LG-056

Guía Práctica Nº2. Para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos

Programa de Gestión Urbana

IPES
INSTITUTO de PROMOCIÓN del DESARROLLO SOSTENIBLE

372. 25
I25

CUADERNO DE TRABAJO 110

Programa de Gestión Urbana

PROGRAMA DE GESTION URBANA

Números Publicados

46 **Mujer y Hábitat: experiencias latinoamericanas.** Red Mujer y Hábitat de la Coalición Internacional del Hábitat (HIC), 2 ed., 2003, 68p.

47 **Medición y monitoreo en la lucha contra la pobreza.** Moisés Ventocilla; Fernando Eguren; Daniel Núñez Pedro Franke, 2 ed., 2003, 13p.

48 **Los conceptos de participación y descentralización: miradas desde el caso boliviano.** Luis Verdesoto, 1999, 64p.

49 **Orientaciones para la organización de consultas urbanas PGU.** Coordinación Global PGU CNUAH-Hábitat, 1999, 37p.

50 **Gobernabilidad y desarrollo humano sostenible: las propuestas de la ONU.** Rocío Lombera, 2 ed., 2003, 15p.

51 **Gobernabilidad y gestión gubernamental: gobierno y corrupción.** Roberto Eibenschutz, 2 ed., 2003, 33p.

52 **Gestión económica y financiera, gobierno con responsabilidad. Social y combate a la pobreza, exclusión social y la inequidad social.** Emilio Pradilla, 2 ed., 2003, 51p.

53 **Gobernabilidad y participación ciudadana.** René Coulomb, 2 ed., 2003, 30p.

54 **Relación cooperación internacional – municipios.** Alberto Paranhos, 1999, 15p.

57 **Las ONGs en los conflictos internacionales: crisis de identidad y fortaleza institucional.** Beatriz Sanz, 1999, 60p.

58 **Transformación urbana y movilidad: contribución al debate en América.** Ricardo Montezuma, 2 ed., 2003, 87p.

59 **Una política pública de participación en la gestión democrática del gobierno de la ciudad de México.** Alejandro Luévano, 2 ed., 2003, 32p.

61 **Propuesta para un marco jurídico democrático para la participación ciudadana en el Distrito Federal.** María Luisa Cuenca, 2 ed., 2003, 47p.

62 **Planificación local con perspectiva de género.** Municipio de Vicente López-Argentina; Municipio de Miraflores-Lima, Perú; Municipio de Treinta y Tres-Uruguay; Departamento de Risaralda-Colombia, 2000, 52p.

63 **Municipios enfrentando la violencia contra las mujeres.** Municipio de Juan Diaz-Panamá; Municipio de Puntarenas-Costa Rica; Municipio de Quito-Ecuador; Municipio de San Borja-Perú, 2000, 60p.

64 **La participación de las mujeres en las políticas locales.** Municipio de Belém-Brasil; Municipio de Ciudad Guayana-Venezuela; Municipio General Pueyrredon-Argentina; Municipio de Tena-Ecuador, 2000, 60p.

65 **Mujeres protagonistas del desarrollo local con equidad.** Municipio de Oña-Ecuador; Municipio de Pasto-Colombia; Municipio de Quetzaltenango-Guatemala; Municipio de Valparaíso-Chile. 2000, 68p.

66 **Gobernabilidad participativa para el acceso a los servicios urbanos y el desarrollo local: resumen de cinco experiencias.** PGU, REPPOL, 2 ed., 2003, 37p.

67 **Gobernabilidad participativa para el acceso a los servicios urbanos y el desarrollo local: Plan CIGUA, Santo Domingo, República Dominicana.** Ciudad Alternativa, PGU, REPPOL, 2 ed., 2003, 78p.

68 **Gobernabilidad participativa para el acceso a los servicios urbanos y el desarrollo local: gestión democrática de gobierno, El Salvador.** Asociación FUNDASPAD, PGU, REPPOL, 1999, 33p

69 **Gobernabilidad participativa para el acceso a los servicios urbanos y el desarrollo local: presupuesto participativo, Santo André São Paulo, Brasil.** Prefeitura Municipal de Santo André; Instituto de Governo e Cidadanía do ABC; PGU; REPPOL, 2 ed., 2003, 35p.

70 **Gobernabilidad participativa para el acceso a los servicios urbanos y el desarrollo local: descentralización y servicios públicos, Montevideo, Uruguay.** Intendencia Municipal de Montevideo; PGU; REPPOL, 1999, 98p.

71 **Gobernabilidad participativa para el acceso a los servicios urbanos y el desarrollo local: la voluntad de gobernar con todos, México D.F..** COPEVI; SEDEPAC; REPPOL; PGU. 2 ed., 2003, 53p.

72 **Guía para la Formulación y ejecución de políticas municipales dirigidas a mujeres,** Red Mujer y Hábitat – LAC, 2 ed., 2003, 85p.

73 **Sistematización de las consultas urbanas del Perú,** Mario Zolezzi, PGU, 2000,70p.

74 **Violencia urbana contra la mujer: análisis del problema desde la perspectiva de género.** Soraya Smaoun. PGU, 2 ed., 2003, 54p.

75 **Avances en la gestión de residuos sólidos de ciudades de América Latina y El Caribe: memorias del seminario de capitalización de experiencias.** PGU, IPES, Municipalidad de Puerto Cortés, 2000, 208p.

76 **Gestión integral de residuos sólidos: un modelo por armar. Sistematización de cinco experiencias en América Latina y El Caribe.** PGU, IPES, Municipalidad de Puerto Cortés, 68p.

77 **Alimentos para las ciudades: Políticas de abastecimiento y distribución de alimentos para reducir la inseguridad alimentaria.** PGU, FAO, 2000, 50p.

78 **Asociaciones público-privadas para la gestión de la infraestructura urbana en países andinos.** PGU, IPES, CDG, PPUE, 2000, 113p.

Guía Práctica Nº2.
Para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos

110

MARZO 2003

2003
Programa de Gestión Urbana
Coordinación para América Latina y El Caribe
Casilla Postal 17-01-2505
Garcia Moreno 751 entre Sucre y Bolívar
e.mail pgu@pgu-ecu.org
Web: www.pgualc.org
Telefax (593 2) 2583 961 /2 282 361/ 2 282 364
Quito, Ecuador

El Programa de Gestión Urbana es una iniciativa del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y de otras agencias de cooperación internacional que ejecuta el Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. Busca fortalecer la contribución de las ciudades y pueblos del mundo al desarrollo humano.

La promoción de la gobernabilidad local participativa, la erradicación de la pobreza urbana y el mejoramiento de la gestión ambiental de las ciudades constituyen los ejes principales del PGU en su cuarta fase, junto con la construcción de la equidad social y de género. Para impulsarlos, el PGU promueve el uso y distribución equitativa y eficiente de los recursos y moviliza las capacidades e iniciativas de individuos, comunidades, organizaciones públicas, privadas y voluntarias y, fundamentalmente, de los gobiernos locales.

FLORES, Dante
Guía Práctica Nº2. Para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos / Elaborado por IPES Promoción del Desarrollo Sostenible. 64p.- (Cuaderno de Trabajo Nº110. Miniserie: Guías para la gestión de residuos sólidos en ALC) - Quito: Programa de Gestión Urbana / UN - HABITAT, marzo 2001.
Incluye: fotos, gráfs, tabls., bibliografía

1. RESIDUOS SÓLIDOS. 2. GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS.3. ESTUDIO DE CASOS. 4.GUÍA.
5. AMÉRICA LATINA.

I. IPES, Promoción del Desarrollo Sostenible. II. Programa de Gestión Urbana / UN - HABITAT. III. Serie: Cuadernos de Trabajo.

Las opiniones vertidas en el presente documento son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no reflejan necesariamente los criterios del Programa de Gestión Urbana, del Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos ni del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

CRÉDITOS

Dirección Editorial
Yves Cabannes, Coordinador Regional
Jaime Vásconez, Asesor Regional
PGU-ALC
García Moreno 752 entre Sucre y Bolívar, Quito
Casilla 17-01-25-05
Tel. Fax (593 2) 2 282 361 / 364 / 371
Email: pgu@pgu-ecu.org
Web: www.pgualc.org

Elaboración del documento
IPES-Promoción del Desarrollo Sostenible
Jorge Price, Presidente Ejecutivo
Audiencia 194, San Isidro. Lima 27-Perú
Telefax: (511) 4406099- 4219722 - 4216684
Email: ipes@ipes.org.pe
Web: http://www.ipes.org

Dante Flores, Asesor en gestión de residuos sólidos, IPES
Audiencia 194, San Isidro. Lima 27-Perú
Telefax: (511) 4406099- 4219722 - 4216684
Email: dante@ipes.org.pe
Web: http://www.ipes.org

Colaboradores
Allison Capcha Rosales, Asistente del Proyecto MEGA/ IPES
Email: allycapro@hotmail.com
Gunther Merzthal, Asesor en Gestión Ambiental IPES (Perú)
Email: gunther@ipes.org.pe
Mario González, Secretario Ejecutivo de la Red Latinoamericana de Investigaciones en Agricultura Urbana AGUILA / IPES (Perú)
Email: aguila@ipes.org.pe
Claudio Censin, Intendencia de Rosario (Argentina)
Email: ccensin0@rosario.gov.ar
Gustavo Castro, Universidad de la República Oriental del Uruguay, Facultad de Veterinario Área de Salud Pública (Uruguay)
Email: gucastro@terra.com

Coordinación Técnica de la Serie
Alvaro Muriel
Coordinador de Comunicación e Información / IPES / PGU - ALC
Email: alvaro@pgu-ecu.org

Edición y revisión de textos
Mónica Rhon D. / IPES / PGU – ALC
Email: monica@pgu-ecu.org

Diagramación de textos
Lucía Garcés Castro
Email: patogo22@hotmail.com

Diseño e impresión de portadas / ARTES GRÁFICAS SEÑAL

Impresión de textos / LAMINSTAR

Encuadernación / BETTEL

CONTENIDO DE LA GUÍA

PRESENTACIÓN 1

PRIMERA PARTE
Los residuos sólidos orgánicos 3
1.1 Generalidades
1.2 Los residuos sólidos orgánicos
1.2.1 ¿Qué son?
1.2.2 ¿Cómo se clasifican?
1.2.3 Propiedades biológicas de los residuos sólidos orgánicos

SEGUNDA PARTE
Programa de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos 11
2.1 Programa de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos
2.2 Técnicas a emplear para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos
2.2.1 Compostaje
2.2.2 Lombricultura
2.2.3 Tratamiento de residuos sólidos orgánicos (RSO) para la cría de animales
2.2.4 Biodigestión anaeróbica

Conclusiones y recomendaciones 57

Referencias bibiográficas 61

ÍNDICE DE FOTOS

Foto N°1
Formación de la pila. 20
Capulhuac – México

Foto N°2
Planta Piloto de Elaboración de Compost 22
Rosario - Argentina

Foto N°3
Pilas en hileras, sistema empleado en la elaboración de compost. 22
Rosario - Argentina

Foto N°4
El mismo sistema utilizado 22
Capulhuac – México

Foto N°5
Trabajadores haciendo uso de la máquina trituradora para 26
luego iniciar el proceso de elaboración de compost.
Rosario - Argentina.

Foto N°6
Forma de distribución de los lechos 31

Foto N°7
Caja de comprobación de un buen sustrato para las lombrices. 32

Foto N°8
Empaquetado del humus de lombriz 33

Foto N°9
Criadero de cerdos de la zona periurbana de Montevideo 36

Foto N°10
DTM instalado. Instituto de Investigaciones Porcinas, 39
La Habana - Cuba, 1992.

Foto N°11
Biodigestor. Instituto de Investigaciones Porcinas. 48
La Habana-Cuba, 1992

Foto N°12
Excavación de la zanja para instalación del Biodigestor. 49
Huachipa - Perú

Foto N°13 50
Colocación de la válvula de salida.
Huachipa - Perú

Foto N°14 53
Sellado de la conexión.
Huachipa - Perú

PRESENTACIÓN

El acelerado proceso de urbanización en América Latina y El Caribe (ALC) ha traído consigo una serie de problemas ambientales como la contaminación del aire, los cursos de agua y el suelo urbano; afecciones a la salud, en especial de los más pobres; una creciente producción de residuos sólidos, líquidos y tóxicos, etc.; que en general se resumen en una progresiva y vertiginosa degradación del ambiente de las ciudades y de sus áreas de influencia.

En las ciudades de ALC es común el padecimiento de graves problemas derivados de la inadecuada gestión de sus residuos sólidos urbanos: botaderos a cielo abierto, poco conocimiento de la población sobre la forma de manejar sus residuos, gran cantidad de personas dedicadas a actividades informales de reciclaje, gran déficit en la recolección de los residuos sólidos, etc.

El reto para mejorar la gestión de los residuos sólidos urbanos en ALC recae básicamente en los Gobiernos Locales (Municipalidades, Prefeituras, Intendencias, etc.). A pesar de tener esta responsabilidad, la gran mayoría de ellos carecen de los recursos suficientes para resolver estos déficits, imponiéndose la necesidad de movilizar recursos locales y fomentar compromisos de los actores de la ciudad, para desarrollar sistemas participativos y sustentables que garanticen una mejor gestión de los residuos sólidos.

En la actualidad el desafío de los autoridades de las ciudades es desarrollar sistemas integrales y sustentables para la gestión de residuos. Gobiernos Locales que han puesto en práctica sistemas integrales para la gestión de residuos, así como diversos organismos de cooperación técnica internacional en el tema, indican que estos sistemas deben comprender cuatro elementos fundamentales:

- La integración de todos los actores en el sistema de manejo municipal de los residuos
- La interrelación de todos los elementos de la cadena de los residuos
- La integración de los aspectos técnicos, financieros, ambientales, sociales, institucionales y políticos para asegurar la sostenibilidad del sistema
- La relación de la problemática de los residuos con otros sistemas urbanos, tales como el alcantarillado, la salud pública, el agua potable, etc.

Una demanda extendida de muchos tomadores de decisiones y otros actores de las ciudades de la Región es un mayor acceso a información oportuna y relevante para el desarrollo de políticas y programas municipales que permitan implementar sistemas integrales de gestión de residuos.

El IPES y el PGU-ALC buscan fortalecer la capacidad de los tomadores de decisiones y de las organizaciones sociales de las ciudades de la Región para desarrollar sistemas integrales y sostenibles de residuos sólidos, la promoción, el intercambio, el uso de información y la diseminación de casos de buenas prácticas en el tema, son estrategias para llegar a este objetivo.

En este contexto IPES Y PGU-ALC elaboran la ***Serie de Guías para la gestión de residuos sólidos en América Latina y El Caribe.***

La ***Guía Práctica Nº2 Para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos***, intenta constituirse en una herramienta básica que contribuya a mejorar la gestión de los residuos. Se ha creído conveniente dar un panorama general de la situación de los residuos orgánicos en ALC, así como su clasificación y propiedades biológicas, como elementos indispensables para su aprovechamiento.

Para ello, se dan a conocer las técnicas empleadas con éxito en la Región, entre las que se destacan: el compostaje, la lombricultura, el tratamiento de residuos orgánicos para la alimentación de animales, así como el proceso de biodigestión.

Para su mejor comprensión esta Guía ha sido dividida en 2 partes. En la primera se presenta el concepto de lo que son los residuos sólidos orgánicos y su clasificación, explicando detalladamente sus características. En la segunda parte se presentan detalladamente los aspectos a tener en cuenta para llevar adelante un programa de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos y las técnicas a emplearse.

1 Parte

Los residuos sólidos orgánicos

Los residuos sólidos orgánicos

PRIMERA PARTE

1. 1. Generalidades

La región de América Latina y el Caribe (ALC) es actualmente el área más urbanizada del mundo en desarrollo, las tres cuartas partes de su población (502 millones de personas) están asentadas en ciudades y en áreas muy próximas a éstas.

Su índice de urbanización es similar al de los países altamente industrializados. Cerca del 70 por ciento de las personas que viven en o bajo el nivel de pobreza, se ubica en áreas urbanas. Muchos viven en barrios pobres informales con acceso limitado o sin acceso a servicios básicos y están expuestos a viviendas de mala calidad, no tienen seguridad alguna en lo que a títulos de propiedad se refiere, tienen mal acceso a las redes de transporte y están expuestos a la degradación ambiental producto de la contaminación, la disposición inadecuada de residuos urbanos y la pérdida de áreas verdes. A ello se puede agregar los crecientes problemas sociales, como la violencia urbana, la segregación informal de residuos, entre otros.

La crisis económica de nuestros países ha originado respuestas de la población, la cual con mucho acierto ha venido aplicando algunas técnicas ancestrales, logrando en algunos casos un buen nivel de organización y de trabajo comunitario para aprovechar en forma eficiente no sólo los recursos naturales sino también los residuos urbanos.

En la región de ALC existen 16 ciudades que albergan a más de 2 millones de habitantes y que hacen que la producción conjunta de residuos sólidos sea de 93 mil toneladas por día. La ciudad que presenta la mayor población es Sao Paulo, cuya producción diaria de residuos sólidos es de 22.140 toneladas, le seguida de las ciudades de México, Buenos Aires, Río de Janeiro, Lima, Bogotá, Santiago, Bello Horizonte, Caracas, Salvador, A.M. Monterrey, Santo Domingo, Guayaquil, A. M. Guatemala, Curitiba y La Habana. (Ver cuadro N°1)

En la mayoría de los países de ALC la cantidad de materia orgánica presente en los residuos sólidos urbanos supera el 50% del total generado (Ver cuadro N°2), de los cuales aproximadamente el 2% recibe tratamiento adecuado para su aprovechamiento; el resto es confinado en vertederos o rellenos sanitarios; otro porcentaje es dispuesto inadecuadamente en botaderos o es destinado a la alimentación de cerdos, sin un debido control y procesamiento sanitario.

En suma, es pues una necesidad reaprovechar los residuos sólidos de nuestras ciudades, a fin de revertir la situación actual de deterioro ambiental y de falta de oportunidades de empleo, contribuyendo así al mejoramiento de la economía familiar de la calidad de vida de la población.

Cuadro N°1

Generación de residuos sólidos municipales en América Latina y El Caribe. Algunas áreas metropolitanas y ciudades con más de 2 millones de habitantes

Ciudad	Población Millones	Generación Per Cápita Kg/Hab/Día	Generación Total Tm/Día
A.M. Sao Paulo	16'400,000	1,35	22,140
A.M. México	15'600,000	1,20	18,720
A.M. Buenos Aires	12'000,000	0,88	10,560
A.M. Rio de Janeiro	9'900,000	1,00	9,900
A.M. Lima	7'500,000	0,56	4,200
Bogotá	5'600,000	0,74	4,144
Santiago	5'300,000	0,87	4,611
Belo Horizonte	3'900,000	0,83	3,237
Caracas	3'000,000	1,18	3,540
Salvador	2'800,000	1,00	2,800
A.M.Monterrey	2'800,000	1,07	2,996
Sto. Domingo	2'800,000	0,60	1,680
Guayaquil	2'300,000	0,70	1,610
A.M.Guatemala	2'200,000	0,54	1,188
Curitiba	2'100,000	1,07	2,247
La Habana	2'000,000	0,70	1,400
Total	96'800,000	0,97	93,896

Fuente: Adaptado del Diagnóstico de la Situación del Manejo de los Residuos Sólidos Municipales en América Latina y El Caribe. BID, OPS/OMS, 1997.

Cuadro N°2

Composición de los residuos sólidos municipales en diversos países de América Latina y El Caribe (porcentaje en peso)

País	Papel y Cartón	Metal	Vidrio	Textiles	Plásticos	Materia Orgánica	Otros
México	20,0	3,2	8,2	4,2	6,1	43,0	27,1
Costa Rica	19,0	-	2,0	-	11,0	58,0	10,0
El Salvador	18,0	0,8	0,8	4,2	6,1	42,0	27,1
Perú	10,0	2,1	1,3	1,4	3,2	50,0	32,0
Chile	18.8	2,3	1,6	4,3	10,3	49,3	13,4
Guatemala	13,9	1,8	3,2	3,6	8,1	63,3	6,1
Colombia	18,3	1,6	4,6	3,8	14,2	52,3	5,2
Uruguay	8,0	7,0	4,0	-	13,0	56,0	12,0
Bolivia	6,2	2,3	3,5	3,4	4,3	59,5	20,8
Ecuador	10,5	1,6	2,2	-	4,5	71,4	9,8
Paraguay	10,2	1,3	3,5	1,2	4,2	56,6	23,0
Argentina	20,3	3,9	8,1	5,5	8,2	53,2	0,8
Trinidad y Tobago	20,0	10,0	10,0	7,0	20,0	27,0	6,0

Fuente: Diagnóstico de la Situación del Manejo de los Residuos Sólidos Municipales en América Latina y El Caribe. BID, OPS/OMS, 1997.

nas áreas

Generación Total Tm/Día
22,140
18,720
10,560
9,900
4,200
4,144
4,611
3,237
3,540
2,800
2,996
1,680
1,610
1,188
2,247
1,400
93,896

Latina

na y El

Otros
27,1
10,0
27,1
32,0
13,4
6,1
5,2
12,0
20,8
9,8
23,0
0,8
6,0

e.

1.2. Los residuos sólidos orgánicos (RSO)

1.2.1 ¿Qué son?

Son aquellos residuos que provienen de restos de productos de origen orgánico, la mayoría de ellos son biodegradables (se descomponen naturalmente). Se pueden desintegrar o degradar rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica. Ejemplo: los restos de comida, frutas y verduras, carne, huevos, etcétera., o pueden tener un tiempo de degradación más lento, como el cartón y el papel. Se exceptúa de estas propiedades al plástico, porque a pesar de tener su origen en un compuesto orgánico, posee una estructura molecular más complicada.

1.2.2. ¿Cómo se clasifican?

Existen muchas formas de clasificación de los residuos sólidos orgánicos, sin embargo, las dos más conocidas están relacionadas con su fuente de generación y con su naturaleza y/o características físicas. (Ver gráficos adjuntos).

a. Según su fuente de generación

Los residuos sólidos orgánicos según su fuente de generación se clasifican en:

1. RSO provenientes del barrido de calles

Consideramos dentro de esta fuente a los residuos almacenados también en las papeleras públicas; su contenido es muy variado, pueden encontrarse desde restos de frutas hasta papeles y plásticos. En este caso, sus posibilidades de aprovechamiento son un poco más limitadas, por la dificultad que representa llevar adelante el proceso de separación física.

2. RSO institucionales

Residuos provenientes de instituciones públicas (gubernamentales) y privadas. Se caracteriza mayormente por contener papeles y cartones y también residuos de alimentos provenientes de los comedores institucionales.

3. RSO de mercados

Son aquellos residuos provenientes de mercados de abastos y otros centros de venta de productos alimenticios. Es una buena fuente para el aprovechamiento de orgánicos y en especial para la elaboración de compost y fertilizante orgánico.

4. RSO de origen comercial

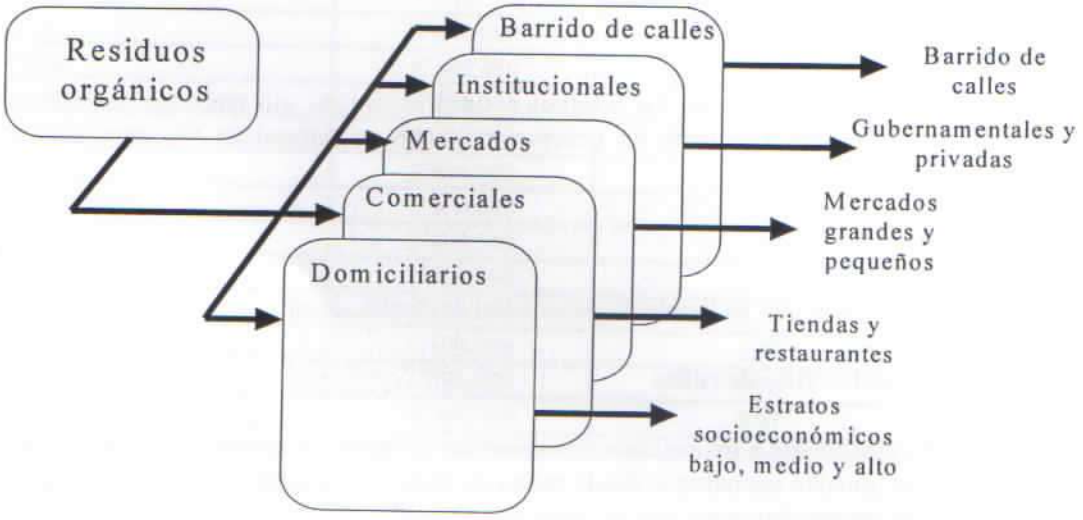
Son residuos provenientes de los establecimientos comerciales, entre los que se incluyen tiendas y restaurantes. Estos últimos son la fuente con mayor generación de residuos orgánicos debido al tipo de servicio que ofrecen como es la venta de comidas. Requieren de un trato especial por ser fuente aprovechable para la alimentación de ganado porcino (previo tratamiento).

5. RSO domiciliarios

Son residuos provenientes de los hogares, cuya característica puede ser variada, pero que mayormente contienen restos de verduras, frutas, residuos de alimentos preparados, podas de jardín y papeles. Representa un gran potencial para su aprovechamiento en los países de la Región.

Figura N°1

Clasificación de los Residuos Orgánicos Municipales según Fuente de Generación



Elaborado por: Ing. Dante Flores / IPES, 2001

La figura muestra una primera clasificación de los residuos orgánicos de acuerdo a su fuente de generación, es muy utilizada para identificar las fuentes potenciales de materia orgánica para su reaprovechamiento. Por ejemplo, una de las fuentes para la elaboración de abono orgánico, lo constituyen los residuos de mercado, también lo son los residuos domiciliarios, que en muchos casos representan más del 50% de los residuos totales generados.

b. Según su naturaleza y/o característica física

Los residuos sólidos orgánicos según su naturaleza y/o característica física se clasifican en:

1. Residuos de alimentos

Son restos de alimentos que provienen de diversas fuentes, entre ellas: restaurantes, comedores, hogares y otros establecimientos de expendio de alimentos.

2. Estiércol

Son residuos fecales de animales (ganado) que se aprovechan para su transformación en bio-abono o para la generación de biogás.

3. Restos vegetales

Son residuos provenientes de podas o deshierbe de jardines, parques u otras áreas verdes; también se consideran algunos residuos de cocina que no han sido sometidos a procesos de cocción como legumbres, cáscara de frutas, etc.

4. Papel y cartón

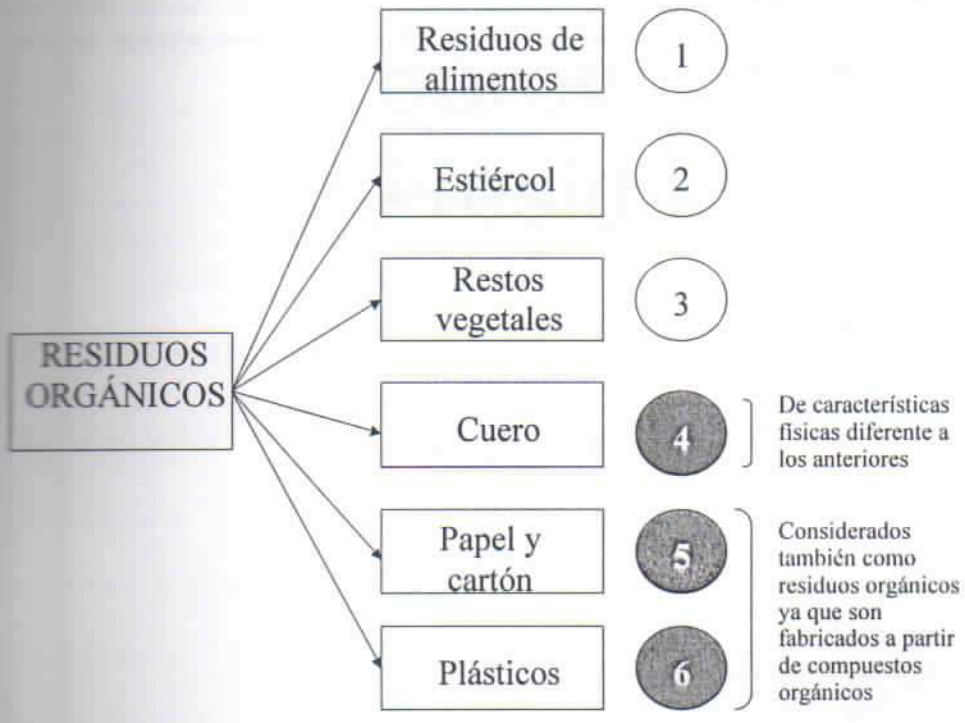
Son residuos con un gran potencial para su reciclaje pero que no es materia de desarrollo en esta guía.

5. Cuero

Son residuos mayormente derivados de artículos de cuero en desuso, elemento que no es materia de tratamiento en esta guía.

6. Plásticos

Son considerados como residuos de origen orgánico ya que se fabrican a partir de compuestos orgánicos como el etano (componente del gas natural), también son fabricados utilizando algunos derivados de petróleo. Sin embargo, para efectos de la presente guía no será materia de desarrollo.



La figura muestra una clasificación generalizada de los residuos sólidos orgánicos, según su naturaleza y/o característica física. Se considera dentro de la clasificación también al cuero (4), papel, cartón (5) y plásticos (6), sin embargo éstos no serán materia de tratamiento en este documento de trabajo, debido a que su reaprovechamiento y reciclaje, pasa por un sistema más complejo y costoso que es difícil implementar en ciudades pequeñas e incluso intermedias.

1.2.3. Propiedades biológicas de los residuos sólidos orgánicos

Excluyendo el plástico, la goma y el cuero, la fracción orgánica de la mayoría de los residuos se puede clasificar de la forma siguiente:

1. Constituyentes solubles en agua, tales como azúcares, féculas, aminoácidos y diversos ácidos orgánicos

2. Hemicelulosa, un producto de condensación de azúcares con cinco y seis carbonos

3. Celulosa, un producto de condensación de glucosa de azúcar con seis carbonos

4. Grasas, aceites y ceras, que son ésteres de alcoholes y ácidos grasos de cadena larga

5. Lignina, un material polímero presente en algunos productos de papel como periódicos

6. Lignocelulosa, una combinación de lignina y celulosa

7. Proteínas, que están formadas por cadenas de aminoácidos

La característica biológica más importante de la fracción orgánica de los residuos de las ciudades es que casi todos los componentes orgánicos pueden ser convertidos biológicamente en gases y sólidos orgánicos relativamente inertes. La producción de olores y la generación de moscas están relacionadas también con la naturaleza putrefactible de los materiales orgánicos encontrados en este tipo de residuos (por ejemplo los residuos de comida).

2 Parte

Programa de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos

Capítulo

Programa de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos

SEGUNDA PARTE

2.1. Programa de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos

Para llevar adelante un programa de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, debemos tener en cuenta varios aspectos:

1. La selección de los residuos debe hacerse en la fuente de generación
2. Se debe realizar una campaña de sensibilización y educación a la población
3. Se debe contar con vehículos acondicionados para su transporte
4. Las áreas destinadas al reciclaje de RO deben estar alejadas de las zonas urbanas. En áreas próximas lugares donde se puedan desarrollar actividades agrícolas
5. Se puede iniciar un programa a gran escala sólo y cuando se tenga garantizada la demanda del producto (compost o lombricompost). También en el caso de los residuos de alimentos que se destinarán a la crianza de cerdos.

2.2. Técnicas a emplear para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos

Existen muchas formas y técnicas que se pueden emplear para aprovechar los residuos orgánicos que se generan en nuestras ciudades.

El propósito de esta guía no es presentar una larga lista de ellas, sino más bien, mostrar aquellas que vienen empleándose con éxito en algunas ciudades de ALC debido a su bajo costo, su facilidad de implementación y por ser ecoeficientes[1].

Entre las técnicas más conocidas y que serán motivo de desarrollo en este documento de trabajo se encuentran:

- El compostaje
- La lombricultura
- El tratamiento térmico de RSO para la alimentación de animales
- La biodigestión

[1] El término "ecoeficiente" se refiere a la distribución de bienes y servicios que satisfacen las necesidades humanas y mejoran la calidad de vida al tiempo que reducen los impactos ecológicos y la intensidad de recursos a lo largo de su ciclo de vida, a un nivel al menos igual a la capacidad de carga del planeta.
Una definición más simple de ecoeficiencia es "producir más con menos". *Eco innovación integrando el medio ambiente en la empresa del futuro* (Fussler, 1999)

COMPOSTAJE

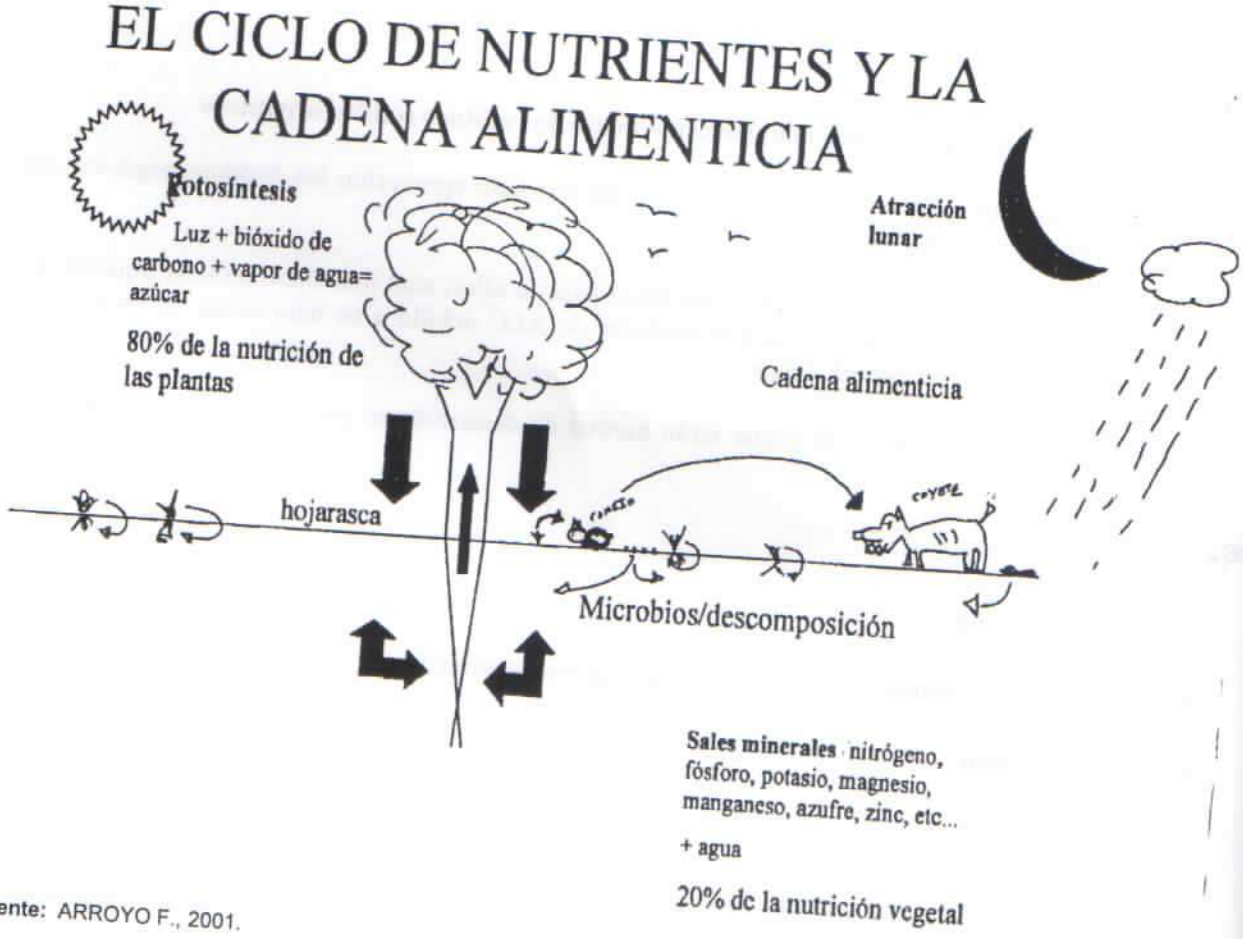
2.2.1. Compostaje

2.2.1.1. ¿ Qué es el Compostaje?

El Compostaje es una técnica sencilla que se utiliza para el reciclaje de residuos sólidos orgánicos y que consiste en un proceso biológico de degradación aeróbica y anaeróbica de la materia orgánica, a partir del cual se obtienen nutrientes especiales para el reacondicionamiento de suelos.

En este proceso, los principales agentes responsables de la descomposición y transformación de la materia orgánica son las bacterias (también existen otros organismos encargados de realizar esta función. Es por ello que los aspectos que se controlan durante el proceso son todos aquellos factores que puedan limitar la vida y desarrollo de estos microorganismos.

Figura N°3



Fuente: ARROYO F., 2001.

- Transformación de materiales orgánicos biodegradables en un material estable cuyo volumen es menor que el original.
- Destrucción de organismos patógenos
- Retención de contenido nutricional
- Creación de mejores condiciones para el crecimiento de las plantas mediante el mejoramiento nutricional del suelo, así como de su textura, y de su mayor capacidad de retención de aguas
- Contribución en la disminución de los residuos sólidos a ser dispuestos en los rellenos sanitarios
- Es un proceso totalmente ecológico
- Los gastos de instalación y explotación son relativamente bajos

2.2.1.3. El Compost

El producto final del Compostaje es un mejorador de suelos denominado "compost", de propiedades muy parecidas a la conocida tierra de hojas, e incluso más valioso para el suelo que los estiércoles u otros residuos orgánicos, ya que estos últimos no sufren los procesos de fermentación del Compostaje y pueden estar contaminados con insectos, malezas, enfermedades que no deberían retornar a los suelos.

El compost favorece principalmente al suelo en los procesos de mineralización, nutrición menor y absorción de humedad, aportándoles agua y ciertos nutrientes, tales como nitrógeno, fósforo, potasio, sodio, hierro y manganeso; elementos importantes e imprescindibles en el desarrollo de las plantas.

2.2.1.4. Descripción del proceso de compostaje

El proceso está compuesto por tres partes fundamentales:

a) Preprocesamiento de los residuos sólidos orgánicos (separación de materiales recuperables, propiedades, etc.).

b) Descomposición de la fracción orgánica a través de los diferentes procesos

c) Preparación, uso y venta del compost resultante

a. Preprocesamiento de los residuos sólidos orgánicos (separación de materiales recuperables, propiedades, etc.)

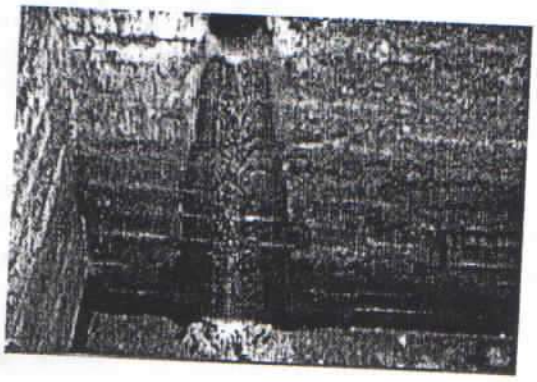
¿Qué tipo de residuos sólidos orgánicos podemos utilizar para hacer compost?

1. Residuos de jardín

2. Restos de frutos, hortalizas, legumbres y otros

3. Residuos seleccionados de mercados

4. Fango de aguas residuales



Cuadro N 4

Residuos orgánicos recomendados para el compostaje

Residuo Orgánico	Propiedades
Alfalfa, habas, frijoles, chochos	Buena fuente de nitrógeno
Manzanas	Fuente de fósforo y potasio
Cáscaras de plátano	Fuente de fósforo y sobre todo de potasio. Se descompone rápidamente
Desperdicio de remolacha	Fuente de magnesio, calcio y nitrógeno
Desperdicio de cítricos	Bajo en fósforo, alto en potasio. Fuente de nutrientes
Restos de café	Fuente de nutrientes para la composta o puede ser usado como cubierta. (rico en potasio)
Rastrojo de maíz y elotes	Tardarán mucho en descomponerse. Un poco menos si se cortan finamente.
Desperdicios de comida. Hortalizas y frutas.	El material rico en nitrógeno se descompone más rápido si se corta en pedazos pequeños. Conviene enterrarlo al centro de la composta y cubrirlo con un material rico en carbono o tierra.

Residuo Orgánico	Propiedades
	y cubrirlo con un material rico en carbono o tierra.
Pasto de recorte	Es mejor dejarlo sobre el césped pues entonces devolverá los nutrientes directamente al pasto. Excelente fuente de nitrógeno en la composta pero conviene asegurar que se mezcle con material café, como hojas para que así no se vuelva apestoso. Precaución: Evite usar recorte de pastos tratados con pesticidas aún después de 3 o cuatro cortes. Compostear pasto tratado por un año antes de usarlo en un huerto.
Pelo	Buena fuente de nitrógeno si se mezcla con otros materiales. No usar pelo que ha sido tratado químicamente.
Ramas y pajas	Alto en carbono. Cortar o moler en tiras y humedecer para una más rápida descomposición. La paja es mejor para la circulación del aire que las ramas que son huecas y endurecidas.
Hojas	Excelente fuente de carbono. Colectarlo durante el otoño para usarlo durante la primavera y el verano. Conviene mezclarlas con material rico en nitrógeno.
Estiércoles de caballo, vaca, borrego, gallinas, conejos.	Buena fuente de nitrógeno y otros nutrientes. Es mejor compostearlo antes de usarlo, pues frescos pueden incluso quemar las plantas.
Periódico	Bueno para reciclar. No contiene nutrientes pero cortado en tiras puede servir como fuente de carbono.
Viruta	Muy rica fuente de carbono para compostear. Tarda mucho en descomponerse.
Hierbas	Buena fuente de nutrientes. Es mejor usarlas verdes cuando aún no producen semillas.
Cenizas de madera	Excelente fuente de potasio y otros nutrientes minerales. Es recomendable distribuir directamente sobre el suelo del huerto o jardín.

Fuente: ARROYO F.J., Manual de Composteo, 2001

Cuadro N°5

Residuos Orgánicos no recomendados para el Compostaje

Residuo Orgánico	Propiedades
Desperdicios de guisados de carne	Pueden contener grasas que atraen a animales como perros, gatos y roedores.
Pasto salvaje u otros pastos con rizoma	Requiere secarse antes de ser composteado pues de otra forma puede rebrotar y crecer nuevamente, dificultando las labores de composteo y de aplicación al campo.
Agua de lavar	Puede contener perfumes, grasas y sodio
Estiércol de gatos y perros	Pueden contener microorganismos causantes de enfermedades contagiosas. La arena de los gatos puede contener *Toxoplasma gandi* o *Toxocara cati*, un gusano redondo. Ambos pueden causar ceguera, especialmente en niños.
Productos lácteos	Mantequilla, queso, mayonesa, aderezo de ensaladas, leche, yogurt, crema batida, etc.
Manteca, grasa y aceite	Al descomponerse producen muy mal olor y atraen animales
Desperdicio de pescado	Atrae animales. Contiene mucho aceite de pescado y su descomposición es muy lenta

Residuo Orgánico	Propiedades
Hierbas que ya formaron semillas.	Compostear solamente a altas temperaturas, de manera que las semillas mueran
Hierbas como "gloria de la mañana" (campanitas).	Pueden vivir sobre la composta a menos que se sequen completamente

Fuente: ARROYO F.J., Manual de Composteo, 2001

b. Descomposición de la fracción orgánica a través de los diferentes procesos

¿Qué tipos de procesos de descomposición de residuos orgánicos existen?

Existen muchos tipos de proceso, pero en general, éstos son clasificados por el método de preparación de los residuos o por el método de digestión.

En la mayoría de los sistemas, los residuos son preparados para la digestión triturándolos en algún tipo de molino. La digestión se lleva a cabo en hileras sobre el piso, trincheras, pozos, celdas, tanques, torres de múltiples etapas, cilindros, depósitos, etc.

Los diferentes tipos de procesos de compostaje comúnmente usados son:

- **Proceso Indore (Bangalore)**

Usa trincheras en el suelo o montículos sobre una superficie plana y lisa de 1 a 1.5 m. de profundidad o altura x 1.50 de ancho y un largo que puede ser variable. El material es colocado en capas alternadas de residuos, estiércol seco, tierra, paja, hojarasca, etcétera. No utiliza la molienda. Los volteos son hechos a mano tan frecuentemente como es posible. El tiempo de retención es de 120 a 180 días.

Este proceso fue originalmente dado a conocer por Sir Albert Howard debido a que fue usado por campesinos tradicionales de la región de Indore en la India.

- **Proceso bioestabilizador Dano**

Cilindro rotatorio con ligera inclinación respecto a la horizontal, diámetro de 9 a 12 pies, con una longitud superior a los 150 pies. Sin molienda. La digestión de 1 a 5 días es seguida por la formación de hileras para la maduración, con aireación forzada dentro de los cilindros. El uso de este método predomina en Europa.

- **Proceso Earp – Thomas**

Tipo silo con ocho compartimentos dispuestos verticalmente. Los residuos colocados en el interior son movidos hacia abajo de compartimento en compartimento con introducción de aire a través del silo. Usa un inóculo patentado. La digestión dura de 2 a 3 días y luego es seguida por la formación de hileras para la maduración. Su uso es frecuente en Alemania, Suiza, Italia y Grecia.

- **Proceso Triga**

Un puente rodante retira los residuos de un foso de recepción y alimenta un tamiz rotativo de malla gruesa. El material tamizado es llevado por una banda transportadora a un molino. El material ferroso es previamente retirado por un extractor magnético. El producto molido es transportado al digestor

- **Proceso Triga**

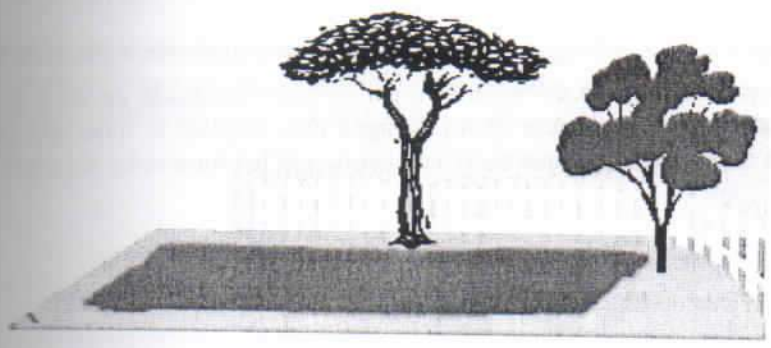
Un puente rodante retira los residuos de un foso de recepción y alimenta un tamiz rotativo de malla gruesa. El material tamizado es llevado por una banda transportadora a un molino. El material ferroso es previamente retirado por un extractor magnético. El producto molido es transportado al digestor formado de cuatro silos verticales. Los silos son cargados por la parte superior, permaneciendo el material dos días en su interior, efectuándose la descarga por una rosca sin fin. Una banda transportadora lleva el material de nuevo a la parte superior de otro digestor, y así sucesivamente. La parte superior de los silos posee un ventilador para la aireación del material en su interior. De los silos el material pasa a un extractar magnético y de allí a un tamiz vibratorio.

El tipo de proceso que se presenta y se sugiere en esta guía es el de Bangalore (Indore), por ser el sistema de más bajo costo y el que se utiliza con éxito en la mayoría de países de la Región.

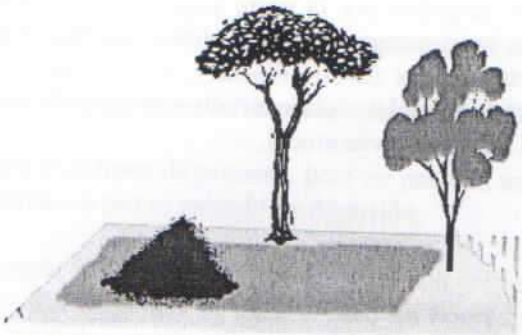
MÉTODO DE BANGALORE-INDORE

Pasos a seguir:

1. Se selecciona un área plana (de dimensiones variables, dependiendo de la cantidad de residuos orgánicos a procesar, el suelo debe además poseer un buen drenaje para evitar los encharcamientos.



2 Luego se realiza la limpieza del lugar para la colocación de los montones o pilas, según se muestra en las figuras.



3 El material orgánico seleccionado debe estar bien desmenuzado, con un tamaño recomendable de 10 a 15 cm. Los residuos de frutos con cáscara dura deberán ser triturados y mezclados con el resto de la materia orgánica para lograr uniformidad en el proceso.

Foto N°1: Formación de la pila. Capulhuac - México

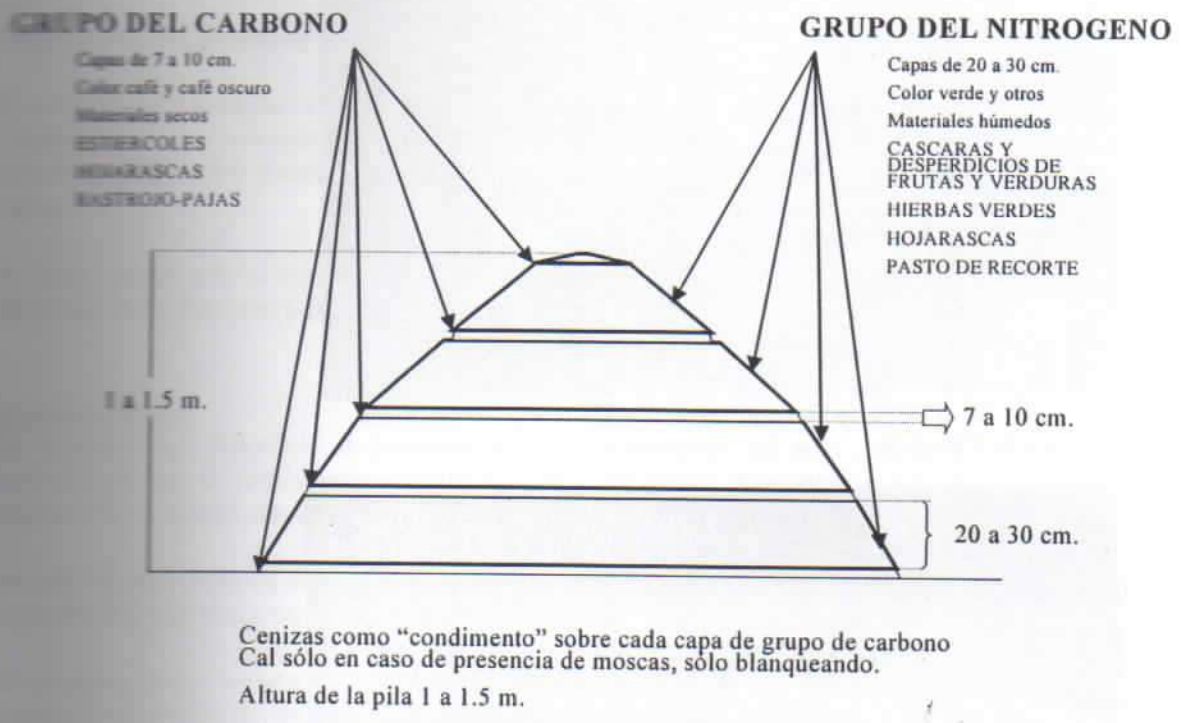
4 Construcción de la pila. El material orgánico ya triturado y mezclado se coloca en el lugar escogido, formando un primer montón de material orgánico homogenizado de 20 a 30 cm. de altura. Luego con un aspersor o manguera se hecha agua para regular la humedad (no debe escapar agua de la base de la pila). Hay que tener en cuenta que la altura debe ser entre 1 a 1.5 metros.

o pilas, según se

ño recomendable
mezclados con el

oca en el lugar
20 a 30 cm. de
edad (no debe
er entre 1 a 1.5

Figura N°4



Cenizas como "condimento" sobre cada capa de grupo de carbono
Cal sólo en caso de presencia de moscas, sólo blanqueando.
Altura de la pila 1 a 1.5 m.

5 Volteo de la pila. Se hace cada 21 días con la finalidad de homogenizar y airear las zonas o expuestas; con la ayuda de palas se voltea el material al costado, de tal forma que la capa exterior de la pila forme el centro del nuevo montón, a fin de garantizar una descomposición uniforme de toda la masa.

Esta nueva pila se forma también por capas, acondicionándola también con agua. Se mezcla con palas para que las zonas inferiores queden expuestas. Para obtener un control más riguroso de la humedad, se pueden extraer muestras y analizarlas en el laboratorio.

6 Tamizado del compost. Al cabo de 3 meses se inicia la producción del compost. La temperatura ya habrá bajado a 20 a 30°C y el material puede ser utilizado como un acondicionador o mejorador de suelos natural.

Por las experiencias se ha comprobado que después de 3 meses aún se encuentran materiales que no han concluido su proceso de descomposición, es por ello que se debe tamizar el compost maduro, mejorando así su calidad. Se recomienda usar una malla metálica de ½ pulgada.

Foto N°2: Planta Piloto de Elaboración de Compost de la Municipalidad de Rosario, Argentina

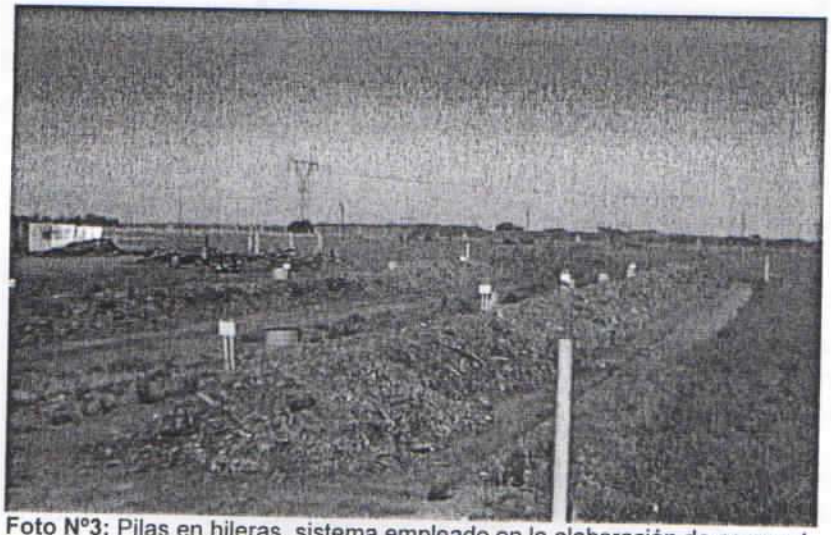


Foto N°3: Pilas en hileras, sistema empleado en la elaboración de compost. Rosario, Argentina

Foto N°4: El mismo sistema utilizado en Capulhuac - México

c. Preparación, uso y venta del compost resultante

Preparación del producto final

El compost debe cumplir con las normativas físicas, químicas y biológicas de las enmiendas del suelo. Las normas físicas incluyen: un color marrón oscuro uniforme, un tamaño de partículas uniforme, un olor terroso agradable y estar libre de residuos como tapas de botellas, papel, plástico y fragmentos de vidrio.

Se debe cuidar que el contenido de humedad sea bajo (menos del 45%) como para permitir la distribución del compost y prevenir el desarrollo de problemas de olores.

Usos del compost

En la agricultura, beneficia el mantenimiento de la fertilidad del suelo, evita la contaminación del suelo por el uso de fertilizantes químicos, y generan menor dependencia del productor de insumos externos y con costos elevados.

En actividades similares como la lombricultura, sirve como insumo alimenticio para el desarrollo de las lombrices que posteriormente convertirán el compost digerido en abono orgánico.

El compost, como reductor de la erosión, se emplea también en replantaciones forestales y en la protección de suelos de obras civiles (taludes, recuperación de canteras, etc.).

Comercialización

El desarrollo de esta actividad siempre deberá estar ligada a otra que demande la producción de compost. En nuestro caso cualquier tipo de suelo se verá beneficiado con la aplicación del compost. Teóricamente habría un mercado ilimitado para un compost de buena calidad, sin embargo, el costo de producción, transporte y aplicación del producto podría complicar una comercialización beneficiosa.

Por consiguiente, para un programa de mercadeo es necesario formular estrategias de difusión y perfeccionamiento del uso del compost, en principio como un proyecto municipal piloto que permita posteriormente algunas modificaciones y correcciones.

El problema de la comercialización del compost no es complicado si se encuentra un uso para el mismo.

Si bien es cierto que ha habido en nuestros países intentos fallidos para su comercialización, también lo es, que las estrategias empleadas siempre han sido pobres o se ha carecido de ellas.

El primer paso para desarrollar una estrategia de mercadeo es evaluar todos los mercados existentes y potenciales dentro y fuera de la localidad; estrategia que además requiere conocimiento del producto, usos potenciales, limitaciones en el uso, y el valor estimado del producto al usuario. También es importante adaptar la estrategia del mercadeo a las demandas locales considerando las características del suelo, las prácticas agrícolas, las costumbres sociales, el clima, el costo del transporte, las variaciones estacionales, etc.

El segundo paso es determinar el costo por disposición final, que el gobierno local se evitaría con el compostaje de los residuos orgánicos generados dentro de su jurisdicción y que debe ser asumido como un ahorro en el costo del manejo de los residuos sólidos. La estrategia a emplear debe tener sus momentos de flexibilidad y adaptarse a las fluctuaciones del mercado.

Existen algunas limitaciones para el desarrollo del compostaje como actividad económica-productiva que deberían contemplarse antes de plantear cualquier estrategia, entre las que encuentran:

- La condición y fertilidad de los suelos locales
- Las políticas gubernamentales hacia la sustitución de importación, como restricciones de importación o subsidios en los fertilizantes químicos.
- La disponibilidad y costo de otros acondicionadores de suelo, como los residuos de animales domésticos (estiércol) y residuos de cosecha.
- Los costos de transporte
- Las prácticas agrícolas y hortícolas locales
- La fiabilidad y cantidad de producción del compost
- La disponibilidad y costo de otros fertilizantes de uso agrícola, incluidos los fertilizantes químicos.
- Los modelos agrícolas estacionales
- La calidad del compost, como los nutrientes, tamaño de la partícula y madurez.

2.2.1.5. La Experiencia de la ciudad de Rosario (Argentina)

En el marco de la política de reducción de los volúmenes de residuos que llegan al relleno sanitario y de aprovechamiento de los residuos reutilizables, la Secretaría de Servicios Públicos municipal a través de la Dirección General de Política Ambiental, puso en marcha un importante proyecto relacionado con la utilización de residuos verdes. Este proyecto es asistido por la Cooperación Técnica Argentino-Alemana a través de un convenio específico en la Gestión Integral de Residuos Sólidos firmado entre la Municipalidad de Rosario y la Agencia Alemana GTZ. El Proyecto en cuestión se denomina *Proyecto Residuos Rosario.*

Utilizando como materia prima las ramas producto de las podas, hojas y césped provenientes de la limpieza y mantenimiento de los jardines particulares, así como del desmalezado de terrenos, y a través de un procedimiento totalmente natural, se genera un abono orgánico vegetal.

Dentro de los objetivos asociados e igualmente importantes se encuentran la producción de compost para el abastecimiento del mismo a la Dirección General de Parques y Paseos que hasta el momento debía comprarlo y la posibilidad de realizar visitas de escolares y de otras instituciones vinculadas al medio ambiente que permitan tomar conciencia sobre la necesidad de reciclar y reutilizar los residuos orgánicos domiciliarios.

Para obtener el mejorador de suelos se construyó una Planta Piloto de Elaboración de Compost que se encuentra ubicada en el predio del Relleno Sanitario Gallegos.

Esta ubicación ha permitido continuar centralizando la disposición de residuos en un solo lugar, además de aprovechar la infraestructura existente: oficinas, balanza, equipos y personal.

Detalles del Proceso

El compost es obtenido a partir de la trituración y descomposición de los residuos verdes provenientes de distintos lugares de la ciudad y de distintos servicios que la Municipalidad tiene contratados, a la vez que los propios vecinos se acercan en sus vehículos para traer el producto de la limpieza de sus jardines. Se realizaron distintas pruebas relacionadas con la materia prima y el lugar de dónde provenían y la conclusión fue que debía realizarse un estricto control en el origen para garantizar una buena materia prima, a la que no hubiera que incorporar mano de obra de limpieza adicional significativa.

Una vez que los mismos son acopiados, se pasan por una máquina trituradora a fin de reducir y uniformizar el tamaño de los residuos.

El triturado se coloca en hileras durante tres a cuatro meses; período en el cual se produce su descomposición aeróbica. Este periodo es flexible fundamentalmente en función del agua incorporada.

En este periodo de fermentación se realizan permanentes volteos y estrictos controles de temperatura y humedad.

Luego se procede a su maduración, para que el material depositado obtenga el grado de calidad necesario.

El abono orgánico resultante sirve para mejorar la estructura y calidad de los suelos.

Este producto viene siendo utilizado como mejorador de suelos en parques y plazas, huertas, cobertura de plantones en viveros y en las diversas actividades de jardinería; sin embargo, también se ha considerado la posibilidad de ser utilizados en labores de agricultura urbana como el cultivo de hortalizas.

Conjuntamente con la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Rosario se tiene planificado realizar monitoreos sobre la calidad del producto obtenido así como la aplicabilidad del mismo a distintos cultivos. También está en estudio la instalación de un emprendimiento cooperativo que actuaría complementariamente a las instalaciones de la planta de elaboración de compost.

La cooperativa en cuestión se llama Sol Unión y ha avanzado en los estudios económicos y de mercado interno ya que los integrantes de la cooperativa se encuentran desarrollando la actividad.

Foto N°5: Trabajadores haciendo uso de la máquina trituradora para luego iniciar el proceso de elaboración de compost. Rosario, Argentina.

LOMBRICULTURA

2.2.2. Lombricultura

2.2.2.1. ¿Qué es la lombricultura?

La Lombricultura es una biotecnología que utiliza a una especie domesticada de lombriz, como herramienta de trabajo; recicla todo tipo de materia orgánica y obtiene como fruto de este trabajo fundamentalmente dos productos:

1. El humus

2. La carne de lombriz: una carne roja, que permite obtener con tecnologías adecuadas una harina con niveles promedio de hasta un 73% de proteína, utilizable en alimentación humana y animal.

El mayor trabajo en la Lombricultura es desarrollado por la lombriz, un organismo biológicamente simple; una humilde e incansable obrera.

La lombriz está clasificada en el reino animal como Anélido terrestre de la clase de los Oligoquetos. Vive en ambientes húmedos, rehuye la luz y se nutre de restos orgánicos vegetales y animales en descomposición, siendo un excelente recuperador.

La lombriz es hermafrodita insuficiente (tiene ambos sexos, pero necesita aparearse para reproducirse). Está dotada de 5 corazones y 6 pares de riñones. En cautiverio vive un promedio de 15 años y no contrae ni transmite enfermedades.

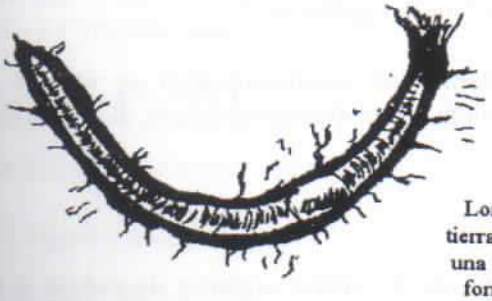
La lombriz era conocida ya en la antigüedad como "arado" o "intestino de la tierra" (Aristóteles), porque escava galerías en el terreno, volviéndolo poroso y facilitando la oxigenación y permeabilidad al agua.

La lombriz es también un eficiente "fertilizador" porque el HUMUS que produce, aumenta la disponibilidad de nutrientes aprovechables por las plantas.

Desde el punto de vista ecológico se la clasifica en:

- EPIGEAS, viven sobre la superficie del suelo, se alimentan de materia orgánica y producen HUMUS
- ENDOGEAS, son las más conocidas, viven dentro del suelo cavan galerías horizontales y comen y defecan tierra
- ANECICAS, viven dentro del suelo, cavan galerías verticales y durante la noche suben a la superficie del suelo alimentándose de materia orgánica.

Los tres grupos de lombrices son sin duda el gran arado de la tierra y constituyen el elemento más importante en el rol de los EDAFOECOSISTEMAS (Sistemas ecológicos del suelo).



Lombriz de tierra dentro de una galería en forma de U

Siendo las lombrices animales migratorios por excelencia, ha sido necesario para poder desarrollar la Lombricultura, que su hábito sea modificado y es así como luego de más de 14 años de proceso, su hábito migratorio fue modificado para llegar al día de hoy en que su hábito sedentario permite mantenerla en cautiverio y poder realizar un proceso industrial en el que no solamente se la pueda mantener en un criadero sin que fugue, sino que adicionalmente ya tiene la capacidad de vivir en altas densidades (30 a 40.000 lombrices por metro cuadrado) sin que se alteren sus efectos conductuales. De las más de 8.000 especies conocidas de lombrices, solamente 2.500 han sido clasificadas y solamente tres de ellas han podido ser domesticadas, siendo **Eisenia foetida** la más conocida y aquella que es utilizada en más del 80% de los criaderos del mundo.

2.2.2.2. ¿Cuáles son sus ventajas?

Sirve como complemento en técnicas de recuperación de suelos

- Ayuda a la incorporación de materia orgánica en suelos

- Mejora la textura del suelo
- Favorece la aereación y drenaje
- Acelera la mineralización y disponibilidad de nutrientes
- Neutraliza el pH
- Estimula la población microbiana

Favorece la producción agrícola

- Presentan una mayor productividad

Ayuda a procesar los residuos sólidos urbanos

Algunas variedades de lombrices como Eisenia foetida son capaces de:

- Consumir diariamente materia orgánica en una cantidad equivalente a su peso
- Degradar rápidamente los residuos sólidos orgánicos urbanos

Es fuente de alimentos de calidad para especies menores

- Una aplicación paralela a los sistemas de vermicomposteo es utilizar las lombrices para alimentación de aves o peces, obteniendo con el manejo adecuado, animales orgánicos.

2.2.2.3. El humus

El Humus, producto de la lombricultura, es la materia orgánica degradada a su último estado de descomposición por efecto de microorganismos. Es un fertilizante de primer orden producto de la feca (excremento) de la lombriz. En consecuencia, se encuentra químicamente estabilizado como coloide; el que regula la dinámica de la nutrición vegetal en el suelo. Esto puede ocurrir en forma natural a través de los años o en un lapso de horas, tiempo que demora la lombriz en "digerir" lo que come.

Hay que resaltar que un alto porcentaje de los componentes químicos del humus son proporcionados, no por el proceso digestivo de las lombrices, sino por la actividad microbiana que se lleva a cabo durante el periodo de reposo que éste tiene dentro del lecho. Por ejemplo, el 50% del total de los ácidos húmicos que contiene el humus, son proporcionados durante el proceso digestivo y el 50% restante durante el período de reposo o maduración.

Cuando la cosecha del lecho es prematura, se obtendrá VERMICOMPOST o WORM CASTINGS, que todavía NO es HUMUS.

Las características más importantes del humus de lombriz son:

- Alto porcentaje de ácidos húmicos y fúlvicos. Su acción combinada permite una entrega inmediata de nutrientes asimilables y un efecto regulador de la nutrición, cuya actividad residual en el suelo llega hasta cinco años.

- Alta carga microbiana (40 mil millones por gramo seco) que restaura la actividad biológica del suelo.

- Opera en el suelo mejorando la estructura, haciéndolo más permeable al agua y al aire, aumentando la retención de agua y la capacidad de almacenar y liberar los nutrientes requeridos por las plantas en forma sana y equilibrada.

- Es un fertilizante bio-orgánico activo, emana en el terreno una acción biodinámica y mejora las características organolépticas de las plantas, flores y frutos.

- Su pH es neutro y se puede aplicar en cualquier dosis sin ningún riesgo de quemar las plantas. La química del HUMUS de lombriz es tan equilibrada y armoniosa que nos permite colocar una semilla directamente en él sin ningún riesgo.

¿Cuáles son las consideraciones para un humus de buena calidad?

Para poder determinar que el producto que estamos cosechando es de buena calidad, tendremos en cuenta entre otras cosas parámetros como:

- Ph neutro, en un rango entre 6.7 a 7.3

- Contenidos de materia orgánica superiores a 28%

- Nivel de nitrógeno superior a 2%

- Relación C/N en un rango entre 9 y 13

- Contenidos de cenizas no superiores a 27%

Un alto contenido de cenizas nos permite concluir que el manejo del proceso no ha sido el adecuado y que ha habido mucha contaminación con tierra. Lo que queremos es mejorar el suelo y no aumentar su volumen.

El HUMUS de lombriz además de ser un excelente fertilizante, es un mejorador de las características físico-químicas del suelo, es de color café oscuro a negruzco, granulado e inodoro.

2.2.2.4. La carne de lombriz

La posibilidad de transformar en carne de alto valor proteico los residuos orgánicos, que en muchos casos hoy constituyen un problema ecológico, es tal vez uno de los aspectos más fascinantes de la Lombricultura. La composición de la harina de lombriz, con más de un 70% de proteínas de alto valor

biológico, hace que éste anélido aparezca como una de las grandes soluciones a los problemas nutricionales que tiene la humanidad.

Si importante es el alto contenido de proteínas en la carne de lombriz, más importante aún es su cantidad de aminoácidos esenciales. La alta tasa reproductiva (duplica su población cada 90 días) y la rápida velocidad de crecimiento de la lombriz (come diariamente el equivalente a su propio peso), permite producir toneladas de carne por hectárea a un costo como ninguna otra actividad zootécnica lo logra.

Además del colágeno, se puede extraer otros productos base para la industria farmacéutica. A partir del líquido celomático, contenido en el celoma, se ha producido antibióticos de uso humano para combatir entre otras cosas enfermedades como el tifus.

Características como el no sangrar al producirse un corte de su cuerpo y ser totalmente inmune al medio contaminado en el cual vive, así como la alta capacidad de regeneración de tejidos, son motivo de investigaciones para beneficiar al ser humano.

Actualmente toda esta maravilla puede ser una quimera, por cuanto aún no se ha desarrollado un sistema de separación de la lombriz de su hábitat que permita manejar en forma eficiente y rentable la gran demanda que esta carne tendría. Las investigaciones realizadas y los resultados obtenidos, tanto en animales como en humanos, nos permiten hacer esta aseveración.

2.2.2.5. Descripción del proceso de lombricultura

a. Construcción y preparación de los lechos

Requerimientos para la producción de 10 toneladas métricas (TM) de humus cada seis meses

Medidas del lecho
Largo: 20 metros. Ancho: 2 metros. Altura: 35 cm.

Materiales
Puede usarse madera, ladrillo caña de bambú chancada, caña brava, locetas, etcétera. Los mejores resultados, con menor costo, han sido obtenidos con locetas de cemento y confitillo con arena gruesa, en proporción de 3 de cemento por 1 de arena + confitillo. Las medidas de las locetas son de 40 x 35 cm. x 1 pulgada de espesor. Son construidas in situ, usándose como molde gaveras de madera, en forma de escalera desarmable, formada por 2 listones de 2 pulgadas x 2 pulgadas por 10 pies de largo y travesaños de ½ x 1 pulgada x 40 cm. de largo.

Alimentos
En un lecho de estas dimensiones (14m3 de capacidad), se puede producir 10 TM. de humus de lombriz cada 6 meses, es decir, 20 TM por año. Como la lombriz convierte el 60% del alimento en humus, será necesario utilizar casi 17 TM de compost por lecho, cada seis meses; o sea 3 TM por mes/lecho, dándole un pequeño margen de seguridad.

Agua

Las necesidades diarias de agua en los lechos son en promedio 10 litros por metro cuadrado, o sea 400 litros por día / lecho. A esto hay que aumentarle una cantidad similar de consumo para la producción del compost, dando un total de 800 litros diarios por lecho en actividad; siendo el consumo mensual de 24 metros cúbicos, y de 144 por lecho en los seis meses de cría de las lombrices, para producir 10 TM de humus; lo que nos da un consumo hídrico total de 14.4 metros cúbicos por tonelada de humus.

Mano de obra

Según experiencias realizadas por la Asociación Nacional de Lombricultura (Perú), una persona puede manejar seis lechos en plena producción.

b. Compra de las lombrices

Para empezar se requiere comprar una colonia de 100,000 lombrices, a las cuales habrá que alimentarlas con sustancias orgánicas que no sean muy ácidas o demasiado alcalinas (el pH no debe ser inferior a 6 ni superior a 8.5).

c. Preparación de los lechos

Habrá que adecuar el lecho acondicionando sobre la superficie del fondo una capa de 5 cm. de espesor de maleza vegetal, rico en celulosa, también se podrá colocar papel o cartón, de tal manera que permita una adecuada aireación en el fondo del lecho.

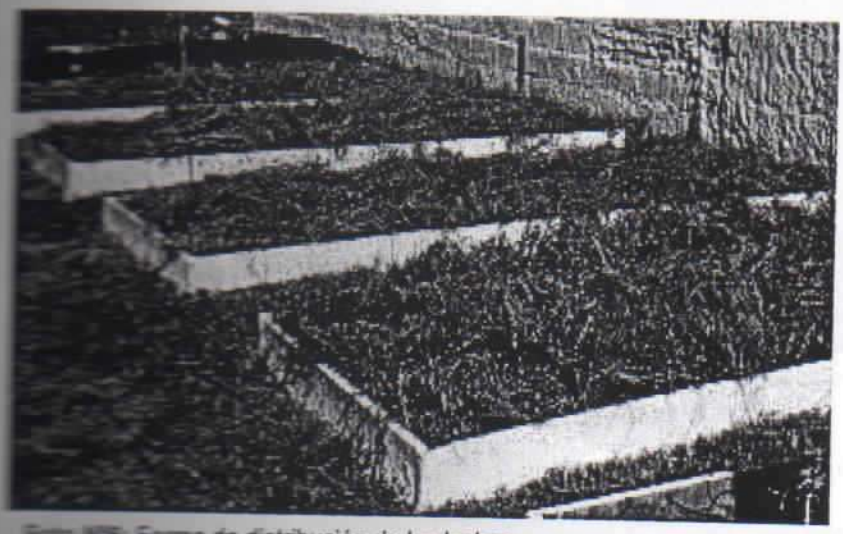


Foto MPB: Forma de distribución de los lechos

d. Colocación del alimento

El alimento convenientemente preparado debe extenderse sobre toda la base del lecho en forma pareja hasta una altura de 7 cm., luego regar cada 24 horas. Se repetirá el proceso hasta llegar al borde del lecho.

Se debe procurar que el contenido agregado al lecho no se desmorone.

e. Colocación de las lombrices en los lechos

En primer lugar se realizarán pruebas en cajas de madera donde se colocará un aproximado de 5 lombrices, la caja tiene que haber sido convenientemente preparada (con agujeros).

Luego se colocan las lombrices sobre su alimento y se riega abundantemente, las lombrices intentarán introducirse durante los siguientes minutos ya que tratarán de descubrir si el nuevo hábitat es adecuado para sobrevivir. Si pasadas las 24 horas, las lombrices aún se encuentran vivas es porque el sustrato ha sido correctamente preparado.

Las lombrices deben colocarse en pequeños grupos de 500 por cada metro cuadrado de lecho, de tal manera que no se concentren en un solo sitio, ellas solas se dispersarán entre el alimento. La incorporación de las lombrices debe efectuarse a primeras horas de la mañana con la finalidad de que la incidencia de los rayos solares obliguen a las lombrices a introducirse en el alimento. Durante la primera semana debe controlarse el lecho diariamente, observando el desenvolvimiento de la lombriz y verificando si no ha tenido alguna anomalía. Se debe humedecer el lecho diariamente, de tal manera que se mantenga una humedad promedio del 80%, el cual resulta ideal para la lombriz, ya que ellas respiran por el cuerpo y necesitan la humedad para deslizarse, así como para absorber sus alimentos.

Foto N°7: Caja de comprobación de un buen sustrato para las lombrices.

f. Alimentación de las lombrices

La alimentación se debe realizar una vez al mes con el sistema llamado "lomo de toro", método que consiste en colocar el alimento al centro del lecho, dejando como mínimo 25 cm a cada lado y también en los extremos.

Nunca se debe colocar el alimento de tal forma que cubra toda la superficie del lecho. Es recomendable que el alimento esté bien húmedo.

Al siguiente mes se esparcirá el alimento anterior de manera tal que el lecho quede nivelado al borde. Luego se aplicará el nuevo alimento, de modo que a las 48 horas de aplicado, deberá controlarse el ingreso de las lombrices al mismo.

g. Recogida del producto (Humus)

Antes de realizar la extracción del humus de los lechos se debe tener listo el alimento que será depositado en los nuevos lechos. Una vez que el compost se ha convertido en Humus, la lombriz buscará más alimento y procederá a buscar el fondo del lecho, esto nos indicará que es momento de extraer el humus.

Como se mencionó anteriormente, en la alimentación de los lechos, el método "Lomo de Toro" es el más indicado para la extracción de humus ya que permite que éste se recoja separadamente de las lombrices, luego se procederá a colocar una fila de alimento al centro del lecho, dejando 25 cm, para cada lado del mismo; esto hará que las lombrices vayan al centro del lecho a consumir el alimento, permitiéndonos extraer humus sin coger las lombrices de los extremos y de esta manera facilitar su traslado a nuevos lechos.

h. Almacén de humus

La extracción del humus de los lechos se realizará a un 80% de humedad y se procederá a su traslado a un almacén empleando para ello carretillas u otro medio que se disponga; deberá permanecer allí hasta que alcance una humedad del 55%.

i. Tamizado y envasado del humus

Una vez obtenido el humus al 55%, se procederá a quitar las impurezas del producto mediante un tamiz o malla. Una vez terminado el proceso de tamizado se procederá a envasarlo en bolsas de polietileno de 50 kg. y el material restante en bolsas de 1 Kg. para destinarlos a uso doméstico.

j. Comercialización

El humus es un producto con altas posibilidades de comercialización en el mundo entero, pero su calidad es un factor importante para obtener un mejor precio en el mercado; el cual puede fluctuar desde 100 a 250 dólares la tonelada, dependiendo del mercado.

Foto N°8: Empaquetado del humus de lombriz

2.2.2.6. Costos para la implementación de un módulo de producción de humus de lombriz

A continuación se presentan los costos de un módulo de producción de humus de lombriz para un área de 200 m2.

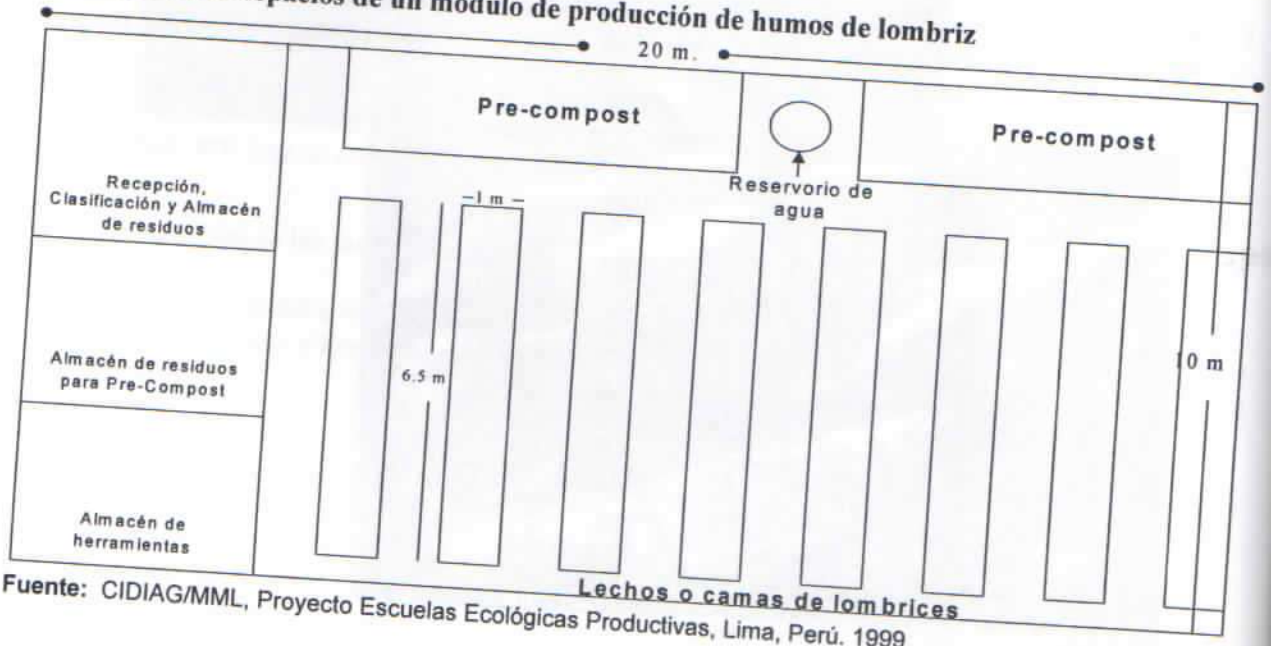
Cuadro N°6

Rubros	Materiales/equipos/insumos	Cantidad	Unidad	Costo Unitario
				US$
a. Recepción y clasific.de residuos				
a.1. Cerco (5x5 m)	Malla alambre hexagonal	2	rollo	43,0
	Alambre galvanizado	2	kilos	3,0
	Grapas para madera	0,4	kilos	3,0
a.2. Implementos de trabajo	Mandil plástico	6	unidades	5,0
	Guantes	3	pares	3,0
	Mascarilla descartable (60 unidades)	1	caja	15,0
	Botas de jebe	3	pares	30,0
	Escoba	2	unidades	4,0
	Recogedor	2	unidades	3,0
	Balde (15 L)	2	unidades	4,0
	Manguera 16 (100 m)	1	rollo	17,0
b. Proceso de descomposición	Manga polietileno negra (1.2 x 100 x 6)	1	rollo	85,0
	Zanjas de cemento (2 x 6.5 m x 0.50 m.)	2	zanjas	30,0
b.1. Proceso de humificación	Manga polietileno negra (1.2 x 100 x 6)	1	rollo	85,0
	Zanjas de cemento (2 x 6.5 m x 0.30 m.)	8	zanjas	25,0

Fuente: CIDIAG/MML, Proyecto Escuelas Ecológicas Productivas, Lima, Perú. 1999.

Figura N°5

Distribución de espacios de un módulo de producción de humos de lombriz



Fuente: CIDIAG/MML, Proyecto Escuelas Ecológicas Productivas, Lima, Perú. 1999

TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA LA CRÍA DE ANIMALES

2.2.3. Tratamiento de residuos sólidos orgánicos (RSO) para la cría de animales

2.2.3.1. ¿A qué llamamos tratamiento de RSO?

En general, llamamos así al proceso, método o técnica, que permite modificar la característica física, química o biológica de los residuos sólidos orgánicos, a fin de reducir o eliminar su potencial peligro de causar daños a la salud y el ambiente.

2.2.3.2. ¿Cuáles son sus ventajas?

- Logra la recuperación de materia orgánica reutilizable y reciclable
- Consigue reducir el volumen de residuos de una localidad
- Consigue la eliminación de microorganismos patógenos
- Permite disminuir los riesgos a la salud de la población
- Su implementación es sencilla y de bajo costo

2.2.3.3. Métodos para el tratamiento de RSO

a) Tratamiento térmico simple

b) Empleo de destructores térmicos (DTM)

c) Fermentación

a. Descripción del proceso de tratamiento térmico simple

Pasos a seguir:

1. Selección de residuos orgánicos

Para realizar la selección de residuos orgánicos se debe tener en cuenta lo siguiente:

Fuentes de producción de residuos orgánicos

Se deben ubicar fuentes generadoras de residuos orgánicos, como centros de abastos, mercados, restaurantes, hospitales, mataderos u otros que tengan un flujo constante y estable de residuos con alto contenido de materia orgánica.

Calidad y cantidad de los residuos

Es muy importante conocer la composición física de los residuos orgánicos para garantizar la obtención de un producto alimenticio de calidad.

Para ello será necesario además realizar periódicamente análisis químicos de los contenidos de nutrientes y agentes contaminantes o tóxicos. Para verificar la calidad de los alimentos, se deberá realizar observaciones del estado general de los animales.

2. Selección y transporte

La selección y el transporte deberán hacerse teniendo en cuenta lo siguiente:

a) Personal capacitado y con implementos de protección

b) Distancias y vías de comunicación

c) Disponibilidad de vehículos apropiados

El transporte deberá hacerse en recipientes cerrados, pudiendo utilizarse de preferencia vehículos motorizados. Si la granja se encuentra próxima a la fuente de residuos orgánicos, se podrán utilizar vehículos más pequeños e inclusive no motorizados como carretas, triciclos, etcétera. para disminuir los costos de transporte.

Foto N°9: Criadero de cerdos de la zona periurbana de Montevideo

3. Tratamiento térmico de los residuos orgánicos

Es muy importante realizar adecuadamente el tratamiento térmico de los residuos sólidos orgánicos ya que con ello reducimos los riesgos de contaminación por agentes patógenos y favorecemos la mejor digestión del alimento.

En este caso el sistema descrito es muy económico y se pueden utilizar cocinas industriales de bajo costo, pudiendo utilizarse como combustible, biogás y/o combustibles convencionales como el gas propano y el kerosene. En lo posible se deberá utilizar el combustible menos contaminante.

Luego de elegir el equipo más apropiado, se procede a realizar la cocción de los residuos, incorporando a su vez agua, de acuerdo a la consistencia del material y la disponibilidad de equipos y/o herramientas de mezclado. La cocción o tratamiento térmico deberá hacerse a 100ºC durante 15 minutos.[2]

Debido a la de escasez de combustible en algunos casos y en otros al empleo de materiales que contaminan la atmósfera (neumáticos o bolsas) durante el proceso de cocción es que, en algunos países se vienen buscando soluciones alternativas a esta modalidad.

4. Distribución del alimento porcino

De acuerdo al equipo y/o sistema utilizado para el tratamiento térmico, se deberá diseñar el método de distribución del alimento hacia los comederos de los animales.

Los residuos tratados deben ser trasladados en recipientes de fácil manejo como baldes o cubetas o usando carretillas y triciclos, según la cantidad de residuos a trasladar.

Existen también el sistema de traslado a través de tuberías cerradas o con canales abiertos con pendiente. Pero para ello, el alimento deberá encontrarse en estado líquido.

Es muy probable que estos sistemas no estén al alcance de la mayoría de porcicultores debido a su costo. Sin embargo, ésta es una opción que deberá ser tomada en cuenta cuando se entre a una etapa de mejora y crecimiento de la producción.

5. Aceptación de los animales a los residuos tratados

Los cerdos se adaptan perfectamente al consumo de residuos sólidos orgánicos en estado líquido y en algunos casos inclusive lo prefieren frente al alimento concentrado.

---

[2] Dato referido a la norma del Perú, sin embargo, estas cifras pueden ser distintas de acuerdo a la legislación de cada país.

Debemos agregar también que el consumo de alimento a base de materia seca representa el 4 a 5% del peso vivo del animal. Esto quiere decir que se debe considerar un consumo en kilos de alimentos líquidos equivalente a un 20% del peso vivo del animal, ya que tales residuos tendrán aproximadamente 80 a 90% de humedad o contenido de agua.

Los animales jóvenes son más exigentes en calidad y cantidad de alimento, por ello es necesario agregar algún suplemento proteico para asegurar el crecimiento de los cerdos. Los residuos de camales y restos de pescado son ricos en proteína y pueden ser la solución en la etapa de crecimiento.

b. Descripción del proceso de empleo de destructores térmicos (DMT)

Características generales del procesamiento de residuos sólidos orgánicos mediante el empleo del DTM

Esta descripción general está basada en el procesamiento y reciclaje de los residuos utilizando la tecnología y/o métodos desarrollados en Cuba y que han sido aplicados desde finales de la década de los sesenta. En principio se utilizaron los desperdicios de cocina procesados para la alimentación de cerdos. Con este fin se construyeron más de treinta plantas procesadoras distribuidas en el territorio, las que en 1989 produjeron 1´200,000 toneladas de pienso líquido para la ceba de más de un millón de cerdos.

La labor de investigación en Cuba ha demostrado que el procesamiento de desperdicios alimentarios y orgánicos brinda importantes beneficios económicos cuando se transforman en alimento para el ganado, contribuyendo eficazmente a reducir la contaminación ambiental.

El corazón de esta tecnología de reciclaje lo constituye el destructor termo-mecánico (DTM), el cual tiene la función de triturar, esterilizar y secar las materia primas a elaborar. La tecnología de reciclaje de residuos orgánicos es muy sencilla; la materia prima se carga en el destructor en proporciones adecuadas y se somete a un proceso de esterilización o secado según el producto final a obtener. Los productos en forma de harina se envasan en sacos y se almacenan en un área apropiada para tal fin.

¿Qué es el DTM?

El DTM (Destructor Termo-mecánico) o Reactor Termo-mecánico (RTM) es un equipo compacto, de fácil instalación, eficiencia térmica y larga vida útil, el cual tritura, esteriliza y seca las materias primas. El equipo tiene una capacidad de 1,5 toneladas y funciona con vapor inyectado en la camisa y el agitador, dispone de la evacuación automática de materias extrañas, está dotado de gran superficie de calentamiento y no requiere de la trituración previa de la materia prima. El equipo funciona a una presión de trabajo de 4 Kg/cm^2.

Los componentes mecánicos intercambiables del DTM son de fácil adquisición en el mercado internacional. Tienen larga vida útil, y poco volumen de mantenimiento, el cual se reduce a la reposición de las empaquetaduras de los sellos que garantizan la hermeticidad del equipo.

El peso neto del destructor es de 3,2 toneladas y el peso con carga es de 4,2 toneladas. El equipo se suministra montado sobre una base metálica y con sistema motriz. Una vez situado en su cimiento sólo resta la conexión eléctrica para su funcionamiento.

La materia prima que se puede procesar en el equipo son diversos residuos sólidos orgánicos entre los que se puede señalar: residuos de comida, desperdicios agrícolas, residuos de mataderos, residuos de pescado e incluso animales muertos en el proceso productivo en las granjas.

Los productos finales obtenidos son: pienso líquido, pasta proteica, harina de carne y hueso, harina de pescado o harina de sancocho o escamocha.

La temperatura de cocción de los desperdicios depende de las legislaciones higiénico-sanitarias vigentes en cada país. En Cuba fluctúan entre 121° C con retención de 15 minutos para desperdicios de cocina y agroindustriales y 130° C con retención de 30 minutos para residuos de mataderos y animales muertos.

Descripción de la tecnología DTM-1.5

Las bases tecnológicas para la operación de la planta son las siguientes:

- Productividad de 5 toneladas de pasta alimenticia o 400-500 kg de harina en un turno de 8-10 horas/día
- Recepción y expedición de la materia prima en recipientes de 100 a 200 lts. transportados en camiones
- Posibilidad de higienización y almacenaje de los recipientes de materias primas
- Condiciones para la eliminación de las impurezas no segregadas en las fuentes de los residuos
- Tamaño de partículas de la pasta por un período no mayor a 48 horas sin aditivos

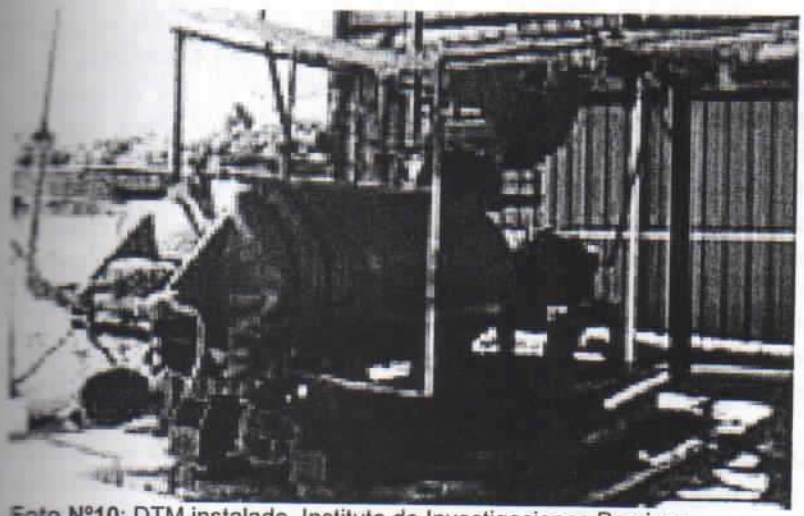
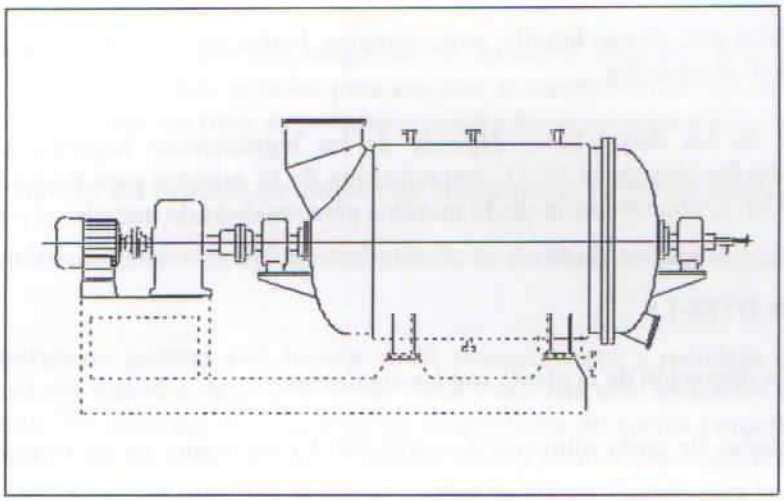


Foto N°10: DTM instalado. Instituto de Investigaciones Porcinas, La Habana - Cuba, 1992.

Figura N°6

Esquema del DMT



Fuente: Instituto de Investigaciones Porcinas La Habana-Cuba, 1992

Descripción general de operación de la planta

1. Recepción de los residuos

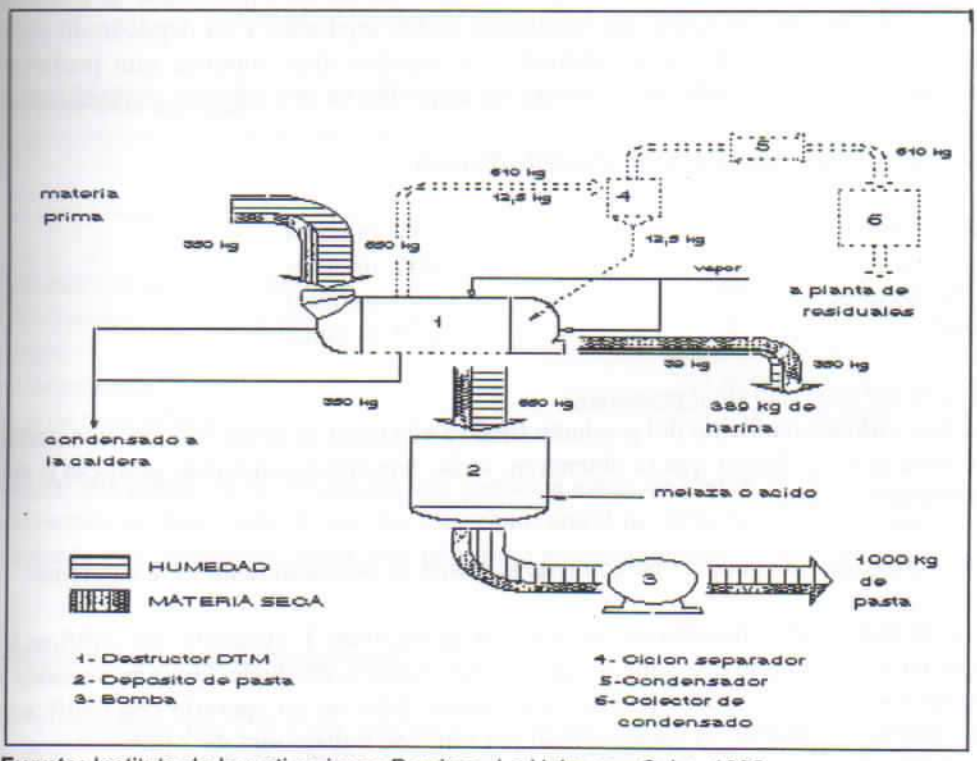
El procesamiento de los residuos consiste en someter los residuos sólidos orgánicos a un proceso térmico en el reactor termo-mecánico (DTM). El procesamiento y esterilización de los residuos se puede efectuar a 121° C con una permanencia de 15 minutos cuando se trata de desperdicios de restaurantes o agroindustriales.

Los residuos sólidos orgánicos se recibirán en recipientes de 50-75 lts. transportados en camiones. A través de una rampa de acceso, los camiones situarán los recipientes en una plataforma de trabajo, donde se ubica la tolva de carga del reactor RTM-1500. La ubicación de los recipientes en la plataforma de trabajo se ejecuta manualmente así como la carga del reactor. Para esto la planta dispondrá de dos operarios. Según se vacían, los recipientes se trasladan al área de higienización (ubicada en la misma plataforma de trabajo), donde existirá un dispositivo de limpieza. Por último los recipientes se almacenarán en la misma área de limpieza. Los pisos de la plataforma del camión y la de trabajo poseerán canalizaciones adecuadas para conducir los residuales de la limpieza a la red principal de drenaje.

Los materiales indeseables quedan retenidos dentro del destructor debido a su diseño especial y son evacuados posteriormente por el registro de limpieza. Una limpieza de los digestores al final del turno de trabajo es suficiente.

Figura N°7

Esquema tecnológico de la planta



Fuente: Instituto de Investigaciones Porcinas, La Habana – Cuba, 1992.

En relación con la tecnología empleada, el combustible que se utiliza para la operación del DTM es gas LP, mientras que los demás equipos operan con electricidad, por lo que en la construcción de la planta no se requiere la instalación de equipos de control de emisiones atmosféricas. Debido a las características de operación de la planta y al tipo de materiales que se manejan se debe contemplar la instalación de un sistema de filtrado para el control de emisión de olores. Lo anterior es una adaptación para zonas urbanas, ya que, a diferencia de los equipos instalados en Cuba, éstos funcionan principalmente en la zonas rurales, por lo que el control de olores no ha sido una preocupación.

Respecto a las aguas residuales generadas, éstas se componen de aguas resultantes del desarrollo del proceso y aguas de la limpieza de los contenedores, equipos y de las instalaciones de la planta en general, por lo que no presentan características que requieran su tratamiento previo y por lo tanto se depositarán directamente a la red de drenaje local sin tratamiento.

Para la operación de la planta se requiere de un suministro de vapor estable, que pudiera ser de una fuente existente o de lo contrario hay que comprar una caldera de 440 kg de vapor por hora a 10 Bar. de presión (con una reducción a 5-7 Bar). La planta será cerrada con paredes, de esta manera se facilitó la desodoración; esto no creará inconvenientes con el calor ya que el destructor (reactor) y las tuberías de vapor y de condensado se deberán aislar térmicamente.

2. Producción de harina

La capacidad diaria de producción de harina es de 500-600 kg, lo que equivale 2,000 kg de residuos de pescado. La planta de procesamiento puede producir 5 toneladas de pasta o 500-600 kg de harina en un turno de 8-10 horas, pero no ambas cosas a la vez. En virtud de que se van a producir alimentos secos, será necesaria una instalación para extracción y tratamiento de los vapores que se generan durante el proceso de secado, por lo que habrá que instalar un ciclón separador y un depósito de condensado. El ciclón separador y el depósito de condensado son equipos muy simples que preferentemente se fabricarán. Sin embargo, el condensador deberá ser adquirido en una empresa especializada.

Los tiempos de proceso para la producción de harina son:

Llenado del destructor	10 minutos
Proceso térmico	240 minutos
Descarga del digestor	20 minutos
Tiempo total	270 minutos

3. Disposición del producto final procesado

La disposición y almacenamiento del producto final se efectuará de acuerdo a sus características. En el caso de las harinas sin peletizar que se obtendrán, serán depositadas en bolsas plásticas o de papel para su manejo y conservación.

La mano de obra requerida para la operación de la planta de procesamiento es la siguiente:

En el Área de Recepción (plataforma de trabajo) se requiere 1 ayudante sin calificación técnica, mientras que en el Área de Procesamiento (destructor, caldera, producto final) se necesita 1 operador de caldera, de reactor RTM-1500 y jefe de turno, quien debe ser un operario con calificación técnica media. Con base en lo anterior, el personal total por turno de trabajo será de 2 trabajadores.

Costos de una planta de producción de pasta proteica con empleo del DTM

El cuadro siguiente muestra los costos de una planta de producción de pasta proteica mediante tecnología DTM.

Cuadro N°7

Indicador	Costo de Producción USD/año	Componente del costo de producción USD/t de pasta
Amortización de la inversión	23,484	16.77
Mano de obra	1,828	1.31
Mantenimiento técnico	8,000	5.71
Consumo de combustible	4,853	3.47
Gasto de electricidad	3,906	2.79
Costo financiero	8,124	5.80

Indicador	Costo de Producción USD/año	Componente del costo de producción USD/t de pasta
Seguro del camión	700	0.50
Seguro social	2,524	1.82
Impuesto sobre el valor agregado	17,304	12.36
TOTAL	**70,743**	**50.53**

Valor de producción de una planta: 1,400 X 175 = 245,000 USD/año
Costo de producción de una planta: 1,400X50.53=70,742USD/año
Ganancia neta: 245,000-70,742=174,258USD/año
Plazo de recuperación: 234,840/174,258=1.34 USD/años
Ritmo anual de recuperación: 174,258 / 234,840 = 74%.

En conclusión, una planta de DTM reporta una ganancia anual de USD$ 174,258 y permite recuperar el dinero invertido en poco más de un año a un ritmo anual de 74%, lo que constituye una inversión económicamente muy atractiva y sobre todo porque es ambientalmente sostenible.

e. Descripción del proceso de fermentación

En algunas ciudades de ALC se viene probando un nuevo método de tratamiento de residuos sólidos orgánicos para alimentación de cerdos basado en la fermentación controlada de los mismos. Este método aún no ha sido validado del todo, pero ofrece una gran posibilidad para su aplicación en la Región por el bajo costo que supone y por la ventaja respecto al tratamiento térmico que, además de ser costoso tiene como inconveniente que en la mayoría de los casos y por problemas de manejo no logra la misma temperatura en toda la masa del residuo, quedando muchas veces parte del alimento sin el debido cocimiento, y sin asegurarse la destrucción de microorganismos patógenos.

Es propósito de esta guía dar a conocer un nuevo método de alimentación de cerdos con residuos sólidos orgánicos domiciliarios (RSOD), que no implique riesgos para la salud pública, animal, o ambiental y que resulte viable económicamente.

En Montevideo (Uruguay), en la Facultad de Veterinaria se realizó un estudio tipo experimental controlado. El período que abarcó el estudio fueron los meses de setiembre y octubre del año 1995. Los residuos utilizados provinieron del clasificado (separación de residuos) realizado con habitantes de los asentamientos irregulares de la zona de la Cuenca del arroyo Casavalle (ciudad de Montevideo).

Para el acopio de los RSOD se utilizaron recipientes de material plástico de 200 litros donde los colocaron junto con melaza de caña de azúcar (carbohidrato de fácil digestión que actuaría como acelerador del proceso).

Este material fue sometido a un proceso de fermentación controlado, analizándose distintas variables físicas, químicas y biológicas (formación de gas, pH, temperatura, recuento de determinados microorganismos y sobrevivencia de larva de parásitos).

El pH descendió hasta valores de 4,32 y hubo desaparición de los Coliformes totales y Escherichia coli y desvitalización de larvas de triquina (Trichinella spiralis).

La conservación del producto en las condiciones de la experiencia y su acopio no presentaría inconvenientes dentro de los 45 días de comenzado el proceso.

Si bien se obtuvieron algunos datos preliminares, ya que la investigación está en desarrollo, los investigadores han podido concluir que el tratamiento aplicado es viable para la utilización de los RSOD en la alimentación de cerdos.

Queda planteado el estudio de otras variables y de indicadores productivos de la piara (consumo, ganancia diaria de peso e índice de conversión), así como el seguimiento hasta frigorífico una vez que el cerdo alimentado con este producto es sacrificado.

BIODIGESTIÓN ANAERÓBICA

2.2.4 Biodigestión anaeróbica

2.2.4.1. ¿Qué es la biodigestión anaeróbica?

Es el producto de la degradación, mediante bacterias Metánogenicas en recipientes sin oxígeno.

¿Cuáles son las etapas más importantes de este proceso?

Las etapas más importantes son:

1. La hidrólisis: Los sus componentes complejos de las materias primas que se utilizan, como celulosa, proteínas, lípidos y otros, son hidrolizados en compuestos solubles como azúcares, aminoácidos y grasas por la acción de enzimas extracelulares de las bacterias.

2. La acidogénesis: Los compuestos solubles son fermentados en ácidos grasos volátiles (ácido acético, propiónico y butírico) alcoholes, hidrógeno y CO2. Esta etapa se conoce como fermentativa.

3. La acetanogénesis: Ocurre cuando las bacterias acetogénicas oxidan el ácido propiónico y butírico hasta ácido acético e hidrógeno que son substratos metanogénicos.

4. La producción de gas metano

2.2.4.2. ¿ Cuáles son sus ventajas?

Ayuda a reducir la presencia de insectos (moscas y mosquitos) en lugares donde se crían animales. Gracias a la producción de biogás, no es necesario la utilización de otros combustibles como la leña, el kerosene u otros derivados del petróleo para cocinar los alimentos, permitiendo de esta manera un ahorro de dinero a muchas familias.

El efluente que se genera producto de la biodigestión anaeróbica puede ser usado como fertilizante orgánico, reduciendo de esta manera la utilización de fertilizantes químicos. También permite ahorro de dinero a los productores y evita la contaminación del suelo y de la atmósfera por la reducción de compuestos químicos. El mismo líquido puede ser empleado para la alimentación de peces y la producción de plantas acuáticas.

2.2.4.3. El biogás

El biogás, producto de biodigestión anaeróbica, se obtiene de la fermentación del estiércol y restos vegetales que realizan las bacterias en el biodigestor. El biogás está compuesto del 53 al 70% de metano (similar al propano comercial), de 25 a 45 % de dióxido de carbono y pequeñas trazas de nitrógeno, oxígeno, sulfuro de hidrógeno y otros. Su poder calórico es de aproximadamente 5 400,00 Kilocalorías por metro cúbico, 06 k/w/h por metro cúbico.

2.2.4.4. ¿Qué es el biodigestor?

Es un recipiente donde se lleva a cabo la fermentación de materia orgánica para producir biogás.

¿En qué consiste?

El biodigestor consiste en un receptor de excrementos frescos (boñiga), una pila de fermentación, una cubierta y almacén para el gas, una salida del gas y un desagüe para limpieza. Por lo general la pila de fermentación se construye en el suelo y en un lugar que permita el fácil llenado y la limpieza. El biodigestor debe quedar tapado o sellado completamente para aprovechar el gas producido. El gas es extraído por la parte superior del biodigestor y transportado a la casa a través de una tubería.

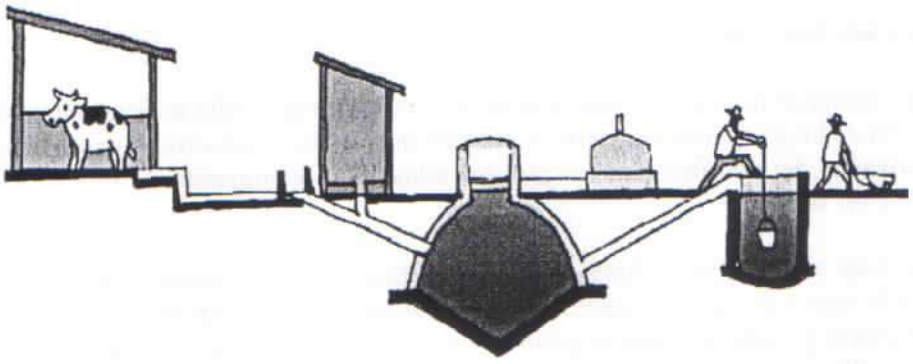
Modelos de biodigestor

Existen dos diseños adecuados al medio rural o urbano rural:

1. El modelo Chino

Es de tipo circular, pequeño y achatado. El biodigestor de 10 m^3 de capacidad produce biogás en una cantidad que permite atender las necesidades de iluminación y cocción de alimentos para una familia de seis miembros. El costo del biodigestor disminuye considerablemente, si es construido por el propio interesado. Su vida útil es de 20 a 30 años y requiere de un mantenimiento mínimo, aunque periódico.

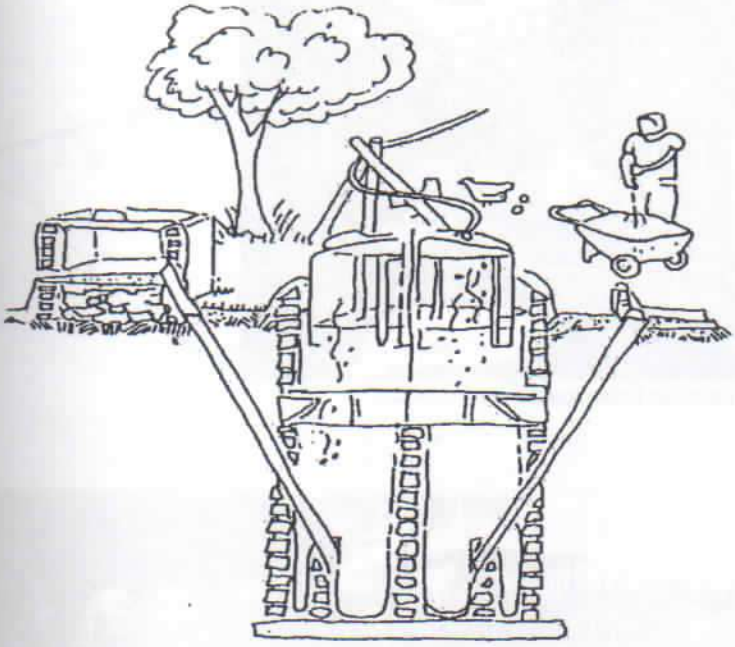
Figura N°8



2. El modelo Hindú

El digestor consiste en una cámara cilíndrica que está unida a los ductos de entrada y de salida y al tanque de gas. El techo de esta cámara, es el tanque de almacenamiento de gas, constituido por un tambor, con su base inferior destapada hacia abajo, el cual se suspende sobre la cámara de fermentación por medio de guías, poleas y contrapesos. Esta campana tiene una salida en su tapa superior, donde se coloca el tubo de salida de gas. Los ductos de entrada y salida son tubos cilíndricos ubicados en lugares opuestos. El tubo de entrada se halla a un nivel más alto que el tubo de salida, para permitir una diferencia hidrostática que asegure el flujo del material.

Figura N°9



2.2.4.5. Descripción del proceso de construcción de un biodigestor familiar de bajo costo

Figura N°10

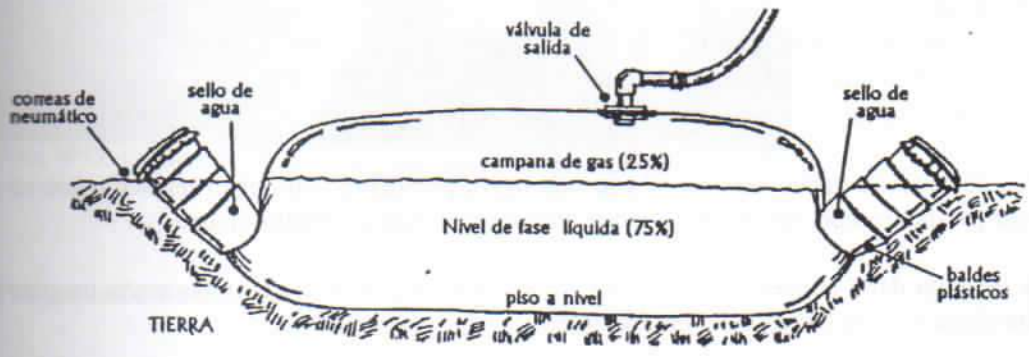


Foto N°11: Biodigestor. Instituto de Investigaciones Porcinas. La Habana-Cuba, 1992

Pasos a seguir

1. Preparación de la zanja

La zanja se hace con el biodigestor, sobre todo la bolsa que es muy delicada. Debe estar ubicada cerca de las instalaciones donde están los animales, de una fuente de agua y del lugar donde se utilizará el biogás.

Para un biodigestor de 13 metros la fosa deberá tener las siguientes medidas:

- 1 metro de ancho interior
- 1 metro 20 cm. De ancho superior
- 1 metro de profundidad
- 13 metros de longitud

Las paredes de la zanja deben ser lisas y con una ligera pendiente. No deben tener piedras ni raíces salientes que puedan romper las bolsas y deben quedar sin riesgo de desmoronarse.

El piso de la zanja debe también ser liso y no debe tener ningún desnivel. Ocupamos un piso plano para que funcione el sello de agua del biodigestor.

En los extremos de la zanja debemos excavar otras dos zanjas inclinadas en 45 grados hasta el fondo. Estas deben tener el mismo ancho de los baldes o de los tubos de cemento que se van a utilizar.

La tierra que sacamos, la ponemos a los lados de la zanja para proteger el biodigestor del paso de animales y personas, evitando que puedan caer y romper la bolsa del biodigestor.

Figura N°11

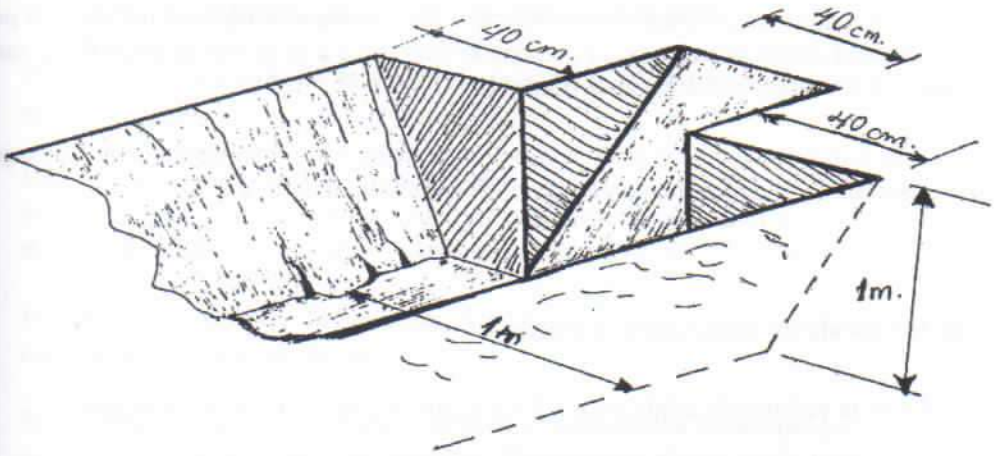


Foto N°12: Excavación de la zanja para instalación del Biodigestor. Huachipa, Perú

2. Preparación de la bolsa

- Cuando ya se tiene todos los materiales, entonces se prepara la bolsa. Para realizar esta labor se necesita tres personas.
- El trabajador debe despojarse de los zapatos, aretes, anillos, pulseras, faja y todo aquello que pueda romper la bolsa.
- Se extiende el plástico tubular de 34 metros sobre un piso liso, seco, firme y sin piedras que puedan romperlo. Se aconseja hacer esto en un espacio grande, puede ser en un salón comunal, la iglesia, la escuela o una cancha deportiva.

- Luego se dobla el plástico a la mitad y se corta, quedando dos bolsas tubulares de 17 metros cada una.

- Una vez cortada, se introduce un plástico dentro del otro. Dos personas sostienen un plástico por los extremos y lo sacuden mientras una tercera persona se introduce con el otro plástico hasta salir por el otro extremo. Al final se obtendrá una bolsa doble.

- Por ultimo se dobla la bolsa doble y se la guarda en un lugar seguro hasta su instalación. Lo mejor es envolverla en una manta y guardarla en un armario hasta el momento de usarla.

3. Colocación de la válvula de salida para el biogás

Ahora se procede a colocar la válvula de salida para el biogás que se producirá en el biodigestor.

- Se desenrolla por un lado unos 5 metros de la bolsa. Esto se lo hace cerca de la zanja y en el extremo más cercano al lugar donde se utilizará el biogás. Se debe tener cuidado de proteger la bolsa de cualquier cosa que pueda romperla.

Las bolsas deben coincidir una encima de la otra en sus dos quiebres, hasta formar una sola bolsa doble.

- Sobre el quiebre superior de la bolsa doble, a 3 metros del extremo más cercano al sitio donde se va a usar el biogás, se hace un corte circular un poco más pequeño que las roscas del adaptador macho de PVC. Se recomienda hacer el corte a la bolsa de una sola vez.

- Se introduce la arandela rígida en la rosca del adaptador macho y después de la arandela, con un empaque de neumático con un corte circular de 1 pulgada en el medio, para que quede ajustado.

Foto Nº13: Colocación de la válvula de salida. Huachipa, Perú

- Se introduce el adaptador macho en la bolsa doble con su arandela y su empaque. Se pasa la rosca del macho por el agujero de la bolsa, de adentro hacia fuera..

- Por la rosca que sale de la bolsa, se introduce el otro empaque de neumático y luego la otra arandela rígida.

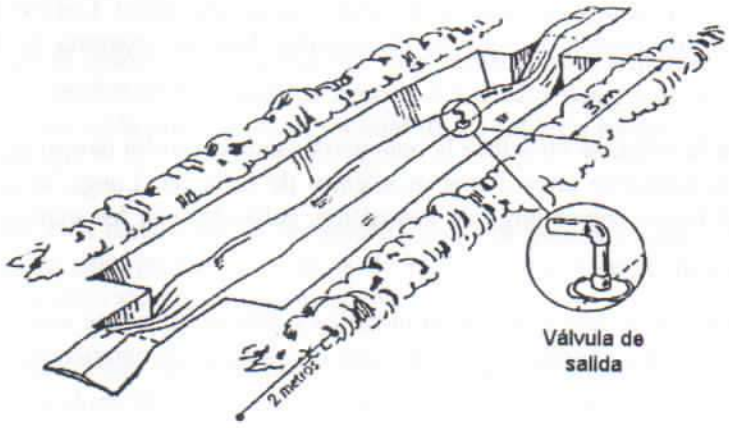
- Una vez listo esto, se pega el adaptador hembra con el tubo de PVC que tiene una pulgada de diámetro y 10 centímetros de largo. Al otro extremo del tubo se pega el codo de una pulgada y después del codo se pega otro pedazo de tubo de PVC de 10 centímetros de largo.

- Por último, se enrosca fuertemente el adaptador hembra con el adaptador macho, con lo que se tiene armada la válvula de salida.

- Se cierra un extremo de la bolsa y se pasa a través de los baldes unidos en forma de tubo (o sí es el caso, a través de los tubos de cemento). Después del último balde debe sobrar un mínimo de 50 a 70 cm. de plástico, el cual vamos a amarrar con una correa larga de neumático.

- Luego hacemos lo mismo en el otro extremo de la bolsa, pero no la amarramos al final.

Figura N°12

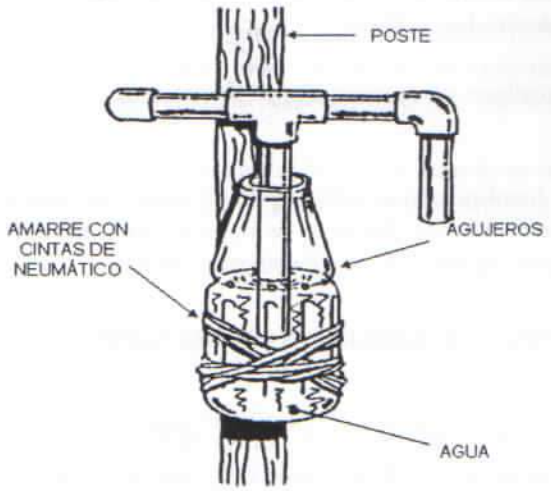


Colocación de la válvula de seguridad

Para armar la válvula de seguridad, la operación es fácil sí entendemos el funcionamiento de la válvula y para qué sirve cada cosa.

La válvula de seguridad se coloca entre el biodigestor y la casa. Su función es formar un sello de agua para que el exceso de biogás pueda salir. Así se evita que las bolas del biodigestor estallen por efecto de la presión interna.

Figura N°13



4. Llenar con humo y agua la bolsa

Este paso es muy importante, pues permite revisar el biodigestor antes de ponerlo a funcionar. Cualquier fuga o problema que se detecte podrá solucionarlo.

Una vez armado el biodigestor éste: tiene dos válvulas: la de salida y la de seguridad. Los extremos de la bolsa doble pasan a través de los baldes o tubos de alcantarilla. Hay un extremo de la bolsa amarrado y otro sin amarrar.

- Por el extremo sin amarrar de la bolsa, se introduce la manguera usada de jardín dentro de la bolsa interna. La manguera debe introducirse unos 2 metros adentro de la bolsa. Luego se amarra la manguera a la bolsa con una faja o correa larga de neumático, sellando bien los extremos de la bolsa.

- El extremo libre de la manguera se acopla a la tubería metálica y ésta se introduce en el escape o mufla de un vehículo o motor. Luego, se sella la conexión con tiras anchas de neumático, cuidando también que no haya fugas.

- Una vez que está bien sellada la conexión, se enciende el motor del vehículo hasta inflamar completamente la bolsa con el humo. Es importante que se enfríe la tubería metálica echándole agua constantemente ya que si no podría derretirse la manguera.

- Cuando la bolsa está inflamada y sin arrugas, la válvula de seguridad debe empezar a burbujear, indicando así que la bolsa ha sido llenada a su máxima capacidad.

Foto N°14: Sellado de la conexión. Huachipa, Perú

- Se desamarra la manguera de jardín del tubo del escape o mufla y se conecta la misma manguera a una llave de agua para llenar con agua la bolsa interna como se hizo con el humo.

- Cuando alcanza el nivel de los baldes, entonces se cierra el paso del agua. Se ha formado ya el sello del agua, el cual evita que el gas se escape por las aberturas de los extremos.

- Por último, se abre los dos extremos de la bolsa y se los enrolla hacia fuera de los baldes, asegurándolos luego con fajas o correas de neumático.

- Se elige el extremo del biodigestor más cercano a los animales y por allí se echa diariamente 2 baldes y medio de excrementos frescos, mezclados con 10 baldes iguales de agua (los baldes son de 20 litros cada uno. Es decir, un total de 12 baldes y medio de la mezcla, para un biodigestor de 13 metros).

- Se hace esta mezcla en un recipiente cilíndrico grande y luego, se echa al biodigestor. Eso será suficiente para producir 16 horas de llama al día. Con el biogás se puede cocinar, y adaptar lámparas para alumbrarse por la noche.

- El proceso desde que entra la mezcla por un extremo, hasta que sale por el otro extremo convertida en abono, dura 50 días después de haber echado la primera mezcla en el biodigestor. Una vez que el gas comienza a producirse, el proceso es continuo y no hay que esperar más. Todos los días dispondremos de 16 horas de gas y de muy buen abono para nuestros cultivos.

- Para que el residuo o abono orgánico salga con más facilidad, se recomienda hacer una zanja en declive dirigida hacia otra zanja de recolección.

- También se recomienda hacer un techo sobre el biodigestor para proteger la bolsa de la lluvia, el viento, el sol y de los pájaros que puedan picotearla. Es un techo sencillo, de paja o de hojas de palma.

- El gas se lleva hasta el sitio requerido en tubería de PVC de 1 pulgada. Para hornillas o cocinas de gas, se cambia a tubería metálica de no menos de ½ pulgada. En la conexión entre tubo de PVC y tubería metálica, se instalan llaves de paso de balín.

2.2.4.5. Materiales a utilizar en la alimentación del biodigestor

Para alimentar el biodigestor se puede utilizar la boñiga de bovinos, cabras, cerdos u otros animales.La literatura consultada (Simposio Centroamericano-1980) indica que la utilización de la boñiga de cerdo en los biodigestores produce más gas si se compara con otros materiales.

2.2.4.6. ¿Cómo aprovechar el gas producido en el biodigestor?

El gas producido a partir de los residuos de animales o boñiga, puede tener una variedad muy grande de usos. Por lo general, el agricultor lo utiliza para cocinar. También puede ser utilizado en las refrigeradoras de llama o para calentar un horno pequeño.

2.2.4.8. ¿Cuánto cuesta implementar un biodigestor de estas características?

En el cuadro siguiente se muestra el costo de los materiales necesarios para la construcción de un biodigestor, incluyendo la mano de obra requerida.

Cuadro N°8

Materiales	Cantidad	Costo (US$)
Plástico tubular	34 metros	20.00
Baldes plásticos de 15 litros	8	22.00
Adaptador macho de PVC.	1	1.50
Manguera plástica.	4 metros	9.00
Adaptador hembra de PVC	1	1.50
Codos de PVC de 90 grados	2	3.00
Tubería de presión PVC	1 metro	2.00
Tapón liso de PVC	1	1.50
Arandelas rígidas de plástico o acrílico	2	1.00
Envase plástico de 3 litros de capacidad	1	0.50
Neumáticos usados de auto.	3	3.00
Tubería metálica galvanizada de ½ pulg.	50 centímetros	5.00
Pegamento	250 ml.	3.00

Materiales	Cantidad	Costo (US$)
Esponjilla de hierro	1	0.50
Cocina	1	50.00
Mano de obra	35 horas	80.00
TOTAL		**203.5**

Fuente: Adaptado de BOTERO, 1997

Todos los materiales que entran en contacto con el biogás deben ser de plástico (polietileno, PVC, caucho o acrílico) pues el gas es corrosivo y daña los materiales metálicos. (BOTERO/PRESTON, 1997).

Es posible reducir algunos costos de materiales, si es que se dispone de algunos materiales de reuso, siempre y cuando éstos se encuentren en buen estado de conservación.

Conclusiones y recomendaciones

6 Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Esta guía está dirigida a técnicos de municipios y a funcionarios municipales, y sirve como herramienta de información a Alcaldes, funcionarios y público en general, sobre las posibilidades de implementar proyectos relacionados al reaprovechamiento de residuos orgánicos.

- Las técnicas presentadas para el aprovechamiento de residuos orgánicos son: el compostaje, la lombricultura, el tratamiento térmico para la alimentación de animales y la biodigestión anaeróbica (obtención de biogás y fertilizante líquido).

- La guía no incluye el reciclaje de plásticos ni de papel, a pesar de tener origen orgánico debido a su mayor complejidad en el proceso y porque requieren una mayor inversión.

- En cuanto al proceso de compostaje se ha presentado sólo el método llamado Bangalore-Indore porque es el más usado, de más fácil implementación y que ha dado mejores resultados en América Latina.

- La lombricultura se presenta también como una alternativa viable a ser empleada sobre todo en la agricultura, ya que mejora el rendimiento de las cosechas y evita que se siga haciendo uso indiscriminado de fertilizantes químicos que a la larga degradan los suelos.

- El tratamiento térmico de los residuos de alimentos es considerado como una alternativa sanitaria de aprovechamiento de residuos orgánicos. Existe el tratamiento térmico simple que consiste en someter a temperaturas de 100 °C durante 15 a 20 minutos los residuos antes de ser destinados como alimento a los animales especialmente a los cerdos. El tratamiento termomecánico haciendo uso del DTM es una técnica más efectiva, segura y rentable y se pueden obtener productos de diferente consistencia.

- El método de biodigestión anaeróbica que presenta la guía es una técnica sencilla y de muy bajo costo a través de la cual se obtiene biogás (principalmente metano) para ser usado como combustible, sobre todo en aquellas zonas urbano-rurales donde existe ganadería de tipo familiar o comunitaria; además de ello produce como subproducto un fertilizante líquido conocido como "biol" que puede ser utilizado en la agricultura.

Recomendaciones

- De todas las alternativas presentadas en la guía, las que pueden ser implementadas por los Municipios en el corto plazo por su sencillez y bajo costo son: el compostaje, la lombricultura, el tratamiento térmico simple y la biodigestión anaeróbica. Sin embargo se recomienda la asistencia de un profesional responsable para la obtención de mejores resultados.

- Con relación a todos las formas de tratamiento, se recomienda la recolección selectiva o diferenciada de residuos en la fuente de generación para obtener mejores resultados y menores posibilidades de contaminación de los residuos orgánicos.

- Para el caso de la alimentación de cerdos con residuos de alimentos tratados se recomienda que en la granja se construya además un biodigestor, a fin de aprovechar también los residuos del ganado porcino para que esta actividad pueda resultar mucho más eficiente y económicamente rentable.

- Mientras no exista un relleno sanitario que garantice la disposición final adecuada de residuos sólidos, se recomienda aprovechar los residuos orgánicos para disminuir la cantidad de basura de la ciudad; ya que como se sabe casi el 50 a 60% de los residuos de las ciudades de la Región son de origen orgánico.

Referencias Bibliográficas

Referencias Bibliográficas

ARROYO F. *Manual de composteo*, marzo del 2001.

TIM HAUG, *Roger. Compost engineering - principles and practice; Pennsylvania; Technomic Publishing Co.* Inc.; 1980.

GOTAAS, Harold B. *Composting; Sanitary Disposal and Reclamation of Organic Wastes. Geneva; World Health Organization*; 1956.

GARCÍA-PÉREZ, R. La lombriz de tierra: Una herramienta útil en la agricultura orgánica. Universidad Autónoma de Chapingo. Mexico.

SATRIANA, M. J. *Large scale composting. Park Ridge; Noyes; Data Corporation*; 1974.

NADINE, D. The organic waste flow in integrated sustainable waste management, Tools for decision makers. WASTE, Gouda, Holanda. 2001.

OACA. *Manual de tecnología apropiada para el manejo de residuos sólidos*. Lima, OACA,1992.

DIRECTORIO DE CENTROS DE PRODUCCIÓN – UNMSM. *Proyecto de planta de reciclaje de desechos biodegradables mediante la técnica de lombricultura en la ciudad universitaria de la UNMSM.* Lima, UNMSM, 1998.

DE CAMPOS LINDENBERG, Roberto. *Manual de instrucción: aspectos técnicos del servicio de aseo - compostificación. Brasil; Programa Regional OPS/ EHP/CEPIS*; 1982.

CANTANHEDE A., MONGE G., WHARWOOD G. *Proyecto de investigación compostificación de residuos de mercados*. Informe final **OPS/ESMLL/CEPIS.** Lima, 1993.

FUREDY, CHRISTINE; *Reducing health risks of urban organic solid waste use. revista urban agriculture Magazine,* marzo 2001.pag.23-25

CRIANZA DE CERDOS

ANCHIERI, D.; LOZANO, A.; CASTRO, G.; RODRÍGUEZ, D.; VITALE, E.; LOZANO, W. y KRULL, C. *Estudio experimental sobre el tratamiento de los residuos orgánicos destinados a la alimentación de suinos y su efecto sobre la viabilidad de formas juveniles de Trichinella spiralis.* Taller Internacional de Trichinelosis en Humanos y Animales. Buenos Aires (Argentina), 8 al 10 de octubre. 1999.

RODRÍGUEZ, D.; CASTRO, G.; LOZANO, A.; TOMMASINO, H.; VITALE, E. y MOREIRA, R. *Tratamiento de residuos sólidos domiciliarios para la alimentación de cerdos a fin de evitar posibles zoonosis.* 1er. Congreso Latinoamericano de Enfermedades Emergentes. Buenos Aires (Argentina), 14 al 17 de abril. 1998

SANTANDREU A., CASTRO G., RONCA F. *Crianza de cerdos urbanos en asentamientos irregulares en Uruguay. Montevideo*, 1999.

KATRIEN VAN'T HOOFT; *The control of cysticercosis in rural and urban areas. Revista urban agriculture Magazine, octubre* 2001.pag.33-35.

PIKE, E.B.; MORRIS, D.L.; CARRINGTON, E.G. *Inactivation of ova of the parasites taenia saginata and ascaris suum during heated anaerobic digestion. Water Pollution Control;* 1983; 82(4):501-509.

DOMÍNGUEZ, P. *Desperdicios Procesados y Subproductos Agroindustriales y de Pesca en la Alimentación Porcina en Cuba.* Centro de Investigaciones Porcinas, La Habana, Cuba. 1992

PINEDA A.; DEL RÍO, J.; CHAO, R.; PÉREZ A. A. y MARTÍNEZ V. *Tecnología para la Obtención de Pasta Proteica a partir de Animales Muertos, Desperdicios de Mataderos y Subproductos de la Pesca.* Instituto de Investigaciones Porcinas, La Habana, Cuba. 1994

BIODIGESTIÓN

MONROY O., VINIEGRA G. *Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos*. AGT Editor, S. A., México, 1990.

BOTERO R., AGUILAR F., PRESTON T. *El biodigestor, tecnología sencilla y amigable con el ambiente, al alcance de todos.*Costa Rica – EARTH.

VERASTEGUI J., MATEO M. *Producción de biogás a partir de desechos orgánicos Parte I: Planta piloto a escala familiar.*INTINTEC, Lima, 1979.

SCHIERE H., TEGEGNE A., VAN VAENHUIZEN R. *Livestock in and around cities.* URBAN AGRICULTURE MAGAZINE. Canadá, 2000.

Propiedades de los residuos sólidos

TCHOBANOGLOUS G., THEISEN H., VIGIL S. *Gestión integral de residuos sólidos*. Vol. I, MC GRAW – HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, 1994.

OACA. *Manual de tecnología apropiada para el manejo de residuos sólidos*. Lima, OACA, 1992.

TREJO R. *Procesamiento de la basura urbana*. Editorial Trillas, S. A. de C. V. México, 1994.

Asociação Brasileira de Engenharia Sanitária. *CPA da COMLURB prepara trabalho para IX Congresso da Abes. Engenharia Sanitária* 1977; 16(2):232-233. *Presentado en: Congreso Brasileiro de Engenharia Sanitaria, 9, Belo Horizonte,* 3-7 jul. 1977.

79 **Gestión participativa de Ríos Urbanos en Ciudades de América Latina: Experiencias y Reflexiones,** IPES, PGU, Prefeitura Municipal de Belém do Pará, CEARA PERIFERIA, 2000, 116p.

81 **Las tres Manuelas "Casa necia que te volviste abrazo". Programa de ahorro y micro crédito popular.** Henriette Hurtado y Saya Saulière. CIUDAD, Municipio Metropolitano de Quito, Centro las Tres Manuelas, PGU, 2001, 90p.

82 **Los medios de comunicación y la gestión del ambiente urbano: roles y perspectivas en América Latina y El Caribe.** Prefeitura Municipal de Porto Alegre, PGU, IPES, Nucleo de Ecojornalismo de Rio Grande do Sul, 2000, 63p.

83 **PROVE - Programas de Verticalização da Pequena Produção Familiar, Brasilia – Brasil.** João Luiz Homem de Carvalho. APROVE, PGU, IDRC, IPES. 2001, 60p.

84 **Urban Agriculture in Cities of the 21st Century –innovative approaches by local governments from Latin America and the Caribbean-.** UMP, IDRC, IPES, FAO, Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. 2001, 220p.

85 **Sistema de gestión Participativa Municipio del Distrito Metropolitano de Quito.** Augusto Barrera. CIUDAD, 2001, 93p.

86 **Diagnósticos Participativos de Agricultura Urbana: -lineamientos metodológicos y conceptuales-.** Marielle Dubbeling y Alain Santandreu. PGU, CIID, IPES, CLAES. 2001, 80p.

87 **Promoviendo Servicios para Mujeres Empresarias: concurso sub-regional Andino.** Intercambio; IPES. 2001, 81p.

89 **Inclusiveness in Governance: Caribbean Considerations and Experiences.** Edited by Bishnu Ragoonath, UMP, 2001, 80p.

90 **La política de desarrollo local: Innovación institucional, participación y actores locales en dos cantones indígenas del Ecuador.** Franklin Ramírez Gallegos. CIUDAD, FORHUM, PGU, 2001, 85p.

91 **Ecuador: conflictos sociales en el año 2000.** Mario Unda. CIUDAD, FORHUM, PGU, 2001, 175p.

92 **Citizen Governance: Dimensions of Citizen Participation in Contemporary Latin American Municipalities.** Rafael Quintero. VNG, IULA, NOVIB, PGU, 2001, 123p.

93 **Instrumentos de Democratização e Gestão Urbana.** Fórum Nacional de Reforma Urbana – Brasil, PGU, 2001, 83p.

94 **Relatorias del I Encuentro Internacional Presupuesto Participativo.** Municipalidad Distrital de Villa El Salvador-Lima, Perú, DESCO, PGU, 2 ed., 2003, 109p.

95 **Brincando e Cantando Crianças e Jovens Constroem a Gestão Participativa de Icapuí.** Prefeitura Municipal de Icapuí, Agora XXI, PGU, 2001, 100p.

96 **Programa de Mejoramiento Barrial Integral Romero Rubio. Delegación Venustiano Carranza. México D.F.** Bárbara Scholz, Janeth López, Ignacio Gallo, Margarita González, Georgina Sandoval, Antje Struve. FEDEVIVIENDA, CASA Y CIUDAD, PGU, 2002, 45p.

97 **Gestión integrada y sostenible de residuos sólidos en ciudades de América Latina y El Caribe.** Libio Villar, Anne Risseeuw, Rosalino Da Silva, Víctor García, Cecilia Castro, Nicolau Obladen,Gunther Merzthal. IPES, PGU, 2002, 85p.

98 **Gestão municipal e governabilidade participativa. Oito consultas urbanas em municípios brasileiros. Discussão e reflexão a partir das práticas e dos aprendizados dos atores locais.** Patrick Bodart, Eliana Costa Guerra, PGU, 2002, 120P.

99 **Promoting Participatory Governance for Urban Poverty Elimination in The Caribbean.** Bishnu Ragoonath, edit. PGU, 2002, 78p.

100 **Intermediación urbana: ciudades de América Latina en su entorno.** Jean-Claude Bolay, Yves Cabannes, Andrea Carrión, Adriana Rabinovich, EPFL, PGU, 2003, 110p.

101 **Memorias del IX Seminario Internacional "Derecho y Espacio Urbano".** Bethania Alfonsin, Edesio Fernandes comp., PGU, 2003, 259 p.

102 **Mitos y realidades del desarrollo urbano en América Latina y desafíos futuros para las ONGs.,** Eliane Faerstein, Carlos Buthet. comp, SEHAS, ALOP, NOVIB PGU, 151p.

103 **Relatoría Audiencia Pública y Forum Internacional "Derecho a la Vivienda en el Perú".** Carlos Escalante, comp. CENCA, PGU, 2003, 66p.

104 **Guía práctica N°1. Para la realización de estudios de generación y caracterización de residuos sólidos domiciliarios en ciudades.** IPES, PGU, 2003, 58p.

105 **Gobernabilidad Participativa para el mejoramiento barrial en Mesa de los Hornos Tlalpan, México D.F.** Milagros Cabrera, Norma Islas, Josef Shulte-Sasse, COPEVI, PGU, 2003, 71p.

106 **Propiedad y crédito. La formalización de la propiedad en el Perú.** Julio Calderón, LILP, PGU, 2003, 46p.

107 **La democracia impertinente: Comités vecinales en una cultura estatal.** Sergio Zermeño, Gustavo Galicia, Saúl Gutiérrez, Luis Ernesto López, COPEVI, PGU, 2003, 67p.

109 **Democracia participativa em Rio Claro - Brasil.** Romualdo Dias, PGU, 2003, 98p.

110 **Guía Práctica N°2. Para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos.** IPES, PGU, 2003, 59p.

Una considerable producción sobre temas relacionados con la gestión urbana se genera de un modo permanente en todos los países de América Latina y El Caribe. Documentos relacionados con la sistematización de experiencias, estudios y ponencias presentadas en seminarios y eventos, innovadores cuerpos legales o normativos, suelen poseer una circulación que no rebasa la esfera física de lo local y la esfera temporal de lo coyuntural, a pesar del interés e incluso la trascendencia que pueden tener para quienes, en otros ámbitos y en otros contextos, se hallan vinculados a la temática específica que tratan estos documentos.

Recuperar esos componentes de la "literatura gris" y contribuir a su difusión es la tarea que se ha impuesto la Coordinación Regional para América Latina y El Caribe del Programa de Gestión Urbana, en el marco de su estrategia de Gestión del Conocimiento y de la Información. Para ello, pone en circulación la Serie "Cuadernos de Trabajo del PGU", en la cual, se incluyen textos producidos por el PGU, bien sea de manera directa o en asocio con otros organismos e instituciones.

También se incorporan en la serie textos de otros autores, siempre y cuando se trate de materiales de interés regional, que provean contribuciones interesantes para la comprensión de los fenómenos urbanos y, muy especialmente, que sean herramientas útiles para el mejoramiento de la gestión de las ciudades.

Guía Práctica N°2. Para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos.
Intenta constituirse en una herramienta básica que contribuya a mejorar la gestión de los residuos a través del aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos.

Se ha creído conveniente dar un panorama general de la situación de los residuos orgánicos en ALC, así como su clasificación y propiedades biológicas, como elementos indispensables para su aprovechamiento.

Para ello, se dan a conocer las técnicas empleadas con éxito en la Región, entre las que se destacan: el compostaje, la lombricultura, el tratamiento de residuos orgánicos para la alimentación de animales, así como el proceso de biodigestión.

IPES, Promoción del Desarrollo Sostenible fundado en 1984, tiene como propósito la promoción del desarrollo sostenible y sustentable, buscando beneficiar a los sectores menos favorecidos de la sociedad.
IPES apuesta por el desarrollo sostenible; en este sentido promueve la puesta en marcha de proyectos rentables (económica, social y ambientalmente) y con garantía de calidad y permanencia.
Para la selección de las poblaciones objetivo, IPES considera las capacidades de éstas para involucrarse activamente en su propio desarrollo, buscando su participación activa y protagónica.
El quehacer de IPES está caracterizado por el desarrollo de proyectos de carácter modular. Por ello, propone su réplica, tomando como base alternativas y modelos probados. Sin embargo, también se propone la exploración de modelos nuevos, recogiendo experiencias existentes y desarrollando modelos exploratorios para validarlos y difundirlos.
IPES trabaja con hombres y mujeres por igual, pero abre mayores oportunidades a las mujeres que, por razones de exclusión o disminución, no son atendidas en la mayoría de proyectos y programas de desarrollo.

IPES
INSTITUTO de PROMOCION del DESARROLLO SOSTENIBLE

U N
D P

UN-HABITAT
Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos

Programa de Gestión Urbana
Coordinación Regional para América Latina y El Caribe

García Moreno 751, entre Sucre y Bolivar
P.O. Box: 17-01-2505, Quito - Ecuador
Telefax: (593 2) 2583 961 / 2282 361 / 2282 364
Email: pgu@pgu-ecu.org
www.pgualc.org