

VALORIZACION DE LOS DESECHOS ORGANICOS CON TECNOLOGIA APROPIADA PARA REPUBLICA DOMINICANA

**Glorimar Reyes Pérez. Cleopatra Carrasco Torres. Somler Sención Jiménez. José del Carmen
Bautista Perdomo*.**

Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña(UNPHU). Autopista Duarte Km.51/2, Santo Domingo,
República Dominicana

RESUMEN

La República Dominicana es un país en vías de desarrollo con graves problemas ocasionados por la mala disposición de desechos orgánicos e inorgánicos generados por las actividades domésticas, agropecuarias e industriales. Este estudio se realizó con el objeto de elaborar un plan nacional para (1) disminuir el uso de carbón vegetal como combustible en zonas rurales para disminuir el nivel de deforestación; (2) Aprovechar los desechos orgánicos en la producción de energía y fertilizantes; (3) Reducir la contaminación ambiental y la morbi-mortalidad humana. La producción nacional de desechos orgánicos es aproximadamente de 1,780,576 ton/año de desechos domésticos, de los cuales 890,289 toneladas son de origen orgánico; 7,865 ton/año de desechos hospitalarios; 8,709,780 ton/año de estiércol; y 9,926,272 ton/año agropecuarios. Las principales técnicas de valorización recomendadas son: zona rural; (1) biodigestores para obtención de biogás y bio-abono, (2) fabricación de briquetas combustibles y compost; mientras para la zona urbana; rellenos sanitarios para la obtención de biogás(Santo Domingo), y para el sector industrial ; reactores anaeróbicos para aguas residuales obteniendo biogás y briquetas combustibles a partir de desechos agro-industriales.

Palabras Clave

desechos orgánicos, biodigestores, biogás, briquetas, estiércol

INTRODUCCION

A pesar de que la República Dominicana es un país pequeño(48,444 Km²) y que las condiciones climáticas son poco variables, existen características tales como cultura, nivel y tipo de producción que diferencian una región de otra. Por esto, con el fin de presentar los datos de la manera más detallada posible fue necesario hacer una adecuada regionalización que permitiera el análisis y comparación de los datos presentados. Con esta finalidad se dividió el país en tres zonas, las cuales a su vez fueron divididas en regiones (dichas regiones corresponden a las establecidas por la Secretaría de Estado de Agricultura , SEA). La Zona I está constituida por la Región Central, la Región Sur, la Región Norte y la Región Suroeste; la Zona II por la Región Norcentral, la Región Nordeste y la Noroeste; y la Zona III por la Región Este.

Las principales cuencas hidrográficas del país son, en orden de magnitud, el Río Yaque del Norte, el Yuna, el Yaque del Sur y la cuenca Ozama-Isabel; las tres primeras nacen en la Cordillera Central y la último en la Cordillera Oriental.

Se tomaron en cuenta la intervención de los sectores doméstico, industrial y agropecuario puesto que más del 50% de las industrias y servicios sanitarios del país descargan sus desechos directa o indirectamente a los ríos sin tratamiento previo. El 75% de las industrias en nuestro país vierten sus desechos a los ríos, que asciende a unos 595,598.8 ton/año(SEA, 1993).

Los desechos generados por la población correspondiente a basuras municipales y aguas residuales ocupan una parte significativa del total de desechos generados en el país. El servicio de alcantarillado sanitario tiene 16 sistemas; estos cuentan con plantas de tratamiento que no funcionan a plenitud. Además solo el 27% de la población tiene acceso a estos servicios. Para eliminar los desechos fecales y domésticos, el 59% utiliza letrinas y un 14% no dispone de ningún medio apropiado. La recolección de basura tiene una cobertura en todo el territorio nacional en el orden de 40.50%.

La contaminación del aire en general es originada básicamente por tres fuentes: quema de

combustibles (por fuentes móviles o estacionarias), procesos industriales y disposición de desechos sólidos; estos últimos han causado grandes humaredas en Santo Domingo.

El territorio de la República Dominicana tiene una extensión de aproximadamente 48,444 km² de los cuales el 52.7% está representada por suelos de aptitud o vocación forestal. A pesar de esto la cubierta forestal alcanza apenas un 12 a 14% del territorio nacional.

Tabla 1. Principales causas de Deforestación en República Dominicana

Causas	Cantidad(Ha./año)	Porcentaje
Producción Leña y Carbón.	960,000	75.00%
Incendios Forestales.	100,000	7.81%
Ganadería y Pastoreo.	50,000	3.9%
Conuquismo.	2,000	0.16%
Otros.	168,000	13.13%
Deforestación Anual.	1,280,000	100.00%

MATERIALES Y METODOS

Se utilizó la regionalización agropecuaria de la Secretaria de Estado de Agricultura(SEA), resultando un total de 8 regiones reagrupadas en tres zonas.

La determinación de la cantidad de desecho orgánicos generados en el país, se realizó de la siguiente manera:

- Desechos agrícolas. Basado en la producción agrícola de 1993(SEA, 1993) de los cultivos de arroz, cacao, café, caña de azúcar, habichuelas, maíz y plátanos; y un factor R de rendimiento proporcionado por el Instituto Dominicano de Tecnología Industrial(INDOTEC).
- Desechos pecuarios. Se utilizaron los censos avícolas(SEA, 1992), bovino(SEA, 1994) y porcino(SEA, 1989) y la producción de estiércol por cabeza de ganado.
- Desechos municipales. La producción de basura de Santo Domingo es de 2000 toneladas por día, para las demás provincias 250 Kg/hab/año en zona urbana y 150 Kg./hab/año en zona rural(AYBAR, 1994); y una producción de desecho orgánico igual al 50% del total de desechos orgánicos.
- Desechos industriales. Las industrias cuantificadas fueron las alimenticias, azucareras y químicas (destilerías y cervecerías), por ser estas las mayores productoras de desechos orgánicos. Se calculó la producción de desechos según las recomendaciones de OMS, basado en la producción industrial(OMS, 1984).

Dentro de las técnicas de valorización estudiadas se analizaron las siguientes:

- Obtención de biogás y bioabono a partir de biodigestores anaeróbicos.
- Obtención de biogás a partir de rellenos sanitarios.
- Reactores anaeróbicos para el tratamiento de aguas residuales, con aprovechamiento del biogás.
- Fabricación de briquetas combustibles a partir de desechos de origen agrícola.
- Incineración de basuras municipales con aprovechamiento energético.
- Obtención de etanol a partir de desechos orgánicos.
- Fabricación de compost a partir de desechos municipales y desechos agropecuarios.

Se determinaron las tecnologías más apropiadas para las condiciones generales de la República Dominicana tomando en consideración la factibilidad técnico-económica de la aplicación de cada tecnología para nuestro país, los consumos de combustibles forestales (leña y carbón), combustibles fósiles como el GLP y el potencial de aprovechamiento de los desechos orgánicos(Ver Tabla 2).

Tabla 2. Valorización de Desechos orgánicos

Desechos	Procesamiento	Productos
Agrícolas.	Digestión Aeróbica.	Compost.
	Digestión Anaeróbica.	Biogás y Bioabono.
Agroindustriales.	Fermentación de los Azúcares.	Etanol.
	Hidrólisis y fermentación de la Celulosa.	Etanol.
	Condensación.	Briquetas (Combustibles Almacenables).
Pecuarios.	Digestión Aeróbica.	Compost.
	Digestión Anaeróbica.	Biogás y Bioabono.
Municipales.	Digestión Aeróbica.	Compost.
	Digestión Anaeróbica (Rellenos Sanitarios).	Biogás.
	Incineración.	Energía Eléctrica y Calor.
Industriales.	Digestión Anaeróbica.	Biogás.

CUANTIFICACION, UTILIZACION Y DISPOSICION DE LOS DESECHOS ORGANICOS

1. CUANTIFICACION DE LOS DESECHOS ORGANICOS

Los desechos cuantificados son los agrícolas, pecuarios, municipales e industriales.

1.1 Desechos de origen Agrícola

Para la realización de esta cuantificación se han tomado en cuenta los productos de mayor importancia como arroz, cacao, café, caña de azúcar, habichuelas, maíz y plátano; los cuales generan 2, 345, 578 toneladas por año (SEA, 1989, 1992 y 1993).

1.2 Desechos Pecuarios

La mayor generación de los desechos de origen pecuario está representada por la producción avícola, bovina y porcina, los cuales se encuentran distribuidos en toda la geografía nacional. La totalidad de estiércol cuantificado es de 8, 709, 780 toneladas, de los cuales el 92.9% corresponde a desechos bovinos, produciéndose la mayor cantidad en la región Este (28.8%). La actividad avícola es responsable del 3.8%, y los porcinos sólo un 3.3%, siendo las regiones Norte y Central responsables del 48%.

1.3 Desechos Municipales y Hospitalarios

Nuestro país produce aproximadamente 1,780,576 ton/año de basuras domésticas, de los cuales 890,289 ton. corresponden a materia orgánica. Más del 50% de estos desechos son originados en la región central, esto se debe al gran aporte que hace Santo Domingo de unos 730,000 ton/año, siendo el 43.84% de toda la basura generada (AYBAR, 1994). La región central es también la mayor productora de desechos hospitalarios con unos 3,314 ton/año, ocupando el 42% de un total de 7,865 ton/año (AYBAR, 1994).

1.4 Desechos Orgánicos Industriales

Las fábricas procesadoras de alimentos generan una gran cantidad de desechos; sus efluentes descargan un volumen líquido igual a 52,967,020 m³/año, de las cuales un 15.7% es producto de la

extracción y refinamiento de aceite vegetal. Los fabricantes de alimentos a base de harina son responsable del 2.6% del volumen total.

Los ingenios azucareros descargan aproximadamente 43,023,470 m³/año de desechos siendo la región Este la mayor productora de estos con un 70.7% . Santo Domingo ocupa el tercer lugar después de La Romana y San Pedro de Macorís(CEA, 1986).

El mayor volumen de desechos es originado por las industrias químicas (586,232,750 m³/año). Las destilerías de alcohol generan el 95.8% de dicho volumen.

2. UTILIZACION Y DISPOSICION ACTUAL DE LOS DESECHOS ORGANICOS

En la actualidad los desechos agrícolas como el arroz, maíz, café y caña de azúcar están siendo utilizados, pero de una forma “no consistente y poco organizada”, siendo así aprovechados sólo bajos porcentajes de los mismos, quedando el resto abandonado a campo abierto. De la cascarilla de arroz, por ejemplo, sólo el 10% se utiliza como alimento para gallinas, el 18% de los desechos del Maíz se utilizan como alimento para ganado y como abono; el 5% de los desechos del café es utilizado como abono orgánico en los mismos cafetales; y de la caña de azúcar (que es el más aprovechado), el 12% de los desechos que corresponden a los generados por labores de cosecha se utiliza como alimento para ganado, un restante 48% representa el bagazo de la caña empleado casi en su totalidad como combustible para las calderas.

Los Desechos de Origen Pecuario son utilizados en su mayoría para la elaboración de abonos naturales y como alimento para ganado.

Los Desechos Municipales a nivel nacional son depositados en vertederos a cielo abierto, como es el caso de los desechos municipales de la ciudad, de Santo Domingo depositados en el vertedero Duquesa. Los Desechos Orgánicos Hospitalarios en algunos casos son depositados en los contenedores de la Empresa Attwoods, junto a los demás desechos, de donde son recogidos por dicha compañía; en el mejor de los casos existen convenios con el Ayuntamiento para la recogida de los desechos orgánicos que son llevados al cementerio y enterrados allí. En pocos casos se utiliza la incineración puesto que los incineradores están dañados.

Los Desechos Industriales, como es el caso de las vinazas y las aguas residuales de los procesos industriales, son generalmente vertidos directamente en las cuencas hidrográficas del país. provocando con ello altos factores de contaminación en las mismas.

EXPERIENCIAS NACIONALES EN LA APLICACION DE TECNICAS DE VALORIZACION

1. BIODIGESTORES PARA OBTENCION DE BIOGÁS Y BIOABONO

El Centro Dominicano de Investigación Pecuaria con Caña de Azúcar (CEDIPCA) de la División de Ganadería y Boyada del Consejo Estatal del Azúcar (CEAGANA) dió inicio en el año 1976 a una serie de investigaciones en el área de biogás con miras a crear sistemas apropiados para la producción y uso de este combustible a nivel rural en nuestro país. Otra de las experiencias a nivel nacional en cuanto a instalación de biodigestores con aprovechamiento de biogás lo tuvo la comisión Nacional de Política Energética(COENER). FUNDEJUR ha estado promoviendo a nivel rural, la instalación de biodigestores tubulares plásticos (de carga continua).

2. COMPOST

Las experiencias que se han tenido en el país en cuanto a fabricación de compost son varias. En primer término nos referiremos a la experiencia del vertedero Guaricano para la fabricación de compost de desechos municipales. En segundo lugar haremos referencia a las recientes experiencias en cuanto a la fabricación y uso del compost de desechos agropecuarios; la Fundación Friedrich Nauman en un proyecto ubicado en Cruz Verde (Monte Plata) ha promovido la práctica de fabricación sistematizada a nivel rural de compost.

3. REACTORES ANAEROBICOS PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Son pocos los reactores anaeróbicos existentes en el país para el tratamiento de aguas residuales y de los

pocos que hay ninguno está utilizando el biogás generado en el proceso de tratamiento anaeróbico. Este es el caso de los reactores de las empresas Brugal & Co. y Agrodelta.

4 BRIQUETAS

Las experiencias que se han tenido en el país en cuanto a la utilización de algunos desechos agrícolas para la fabricación de briquetas son múltiples. Entre ellas se encuentran la fábrica "Briquetas Nacionales". La materia prima utilizada por "Briquetas Nacionales" (situada en San Francisco de Macorís), lo es la cascarilla de arroz. Otras fábricas de briquetas existentes en el país, aunque no a nivel comercial, son las de la Sociedad Industrial Dominicana y la de Industrias Banilejas.

5. RELLENOS SANITARIOS E INCINERACION

En el país no han habido experiencias en cuanto al aprovechamiento del biogás generado en rellenos sanitarios ni de incineración con aprovechamiento energético.

ANALISIS DEL POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO DE LOS DESECHOS ORGANICOS

A continuación se analizan las cantidades de los diversos productos que podrían obtenerse aplicando las técnicas de valorización a los desechos cuantificados en República Dominicana. Este análisis nos permite evaluar la capacidad teórica de aprovechamiento de los desechos, basado en su poder de producir energía y abono.

Tabla 3. Potencial Energético a Partir de Biodigestores

Zona	Estiércol	Producción (ton/año)	Producción de Biogás ¹ (m ³ /año)	Producción de Metano ² (m ³ /año)	Potencial Energético ³ (Kcal/año)	Totales (Kcal/año) 10 ¹¹
I	Avícola	202,356	28,329,840	16,997,904	9.3012531 x 10 ¹⁰	3.5254278
	Bovino	2,011,405	74,421,985	44,653,191	2.4434226 x 10 ¹¹	
	Porcino	88,961	4,625,972	2,775,583	1.518799 x 10 ¹⁰	
II	Avícola	129,064	18,068,960	10,841,376	5.9324009 x 10 ¹⁰	5.4369112
	Bovino	3,745,929	138,599,370	83,159,624	4.5504946 x 10 ¹¹	
	Porcino	171,723	8,929,596	5,357,757	2.9317646 x 10 ¹⁰	
III	Avícola	-	-	-	-	2.8818836
	Bovino	2,330,741	86,237,417	51,742,450	2.8313469 x 10 ¹¹	
	Porcino	29,601	1,539,252	923,551	5.0536711 x 10 ⁹	

¹Los factores de rendimiento usados son: avícola(140 m³/ton), bovino(37 m³/ton), y porcino(52 m³/ton)

²El biogás contiene (en promedio) un 60% de metano.

³El poder calorífico neto del metano es igual a 5472 Kcal/m³

Tabla 4. Potencial Energético a Partir de Rellenos Sanitarios

ZONA	DESECHOS MUNICIPALES (ton/año)		PRODUCCION TEORICA DE BIOGÁS ⁴ (m ³ /año)		PRODUCCION TEORICA DE METANO ⁵ (m ³ /año)		POTENCIAL ENERGETICO ⁶ (Kcal/año)	
	RURAL	URBANO	RURAL	URBANO	RURAL	URBANO	RURAL	URBANO
I	165,244	935,223	3,139,636	17,769,237	1,883,781	10,661,542	1.0308049 X 10 ¹⁰	5.8339958 X 10 ¹⁰
II	195,336	352,702	3,711,384	6,701,338	2,226,830	4,020,803	1.2185214 X 10 ¹⁰	2.2001834 X 10 ¹⁰
III	47,068	84,987	894,292	1,614,753	536,575	968,852	2.9361384 X 10 ⁹	5.3015581 X 10 ⁹

Tabla 5. Potencial Energéticos a partir de reactores para el tratamiento de Vinazas

DESTILERIA	VOLUMEN DE DESECHOS (m ³ /año)	PRODUCCION TEORICA DE METANO ⁷ (m ³ /año)	POTENCIAL ENERGETICO Kcal/año
Brugal	1,379,700.00	1,541,401	8.4345463 x 10 ⁹
Barceló	850,500.00	950,018	5.1984985 x 10 ⁹
Bermúdez	680,400.00	760,143	4.1595025 x 10 ⁹

⁴ Se calculó tomando una producción de 19 m³/ton de basura/año (CETESB, 1982)

⁵ El biogás contiene (en promedio) un 60% de metano

⁶ Calculando con el poder calorífico neto del metano igual a 5472 kcal/m³

⁷ La cantidad de metano se calculó tomando como base el DQO removido. Las aguas tratadas contienen 7,600 mg/lit de DQO y se asumió que el reactor tiene una eficiencia de un 70% en la eliminación de DQO, todo esto produce 1.68 m³ de biogás/m³ de agua tratada.

Tabla 6. Potencial Energético de los Desechos Agrícolas a Partir de Briquetas por Zona.

ZONA	CANTIDAD DE MATERIA PRIMA (ton/año)	CANTIDAD DE BRIQUETA ⁸ (ton/año)	PODER CALIFICO MEDIO (kcal/kg)	POTENCIAL ENERGETICO (10 ¹¹ Kcal/año)
I	143,368	114,694.4	3,500	4.014304
II	135,424	108,339.2	3,500	3.791872
III	117,886	94,308.8	3,500	3.300808

Tabla 7. Cantidad de Abono a Partir de Biodigestores (Tratamiento de Efluentes).

Zona	Estiércol	Producción	Abono Orgánico Seco ⁹ (ton/año)	Totales (ton/año)
I	Avícola	202,356	37,436	314,684
II	Bovino	2,011,405	265,505	
III	Porcino	88,961	11,743	
I	Avícola	129,064	23,877	541,007
II	Bovino	3,745,929	494,463	
III	Porcino	171,723	22,667	
I	Avícola	-	-	311,565
II	Bovino	2,330,741	307,568	
III	Porcino	29,601	3,907	

CONCLUSIONES

Atendiendo a los criterios anteriores fueron seleccionadas como apropiadas para la República Dominicana las siguientes tecnologías de valorización:

SECTOR RURAL

1. Biodigestores para la obtención de biogás y bioabono.

Con la implementación de esta tecnología se lograría:

- Reducción notable de la contaminación del agua asociada a la mala disposición de desechos pecuarios. Consecuentemente se produciría una disminución de las enfermedades de origen hídrico dentro de las que se destaca por su mayor incidencia las Enfermedades Diarréicas Agudas (EDA).
- Obtención de un combustible (Metano) a bajo costo y que puede sustituir a la leña, al carbón y al GLP a nivel domiciliario.
- Como consecuencia de esta sustitución se lograría una reducción en el consumo de leña y carbón que representaría teóricamente el 43.1% de dicho consumo a nivel nacional. Esto a su vez, lograría una disminución, en igual proporción, del nivel de deforestación del país.
- Reducción del consumo de GLP a nivel domiciliario equivalente al 28.3%.
- La reducción en la deforestación traería como consecuencia la disminución de la morbilidad causada

⁸ Una ton de materia prima produce aproximadamente 0.80 ton de briquetas

⁹ Los factores empleados para el cálculo de la cantidad de abono seco fueron: 0.185 (gallinas) y 0.132 (vacas y cerdos)

por las Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) en las regiones Sur, Suroeste y Noroeste.

2. Fabricación de Compost a partir de Desechos Agropecuarios

La fabricación de compost a partir de desechos agropecuarios, a parte de generar un buen mejorador de suelos, implica la reducción de la contaminación ocasionadas por la mala disposición de los mismos.

SECTOR URBANO

3. Rellenos sanitarios para la obtención de biogás.

Esta tecnología sólo es aplicable a la ciudad de Santo Domingo, donde se lograría:

- Reducir la contaminación del aire y del agua ocasionada por la mala disposición actual de los desechos municipales.
- Reducción de la morbilidad asociada a dichas contaminaciones. Reducción en el consumo de leña y carbón equivalente al 16.2% del consumo de dichos combustibles a nivel nacional.
- Disminución de la deforestación, en el mismo porcentaje que el consumo de los combustibles forestales. Esto conlleva a una reducción de los casos presentados de IRA en las regiones Sur, Suroeste y Noroeste, puesto que son las más afectadas por la deforestación.
- Una disminución en el consumo de GLP equivalente a un 38.9% del consumo nacional a nivel domiciliar.

SECTOR INDUSTRIAL

4.- Reactores anaeróbicos para el tratamiento de aguas residuales con aprovechamiento del biogás obtenido.

La implementación de esta tecnología implica:

- Reducción de las cargas contaminantes vertidas a los ríos por las industrias generadoras de efluentes orgánicos que representan un porcentaje elevado del total de las cargas contaminantes a los ríos.
- Un ahorro en el consumo energético interno de la industria por concepto de sustitución de algunos combustibles utilizados en la misma, por el metano generado en el proceso de tratamiento anaeróbico.
- Representaría un abono por tratarse, según experiencias internacionales, del sistema de tratamiento de aguas residuales más barato.

5.- Fabricación de Briquetas combustibles a partir de desechos agroindustriales

Esta tecnología de implementarse en los términos propuestos implicaría:

- Una reducción en el consumo de leña y carbón equivalente al 37% del consumo a nivel nacional.
- Disminución de la deforestación (en el mismo porcentaje que el consumo de leña y carbón).
- Disminución de los casos presentados de las enfermedades respiratorias agudas en las regiones Sur, Suroeste y Noroeste.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AYBAR, C.(1994). *Informe Preliminar Sobre Proceso de Recolección de Basura en Sto. Dgo.*

CEA(1986). *Estructura, Organización e Información Básica Sobre la Industria Azucarera Estatal de Santo Domingo.*

CETESB(1982). *Programa Regional OPS/HPE/CEPIS de Mejoramiento de los Servicios de Aseo Urbano. Módulo: Recuperación de Gas Metano de Relleno Sanitario.*

SEA(1989). *Censo Porcino Nacional.* Santo Domingo.

SEA(1992). *Censo Avícola Nacional.* Santo Domingo.

SEA(1993). *Informe Final de inventario de Fuentes Terrestres de Contaminación Marina en República Dominicana.* Santo Domingo.

SEA(1994). *Población Bovina Estimada*. Santo Domingo.

OMS(1984). *Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación de Aire, Agua y Suelo*. Publicación No. 62