lavaza ". Existe el riesgo de transmisión de enfermedades. Los R.V. tienen baja capacidad nutricional y no compiten con el pasto.
Tratamiento físico: reducción de tamaño	Etapa previa a otros procesos, acondiciona los R.O. en tamaño de partícula, homogenización del material y reducción de volumen.
Transformación Química: Hidrólisis (ácida o alcalina)	Se obtiene glucosa, ácidos orgánicos, metanol y acetatos, a partir de residuos orgánicos ricos en celulosa (como papel, bagazo de caña, tusas de mazorca). La hidrólisis y la deshidratación son empleadas para los residuos cárnicos.
Transformación Térmica:	Reducción de volumen de los residuos y conversión de éstos en productos gaseosos, líquidos ó sólidos con la consiguiente emisión de energía en forma de calor. Los procesos estudiados, combustión, pirólisis y gasificación del plasma, se diferencian básicamente en sus requerimientos de oxígeno.
Proceso biológico aeróbico: Compostaje (hileras, pilas aireadas y reactores) y coprocesamiento	- Este es el proceso que más se utiliza para la conversión de R.O. La descomposición controlada, en presencia de oxígeno, es realizada por poblaciones microbianas, que combinan actividades mesofílicas y termofílicas, produciendo CO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , agua y calor principalmente. El coprocesamiento con lodos y la adición de cascarilla lleva a un compost de inferior calidad por la presencia de agentes patógenos y metales pesados.
Proceso Biológico anaeróbico: Biodigestión	Se obtiene gas metano, agua, dióxido de carbono, y un lodo de digestión que puede ser compostado.
Lombricultura	Es la conversión de materiales orgánicos biodegradables por medio de lombrices. Se promueve la actividad microbiana en los residuos y los nutrientes más importantes para el crecimiento vegetal, nitrógeno, potasio, calcio y fósforo, son liberados y convertidos en formas mucho más solubles y disponibles. La materia producida es más fragmentada y microbiológicamente más activa que la inicial.

En el uso directo, se consideraron (1) los residuos orgánicos como alimento para cerdos. Actualmente, los residuos de alimentos procesados son comercializados como alimento "lavaza" para cerdos, si bien, existe el riesgo de transmisión de enfermedades; (2) la esterilización de los residuos putrescibles conlleva, por las altas temperaturas que exige el proceso, a que los residuos vegetales pierdan nutrientes, los cuales, de por sí, son bajos en proteínas, con mayor contenido de carbohidratos y exceso de fibra. Otro factor consiste en que la industria porcina requiere continuidad en los balances alimenticios, lo cual no se logra con el tratamiento de residuo vegetales.

El primer proceso de evaluación se llevó a cabo a través de una matriz de decisión, en cuyas filas se incluyeron los posibles procesos de transformación, y en las columnas las variables técnicas ( el residuo vegetal como materia prima, requerimientos de infraestructura, requerimiento de maquinaria, y recursos humanos), las variables ambientales (requerimientos de ubicación, efectos directos en la operación y mitigación de impactos), las variables económicas y financieras (requerimientos de capital, costos de operación, y demanda de productos), las variables normativas (de diseño, y de calidad de

los productos), las variables organizativas (gestión de residuos, de supervisión y control, de regulación y de operación), y las variables de experiencia (nacionales e internacionales).

Como resultado de este primer proceso de evaluación, se excluyeron las alternativas de uso directo, tratamientos químicos y transformaciones térmicas. Los factores de no viabilidad de los procesos de transformación hacen referencia a que los residuos orgánicos no ofrecen las condiciones iniciales como materia prima, los sub-productos resultan altamente costosos, no se han dado experiencias exitosas que aseguren los resultados, o la tecnología es altamente sofisticada y costosa.

Quedaron entonces para una segunda evaluación, las alternativas de transformaciones biológicas, aeróbica y anaeróbica, y el coprocesamiento de los residuos vegetales con los lodos de la planta de aguas residuales del Río Bogotá y un uso posterior del compost como materia prima para lombricultivos.

Se procedió entonces a efectuar una segunda evaluación de las alternativas que resultaron en primera instancia viables. Para cada una de las alternativas se efectuó el respectivo pre – diseño, y se procedió a estudiar las siguientes variables: A) **TECNICAS:** Efectividad (requerimientos de los residuos vegetales como materia prima, requerimientos del proceso, obtención estimada de productos y sub productos, requerimientos de área, requerimientos de equipos, requerimientos de personal, y experiencias exitosas a nivel nacional e internacional), Limitaciones Técnicas de los Procesos (nivel de desarrollo, capacidad de procesamiento, complejidad de la operación, y sensibilidad al clima), Identificación de impactos ambientales y medidas de mitigación, e Identificación de implementar la alternativa de gestión (dependencia de la alternativa de tecnologías especializadas, equipos de control altamente sofisticados, personal altamente calificado, factibilidad de ampliar las instalaciones en las plazas de mercado y Corabastos asociados con los elementos de las alternativas, factibilidad de obtener permisos y licencias, concordancia de la alternativa con La legislación ambiental y capacidad administrativa de las estructuras organizacionales existentes en las Plazas de Mercado y Corabastos, e impacto sobre las organizaciones formales y noformales). B) **ECONOMICAS Y FINANCIERAS:** Evaluación del costo real de disponer los residuos sólidos en el Relleno Sanitario Doña Juana, Evaluación de los costos de cada alternativa (directos e indirectos de capital, anuales de operación y mantenimiento, y ahorro por la no utilización del Relleno sanitario), Evaluación de los Ingresos de cada alternativa (por venta de productos y sub – productos, y por tarifas de prestación de servicios). C) **ESTIMACIÓN PARA CADA ALTERNATIVA DE LA TASA INTERNA DE RETORNO Y DEL VALOR PRESENTE NETO.**

Evaluada las alternativas con fundamento en las variables anteriormente descritas, se llegó a la conclusión que la más viable es el Compostaje por Pilas Aireadas.



## **6 DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA RECOMENDADA - COMPOSTAJE AEROBIO**

Como se mencionó en el numeral anterior, la evaluación estableció como alternativa óptima la transformación biológica de los residuos vegetales, para lo cual se establecieron cinco alternativas tecnológicas: hileras, pilas aireadas, digestión aeróbica, anaeróbica y coprocesamiento con lodos. Por sus características físicas y químicas, los residuos vegetales pueden ser transformados en un compost de alta calidad, aplicable, como acondicionador de suelo principalmente, en actividades de floricultura, horticultura, en los cultivo de papa, y en los viveros.

Si bien, el país no cuenta con un mercado para el compost y no existe la norma sobre su calidad, la ejecución del proyecto puede promocionar su utilización. Actualmente, se utilizan los desechos de poda de los floricultivos en autoconsumo, con una producción que se estima en 16 ton/día. La producción de la planta es de 850 ton/mes y representa escasamente el 2.2% del mercado potencial, pero su principal ventaja frente a otros productores (alcanzan 480 ton/mes) será la continuidad y el volumen de producción. Como estrategia de mercadeo, se recomienda diferenciar el producto de otros abonos orgánicos como la gallinaza y su colocación en grandes empresas. En primera instancia, se puede incursionar en el sector floricultor, con la ventaja que al ser éste un producto de exportación, se deben cumplir con las normas de utilización de fertilizantes orgánicos. En segundo término, están los viveros de las grandes cadenas de distribución de alimentos y los localizados en las afueras de la ciudad. Gran parte de ellos utilizan humus y algunos conocen el compost. Si se considera la utilización de un compost reforzado con fertilizantes químicos, el direccionamiento del mercado cambia, adquiriendo predominancia los cultivos de papa. Existen experimentos que demuestran que el uso del compost, antes de la siembra, induce un mayor crecimiento de los cultivos y puede reducir en un 30 – 50% el uso de fertilizantes.

Sobre las alternativas de transformación a compost se profundizaron los análisis para llegar a una recomendación tecnológica, financiera y ambientalmente óptima, que es la producción de compost por el método de hileras (proceso biológico aeróbico). Sobre esta alternativa, se profundizó el estudio de factibilidad técnico, financiero y económico; la prevención y mitigación de los impactos ambientales (olores, generación de gases, bioaerosoles, lixiviados y vectores); se determinaron los equipos<sup>6</sup>, y se realizó el diseño preliminar de la infraestructura; se elaboraron los manuales de operación de la planta, de mantenimiento de los equipos, de monitoreo y control, el programa de control de calidad del producto, los lineamientos del reglamento de salud ocupacional y seguridad industrial, y el plan de contingencia. Se estudiaron dos esquemas de operación para la planta de

---

<sup>6</sup> Comprende un molino de cuchillos, bombas para la recirculación de lixiviados, equipo básico de laboratorio, una tamizadora, un tractor con volteadora, una empacadora, una planta de emergencia y un vehículo.

compostaje, la concesión por parte del Distrito Capital de 4 hectáreas dentro del relleno sanitario de Doña Juana (RSDJ) y la ejecución totalmente a cargo de particulares.

El control adecuado de las condiciones del proceso (mediante la medición de los parámetros químicos y la adición de materiales absorbentes para controlar la humedad y porosidad), permite la máxima descomposición de la materia prima (minimizando la emisión de olores), la cual pasa por un proceso de trituración para alcanzar un tamaño adecuado de partícula. El proceso de maduración es de 30 días, se reduce la presencia de patógenos y se obtiene un material estable. La presencia de vectores es frecuente por la naturaleza orgánica de la materia a procesar, pero el principal problema ambiental del compostaje es la generación de olores, por ello, se comparten áreas con otras actividades vinculadas al servicio de aseo, como rellenos sanitarios. Las operaciones de compostaje no presentan grandes problemas en cuanto a producción de lixiviados. En los Estados Unidos, las municipalidades entregan la operación de las plantas al sector privado, pero garantiza una disposición mínima de residuos y el pago de una tarifa por cada tonelada dispuesta.

El estudio recomendó la ubicación de la planta en el relleno sanitario Doña Juana, especialmente por ser compatible con el actual uso del suelo, ofrecer zonas de amortiguamiento con las áreas pobladas donde el radio de dispersión de gases y olores tiene como máximo una longitud de 2.5 Km, la dirección del viento es contraria a la de las zonas cercanas más pobladas, escaso impacto sobre los cuerpos de agua por la producción de lixiviados, buenas vías de acceso, y distancias razonables a los puntos de recolección de residuos vegetales. Por solicitud del DAMA se estudiaron los efectos de cambiar esta localización. Sobre un radio de 14 Km alrededor de CORABASTOS puede ser factible encontrar un sitio lo suficientemente aislado para mitigar los impactos ambientales sobre las áreas pobladas, aunque perdiendo las ventajas de protección visual que tiene la topografía del RSDJ. Así mismo, es problemática la destinación del uso del suelo acorde al Plan de Ordenamiento Territorial y la desvalorización que sufren los terrenos cercanos a la planta. Otra localización implica el trámite de permisos, exige mayores inversiones (en adquisición del terreno y báscula de pesaje) y aumenta los costos de operación.

La inversión del proyecto asciende a \$584.6 millones. Comprende los costos directos de obra civil (\$218.9 millones), y adquisición de equipos (\$232.9 millones), y los costos indirectos (\$132.6 millones). En la evaluación financiera, la tasa interna de retorno del proyecto de compostaje bajo el esquema de concesión es del 22%. Si se toma un esquema de operación privado el flujo de fondos tiene un valor presente negativo. En la evaluación económica la tasa interna de retorno es del 39.6%, en el escenario de localización de la planta en el RSDJ y aplicación plena de los costos del PGIRS. Los costos anuales de operación y mantenimiento para el primer año ascienden a \$591 millones frente a unos ingresos de \$713 millones, por venta de compost y disposición de residuos. Sobre estos últimos, se tiene un esquema tarifario que en la situación con proyecto permitiría crear un estímulo económico para que CORABASTOS y las plazas de mercado ejecuten el PGIRS. Además de las bondades del proyecto para los inversionistas privados, el proyecto aporta

mayores beneficios que costos para la economía en su conjunto, ahorro por NO utilización del relleno sanitario de Doña Juana y ahorro en los costos de transporte de los residuos.

Los análisis de sensibilidad sobre las principales variables del proyecto indican que los costos de inversión pueden aumentar un 10% y mantener una TIR atractiva; los costos de operación y mantenimiento tienen una mayor incidencia sobre la rentabilidad (su variación no puede superar el 5%); si el precio del compost disminuye a \$60,000/ton la TIR financiera disminuye a 3% (el precio referencia es de \$70,000/ ton); una modificación en la escala de producción (a 25.7 ton/día) hace que la TIR disminuya a 13%.

## **7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El objetivo del proyecto fue identificar una alternativa factible para la transformación de los residuos orgánicos. Se encontró que el sistema de compostaje por hileras es la mejor alternativa desde las perspectivas técnica, ambiental, financiera y económica. No obstante, existen elementos de tipo institucional y normativo que deben atenderse de manera previa para lograr la ejecución del proyecto. Se requiere la conformación de un esquema institucional liderado por la UESP, entidad encargada en el Distrito de regular, controlar y vigilar el servicio de aseo urbano, y es necesario fortalecer las administraciones de las plazas y CORABASTOS en las áreas de gestión de los residuos sólidos. Para esto último, el Distrito puede diseñar e implementar un reglamento e incluirlo en las próximas licitaciones de concesión. En el caso de CORABASTOS, el Distrito como miembro de su Junta Directiva, puede exigir o incentivar el fortalecimiento del área de gestión de residuos.

Si bien, en el país no existe una cultura sobre el uso del compost, la ejecución del proyecto representa la oportunidad para promocionar sus aplicaciones; los ahorros que representa en los costos de insumos agrícolas, el mayor rendimiento del suelo y los beneficios de mercado si se utilizan compuestos orgánicos. Particularmente, las flores en el mercado europeo adquieren mayor valor si cuentan con el “sello verde”.

Al dar cumplimiento a las metas tarifarias exigidas en la Ley 142 de 1994, la UESP puede otorgar incentivos para la selección y transporte de los residuos vegetales al reducir la tarifa actual en un 50% del costo actual de disposición de los residuos en el RSDJ. Al existir el esquema de áreas de servicio exclusivo de aseo en la ciudad, se impide el ingreso de operaciones especializadas para la transformación de los residuos y su transporte selectivo.

Las evaluaciones financiera y económica establecen viabilidad para que el proyecto sea ejecutado por inversionistas privados, bajo el esquema de concesión. Un esquema completamente privado no tiene rentabilidad financiera. La estructura financiera propone un aporte de capital del 50% (\$338 millones) y la financiación mediante créditos comerciales de corto plazo del costo de los equipos y otros costos de inversión. También es factible conseguir crédito para capital de trabajo. El proyecto es altamente sensible a cambios en las variables que determinan los beneficios y costos.