



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

TEMARIO

CURSO TALLER DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

ELABORACIÓN DE COMPOSTA

Duración: Noviembre 13-18, 2000

Objetivo: *Dotar a los interesados en el tema, de las herramientas teórico-prácticas requeridas para la correcta implementación y control de procesos de para la elaboración de composta, mediante el uso de residuos sólidos como materia prima.*

Introducción

Presentación, Objetivo, Definiciones (Qué es la Composta?), Antecedentes y Generalidades

Tema 1 Composición y Características de los Residuos Sólidos

Composición de los Residuos Sólidos Municipales

Composición de los Residuos Orgánicos

Peso y Volumen Característicos

Tema 2 Marco Legal Nacional e Internacional

Tema 3 Alternativas para Tratar y Aprovechar la Fracción Orgánica de los Residuos Municipales

Producción de Composta

Insumos para Producción de Alimentos Balanceados

Alimentación Directa de Animales

Producción de Combustible

Incineración

Pirolisis

Tema 4 Principios de la Producción de Composta

Oxigenación y Contenido de Humedad (Ejercicio: problema para resolver)

Tamaño de partícula y Área Superficial

Relación Carbon/Nitrógeno (Ejercicio: problema para resolver)

Temperatura de proceso (Ejercicio: interpretación gráfica)

pH

Microbiología de la composta (Experiencia de cátedra: vista al microscopio de microorganismos)

Maduración y Estabilidad de la Composta

Tema 5 Estudios Preliminares

Cantidad y Composición de los Residuos



FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M. DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

Caracterización Fisicoquímica y Microbiológica de los residuos
Manejo de los Residuos Orgánicos

Tema 6 Métodos para la Producción de Composta

Métodos caseros y en pequeña escala
Métodos Industriales y tecnificados
Selección del Nivel Adecuado de Tecnología

Tema 7 Ubicación y Diseño de Instalaciones para la Producción de Composta

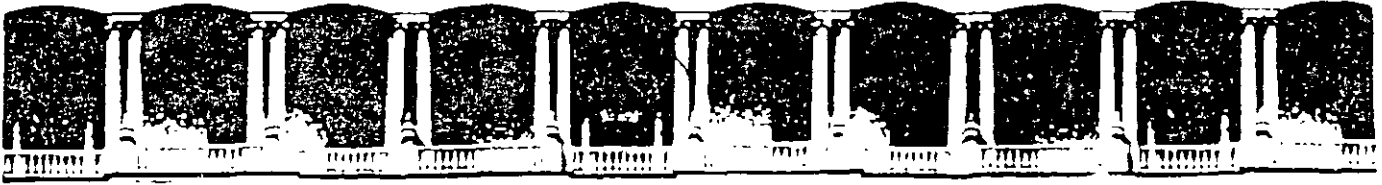
Criterios de localización
Requisitos de espacio
Zona de Amortiguamiento
Caminos de Acceso e Interiores
Circulación interior
Controles de Entrada y Salida de personal y materiales
Suministro de agua
Control de Agua de Lluvia y Percolación
Pendientes y Taludes
Seguridad interna
Proyecciones para la Capacidad del Sitio y Croquis del proceso e instalaciones para la elaboración de Composta (Ejercicio: problema para resolver)
Área de capacitación y divulgación
Área de procesamiento
Área de Almacenamiento y Curado

Tema 8 Aspectos Operativos de la Producción de Composta

Requerimientos de Personal
Consideraciones para el flujo de Materiales (Generación, Recolección, Transporte, Recepción y Almacenamiento)
Preparación de la Materia Prima y Separación por Tipo de Material
Contaminantes
Parámetros de Almacenamiento
Molienda y Superficie específica (Experiencia de campo: molienda)
Tiempos de procesamiento
Control de parámetros
Tamaño de Pila y tiempos de volteo
Cribado de material
Control de Emisiones
Fauna Nociva
Prevención y control de incendios
Seguridad e higiene laboral

Tema 9 Consideraciones sobre el Producto

Productos del Composteo
Tamizado o enriquecimiento con nutrientes vegetales



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA.**

Registros para comercialización
Pruebas de calidad de producto
Técnicas de aplicación

Tema 10 Beneficios del Proceso y de la Composta

Procesamiento de desechos orgánicos especiales en la composta
Usos como mejorador de suelo
Usos en Reforestación
Uso como Material de Cubierta en Rellenos Sanitarios
Uso en Control de Erosión
Biofiltros

Tema 11 Aspectos Comerciales

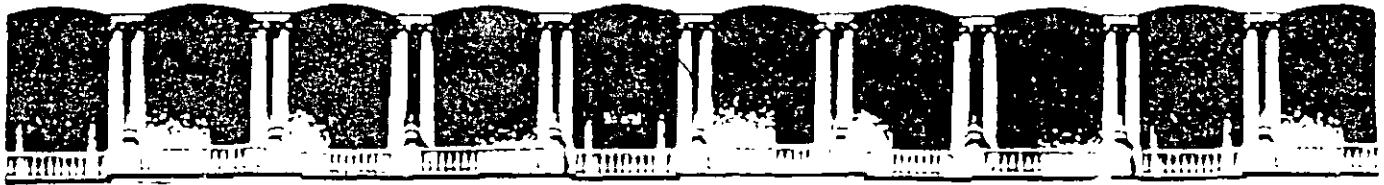
Aseguramiento de la Calidad de la Composta
Pautas para la comercialización
Desarrollo de Mercado para la Composta
Principales Mercados para la Composta
Costos de la Producción de Composta

Tema 12 Vermicomposta

Definición y Campo de aplicación
Antecedentes
Selección del sitio
Diseño
Operación
Aspectos económicos

Tema 13 Experiencias en México

Tratamiento de Lodos de Plantas de Tratamiento de Aguas para Producción de Composta
Procesamiento de Residuos de Poda
Procesamiento de Residuos de la Industria Alimenticia
Procesamiento de cadáveres de animales
Vermicompostaje



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

FECHA: del 13 al 18 de Noviembre

TEMA	INSTRUCTOR
Introducción	Alfonso Chávez V.
Tema 1 Composición y Características de los Residuos Sólidos	Rosa Ma. Espinoza
Tema 2 Marco Legal Nacional e Internacional	José Juan Morales Reyes
Tema 3 Alternativas para Tratar y Aprovechar la Fracción Orgánica de los Residuos Municipales	Victor Flores Valenzuela
Tema 4 Principios de la Producción de Composta	Rosa Ma. Espinoza
Microbiología de la Composta	María Teresa Castañeda Briones
Tema 5 Estudios Preliminares	Heriberto Bárcenas Ramírez
Tema 6 Métodos para la Producción de Composta	Silvie Turpin Marion
Tema 7 Ubicación y Diseño de Instalaciones para la Producción de Composta	Heriberto Bárcenas Ramírez Victor Flores Valenzuela
Tema 8 Aspectos Operativos de la Producción de Composta	Christian González del Carpio
Tema 9 Consideraciones sobre el Producto	Araceli Santos
Tema 10 Beneficios del Proceso y de la Composta	Christian González del Carpio
Tema 11 Aspectos Comerciales	Luis Miguel González
Tema 12 Vermicomposta	José Juan Morales Reyes
Tema 13 Experiencias en México	Christian González Rosa Ma. Sauri

PROGRAMA DEL CURSO ELABORACIÓN DE COMPOSTA

HORARIO	DÍAS					
	13/11/00	14/11/00	15/11/00	16/11/00	17/11/00	18/11/00
9:00 - 10:00	INAUGURACIÓN Y BIENVENIDA	Microbiología de la Composta	Consideraciones sobre el Producto	Ubicación y Diseño de Instalaciones para la Producción de Composta	EXPERIENCIAS EN EL PROCESAMIENTO DE CADÁVERES Y RESIDUOS DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA	VISITA A LA PLANTA DE COMPOSTA DE LA UNAM
	INTRODUCCIÓN					
10:00 - 11:00	COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	RECESO	RECESO	RECESO	RECESO	
	RECESO	Microbiología de la Composta	Beneficios del Proceso y de la Composta	Ubicación y Diseño de Instalaciones para la Producción de Composta	EXPERIENCIAS EN MÉRIDA	
11:00 - 12:00	Marco Legal Nacional e Internacional		Aspectos Comerciales			
12:00 - 13:00						
13:00 - 14:00	COMIDA					
14:00 - 15:00						
15:00 - 16:00	Estudios Preliminares	Alternativas para Tratar y Aprovechar la Fracción Orgánica de los Residuos	Aspectos Operativos de la Producción de Composta	Vermicomposta	VISITA A PLANTA DE COMPOSTA DEL GOBIERNO DEL D.F.	
16:00 - 17:00	Principios de la Producción de Composta	Métodos para la Producción de Composta	RECESO			
			RECESO			
17:00 - 18:00	RECESO	RECESO	Aspectos Operativos de la Producción de Composta	Mesa Redonda		
18:00 - 19:00	Principios de la Producción de Composta	Métodos para la Producción de Composta				



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

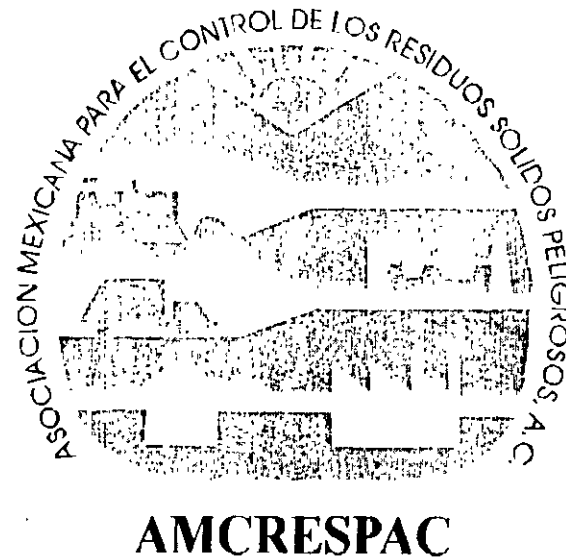
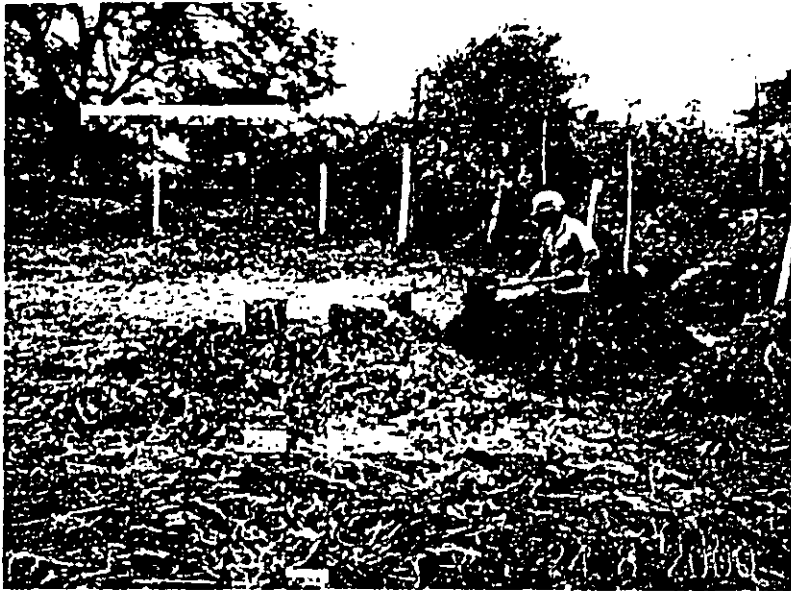
COMPOSTAJE

TEMA

INTRODUCCION

**EXPOSITOR: ING. JOSE JUAN MORALES REYES
PALACIO DE MINERIA
NOVIEMBRE DEL 2000**

ELABORACIÓN DE COMPOSTA



INTRODUCCIÓN

JOSÉ JUAN MORALES REYES



QUE ES LA COMPOSTA?

- * Es materia orgánica, convertida por microorganismos en una sustancia granular parecida al humus (descomposición controlada), cuyos nutrientes se encuentran estabilizados y con numerosas posibilidades de beneficio en la agricultura y ramas afines, siendo ambientalmente segura para utilizarse sobre suelos en contacto con todo tipo de seres vivos.



RAZONES PARA ELABORAR COMPOSTA

- * Materiales orgánicos inapropiados para uso directo (olores, semillas de maleza, microorganismos patógenos).
- * Se reducen las cantidades de residuos a disponer.
- * Se produce un material útil para la agricultura, ya que mejora:
 - La aereación del suelo
 - El drenaje del suelo
 - Capacidad de retención de agua
 - Contenido de materia orgánica en el suelo



PASADO Y PRESENTE

- * El composteo ocurre de forma natural desde hace millones de años.
- * Los granjeros, horticultores y jardineros elaboran composta informalmente desde hace varias décadas.
- * El primer registro escrito del composteo aparece en 1925 en la India.
- * Se inicia colocando los residuos en capas sucesivas, dentro de una trinchera.
- * Cada variante en el proceso se bautiza con el nombre de la empresa o persona involucrada con la innovación.
- * Actualmente, 3,500+ plantas en USA.

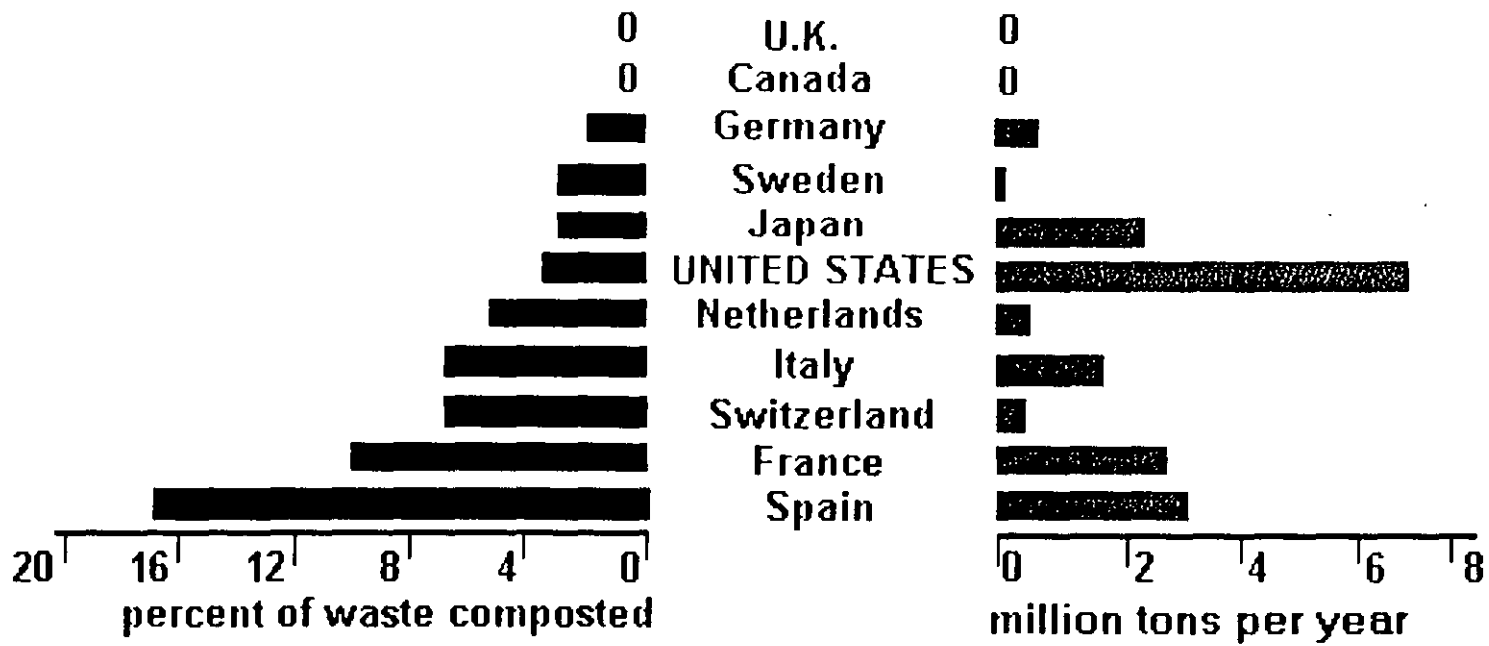


PASADO Y PRESENTE

- * El composteo se está convirtiendo en una rama muy estudiada.
- * El composteo a nivel municipal, frecuentemente requiere maquinaria e ingeniería sofisticadas.



COMPOSTING OF MUNICIPAL WASTE BY MAJOR COUNTRIES



Source: Warner Bulletin, February, 1995



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

ESTADOS

UNIDOS

DE

AMERICA

PLANTAS DE COMPOSTA

GOLFO DE MEXICO

OCEANO

PACIFICO

BELICE

GUATEMALA

PLANTAS TECNIFICADAS

PLANTAS DE BAJA TECNOLOGÍA





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

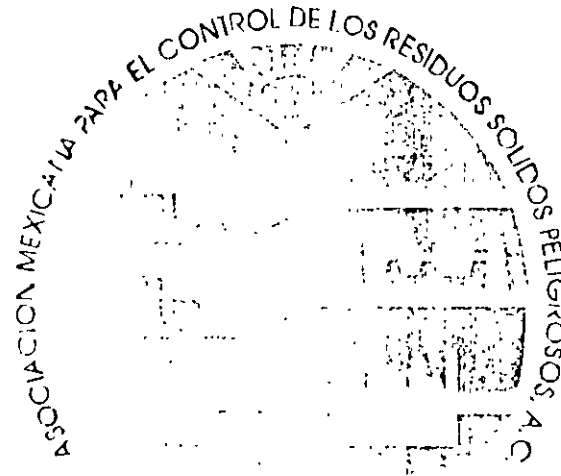
COMPOSTAJE

TEMA

MARCO LEGAL NACIONAL E INTERNACIONAL

**EXPOSITOR: ING. JOSE JUAN MORALES REYES
PALACIO DE MINERIA
NOVIEMBRE DEL 2000**

ELABORACIÓN DE COMPOSTA



AMCRESPAC

MARCO LEGAL NACIONAL E INTERNACIONAL

JOSÉ JUAN MORALES REYES



INTERNACIONAL

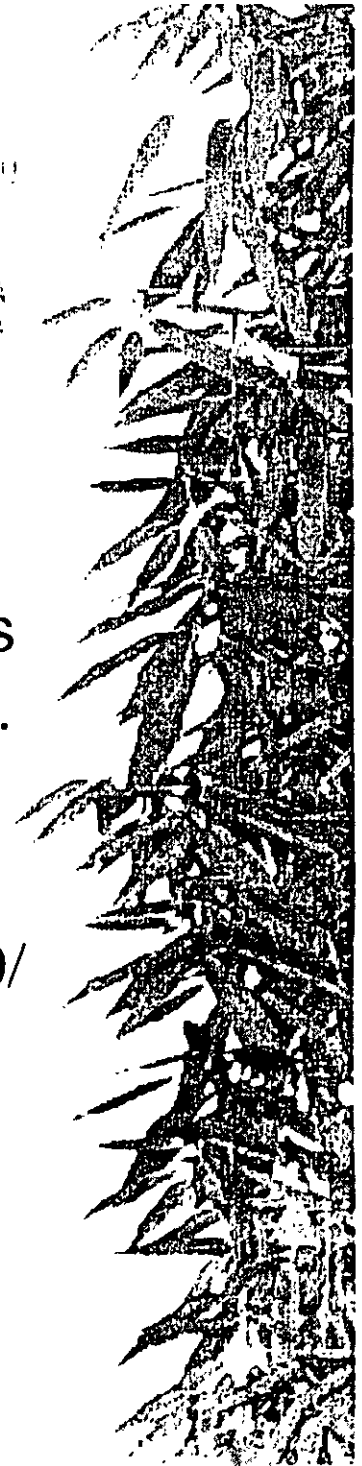
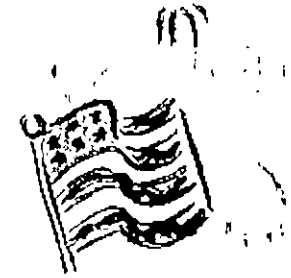
U.S.A.

El organismo encargado de legislar lo relacionado con la protección del ambiente, es la USEPA.

Todo lo referente a manejo de residuos se encuentra en el Título 40 del Código Federal de Regulaciones.

- * Los aspectos relacionados con la composta están en las partes 247, 257 y 503.

- * <http://www.epa.gov/epacfr40/>



INTERNACIONAL

U.S.A. (CONTINUACIÓN...)

- * Los Estados deben establecer sus propios estatutos para cumplir estándares iguales o superiores a los de la legislación federal.
- * Los organismos estatales o que utilicen fondos del estado tienen la obligación de adquirir productos o materiales reciclados (incluye composta).
- * Todas las agencias estatales deben adquirir composta, cuando esté disponible, no cueste más que otros productos similares y cumpla con los estándares estatales aplicables.



INTERNACIONAL

U.S.A. (CONTINUACIÓN...)

- * Casi todos los estados establecen sus propios criterios para la producción y uso de composta hecha de residuos sólidos o hecha de lodos de tratamiento de aguas.
- * Así mismo, establecen sus propios criterios para la clasificación de los diferentes tipos de composta, según la materia prima, la madurez del producto y el contenido de diferentes materiales (materia orgánica, tamaño partícula, materiales extraños, metales pesados).



INTERNACIONAL

U.S.A. (CONTINUACIÓN...)

- * Sólo a tres tipos de composta se les permite distribución sin restricciones.
- * Cinco tipos de composta, están restringidos para su distribución al público.
- * Únicamente un tipo de composta puede utilizarse en parque (donde se espera que el público tenga contacto con el suelo).
- * Hay un tipo que sólo se utiliza en Rellenos Sanitarios o sitios restringidos al público.



Y, YM, A, B, C, D, E



INTERNACIONAL N

FRANCIA

- * Está Legislado desde 1972 en el Código de Comuna, mediante el diversos decretos.
- * Se legisla la explotación de las instalaciones de composteo.
- * Incluye; ejecución del servicio, establecimiento y revisión de precios, uso de las instalaciones, aspecto físico y calidad química y biológica de la composta, uso de la composta, control antiparasitario para uso agrícola, comercialización y homologación.



INTERNACIONAL



AUSTRIA

- * Se legisla el tratamiento de los tipos individuales de residuos (domiciliarios, agrícolas y forestales, recuperables y orgánicos).
- * La promulgación de éstas ordenanzas corre a cargo del Ministerio de Medio Ambiente, Juventud y Familia.

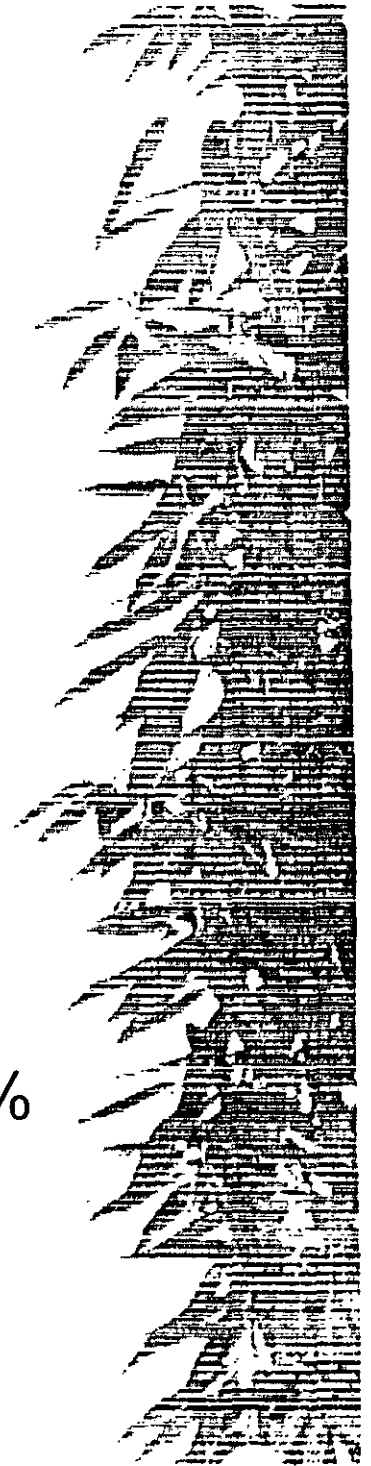


INTERNACIONAL

AUSTRIA (CONTINUACIÓN...)

* Conforme a la "Ordenanza de Residuos Orgánicos" (promulgada 1º/enero/'95), dichos residuos deben ser separados para su recolección o para llevarlos a centros de acopio.

* Adicionalmente, se reforzó mediante una "Ordenanza de Disposición Final" (1995), que prohíbe la disposición de los residuos con un contenido de carbón orgánico mayor del 5% de su masa.



INTERNACIONAL

AUSTRIA (CONTINUACIÓN...)

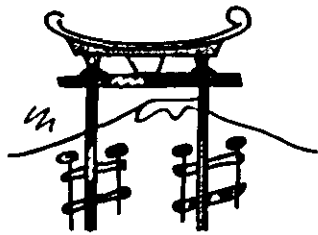
- * Como resultado se realiza recolección separada.
- * Adicionalmente, en muchos hogares se compostean los residuos orgánicos (casi el 30%).
- * También se cuenta con plantas de composta operadas por municipios, empresas privadas y granjeros.
- * Las empresas agrícolas tienen menos requisitos legales para instalar plantas composteadoras.



INTERNACIONAL

JAPÓN

- * El reciclaje de residuos se promueve por el establecimiento de leyes que incorporan medidas concretas para tipos específicos de residuos (empaques, blancos, periódico, vidrio, residuos de construcción)



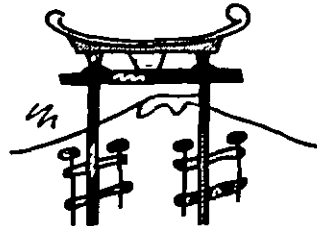
- * Estas leyes se introducen de una en una, considerando; Generación, Factibilidad de Separación y tecnología.
- * Recientemente se determinó que los residuos de alimentos se generan en gran cantidad y no se han aprovechado.



INTERNACIONAL

JAPÓN (CONTINUACIÓN...)

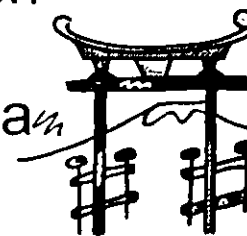
- * Los residuos de alimentos son materia orgánica que se descompone fácilmente y genera olores.
- * Bajo estas circunstancias, el Congreso Japonés estableció en Junio del 2000 la ***“Ley para el Reciclaje de Residuos Alimenticios”***.
- * La ley pretende reducir la cantidad que se dispone, mediante la prevención y reducción de la generación y promover su reciclaje en establecimientos comerciales de producción, distribución y venta de alimentos, utilizando sus residuos para la producción de alimentos para animales y fertilizantes.



INTERNACIONAL

JAPÓN (CONTINUACIÓN...)

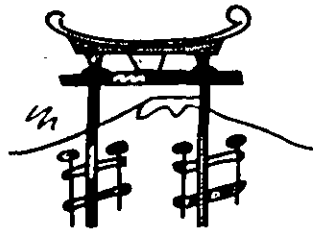
- * En la elaboración y promulgación de la ley, intervienen los ministerios de Agricultura, Bosque y pesca, además del de Medio Ambiente en función de los objetivos y metas de sus planes anuales y del Plan Maestro (Nacional) de Manejo de Residuos.
- * Obligatorio para los establecimientos comerciales relacionados con la industria alimenticia, cumplir con los estándares establecidos por la nueva ley.
- * Si los objetivos y metas no se cumplen, los ministerios pueden obligar a los establecimientos a cumplir.



INTERNACIONAL

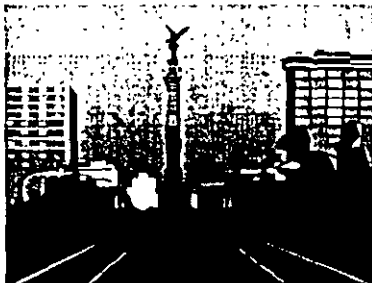
JAPÓN (CONTINUACIÓN...)

- * La ley establece un sistema de registro de establecimientos comerciales que producen fertilizantes y alimentos para animales.
- * Por ser nuevo el reciclaje de residuos alimenticios, se elaboró la correspondiente Política Nacional, para incorporarla en todos los niveles de gobierno.



NACIONAL

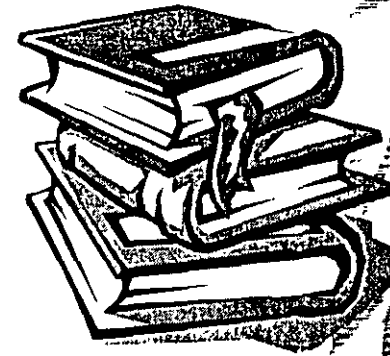
- * La Constitución Política establece el derecho de controlar el desarrollo para proteger los recursos naturales.



- * La LEGEEPA establece que:
 - * Corresponde a los Estados, La regulación de los sistemas de recolección, transporte, almacenamiento, manejo, **tratamiento** y disposición final de los residuos sólidos.
 - * Corresponden a los Municipios, La aplicación de la disposiciones jurídicas relativas a la prevención y control de los efectos sobre el ambiente ocasionados por la generación, transporte, almacenamiento, manejo, **tratamiento** y disposición final de los residuos sólidos.



NACIONAL (...)



- * No hay reglamento Nacional para la Prevención de la contaminación del suelo, ni de residuos no peligrosos.
- * NOM insuficientes (9 NOM para residuos).
- * Algunas NOM obsoletas y otras incumplibles.
- * Legislación estatal en la misma situación que la federal.
- * Reglamentos municipales que no contemplan tratamiento de residuos.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

COMPOSTAJE

TEMA

**COMPOSICION Y CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS
SOLIDOS**

**EXPOSITOR: ROSA MA. ESPINOZA
PALACIO DE MINERIA
NOVIEMBRE DEL 2000**

Composición y características de los residuos sólidos

Residuos Sólidos

Cualquier material sólido generado en los procesos, extracción, beneficio, transformación, consumo, utilización o tratamiento, cuya calidad no permite incluirlo nuevamente en el proceso que lo generó.

Los residuos sólidos municipales son aquellos que provienen de casas habitación, sitios de servicios privados y públicos, demoliciones, construcciones, establecimientos comerciales y de servicios (SEDESOL, 1994).

Clasificación

- **Municipales:** casas-habitación, oficinas, sitios de reunión, instituciones, mercados, comercios, parques, jardines, vías publicas, demoliciones, construcciones y en general todos aquellos generados en actividades municipales que no requieran técnicas especiales para su control.
- **Industriales:** Generados por transformación y producción, no peligrosos, peligrosos y potencialmente peligrosos
- **Especiales:** no incluidos en los municipales é industriales, tales como los residuos de rastros, actividades agrícolas, mineras, etc.

Cuadro 16. Clasificación de los residuos sólidos municipales

Fuente	Origen específico	Tipos de residuos
Domiciliarios	Casas habitación	Clasificación de residuos comunes por sus propiedades físicas:
Institucionales	Escuelas, Institutos y Universidades	
	Museos.	• Materiales inertes
	Iglesias.	Vidrio.
	Oficinas de gobierno.	Plástico.
	Bancos.	Metales.
	Reclusorios.	Lozas y Cerámicas.
Áreas y vías públicas	Calles y avenidas.	Tierras.
	Carreteras federales o estatales.	Cenizas.
	Parques y jardines.	• Materiales fermentables
	Zoológicos, Playas.	Residuos alimenticios.
	Áreas arqueológicas.	Residuos de jardinería.
	Parques nacionales.	Hueso.
Comercial y de servicios.	Balnearios.	Flores (desechos).
	Circos, Cines, Teatros,	• Materiales combustibles
	Estadios, Hipódromos y galgódromos.	Algodón
	Parques deportivos.	Papel.
	Autódromos,	Cartón.
	Velódromos.	Tetrapack y tetrabrik
	Plazas de toros, Frontón.	Textiles naturales.
	Mercados, tianguis y centros de abasto.	Textiles sintéticos.
	Hoteles y moteles.	Pañales desechables.
	Oficinas, Rastros.	Madera.
	Panteones,	Cuero.
	Restaurantes.	Hule.
	Tiendas.	
	Terminales:	
	Marítimas.	
	Terrestres.	
	Aéreas.	
Construcción y demolición		Otros: Cascajo

Composición de los Residuos Sólidos

Composición es el término utilizado para describir los componentes individuales que constituyen el flujo de residuos sólidos y su distribución relativa, usualmente basada en porcentajes de peso. La información sobre la composición de los residuos sólidos es importante para evaluar las necesidades de equipo, la selección del mismo, los sistemas y los programas y planes de gestión.

Composición

La composición típica de los Residuos municipales (NOM- AA-22-1985) incluye los siguientes subproductos:

- | | | |
|--------------------------------|--------------------------|---------------------|
| • Algodón | Hule | Pañal desechable |
| • Cartón | Lata | Plástico |
| • Cuero | Loza y cerámica | Poliuretano |
| • Residuo fino | Madera | Poliestireno |
| • Cartón encerado alimenticios | Material de construcción | Residuos |
| • Fibra vegetal | Material ferroso | Residuos jardinería |
| • Fibra sintética | Material no ferroso | Trapo |
| • Hueso | Papel | Vidrio |

Zona Geográficas

Figura 18

Zonificación según las características de los residuos sólidos municipales



■ Zona frontera (principales localidades ubicadas en una franja de 100 km en la frontera norte)

■ Zona norte

Baja California	Chihuahua
Coahuila	Nayarit
Durango	San Luis Potosí
Nuevo León	Sonora
Sinaloa	Zacatecas
Tamaulipas	Baja California Sur

(no incluye las localidades consideradas en la zona frontera)

■ Zona sur

Campeche	Chiapas
Guerrero	Quintana Roo
Yucatán	Tabasco
Oaxaca	

■ Zona centro

Aguascalientes	Colima
Hidalgo	Jalisco
Michoacán	Morelos
Querétaro	Tlaxcala
Veracruz	DF
Estado de México	Guanajuato
Puebla	

COMPOSICIÓN PORCENTUAL DE RESIDUO MUNICIPAL POR ZONAS

SUBPRODUCTOS	ZONA GEOGRÁFICA									
	FRONTERA		NORTE		SUR		CENTRO		D.F.	
	74/88	91/97	74/88	91/97	74/88	91/97	74/88	91/97	74/88	91/97
Residuos alimenticios	25.22	26.97	37.73	21.27	37.46	38.54	40.26	16.34	44.14	34.66
Residuos de jardín	15.05	16.10	7.34	19.76	6.92	7.11	7.73	26.98	3.97	5.12
Papel	13.83	12.13	9.98	10.60	8.63	13.68	6.77	8.85	12.43	14.58
Cartón	2.96	3.97	4.20	4.37	4.08	1.83	4.43	4.84	3.28	5.36
Metal	0.72	1.41	1.01	2.13	1.29	1.23	2.34	2.10	0.72	1.45
Lata	3.07	2.93	2.42	1.40	2.06	1.70	2.75	2.97	1.59	1.58
Vidrio	8.05	6.65	7.49	6.18	6.88	9.3	8.08	4.32	6.82	10.67
Plástico	5.38	7.69	6.06	8.27	5.19	3.61	6.23	2.95	9.8	10.57
Pañal desechable	4.87	6.55	2.54	8.31	2.74	6.00	3.94	5.72	3.00	3.37
Otros	21.65	15.62	21.23	7.74	24.03	18.01	139.2	24.94	14.25	12.54

FUENTE: Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP. Minimización y Manejo Ambiental de los residuos Sólidos. Diciembre de 1999.

EVOLUCIÓN DE LA COMPOSICIÓN EN SUBPRODUCTOS DE LOS RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES EN EL DISTRITO FEDERAL (% EN PESO) 1984-1992

PRODUCTO	AÑO			
	1984 (1)	1988 (2)	1990 (3)	1992 (4)
Papel, Cartón y Subproductos del Papel (% en peso)	16.51	15.94	17.68	18.75
Vidrio (% en peso)	5.86	6.82	6.95	4.91
Metales (% en peso)	0.97	0.72	0.73	1.72
Pañal desechable (% en peso)	3.00	3.00	3.06	3.76
Residuos alimenticios (% en peso)	51.64	44.14	45.02	40.69
Residuos de jardín (% en peso)	1.09	3.97	4.04	5.83
Plásticos (% en peso)	5.11	5.25	5.35	4.97
Vidrio (% en peso)	5.86	6.82	6.95	4.91
Otros (% en peso)	14.11	19.17	19.54	12.43

FUENTE. (1) Informe sobre el estado del medio ambiente en México SEDUE. 1996

(2) Políticas y estrategias en el manejo de los residuos municipales e industriales en México SEDUE 1988

(3) Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1989-1990.

Comisión Nacional de Ecología. 1992

(4) Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1991-1992 SEDESOL 1993

Factores que afectan la composición

- Situación Geográfica
- Epoca del año
- Nivel socioeconómico

Ejemplo: trabajador sueldo de 1 a 2.2 salarios mínimos:

0.5 Kg./día 350 días

0.8 Kg./día Fiestas tradicionales

1.25 Kg./día Celebraciones familiares

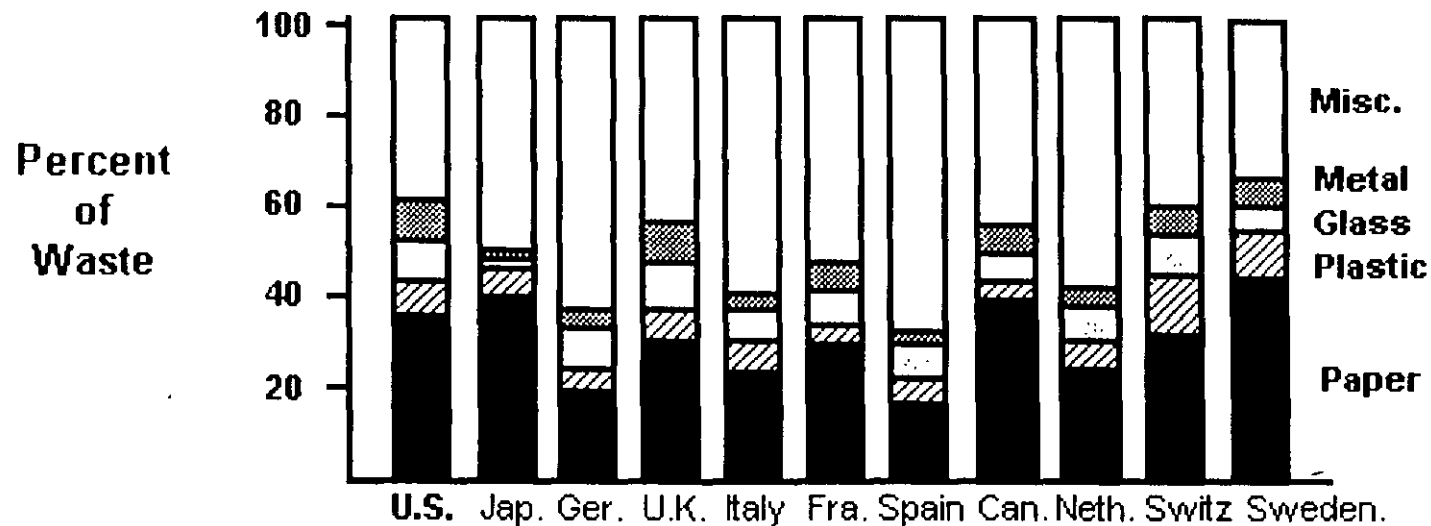
Variación estacional típica observada En los R.S.M (dómesticos)

Residuos	Porcentaje en peso		variación porcentual	
	temporada de invierno	temporada de verano	↓	↑
Comida	11.1	13.5		21.6
Papel	45.2	40	11.5	
Plásticos	9.1	8.2	9.9	
Otros orgánicos	4.0	4.6		15.0
Jardín	18.7	24.0		28.3
Vidrio	3.5	2.5	28.6	
Metales	4.1	3.1	24.4	
Inertes y otros	4.3	4.1	4.7	
Total	100.0	100.0		

Tomado de Tchobanoglous, 1993

COMPOSICION

COMPOSITION OF MUNICIPAL WASTE OF MAJOR COUNTRIES

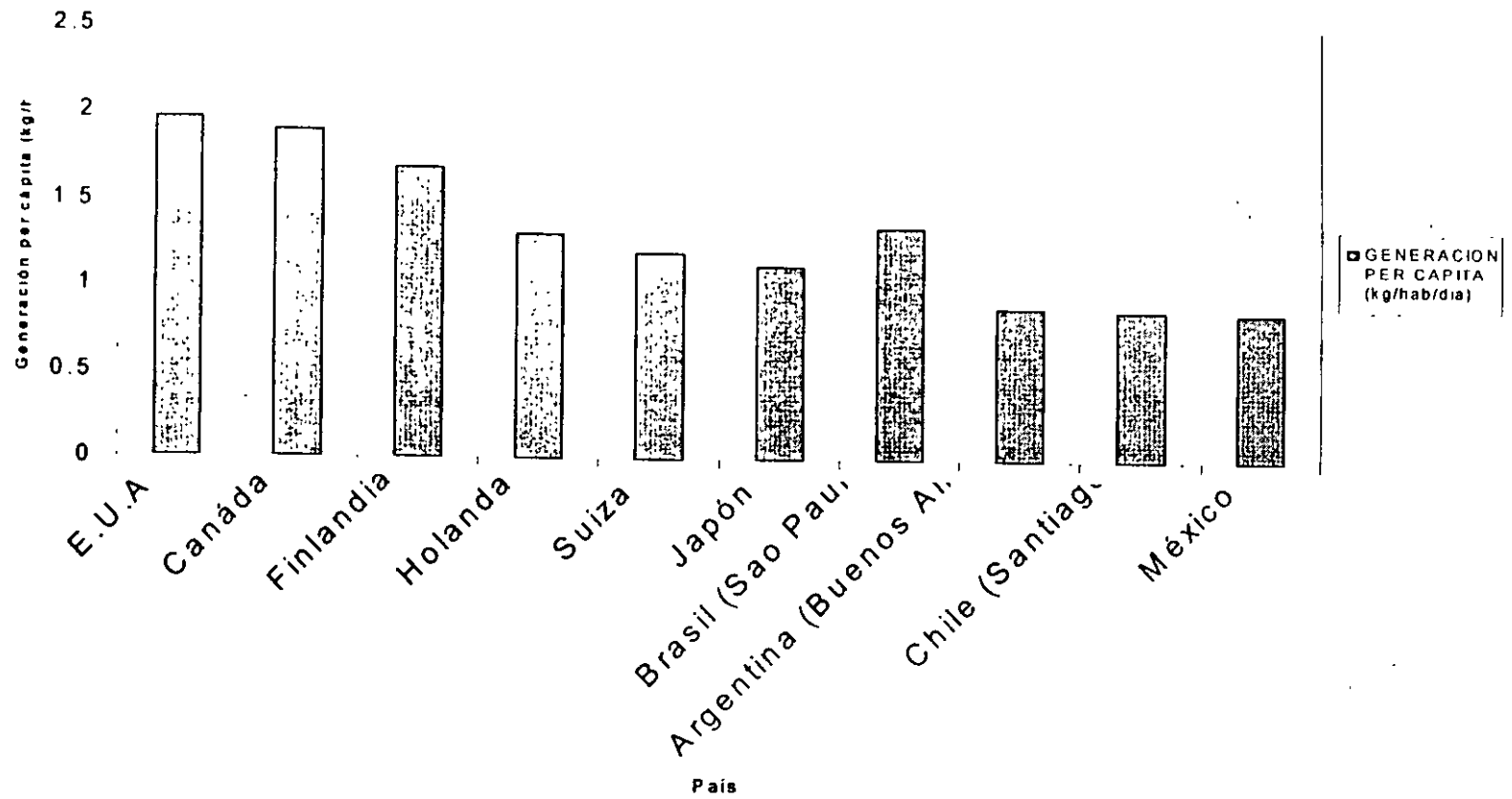


SOURCE: EPA evaluation of OECD data, 1989

Cuadro 1: Generación Unitaria

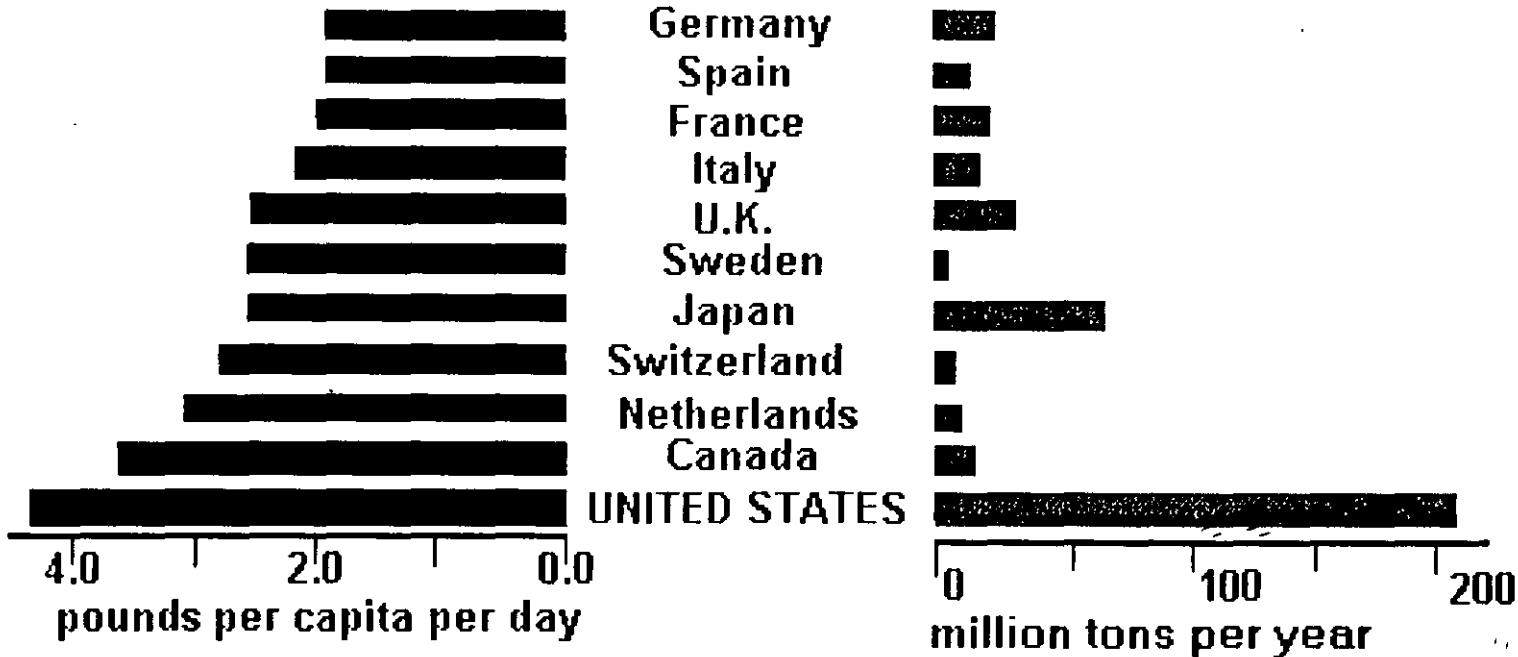
Tipos de Fuente Generadora	Subclasificación	Generación Unitaria de Residuos Sólidos	
Domiciliarios	Unifamiliar, Plurifamiliar	0 616 Kg/Establecimiento/Día	
Comerciales	Establecimientos Comerciales - Tiendas de Autoservicio - Tiendas Departamentales - Locales Comerciales	637 000 Kg/Establecimiento/Día 368.000 Kg/Establecimiento/Día 6 650 Kg/Local/Día	
	Mercados - Carnes - Frutas y Legumbres - Abarrotes - Preparación de Alimentos - Varios - Mercados Sobre Ruedas-Tianguis	4 430 Kg/Local/Día 7 920 Kg/Local/Día 1 025 Kg/Local/Día 14 960 Kg/Local/Día 0 803 Kg/Local/Día 575 800 Kg/Local/Día	
	Servicios	Restaurantes y Bares	25 442 Kg/Establecimiento/Día
		Centros de Espectáculos y Recreación - Centros de Espectáculos - Instalaciones Deportivas - Centros Culturales	1 230 Kg/Establecimiento/Día 2 620 Kg/Establecimiento/Día 0.330 Kg/Establecimiento/Día
		Servicios Públicos - Oficinas de Servicios - Servicios de Reparación y Mantenimiento - Estaciones de Gasolina	3 460 Kg/Establecimiento/Día 1 940 Kg/Establecimiento/Día 53 120 Kg/Establecimiento/Día
		Hoteles - 5 Estrellas - 4 Estrellas - 3 Estrellas	1,016 900 Kg/Establecimiento/Día 218 500 Kg/Establecimiento/Día 16.810 Kg/Establecimiento/Día
Centros Educativos - Preescolar - Primaria - Capacitación para el Trabajo - Secundaria - Técnico - Bachillerato - Superior - Oficinas Públicas		0 040 Kg/Alumno/Día 0 055 Kg/Alumno/Día 0 060 Kg/Alumno/Día 0 065 Kg/Alumno/Día 0 060 Kg/Alumno/Día 0 060 Kg/Alumno/Día 0.070 Kg/Alumno/Día 0 413 Kg/Alumno/Día	
Especiales		Unidades Médicas - 1er. Nivel - 2do Nivel - 3er Nivel - Laboratorios - Veterinarias - Terminales Terrestres - Terminal Aérea - Vialidades - Centros de Readaptación Social	1 279 Kg/Consultorio/Día 4 730 Kg/Cama/Día 5 390 Kg/Cama/Día 6.340 Kg/Laboratorio/Día 1.700 Kg/Empleado/Día 2,103 000 Kg/Central/Día 28,887 000 Kg/Aeropuerto/Día 125 530 Kg/Km/Día 0 540 Kg/Interno/Día
		Otros	- Areas Verdes - Objetos Voluminosos - Materiales de Construcción y Reparaciones Menores

Generación *per cápita*



GENERACION

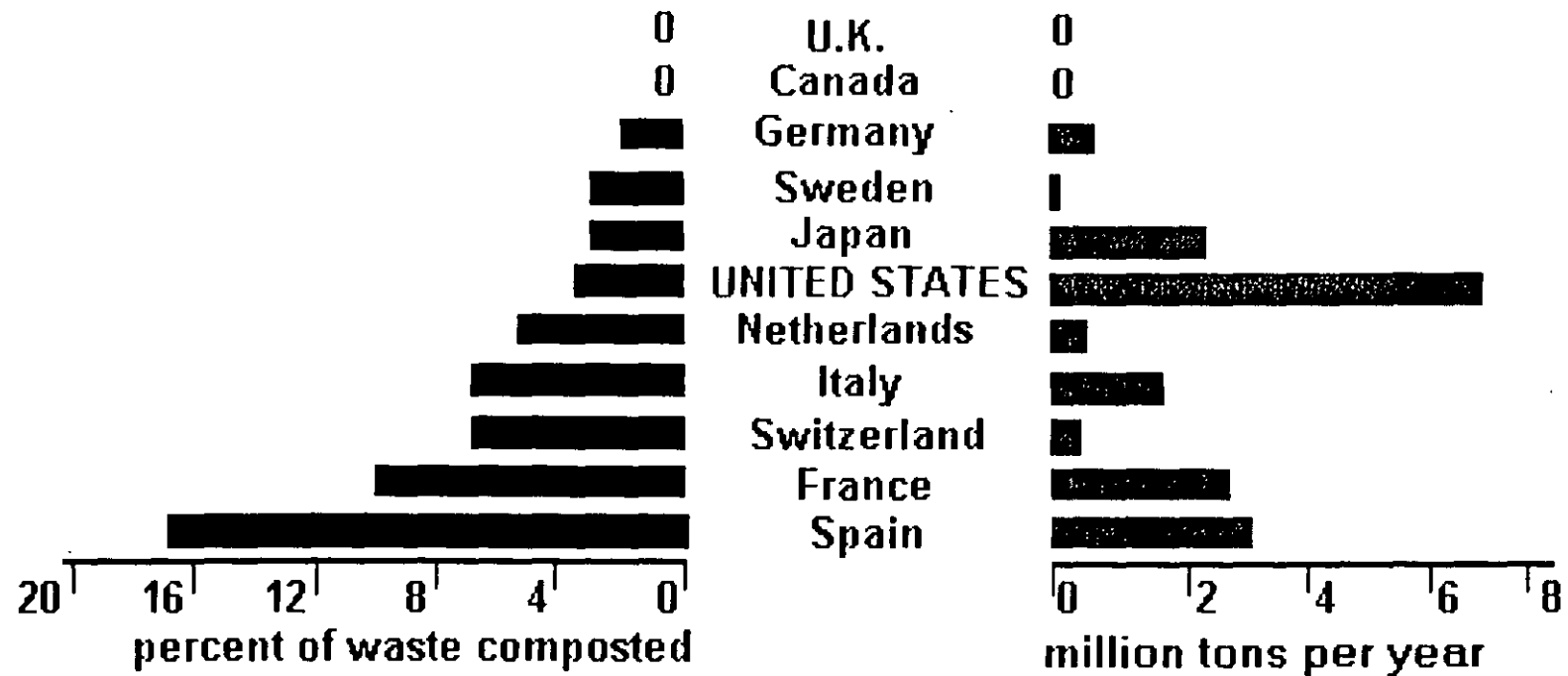
GENERATION OF MUNICIPAL WASTE BY MAJOR COUNTRIES



Source: Warner Bulletin, February, 1995

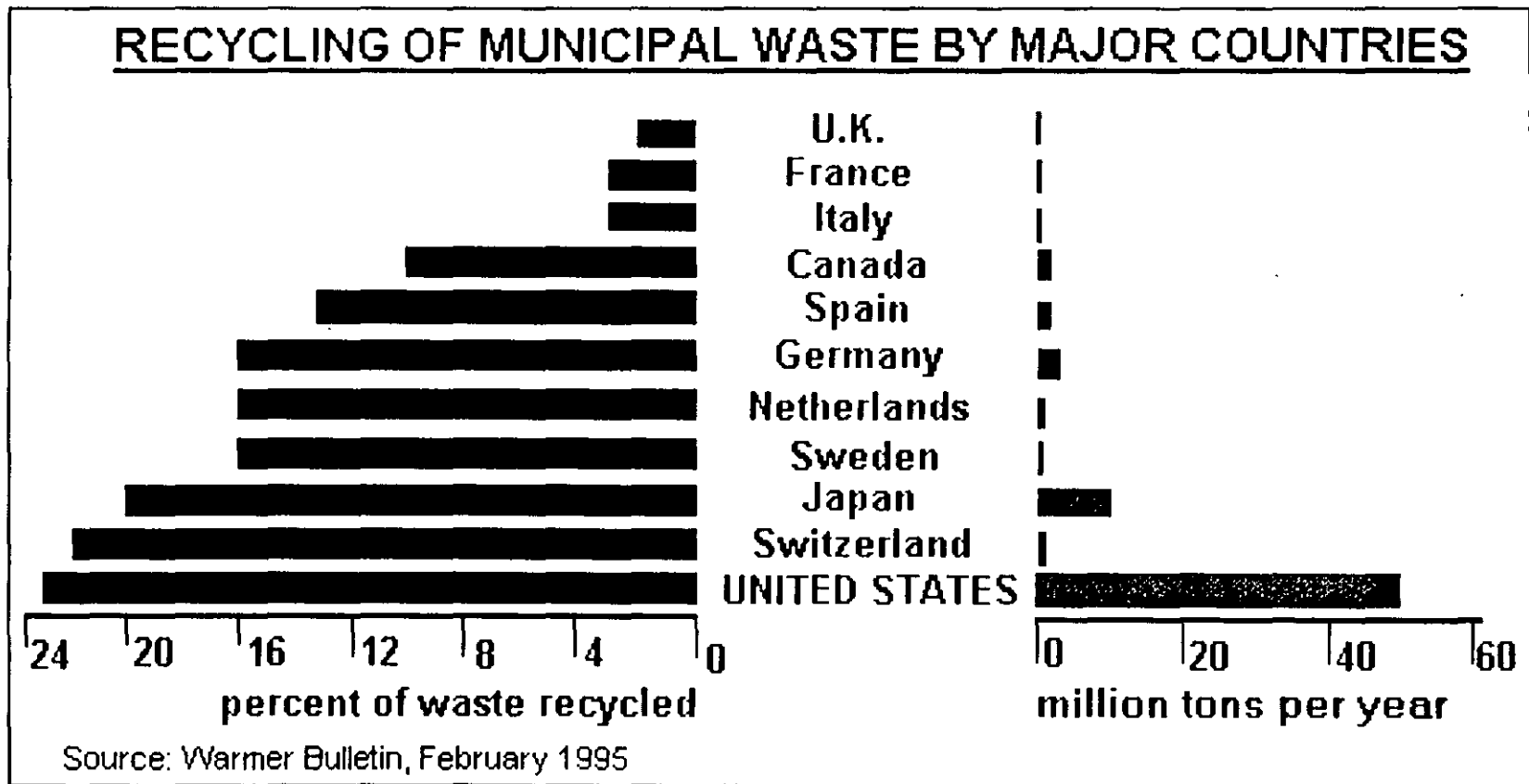
COMPOSTEO

COMPOSTING OF MUNICIPAL WASTE BY MAJOR COUNTRIES



Source: Warner Bulletin, February, 1995

RECICLAJE



Residuos Orgánicos

Residuos orgánicos

- Comida
- Jardinería
- grasas
- frutas
- carne
- agroindustriales
- forestales

Residuos orgánicos

- Comida
- Jardinería
- grasas
- frutas
- carne
- papel, plástico, textiles, goma, cuero y madera
- agroindustriales
- forestales
- animales muertos



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

Mezcla de residuos para conseguir una C/N óptima.

Ejercicio tomado de Tchobanoglous

Mezcla de hojas, C/N 50, con lodos residuales (planta de tratamiento de agua residual) C/N 6.3. Determinar las proporciones de cada componente para lograr una C/N mezclada de 25. Suponer las siguientes condiciones:

- 1) % H de lodos 75
- 2) %H de hojas 50
- 3) %N de lodos 56
- 4) %N de hojas 0.7

Solución

Determinar la composición porcentual para las hojas y los fangos.

a) para 1 kg de hojas

$$\begin{aligned} \text{agua} &= 1 \text{ kg } (0.5) = 0.5 \text{ kg} \\ \text{Materia seca} &= 1 \text{ kg } - 0.5 \text{ kg} = 0.5 \text{ kg} \\ \text{N} &= 0.5 \text{ kg } (0.007) = 0.0035 \text{ kg} \\ \text{C} &= 50 (0.0035 \text{ kg}) = 0.175 \text{ kg} \end{aligned}$$

b) para 1 kg de lodos

$$\begin{aligned} \text{agua} &= 1 \text{ kg } (0.75) = 0.75 \text{ kg} \\ \text{Materia seca} &= 1 \text{ kg } - 0.75 \text{ kg} = 0.25 \text{ kg} \\ \text{N} &= 0.25 \text{ kg } (0.056) = 0.014 \text{ kg} \\ \text{C} &= 6.3(0.014 \text{ kg}) = 0.0882 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Determinar la cantidad de lodos que se va añadir a 1 kg de hojas para lograr una C/N de 25

$$C = 25 = \frac{C \text{ en 1kg de hojas} + x(C \text{ en 1 kg de lodos})}{N \text{ en 1kg de hojas} + x(N \text{ en 1 kg de lodos})}$$

donde x = peso de los fangos necesarios

$$25 = \frac{0.175 + x(0.0882)}{0.0035 + x(0.014)}$$

$$\begin{aligned} (0.0035 + (0.014))25 &= 0.175 + x(0.082) \\ 0.0875 + .35x &= 0.175 + 0.082 \end{aligned}$$



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

$$.35x - 0.082x = 0.175 - 0.0875$$

$$(.35 - 0.082)x = 0.0875$$

$$0.2618x = 0.0875$$

$$x = 0.0875 / .2618$$

x = 0.334 kg de lodos/1 kg de hojas

3. Comprobar a relación C/N y el contenido en humedad de la mezcla resultante

a) para 0.33kg de lodos

$$\text{agua} = 0.33\text{kg} (0.75) = 0.25 \text{ kg}$$

$$\text{materia seca} = 0.33\text{kg} (0.25) \text{ kg}$$

$$N = 0.33\text{kg} (0.014) = 0.005 \text{ kg}$$

$$C = 0.33\text{kg} (0.0882) = 0.03\text{kg}$$

b) para 0.33 kg de lodos + 1 kg de hojas

$$\text{agua} = 0.25\text{kg} + 0.5 \text{ kg} = (0.75) \text{ kg}$$

$$\text{materia seca} = 0.08\text{kg} + 0.5 \text{ kg} = 0.58 \text{ kg}$$

$$N = 0.005\text{kg} + 0.00035 \text{ kg} = 0.008 \text{ kg}$$

$$C = 0.33\text{kg} + 0.175 = 0.205 \text{ kg}$$

c) encontrar la relación C/N

$$0.205 \text{ kg} / 0.008 \text{ kg} = 25.6 \text{ bien}$$

c) encontrar el contenido en humedad

$$\text{humedad} = \frac{0.75 \text{ kg de agua}}{0.75 \text{ kg de agua} + 0.58 \text{ kg de materia.seca}}$$

$$\text{humedad} = 0.75 / 1.33 = 56 \times 100 \text{ bien}$$

Ejemplo a resolver

3 materiales básicos

	humedad	C(ps)	N(ps)
paja	11.6%	85%	5.6 %



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

desperdicio de panadería	15%	62%	1.5 %
Alfalfa	80%	40%	2.7%



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

COMPOSTAJE

TEMA

PRINCIPIOS DE LA PRODUCCION DE COMPOSTA

**EXPOSITOR: ROSA MA. ESPINOZA
PALACIO DE MINERIA
NOVIEMBRE DEL 2000**

PRINCIPIOS DE LA PRODUCCION DE COMPOSTA

Transformación biológica de los residuos

1) Transformaciones biológicas aerobias

Materia orgánica + O₂ + nutrientes $\xrightarrow{\text{bacterias}}$ nuevas células + m. o. resistente
+ CO₂ + H₂O + NH₃ + SO₄ + + calor

2) Transformaciones biológicas anaerobias

Materia orgánica + H₂O + nutrientes \longrightarrow nuevas células + m. o. resistente
+ CO₂ + CH₄ + NH₃ + H₂S + calor

Requerimientos de nutrientes y factores de crecimiento

- Inorgánicos { Principales nutrientes: N, S, P, K, Mg, Ca, Fe, Na y Cl
- { Nutrientes menores: Zn, Mn, Mo, Se, Co, Cu, Ni y W
- Orgánicos, factores de crecimiento: precursores o constituyentes del material celular orgánico que no se pueden sintetizar a partir de otras fuentes de carbono:
 - aminoácidos
 - purinas y pirimidinas
 - vitaminas.

PRINCIPIOS DE LA PRODUCCIÓN DE COMPOSTA

- Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)
- Contenido de humedad
- Oxigenación
- Tamaño de partícula y área superficial
- Temperatura del proceso
- pH

C/N

- C y N presentes en los residuos orgánicos
- C fuente de energía y como carbono celular (se requiere en mayor proporción)
- N formación de estructuras celulares, reproducción, crecimiento .
- C cafés y secos (leñosos y secos)
degradación lenta
- N verdes y húmedos (jugosos y frescos)
degradación rápida

Fuentes de energía

Clasificación	Fuente de energía	Fuente de carbono
Autótrofos		
Fotoautótrofos	Luz	CO ₂
Quimioautótrofos	Reacción inorgánica de oxido-reducción	CO ₂
Heterótrofos		
Quimioheterótrofos	Reacción orgánica de oxido-reducción	Carbono orgánico
Fotoheterótrofos	Luz	Carbono orgánico

C/N

- Disponibilidad: N orgánico disponible, pero no todo C orgánico es biodegradable
- $C \uparrow 30$ baja la temperatura y la composta se retarda.
- $C/N \downarrow 20$ se libera amoníaco y afecta el pH
- Rango óptimo inicial 20- 30.
- Final típico 10

Humedad

- Relacionado con la velocidad de la descomposición microbiana.
- Cantidad suficiente de agua tal que forme una capa líquida delgada que cubra ligeramente superficie de las partículas orgánicas .
- < de 30% inhibe la actividad bacteriana
>65% descomposición lenta y producción de olores (anerobico y lixiviados) (agua x aire)
- Rango **Optimo 50- 60 %** por mezcla de componentes o por adición de agua

temperatura

- ↑ temperatura producidas por las reacciones exotérmica asociadas a metabolismo microbiano.
- Importante en destrucción de patógenos
- varia con: el tamaño de la pila, la temperatura ambiente, el contenido de humedad, el grado de aireación y la composición del material.

temperatura

- Tamaño de la pila suficiente para incrementa la temperatura y después bajar y mantener.
- Control indirecto por volteo, temperatura ↓
5 a 10 ° C por volteo (2- 3 horas. ↑)

temperatura

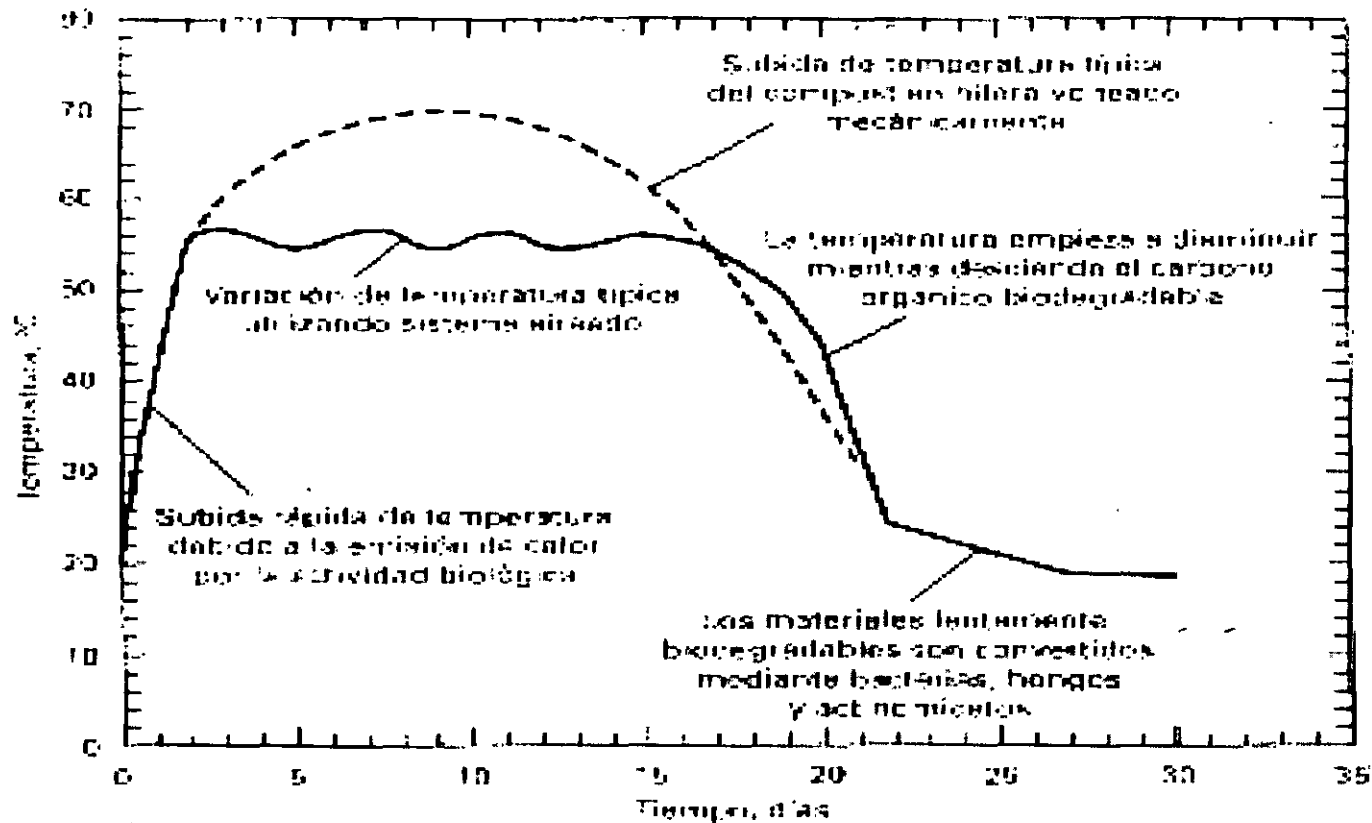


FIGURA 9.38

Variación de temperatura durante el proceso de compostaje.

temperatura

- Humedad poco efecto entre 30 y 75 %
- \uparrow t_i + rápida entre 30- 50% que en 73%
- Aireación importante para mantener condiciones aeróbicas, en condiciones anaerobicas la $t \downarrow$
- C/N \uparrow o con \uparrow de cenizas o material mineral alcanzan \uparrow t + lentamente.

temperatura

- Descomposición más rápida edo. termofílico (40 - 60° C) (patógenos termosensitivos), requiere de al menos 4 horas arriba de 55° C
- pérdida de calor conducción(transferencia átomo- átomo directo) , convección transferencia de calor por movimiento de fluidos (aire o agua) y radiación (ondas electromagnéticas)

temperatura

- temperatura ambiente verano más rápida
- temperatura ambiente invierno más lento

temperatura

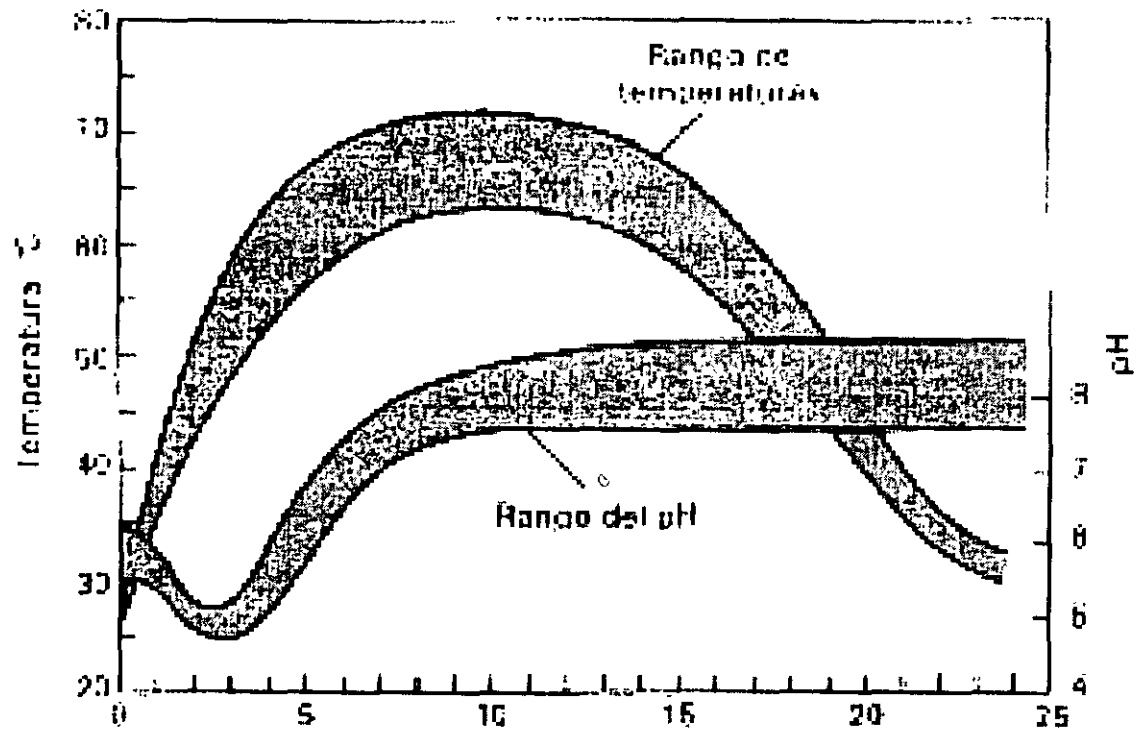


FIGURA 14.5

TABLA 14.8

Temperatura y tiempo de exposición necesario para la destrucción de algunos patógenos y parásitos comunes*

Organismo	Observaciones
<i>Salmonella typhosa</i>	Sin crecimiento por encima de 45°C; muerte dentro de 30 minutos a 55-60°C y dentro de 20 minutos a 60°C; destruida en poco tiempo en un ambiente de compost.
<i>Salmonella</i> sp.	Muerte dentro de 1 hora a 55°C y dentro de 15-20 minutos a 60°C.
<i>Shigella</i> sp.	Muerte dentro de 1 hora a 55°C.
<i>Escherichia coli</i>	La mayoría mueren dentro de 1 hora a 55°C y dentro de 15-20 minutos a 60°C.
<i>Enterococcus faecalis</i> cysts	Muerte dentro de pocos minutos a 45°C y dentro de pocos segundos a 55°C.
<i>Trichinella spiralis</i>	Muerte dentro de pocos minutos a 55°C.
<i>Trichinella spiralis</i> larva	Muere rápidamente a 55°C e instantáneamente a 60°C.
<i>Brevicella abortus</i> o <i>Br. suis</i>	Muerte dentro de 3 minutos a 62-63°C y dentro de 1 hora a 55°C.
<i>Mycobacterium paratuberculosis</i> var. <i>avium</i>	Muerte dentro de 10 minutos a 50°C.
<i>Streptococcus pyogenes</i>	Muerte dentro de 10 minutos a 54°C.
<i>Mycobacterium tuberculosis</i> var. <i>hominis</i>	Muerte dentro de 15-20 minutos a 66°C o después de calentamiento momentáneo a 67°C.
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	Muerte dentro de 45 minutos a 55°C.
<i>Necator americanus</i>	Muerte dentro de 50 minutos a 45°C.
<i>Ascaris lumbricoides</i> huevos	Muerte en menos de 1 hora a temperaturas por encima de 50°C.

Aireación

- Esencial para el metabolismo microbiano y para la oxidación de m. O.
- Concentración inicial 15- 20% CO₂ 0.5 5 %
- Condiciones aerobicas , la pila actua como trampa y degrada los olores (anaerobios)
- aireación por tubos, mezcla mecánica o volteo.

Tamaño de partícula

- Importante para la disipación de calor y humedad
- trituración para homogeneizar
- incrementa la velocidad de descomposición
- aumenta el área de superficie
- compactación inhibe la circulación de aire
- tamaño deseable menor de 5 cm

pH

- Importante para el metabolismo microbiano y estabilización de residuos.
- Al inicio entre 5 y 7 pH se producen ácidos orgánicos ↓pH (mesofílica)
- pH ↑ 8- 8.5 (termofílica)
- pH fina 7-8
- condiciones anaerobias pH 4-5 (retrasa el proceso)

pH

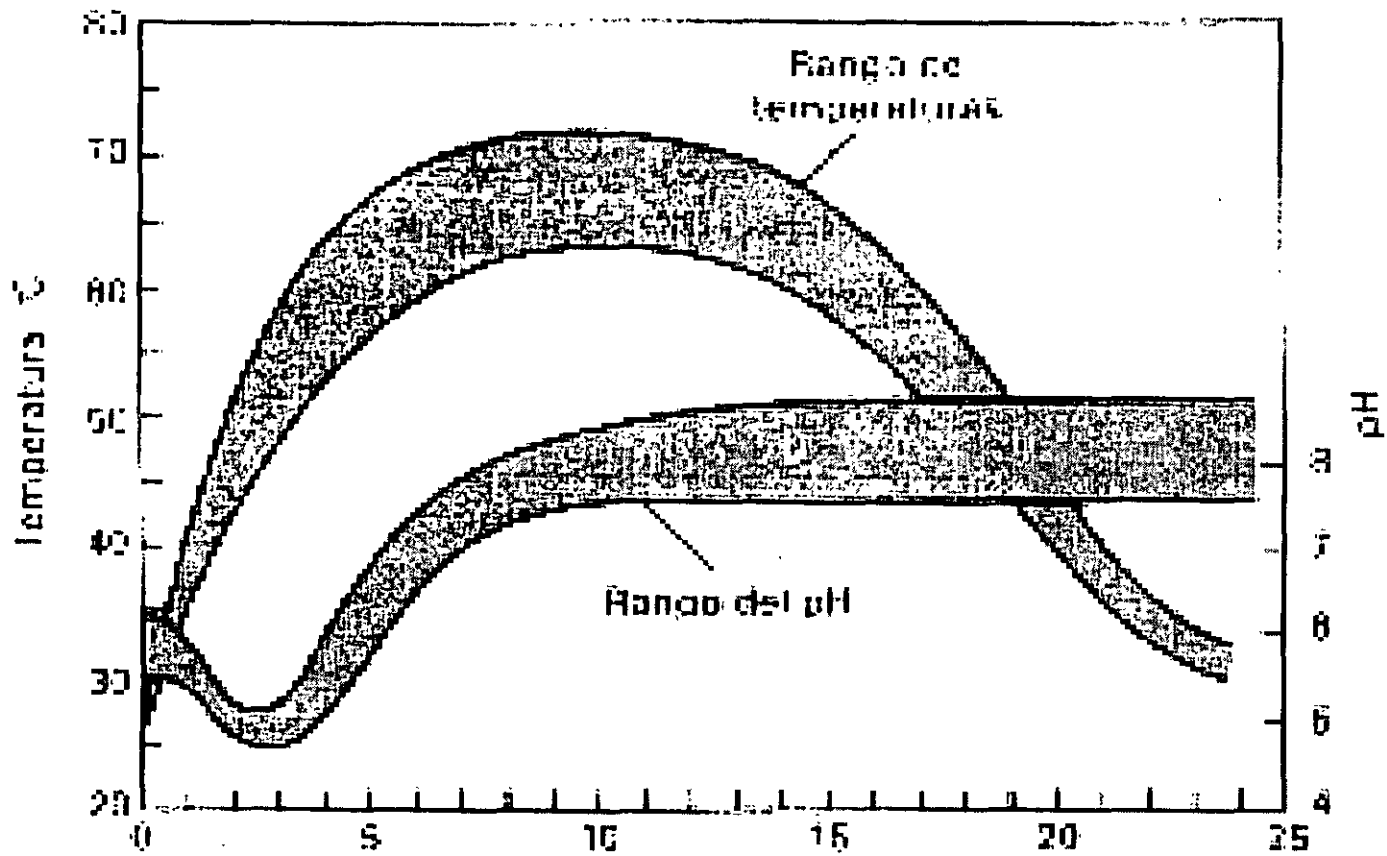
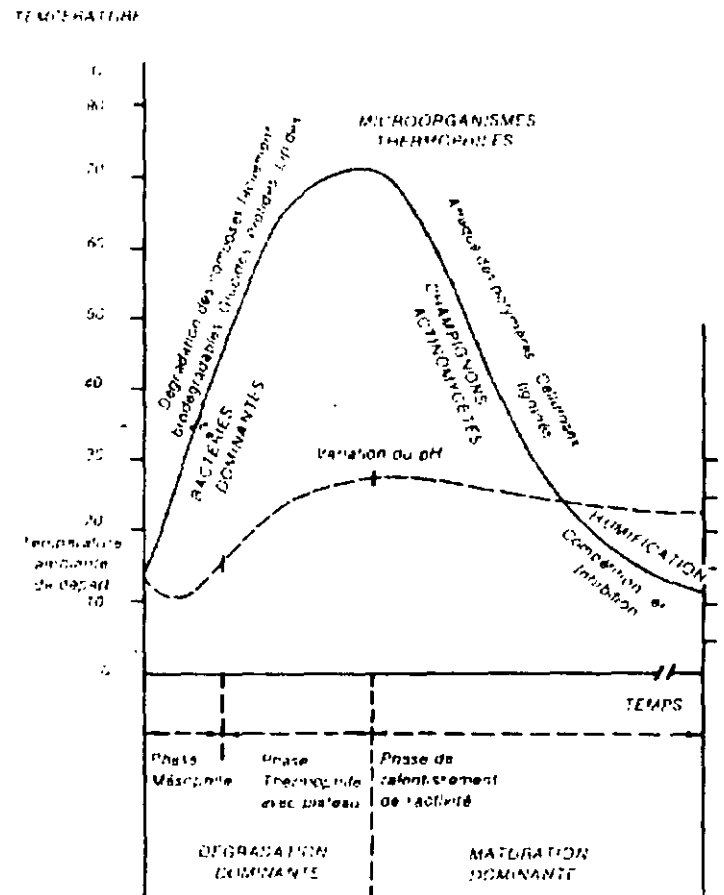


FIGURA 14.6

Fig. 20. ACTIONS CONJUGUÉES DES PARAMÈTRES DU COMPOSTAGE, À HUMIDITÉ ET AÉRATION OPTIMALES





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

COMPOSTAJE

TEMA

CONSIDERACIONES SOBRE EL PRODUCTO

**EXPOSITOR: ING. LUGANDA ARACELI SANTOS PEREZ
PALACIO DE MINERIA
NOVIEMBRE DEL 2000**

ASPECTOS HIGIÉNICOS

ASPECTO HIGIÉNICOS

- PATÓGENOS PARA EL SER HUMANO
- FITOPATÓGENOS
- SEMILLAS DE HIERBAS INDESEABLES

TOXICIDAD

- METALES PESADOS (Cd, Ca, Ni, Pb, Zn, Cr)
- COMPUESTOS ORGÁNICOS CLORADOS
- PRODUCTOS DEL METABOLISMO DE COMPOSTA INMADURA

NIVELES DE PATÓGENOS PERMISIBLES EN COMPOSTA

CANTIDAD	MICROORGANISMOS INDICADORES
< 3 UFC	SALMONELLA SP
< 1 PFU	ENTEROVIRUS
< 1 HUEVECILLO VIABLE	ASCARIS SP
< 1 HUEVECILLO VIABLE	TOXOCARA SP
< 1 HUEVECILLO VIABLE	TRICHURIS TRICHIURA
< 100 UFC	COLIFORMES FECALES, ESTREPTOCOCOS FECALES, Y ENTEROCOCOS POR GRAMOS DE SÓLIDOS TOTALES

TIEMPO DE SOBRE VIVENCIA DE PATÓGENOS EN SUELO Y PLANTAS

GRUPO	SUELO	PLANTAS
BACTERIAS	2 MESES A 1 AÑO	1 MES A 6 MESES
VIRUS	3 MESES A 6 MESES	1 MES A 2 MESES
QUISTES DE PROTOZOARIOS	2 DIAS A 10 DIAS	2 DIAS A 5 DIAS
HUEVOS DE HELMINTOS	2 AÑOS A 7 AÑOS	1 MES A 5 MES

CRITERIOS DE CALIDAD DE LA COMPOSTA

PROPIEDADES QUÍMICAS

- CONTENIDO DE NUTRIENTES
- CONTENIDO DE SALES
- pH
- MATERIALES TÓXICOS

PROPIEDADES BIOLÓGICAS

- APORTACIÓN DE MICROORGANISMOS ÚTILES AL SUELO
- ELIMINACIÓN DE MICROORGANISMOS PATÓGENOS
- FITOTOXICIDAD

PROPIEDADES FÍSICAS

- GRANULOMETRÍA
- CONTENIDO DE IMPURESAS
- CONTENIDO DE HUMEDAD

**FACTORES QUE INFLUENCIAN LA SUPERVIVENCIA DE
BACTERIAS Y VIRUS EN EL SUELO**

FACTOR	BACTERIAS	VIRUS
TEMPERATURA	MAYOR SOBREVIVENCIA A TEMPERATURAS BAJAS	MAYOR SOBREVIVENCIA A TEMPERATURAS BAJAS
pH	SOBREVIVENCIA BAJA A pH ÁCIDO (3 - 5)	PUEDA AFECTAR INDIRECTAMENTE AL CONTROLAR SU ABSORCIÓN AL SUELO
CATIONES	DESCONOCIDO	PUEDA AFECTAR INDIRECTAMENTE AL CONTROLAR SU ABSORCIÓN AL SUELO
DESECACIÓN Y HUMEDAD DEL SUELO	MAYOR SOBREVIVENCIA EN SUELOS HÚMEDOS Y CON LLUVIA ALTA	EN SUELOS SECOS, BAJA SU SOBREVIVENCIA
RADIACIÓN SOLAR	PUEDA SER MORTAL PARA ELLAS EN LA SUPERFICIE	PUEDA SER MORTAL PARA ELLOS EN LA SUPERFICIE
ANTAGONISMO CON LA FLORA DEL SUELO	AUMENTA SU SOBREVIVENCIA EN SUELOS ESTÉRILES	NO HA SIDO CLARO EL EFECTO CON LA MICROFLORA DEL SUELO
MATERIA ORGÁNICA	AUMENTA LA SOBREVIVENCIA Y SU POSIBLE DESARROLLO CUANDO HAY MUCHA MATERIA ORGÁNICA	DESCONOCIDO

CARACTERÍSTICAS DE LA COMPOSTA PARA COMERCIALIZACIÓN

TAMAÑO DE PARTÍCULA	LOS MERCADOS HORTICOLAS DEMANDAN UN PRODUCTO FIBROSO DE 0.5CM A 1.5 CM DE TAMAÑO
CONTENIDO DE HUMUS	LA COMPOSTA DEBE DE TENER TEXTURA Y APARIENCIA DE SUELO RICO COLOR CAFÉ NEGRUSCO Y OLOR A TIERRA
CONTENIDO ORGÁNICO	DEBE SER ELEVADO , NO DEBE CONTENER ARENA, VIBRIO, PLASTICO, METALES E.TC
HUMEDAD	20% - 40%
VALOR NUTRITIVO	1% N, 0.5% P, 0.2%K BAJO CONTENIDO EN SALES Y ALTA CIC

**ESQUEMA HIPOTÉTICO DE LA COMPOSICIÓN DE LA MATEIA
ORGÁNICA. LOS GRUPOS FUNCIONAL -OH Y -COOH
CONTRIBUYEN CON LAS CARGAS NEGATIVAS DE SU
SUPERFICIE Y AUMENTAN LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO
CATIÓNICO**

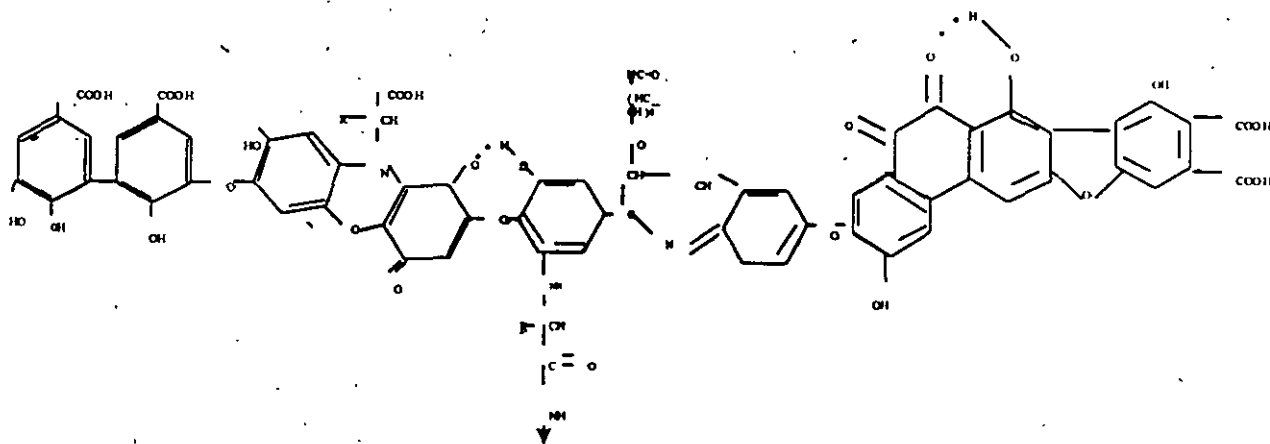


TABLA No. 4
FERTILIZANTES ORGANICOS E INORGANICOS
COMPOSICION QUIMICA PROMEDIO

ABONOS	NITROGENO (%)	FOSFORO P ₂ O ₅ (%)	POTASIO K ₂ O (%)	CALCIO CaO (%)	MATERIA ORGANICA (%)
ESTIERCOL:					
• Vacuno	0.53	0.29	0.48	0.40	16.74
• Equino	0.55	0.27	0.57	0.8	27.06
• Borrego	0.80	0.48	0.83	0.53	30.70
• Porcino	0.63	0.46	0.41	0.27	15.50
• Gallinazu	0.89	0.48	0.83	0.53	30.70
TIERRA DE MONTE	2.05	0.11	0.12	1.12	70.00
UREA	38.00	--	--	--	--
SULFATO DE AMONIO	21.20	--	--	--	--
NITRATO DE AMONIO	35.00	--	--	--	--
SUPERFOSFATO AMONIADO	6.00	45.00	--	18.00	0.00
COMPLEJOS NPK	20.00	30.00	10.00	--	--
COMPOSTA DE RESIDUOS URBANOS	1.20	0.70	1.20	8.10	36.38

FUENTE: SARH (1984) Uso de Composta en la Agricultura

TABLA No. 1
CARACTERISTICAS DE LA COMPOSTA OBTENIDA A PARTIR DE
RESIDUOS SOLIDOS

PARAMETROS	RANGO
HUMEDAD	20-30 %
MATERIA INERTE	1.0-1.5 %
TEMPERATURA	AMBIENTE
MATERIA ORGANICA	30-40%
pH	7.0-8.0
CARBONO	15.0-20.0 %
NITROGENO TOTAL	1.3-2.4 %
RELACION C-N	10-15
FOSFORO (P ₂ O ₅)	0.7-0.9 %
POTASIO TOTAL	0.7-1.0 %
MAGNESIO	0.2-0.5 %
CALCIO	2.5-5.0 %
SODIO	0.3 %
CLORO	0.2 %
AZUFRE	0.4 %
FIERRO	1.7 %
ESTAÑO	0.15 %
DENSIDAD APARENTE	0.5-0.8 gr/m ³
HUMUS	5-10 %
COLOR	CAFÉ OSCURO A NEGRO
OLOR	TIERRA HUMEDA
GRANULOMETRIA	EL 95 % PASA MALLA DE 12.5 mm 2 cm-0.1 mm

Continúa ... 8

TABLA No 1
CARACTERISTICAS DE LA COMPOSTA OBTENIDA A PARTIR DE RESIDUOS
SOLIDOS URBANOS

PARAMETRO	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE (ppm)
ZINC	2.0
COBRE	1.2
MANGANESO	0.4
PLOMO	0.3
CROMO	0.2
NIQUEL	0.1
COBALTO	0.02
CADMIO	0.015
MERCURIO	0.008

MADURACION DEL PRODUCTO

COMPOSTA MADURA	<ul style="list-style-type: none"> • ALTAMENTE ESTABLE • NO DEBE AUMENTAR SU TEMPERATURA MAS DE 20°C ARIBA DE LA TEMPERATURA AMBIENTAL • PUEDE AGREGARSE DIRECTA MENTE A LAS RAICES DE LAS PLANTAS • COLOR CAFÉ OBSCURO A NEGRO • REDUCCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA MAYOR AL 60%
COMPOSTA SEMIMADURA	<ul style="list-style-type: none"> • MATERIAL EN ESTADO MESOFILICO (5° - 45°C) • PUEDE RECALENTARSE A TEMPERATURA AMBIENTE DEBE EVITARSE EL CONTACTO DIRECTO CON RAICES • COLOR CAFÉ CLARO A OBSCURO. • REDUCCION DE MATERIA ORGÁNICA MAYOR DE 40% PERO MENOR DE 60%
COMPOSTA FRESCA	<ul style="list-style-type: none"> • MATERIAL EN ETAPA TERMOFILICA (45° - 85 °C) • DESCOMPOSICIÓN PARCIAL • SOBRE CALENTAMIENTO 20°C ARRIBA DE TEMPERATURA AMBIENTE • COLOR GRISACEO • REDUCCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA MAYOR AL 20% O MENOR Ó IGUAL A 40%

CLASIFICACION DE LA COMPOSTA

A) TIPO DE RESIDUO	<ul style="list-style-type: none">• SOLO RESIDUOS DE JARDINERIA• ESTIERCOL CON RESIDUOS DE JARDINERIA• RSM - RJ, RSM - ESTIERCOL
B) MADURACION DEL PRODUCTO	<ul style="list-style-type: none">• MADURA• SEMIMADURA• FRESCA
C) CONTENIDO DE MATERIA EXTRAÑA	<ul style="list-style-type: none">• 2% EN PESO SECO• 2% A 4% EN PESO SECO• 4% A 10% EN PESO SECO
D) TAMAÑO DE PARTICULA	<ul style="list-style-type: none">• FINA 10 MM Y 25% DE MATERIA ORGANICA• MEDIA 15MM Y 30% DE MATERIA ORGANICA• GRUESA 25MM 35% DE MATERIA ORGANICA

TABLA No. 2
NIVELES DE CONCENTRACION DE METALES PESADOS EN COMPOSTA
(mg/Kg)

PARAMETRO	CODIGO 1	CODIGO 2	CODIGO 3	CODIGO 4
<i>CADMIO</i>	<i>< 15</i>	<i>15 - < 30</i>	<i>30 - 100</i>	<i>> 100</i>
<i>COBRE</i>	<i>< 450</i>	<i>450 - < 900</i>	<i>900 - 3,000</i>	<i>> 3,000</i>
<i>PLOMO</i>	<i>< 500</i>	<i>500 - < 1,000</i>	<i>1 000 - 1,500</i>	<i>> 1,500</i>
<i>NIQUEL</i>	<i>< 50</i>	<i>50 - < 100</i>	<i>100 - 500</i>	<i>> 500</i>
<i>ZINC</i>	<i>< 900</i>	<i>900 - < 1,800</i>	<i>1,800 - 10,000</i>	<i>> 10,000</i>

FUENTE: Reglamento 17-709, Florida, USA, 1990

CLASIFICACIÓN DE COMPOSTA

CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (FLORIDA, E.U.A.)

* TIPO Y	Elaborado con residuos de jardinería, madura o semimadura, textura fina, media o gruesa contenido menor a 2% de material extraño, cumple con el código I en cuanto a concentración de metales pesados.
* TIPO YM	Producida con estiércol o estiércol - residuos de jardinería madura o semimadura, textura F, M, G, menos de 2% de material extraño, cumple con el código I
* TIPO A	Residuos sólidos municipales o residuos de jardinería y estiércol madura y fina menos del 2% de metales extraños cumple con el código I
* TIPO B	RSM, RJ o estiércol, madura o semimadura, textura fina o media, 4.0% de material extraño la concentración de metales debe caer en los códigos I ó 2
* TIPO C	RSM, RJ, E, madura o semimadura, fina, media o gruesa. 10% de materiales extraños, la concentración de metales debe cumplir con los códigos I, 2 ó 3
* TIPO D	RSM, RJ, E, gruesa, media ó fina, 10% de materiales extraños, la concentración de metales pesados puede caer en los códigos 1, 2 ó 3.
* TIPO E	RSM, RJ, E, código 4

CRITERIOS PARA EL USO DE COMPOSTA PRODUCIDA CON RSM

CLASIFICACIÓN	APLICACIÓN
Y, YM ó A	Irrestringida
B, C	Tipo B: Debe limitarse su uso en agricultura uso comercial o institucional. La tipo C no debe utilizarse en parques públicos
D	Relleno sanitario, recuperación de suelos No emplearse si hay contacto directo con el público
E	Se considera residuo peligroso

COMPOSTA
ESTANDARES DE CALIDAD EUROPEOS PARA METALES PESADOS
(mg/kg. DE MATERIAL SECO)

Metal	Gran Bretaña	Bélgica	Dinamarca	Francia	Alemania			Italia	Netherlands	España	Suiza	Austria	
					RAL	LAGA 2							Blue Angel
						Categoría I	Categoría II						
Arsénico	---	---	---	---	---	---	---	10	15	---	---	---	
Cadmio	10	5	1.2	8	1.5	1.5	2.5	1	1	40	3	4	
Cromo	---	150	---	---	100	100	200	100	500-100	50	750	150	150
Cobalto	---	10	---	---	100	100	200	---	---	---	---	25	---
Cobre	400	100	---	---	100	100	200	75	600	100	1,200	3	400
Plomo	250	600	120	800	150	150	250	100	500	100	1,200	3	500
Mercurio	2	5	1.2	8	1	1	2	1	10	3	25	---	4
Molibdeno	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Níquel	100	50	45	200	50	50	100	50	200	20	400	50	100
Zinc	1000	1000	---	---	400	400	750	300	2500	200	4000	500	1000

1 El símbolo de calidad RAL es adjudicado por la Asociación Federal de Calidad de la Compost para firma presentar - someter pruebas de calidad de la compost - criterio basado sobre 30% de orgánica

2 Criterio de Calidad desarrollado por LAGA grupo de estudio presentado de la basura - Categoría I - permite usar en agricultura y horticultura - Categoría II - permite su uso forestal como sustrato y campos deportivos en construcción

3 Cromo 3 y cromo 6

Fuente: ORCA Bundesgüte messblatt, LAGA-Merkblatt MIO, W. De Feyter, Swiss Federal Office of Environment, Forest and Landscaps de World wastes, Febrero 1996

EFECTO DE METALES EN SERES VIVOS

ELEMENTO	EFECTO	
	PLANTA	SER HUMANO
ARSÉNICO	CUANDO HAY GRANDES CANTIDADES DE ARSÉNICO EN EL SUELO, DISMINUYE LA UTILIZACIÓN DE ZINC	ALTERACIONES GASTROINTESTINALES, CARDIOVASCULARES, NERVIOSAS, RENALES Y HEPÁTICOS EFECTOS NEUROLÓGICOS, MUTAGENICIDAD, CÁNCERÍGENO Y TERATOGENICO
PLOMO	SE CONCENTRA EN TUBÉRCULOS Y RAICES COMESTIBLES	EFECTOS NEUROLÓGICOS, RENALES, CARDIOVASCULARES, HEMATOLÓGICOS, CÁNCERÍGENAS, TERATÓGENAS, REPRODUCCIÓN CÁNCERÍGENO, TERATOGENICO
MERCURIO	PUEDE MIMETIZAR AL ZINC (CATALIZADOR)	
CADMIO	MIMETIZA AL ZINC.	AFECTA VIAS RESPIRATORIAS, ANOREXIA, AFECTA HÍGADO RIÑÓN PROVOCA FATIGA, ES TERATOGENICO
CROMO		AFECTA SISTEMA RESPIRATORIO PROVOCA CÁNCER PULMONAR
ZINC	ES EXTREMADAMENTE TÓXICO, AUNQUE SEA EN UN LIGERO EXCESO	TERATOGENICO, CARCINOGENICO

COMPUESTOS ORGÁNICOS HALOGENADOS

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

- ★ Contiene uno o más átomos de un halógeno (Cl, Br)
- ★ Poco reactivo
- ★ Resistentes a la degradación biológica fotoquímica
- ★ Liposolubles
- ★ Bioacumulables, biomagnificables, movilización en cadenas tróficas
- ★ Estabilidad de las moléculas son directamente proporcionales al N° de átomos de halógeno en la molécula.
- ★ Solubles en agua
- ★ Persistentes (182 días en el agua)

FUENTES

- ★ Plaguicidas
- ★ Alimentos ricos en grasas
- ★ Residuos sólidos urbanos
- ★ Procesos industriales
- ★ Combustión

EFFECTOS EN LA SALUD HUMANA

- ★ Disfunciones inmunitarias
- ★ Disfunciones neurológicas
- ★ Alteraciones hormonales
- ★ Disfunciones reproductivas
- ★ Alteraciones hormonales
- ★ Alteraciones del desarrollo
- ★ Cáncer

PERIODICIDAD DE ANÁLISIS

PARAMETRO	ANÁLISIS ANUAL	ANÁLISIS SEMESTRAL	ANÁLISIS DE CONTROL
H ₂ O (HUMEDAD)		x	x
Ph		x	x
DENSIDAD	x		x
MATERIA ORGÁNICA TOTAL		x	x
CARBONO ORGÁNICO		x	x
NITRÓGENO TOTAL		x	x
RELACIÓN C/N		x	x
P ₂ O ₅ TOTAL		x	x
K ₂ O ₅ TOTAL		x	
MgO TOTAL		x	
CaO TOTAL		x	
AZUFRE TOTAL	x		
	A	A	A
	ANUAL	SEMESTRAL	DE CONTROL
CLORUROS SOLUBLES EN AGUA	x		
BORO SOLUBLE EN AGUA	x		
METALES			
HIERRO	x		
MANGANESO	x		
CADMIO		x	
MERCURIO		x	
PLOMO		x	
CROMO		x	
COBRE		x	
NÍQUEL		x	
SELENIO		x	
ZINC		x	
ARSENICO		x	
MOLIBDENO		x	
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO		x	x

REGISTRO PARA COMERCIALIZACIÓN

- * Pesos de materiales procesados y producto obtenido
- * Ingresos de materia prima
- * Tipo de materia prima
- * Problemas operativos
- * Condiciones climáticas
- * Debe tenerse un registro de cada pila o lote
- * Fecha de formación, volumen, tiempo de proceso, volteo, temperatura ambiente, irrigación y pruebas.

ELEMENTOS NECESARIOS PARA LA NUTRICIÓN VEGETAL

MACROELEMENTOS	CARBONO OXÍGENO HIDRÓGENO NITRÓGENO FOSFORO POTASIO AZUFRE CALCIO MAGNESIO FIERRO SILICIO ALUMINIO CLORO SODIO
OLIGOELEMENTOS	BORO MAGANESO COBRE ZINC MOLIBDENO COBALTO VANADIO
OTROS	CESIO URANIO RADIO TORIO ACTINIO IODO BARIO ESTRONCIO LITIO CROMO NIQUEL ARSENICO FLUOR SELENIO

Reglas para aplicación de Composta

- 1- Distribuir el abono en la superficie, incorporarlo posteriormente rastreándolo.
- 2- Al incorporar más de 10 toneladas por hectárea de abono fresco, dejar transcurrir de mes a mes y medio en invierno y 3 ó 4 semanas en verano antes de sembrar.
- 3- Emplear abonos gruesos en suelos arcillosos, y abonos finos en suelos arenosos.
- 4- Las épocas de aplicación dependen de los cultivos, cuando sea grande cantidad es preferible fraccionada.
- 5- La composta con 5% o más de compuestos cálcicos se recomienda para suelos ácidos, o terrenos con tendencia a descalcificarse.
- 6- La composta se recomienda para regenerar suelos agotados por ser ricos en nutrientes y oligoelementos.
- 7- Es recomendable emplear la composta con un abono mineral.
- 8- Nunca extender el abono demasiado hondo con labores profundas. La mejor época para incorporar el abono es después de la cosecha.

CANTIDAD DE COMPOSTA A APLICAR

GRANDES CULTIVOS	
• ROTACIÓN DE TRES AÑOS	20 - 40 TON/HA
• ROTACIÓN DE CINCO AÑOS	30 - 50 TON/HA
PRADERAS	30 - 100 TON/HA CADA 3 AÑOS A 6 AÑOS
VITICULTURA	50 - 150 TON/HA CADA 3 AÑOS A 4 AÑOS
ARBOLES FRUTALES	10 - 60 TON/HA
HUERTOS	40 - 100 TON/HA POR AÑO

REQUERIMIENTOS DE NUTRIENTES DE DIVERSOS CULTIVOS

CULTIVO	CANTIDAD EN LBS/ ACRE/ AÑO		
	N	P	K
VEGETALES DE HOJA (LECHUGA, COL, ESPINACAS)	200	200	200
VEGETALES DE TUBERCULOS (CAMOTE, ZANAHORIA, REMOLACHA)	150	200	200
VEGETALES DE FRUTO (TOMATE, CHILE, CALABAZA)	100	100	150
LEGUMINOSAS	50	75	50

**CONCENTRACIÓN DE DIFERENTES ELEMENTOS EN TEJIDOS
VEGETALES (PPM)**

ELEMENTO	DEFICIENTE	BAJO	MEDIO	ALTO	TÓXICO	REFERENCIA
BORO	0 - 3	4 - 5	6 - 25	26 - 60	> 60	1
CALCIO			200			2
COBRE	0 - 2	3 - 5	6 - 40	41 - 70	> 70	1
COBALTO			0.01			3
CROMO			0.22 - 2.07		4 - 8	3
HIERRO	24 - 56		56 - 178			3
HIERRO		< 30	30 - 300	301 - 550	> 550	1
MANGANESO			6.4			2
NIQUEL			0.14			3
ZINC	0 - 10	11 - 20	21 - 70	71 - 150	150	1
ZINC	0 - 9		31 - 36			3

1) LIQUID FERTIZER MANUAL. NATIONAL FERTILIZER SOLUTIONS ASSOCIATION. 1701 W. DEWILLEX D. PEORIA, ILLINOIS, 1614, USA

2) NECESIDADES NUTRITIVAS PARA EL GANADO VACUNO. ACADEMIA DE CIENCIAS DE ESTADOS UNIDOS. COLECCIÓN DE TEXTOS DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA V. 8. ED. HEMISFERIO SUR, ARGENTINA, 1971.

3) DIAGNOSTIC CRITERIA FOR PLANTS AND SOLILS. EDITED BY CHAPMAN, CALIFORNICA, 1965 -- SIN REPORTE DE DATOS

RELACIÓN NPK DE DIFERENTES RESIDUOS ORGÁNICOS

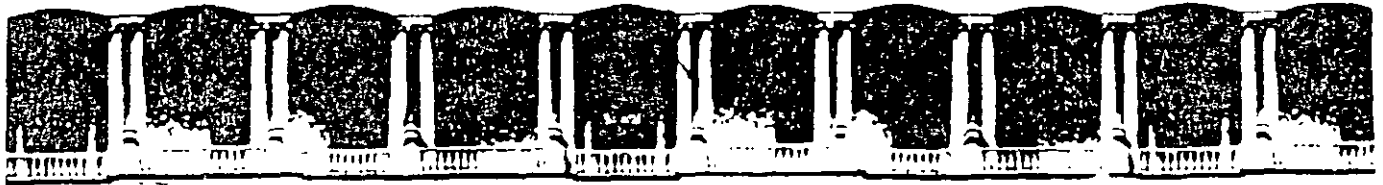
MATERIAL	N	P	K
HOJA DE ALFALFA MOLIDA	3.0	0.3	0
SANGRE MOLIDA	8.0 - 13.0	1.5 - 2.0	0.6 - 1.0
HUESO MOLIDO	0.7 - 4.0	18.0 - 34.0	
SEMILLA DE ALGODÓN MOLIDO	6.0	2.5 - 3.0	1.0 - 1.7
PESCADO MOLIDO	10.0	4.0 6.0	
ALGAS	0.6 - 0.9	0 - 0.5	4 - 13.0
CENIZAS DE MADERA	0	1.5	8.0

**ELEMENTOS QUÍMICOS TÓXICOS
CONCENTRACIÓN MÁXIMA PERMISIBLE EN SUELOS**

ZINC	250PPM
COBRE	130PPM
NIQUEL	300PPM
CROMO	300PPM
MANGANESO	1000PPM
PLOMO	70PPM

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN SU CONTENIDO DE MATERIAL ORGÁNICA Y NUTRIMENTOS

MATERIAL ORGÁNICA (%)	
EXTREMADAMENTE POBRE	MENOR DE 0.60
POBRE	0.60 - 1.20
MEDIANAMENTE POBRE	1.21-1.80
MEDIANO	1.81-2.40
MEDIANAMENTE RICO	2.41-3.00
RICO	3.01 - 4.20
EXTREMADAMENTE RICO	MAYOR DE 4.20
NITRÓGENO TOTAL (%)	
EXTREMADAMENTE POBRE	MENOR QUE 0.032
POBRE	0.032-0.063
MEDIANAMENTE POBRE	0.064-0.095
MEDIANO	0.096-0.126
MEDIANAMENTE RICO	0.127-0.158
RICO	0.159-0.221
EXTREMAMENTE RICO	MAYOR QUE 1.221
RELACIÓN C/N	
MUY ALTA	MAYOR QUE 25
ALTA	15 - 25
MEDIANA	10 - 15
BAJA	8 - 10
MUY BAJA	MENOR QUE 8
FÓSFORO (ppm)	
EXTRA RICO	MAYOR QUE 12.5
RICO	12.5 - 7.0
MEDIANO	7.0 - 4.0
POBRE	MENOR QUE 4



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

COMPOSTAJE

TEMA

**ALTERNATIVAS PARA TRATAR Y APROVECHAR LA
FRACCION ORGANICA DE LOS RESIDUOS SOLIDOS
MUNICIPALES**

**EXPOSITOR: ING. VICTOR M. FLORES VALENZUELA
PALACIO DE MINERIA
NOVIEMBRE DEL 2000**

INDICE

INTRODUCCION

1.- CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.

1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS RESIDUO

1.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.

1.3 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

2.- PROCESOS DE TRATAMIENTO Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES (R.S.M.)

2.1 SELECCIÓN Y SEPARACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES RECICLABLES Y/O APROVECHABLES.

2.1.1 ALTERNATIVAS PARA LA SELECCIÓN Y SEPARACIÓN DE RESIDUOS.

2.2 TECNOLOGÍAS DE CONVERSIÓN TÉRMICA.

2.3 TRATAMIENTO BIOLÓGICO.

ALTERNATIVAS PARA TRATAR Y APROVECHAR LA FRACCIÓN ORGÁNICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

INTRODUCCION.

Desde tiempos remotos el ser humano ha generado residuos sólidos que ha depositado generalmente en lugares alejados de habitaciones, y centros de trabajo. En esos tiempos los residuos no presentaban problema alguno para la salud y el medio ambiente por tratarse de cantidades relativamente pequeñas y su composición era principalmente orgánica, biodegradable. A medida que el ser humano se integra en agrupaciones cada vez mayores, el impacto a la salud y medio ambiente empieza a ser significativo; lo que aunado al desarrollo tecnológico y los factores dinámicos de consumo, ha ocasionado actualmente que el manejo de los residuos sólidos municipales sea complicado.

El potencial contaminante de los residuos sólidos, ha creado la necesidad de instrumentar y aplicar tecnologías cada vez más eficientes con el fin de lograr una gestión sustentable en el manejo de los residuos sólidos municipales. Esta problemática se agrava más en las grandes ciudades, por lo tanto, se deben de buscar alternativas técnica y económicamente viables, para el tratamiento y aprovechamiento de residuos sólidos municipales, con el fin de aprovechar el potencial de reciclamiento y/o de reutilización que tienen los residuos, implementando tecnologías y procesos convencionales y factibles.

Para afrontar este reto debemos de conocer la composición del flujo de residuos de la población que deseamos estudiar, esta es la forma a través de la cual podemos planificar un manejo ambientalmente correcto y lo más importante, una gestión eficiente y eficaz de los recursos y programas. Es por esto que en el presente documento se inicia con el tema de la caracterización Físico –Química y Biológica de los residuos y posteriormente describimos los principales procesos de tratamiento y aprovechamiento que convencionalmente se usan para procesar residuos sólidos municipales.

1.- CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.

Las características físicas, químicas y biológicas de los residuos sólidos municipales son las que determinan su tratamiento, reciclamiento y/o disposición final.

1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS RESIDUOS.

Las características físicas más importantes son: el peso específico, contenido de humedad, tamaño de partícula capacidad de campo y porosidad de los residuos compactados.

1.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.

La información sobre la composición química de los componentes que conforman los residuos sólidos a tratar, es importante para evaluar las opciones de procesamiento y recuperación, por ejemplo la viabilidad de la incineración depende de la composición química de los residuos.

Normalmente se puede pensar que los residuos son una combinación de materiales semihumedos combustibles y no combustibles.

Si los residuos sólidos se van a utilizar como combustibles, es necesario conocer lo siguiente:

- a) análisis físico (humedad, materia volátil, carbono fijo...)
- b) punto de fusión de cenizas
- c) análisis elemental (% chons y cenizas)
- d) poder calorífico

1.3 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

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

- a) Constituyentes solubles en agua, tales como azúcares, féculas, aminoácidos y diversos ácidos orgánicos..
- b) Celulosa, un producto de condensación de glucosa de azúcar con seis carbonos.
- c) Grasas, aceites y ceras, que son éteres de alcoholes y ácidos grasos.

- d) Lignina presente en productos de papel, con esto se estima la fracción biodegradable de los residuos.
- e) Lignocelulosa una combinación de lignina y celulosa.
- f) Proteínas formadas por carbonos de aminoácidos.
- g) hemicelulosa un producto de condensación de azúcares con cinco y seis carbonos.

Las transformaciones biológicas de la fracción orgánica de los residuos sólidos municipales se pueden utilizar para reducir el volumen y el peso del material; para producir un abono orgánico llamado composta, el cual es similar al humus que se utiliza como mejorador de suelos y también para producir gas metano.

Los principales organismos implicados en la transformación biológica de la fracción orgánica de los residuos sólidos municipales son, bacterias, hongos, levaduras y actinomicetos. Esta transformación puede realizarse aerobiamente y anaerobiamente, según la presencia de oxígeno. Las principales diferencias de estos procesos están en la naturaleza de los productos finales, y en el hecho que sea necesario suministrar oxígeno para la conversión aerobia.

2.- PROCESOS DE TRATAMIENTO Y APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES (RSM)

La utilización de los procesos para el tratamiento y aprovechamiento de residuos sólidos municipales tienen como objetivos principales, minimizar la cantidad de residuos a disponer en el relleno sanitario, la conservación de los recursos naturales mediante la recuperación de materiales reciclables y aprovechables, esto se ha logrado mediante la implementación de tecnologías y procesos viables y sustentables, entre los cuales podríamos mencionar la selección y recuperación de materiales, los procesos térmicos para la recuperación de energía o productos combustibles (incineración, gasificación y pirólisis) y mediante los procesos biológicos para la obtención de abono orgánico y/o gas metano de la fracción orgánica contenida en los residuos sólidos municipales.

2.1 SELECCIÓN Y SEPARACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES RECICLABLES Y/O APROVECHABLES.

La selección y separación de los materiales reciclables y/o aprovechables contenidos en los residuos sólidos hoy en día es y debe entenderse como una estrategia de gestión de residuos sólidos. Un método para el tratamiento de residuos sólidos igual de útil que los tratamientos térmicos, biológicos y que el relleno sanitario y ambientalmente, más deseable que cualquiera de estos, en la actualidad es claramente, el método de gestión ambientalmente preferido.

El reciclaje o aprovechamiento de los materiales contenidos en los residuos sólidos municipales se produce por tres razones básicas: por razones altruistas, imperativos económicos y consideraciones legales. En la primera de ellas es evidente que la protección del medio ambiente y conservación de los recursos naturales responde a los intereses generales de todo el mundo, en la segunda. El costo evitado para una evacuación de residuos ambientales aceptable se ha incrementado tanto que cuando se combina con otros costos asociados al reciclaje, adquiere sentido, desde el punto de vista económico el reciclaje de muchos de los materiales o finalmente en respuesta a las exigencias del público y a la creciente falta de métodos alternativos para la eliminación.

Los gobiernos están obligados a recuperar materiales reciclables y/o aprovechables contenidos en los residuos sólidos y posibilitando una amplia diversidad de penalizaciones económicas y civiles, además de establecer incentivos para estimular el reciclaje.

La selección y separación de residuos que han sido separados en el origen, así como la separación de residuos no seleccionados ni separados en el origen, normalmente se produce en instalaciones de recuperación de materiales o grandes instalaciones para el manejo integral de los residuos. Las instalaciones integradas pueden incluir las funciones de un centro de recuperación de residuos separados, una instalación para la selección y recuperación de materiales por métodos mecánicos y manuales, un centro de tratamiento de residuos orgánicos, una instalación para la producción de material combustible derivado de los residuos sólidos, una instalación para incineración y una instalación para la transferencia y transporte de residuos.

2.1.1 ALTERNATIVAS PARA LA SELECCIÓN Y SEPARACIÓN DE RESIDUOS.

La separación es una operación necesaria en la recuperación de materiales aprovechable y/o reciclables contenidos en los residuos sólidos municipales se puede conseguir la separación en la fuente de generación, en la recolección y en las plantas de selección y recuperación de materiales, aunque en algunos casos también se recuperen residuos reciclables en plantas de tratamiento térmico y tratamiento biológico.

*** SEPARACIÓN DE RESIDUOS EN EL PUNTO DE GENERACIÓN.**

La separación de residuos municipales es la fuente generadora, por lo general se consigue por medio de manuales. La forma en que se separan depende de los programas establecidos, pudiendo ser por cada tipo de material y/o como generalmente se hace por sus características pudiendo ser: reciclables y no reciclables ó en reciclables orgánicos y no aprovechables. Lo anterior por lo general requiere de un procesamiento o separación adicional que puede ser un sistema manual mecánico y/o la combinación de ambos

* **SEPARACIÓN DE RESIDUOS EN INSTALACIONES PARA LA RECUPERACION DE RESIDUOS RECICLABLES Y/O APROVECHABLES.**

Estas instalaciones pueden diseñarse para procesar residuos separados en el origen y/o residuos sólidos mezclados con separación en el origen. La separación de los residuos pueden hacerse de manera manual, mecánica y/o combinando ambos sistemas.

* **SEPARACIÓN MECÁNICA.**

La separación mecánica se implemento principalmente en las primeras instalaciones para la recuperación de residuos reciclables, las cuales no obtuvieron éxito, causa que en la actualidad se puede asegurar que no existe ninguna de ellas. Este fundamentalmente por problemas mecánicos. La tendencia actual es la de diseñar instalaciones para la recuperación de materiales reciclables, basándose en la integración de ambas funciones de separación, manual y mecánica.

Los procesos unitarios utilizados para la separación de materiales son principalmente los siguientes:

- a) Separación y procesamiento de residuos separados y no separados en la fuente generadora son diseñados para modificar las características físicas de los residuos para que se puedan separar los componentes de residuos más fácilmente.
- b) Para separar el flujo de residuos componentes y contaminantes específicos, y para procesar y preparar los materiales separados para usos posteriores.

REDUCCIÓN DE TAMAÑO

En el proceso unitario por el cual se reduce mecánicamente de los materiales residuales recogidos comúnmente se llama trituración, el equipo utilizado es principalmente, molinos de martillos, molino de navajas o cuchillas, molino de bolas y molino de quijadas.

* **CRIBADO**

Es el proceso unitario utilizado para separar mezclas de materiales de tamaños distintos en dos o más fracciones de tamaño mediante una o más superficies de cribado. Los tipos de cribas mas frecuentemente utilizados para la separación de materiales son:

- a) Cribas vibratorias
- b) Cribas giratorias o Tromel
- c) Cribas de disco

* **SEPARACIÓN MAGNÉTICA**

Es un proceso unitario mediante el cual se separan dos materiales ferrosos, en el mercado existen equipos tales como: imanes permanentes, electroimanes y poleas imantadas.

* **SEPARACIÓN NEUMÁTICA**

Este proceso unitario se utiliza para separar materiales ligeros como papel y plástico, de materiales más pesados, basándose en la diferencia de peso del material en una corriente de aire.

* **SEPARACIÓN POR FLOTACIÓN**

Es una operación básica que emplea un fluido para separar los componentes con densidades diferentes.

* **SEPARACIÓN MANUAL**

La separación manual de materiales reciclables y/o aprovechables contenidos en los residuos sólidos esta ganando gran popularidad porque potencialmente se pueden producir materiales de mas alta calidad. En una instalación para recuperación de materiales, mediante la separación manual el uso de los transportadores para el movimiento de materiales es el equipo más utilizado para la alimentación, posificación manejo del rechazo, manejo de materiales recuperados y principalmente en la línea de proceso de selección y recuperación manual.

2.2 TECNOLOGÍAS DE CONVERSIÓN TÉRMICA.

El tratamiento térmico de los residuos sólidos municipales utilizado para la reducción en volumen y la recuperación de energía, es una alternativa importante en la gestión integral de residuos sólidos.

El procesamiento térmico de los residuos sólidos puede definirse como la conversión de los residuos en productos tales como gases, líquidos y sólidos, liberándose energía en forma de calor.

Los sistemas de procesamiento térmico pueden clasificarse en base a sus requisitos de oxígeno, teniéndose principalmente los siguientes:

A) COMBUSTIÓN O INCINERACIÓN

Cantidad de oxígeno exactamente necesaria para lograr la combustión total de los residuos, se le conoce como "combustión estequiométrica", cuando se lleva a cabo con

oxígeno en exceso sobre las necesidades estequiométricas se denomina "combustión con exceso de aire".

B) GASIFICACIÓN

Es la combustión parcial de los residuos sólidos bajo condiciones subestequiométricas para poder generar un gas combustible que contiene monóxido de carbono, hidrógeno e hidrocarburos gaseosos..

C) PIRÓLISIS

Es el procedimiento térmico de residuos sólidos principalmente orgánicos en ausencia completa de oxígeno.

SISTEMA DE INCINERACIÓN.

La incineración puede definirse como el procesamiento térmico de los residuos sólidos mediante la oxidación química con cantidades estequiométricas o en exceso de aire; obteniéndose como productos finales gases calientes de combustión completa principalmente de nitrógeno, dióxido de carbono, vapor de agua y cenizas.

TIPOS DE SISTEMAS DE INCINERACIÓN.

Los sistemas de incineración de residuos sólidos pueden diseñarse en base a las características físico – químicas de los residuos a procesar, principalmente tratándose de residuos mezclados tal y como se reciben de la fuente generadora y/o en su defecto con residuos sólidos previamente procesados en forma de combustible derivado de los residuos.

De acuerdo a lo anterior tenemos los siguientes tipos de incineradores convencionales para residuos sólidos municipales.

- * Incinerador de horno parrillas fijas o móviles.
- * Incinerador de horno de lecho fluidizado.
- * Incinerador de horno rotatorio.

La utilización de cada uno de los sistemas señalados anteriormente depende principalmente de las características de los residuos a procesar.

SISTEMA DE PIRÓLISIS

Como se definió anteriormente pirólisis es el proceso térmico de residuos en ausencia totalmente de oxígeno, que utiliza una fuente de combustible externa para conducir las reacciones endotérmicas de pirólisis en un elemento libre de oxígeno.

Como la mayoría de las sustancias orgánicas son térmicamente inestables se pueden romper en un calentamiento en un ambiente libre de oxígeno, mediante una combinación de desintegración térmica y reacciones de condensación en fracciones gaseosas, líquidas y sólidas.

Mediante la pirólisis se producen las tres fracciones de componentes más importantes; que son las siguientes:

- a) Corriente de gas, que contiene principalmente hidrógeno, metano, monóxido de carbono y otros gases dependiendo del residuo que es procesado.
- b) Fracción líquida, que consiste en un flujo de alquitrán o aceite que contiene ácido acético, acetona, metanol e hidrocarburos oxigenados complejos.
- c) Coque inferior, que consiste en carbón casi puro más otro material inerte originalmente contenido en los residuos sólidos.

El proceso de pirólisis requiere principalmente de residuos separados previamente con el propósito de dejar la fracción orgánica, especialmente los materiales derivados de la celulosa, esta preparación orgánica debe de ser muy fina.

Es importante señalar que la pirólisis es un proceso muy complejo para el control de la operación, es por eso que para el tratamiento de residuos sólidos municipales este proceso es limitado, principalmente por los altos costos de inversión y operación.

Este proceso aún se usa ampliamente como un proceso industrial para la producción de carbón vegetal a partir de madera, de coque y gas de coquización a partir de carbón y de gas combustible y betún a partir de fracciones pesadas de petróleo.

SISTEMA DE GASIFICACIÓN

La gasificación es una técnica energéticamente eficaz para producir el volumen de los residuos sólidos y recuperar energía. El proceso implica la combustión parcial de un combustible carbonoso para generar un gas combustible con alto contenido de monóxido de carbono, hidrógeno y algunos hidrocarburos saturados, principalmente metano. El gas combustible puede usarse en un motor de combustión interna, turbinas de gas o calderas en condiciones de oxígeno adicional.

TIPOS DE GASIFICADORES

Existen cinco tipos básicos de gasificadores: de lecho fijo vertical, lecho fijo horizontal, de lecho fluidizado, de hogar múltiple y de horno rotatorio

El principio de construcción y de funcionamiento de los gasificadores es muy similar a la de los hornos para incineración de residuos, tal es así que los tipos existentes en el mercado o a nivel de experimentación conservan el mismo nombre, a continuación se describen los principales tipos de gasificadores que se han utilizado para tratamiento de residuos sólidos.

LECHO FIJO VERTICAL Este tipo de gasificador es el más simple que existe y sus costos de inversión son relativamente bajos, sin embargo requieren que el material a procesar tenga ciertas características, uniforme, homogéneo y densificado tal como el producido con la fracción combustible de los residuos (CDR). Este tipo de gasificadores opera a temperaturas bajas (600°C a 800°C), produciendo gas de bajo poder calorífico (2800 kJ/m³), una pequeña cantidad de condensado líquido, ceniza, coques secos y grandes.

LECHO FIJO HORIZONTAL: Este es el gasificador más comercial, está formado por dos cámaras de combustión una primaria y una secundaria. En la cámara de combustión primaria los residuos se gasifican mediante una combustión parcial en condiciones subestequiométricas, produciendo un gas de bajo poder calorífico que después fluye a la cámara de combustión secundaria donde se quema el oxígeno adicional. La combustión secundaria produce gases con altas temperaturas que se pueden utilizar para generar vapor o agua caliente en una caldera adjunta.

LECHO FLUIDIZADO: Es similar a un incinerador de lecho fluidizado, solo que operándose en condiciones menores a la combustión completa, este tipo de gasificador se ha desarrollado en forma piloto, habiéndose desarrollado pocos prototipos.

La gasificación aun es considerado como un sistema de tratamiento no convencional para residuos sólidos, en la mayoría de los casos requiere de una preparación previa de la materia prima a procesar. La experiencia en unidades reales y plantas piloto ha demostrado que genera bajas emisiones atmosféricas comparadas con los sistemas de incineración con oxígeno adicional, debido a esto, los gasificadores podrían en el futuro ser una buena opción en el tratamiento de residuos con recuperación de energía.

2.3 TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS.

Los procesos biológicos convencionales para el tratamiento de residuos sólidos municipales son principalmente, compostaje aerobio y digestión anaerobia de residuos de alta y baja concentración.

Ambos procesos, aerobios y anaerobios tienen cabida en la gestión de residuos sólidos municipales, cada uno de ellos ofrece distintas ventajas pero en general los procesos anaerobios son más complejos, sin embargo este proceso ofrece la recuperación de energía en forma de gas metano, por otra parte los procesos aerobios son consumidores de energía por que hay que suministrar oxígeno para la conversión de residuos, pero ofrece la ventaja de un funcionamiento relativamente sencillo, y si operan correctamente, pueden reducir significativamente el volumen de la fracción orgánica de los residuos sólidos municipales. En este caso desarrollaremos principalmente el proceso de composteo aerobio. A continuación se muestra una tabla comparativa de ambos procesos.

CARACTERÍSTICAS	PROCESOS AEROBIOS	PROCESOS ANAEROBIOS
USO ENERGÉTICO PRODUCTOS FINALES REDUCCION DE VOLUMEN TIEMPO DE PROCESAMIENTO OBJETIVO PRIMARIO OBJETIVO SECUNDARIO	CONSUMIDOR DE ENERGIA HUMOS, CO ₂ , H ₂ O HASTA 50% 30-60 DIAS REDUCCION VOLUMEN PRODUCCION DE COMPOSTA	PRODUCTOR DE ENERGIA FANGOS, CO ₂ , CH ₄ HASTA 50% 30-90 DIAS PRODUCCION DE ENERGIA REDUCCION DE VOLUMEN Y ESTABILIZACION DE RESIDUOS

COMPOSTAJE AEROBIO

En el proceso biológico más frecuentemente usado para la conversión de la fracción orgánica de los residuos sólidos a un material húmico estable conocido como composta. Este proceso acepta residuos sólidos urbanos separados y no separados, residuos de jardinería y poda de arboles, así como, conjuntamente con lodos de aguas residuales.

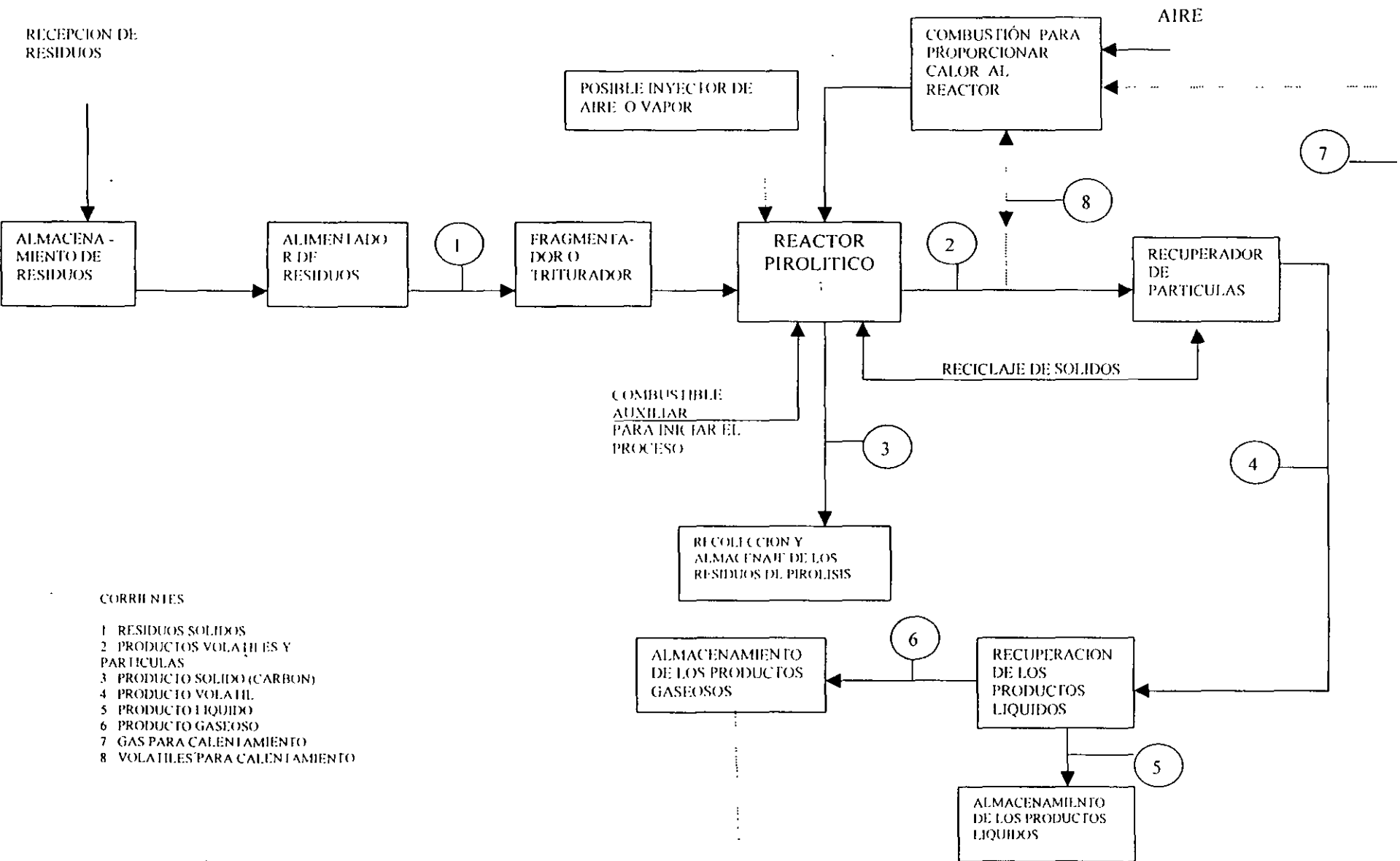
El proceso de compostaje aerobio incorpora principalmente tres etapas básicas que son: procesamiento de materia prima, descomposición aerobia de la fracción orgánica y preparación y comercialización del producto.

Para producir la composta mediante el proceso aerobio se pueden utilizar tres métodos que son: hilera, pila estática aireada y en un bioreactor, la diferencia entre los tres

métodos es principalmente la forma de aireación de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos.

Durante el proceso de composteo aerobio, están activos diversos microorganismos aerobios facultativos y obligados. En la fase primaria del proceso predominan las bacterias mesófilicas, cuando la temperatura sube a 50°C o más predominan las bacterias termófilicas, que conducen a hongos termófilicos que aparecen después de 5 o 10 días. En las últimas etapas o periodo de la maduración aparecen mohos y actinomicetos cuando estos microorganismos no están presentes en concentraciones significativas en los residuos sólidos a procesar puede que sea necesario añadirlos al material fermentado como un aditivo o inóculo.

Los parámetros cruciales para el control de los procesos de compostaje aerobio incluyen contenido de humedad, relación carbono / nitrógeno y temperatura. Los microorganismos aerobios utilizan oxígeno, se alimentan de materia orgánica y desarrollan tejido celular a partir del nitrógeno, fósforo, algo de carbón y otros nutrientes necesarios. Gran parte del carbón sirve como energía para los organismos y se acumula y se expulsa como dióxido de carbono. Como el carbono orgánico sirve como fuente de energía y como carbono celular, se requiere más carbono que nitrógeno, para implementar un proceso de composteo aerobio es necesario tener en cuenta una serie de consideraciones para el diseño y funcionamiento, estas están principalmente separados y no separados, asociados con la descomposición biológica de los residuos sólidos.



PROCESO DE PIROLISIS

A. INCINERACIÓN.

CONCEPTOS GENERALES DE LA INCINERACION.

Definición.

Según el proyecto de la Norma Oficial Mexicana NOM-CRP-ECOL/95, la **incineración** de residuos se define como un proceso que utiliza elevadas temperaturas como principal medio para cambiar el carácter químico, físico, biológico o la composición de los residuos.

Objetivos de la incineración.

Los objetivos principales de la incineración de los residuos son:

- * Eliminar su peligrosidad
- * Reducir el volumen y peso.
- * Aprovechar la energía liberada.

1.1 Principios básicos de la combustión.

Definición

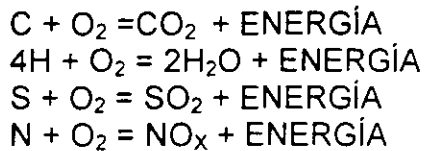
La **combustión** es la oxidación rápida que sucede durante la combinación de combustible y oxígeno, este último comúnmente obtenido del aire, con producción de energía (calor, luz y sonido), "Productos de Combustión" (sólidos y gases) y vapor de agua

La mayoría de los combustibles (incluidos los residuos sólidos), están compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno, junto con pequeñas cantidades de azufre, nitrógeno, cloro y otros elementos

Bajo buenas condiciones de incineración, el combustible se transforma en una mezcla de dióxido de carbono (CO_2) y vapor de agua ($\text{H}_2\text{O}_{(v)}$), pero también se producen óxidos de azufre y nitrógeno (SO_2 , NO_x). Cuando se queman plásticos clorados se produce ácido clorhídrico (HCL). Cuando la combustión no es completa, los productos pueden contener monóxido de carbono (CO), oxígeno (O_2), y probablemente sustancias tan complejas como el alquitrán.

Los combustibles sólidos, generalmente, también contienen material no combustible, el cual produce un residuo sólido (ceniza), cuando el material restante se ha quemado.

Las ecuaciones químicas que representan las reacciones de oxidación que suceden durante la combustión son las siguientes:



Sin embargo en la práctica, el oxígeno se obtiene del aire, en donde siempre está acompañado por nitrógeno en una relación volumétrica de 79% de nitrógeno y 21% de oxígeno. Consecuentemente puede darse el caso de que no se suministre suficiente aire para que el oxígeno este presente en la cantidad precisa para una combustión completa, y entonces el carbón reacciona de la siguiente manera:



Combustión de los Residuos Sólidos.

Durante la combustión de materiales e desecho, la humedad es la primera impelida, posteriormente evolucionan gases combustibles (H_2 , CH_4 , etc) o volátiles, producto de la descomposición de una parte de la materia orgánica. La cantidad liberada de volátiles depende de la naturaleza del material de desecho y de la temperatura. La volatilización comienza entre 200°C y 250°C , mientras que a los 530°C , prácticamente todos los volátiles habrán sido liberados.

El contenido de volátiles en los residuos sólidos orgánicos es de 70 a 85% en peso, por lo que se requiere el uso de aire secundario sobre el lecho de residuos para quemar los volátiles, que se incendian a temperaturas superiores a los 750°C .

1.2 Factores que influyen en la Combustión de los Residuos

Los residuos sólidos son comúnmente una mezcla heterogénea de materiales, en los que esta heterogeneidad puede ser dimensional afectando, con los objetos voluminosos, a la mantención del horno y a la eficiencia de la combustión impidiendo un buen contacto, "aire-combustible", necesario para una buena combustión. La heterogeneidad en la composición de los residuos, más o menos rico en calorías, puede hacer variar la cantidad de aire necesario para una combustión completa, por otra parte, el agua contenida en los residuos, no solamente no aporta calor, sino que absorbe parte de este para su evaporación.

El contenido de agua es muy variable, generalmente entre 25 y 60% de la masa de los residuos brutos, según su origen, la estación y el estado atmosférico del momento (lluvia) Una buena fase de secado permitirá eliminar esta agua y así alcanzar la temperatura de inflamación.

El contenido de interés de los residuos varía entre 15 y 40% en peso. Cuando la combustión se termina las parrillas se recubren de una escoria inerte que se oscurece progresivamente a medida que entra en contacto con el aire.

Otro factor importante para la combustión de los residuos sólidos es el poder calorífico, el cual se define como la cantidad de calor liberada por la combustión completa de una unidad de masa, siendo preferible que dicha cantidad de calor sea lo más alta posible.

Siempre es conveniente separar los residuos sólidos en, por lo menos dos grandes grupos, no peligrosos y peligrosos, ya que estos últimos requieren de temperaturas mayores a los 1200°C, mientras que para los no peligrosos basta con 900°C, en promedio.

1.3 Aspectos Técnicos a considerar en la Operación de Sistemas de Incineración.

- * Características físico - químicas de los residuos a procesar.
- * Temperatura de operación en la cámara de combustión.
- * Tiempo de residencia de los residuos dentro de la cámara de combustión.
- * Temperatura de los gases en la cámara de post - combustión.
- * Porcentaje de aire necesario para la combustión.
- * Presión negativa en el interior del horno
- * Control del funcionamiento de los sistemas de depuración y purificación del aire.
- * Verificar que la escoria o cenizas no contengan residuos combustibles, en el caso de residuos sólidos.

Los factores considerados anteriormente, son determinantes para asegurar o garantizar que se lleve a cabo una combustión completa, y sus parámetros están especificados en las Normas Oficiales correspondientes y consideramos al seleccionar o diseñar la tecnología técnicamente adecuada para el tipo de residuos a procesar.

2.- CLASIFICACION DE INCINERADORES DE RESIDUOS SÓLIDOS.

Clasificación comercial.

Esta clasificación se hace, dependiendo de la capacidad y tiempo de operación de un incinerador, teniendo principalmente tres tipos:

- a) Operación continua (24 horas/día)
- b) Operación semi - continua (16 horas/día)

c) Tilo batch (8 horas/día)

El primero de estos incineradores, es el que se usa generalmente para incinerar grandes cantidades de residuos y por lo general, se instala en forma centralizada para dar servicio a diferentes generadores de residuos.

Los otros dos tipos de incineradores, son por lo general de capacidades menores y su aplicación es en el lugar donde se generan los residuos (in-situ), pero a la vez prestan servicio a otros generadores. La mayoría de las veces su alimentación de residuos es por lotes.

Clasificación Técnica.

Existen en la actualidad y en funcionamiento, varios tipos de incineradores para residuos: municipales e industriales, dependiendo del tipo de horno o cámara de combustión de que se trate, los cuales se podrían clasificar de la siguiente forma:

- a) Horno de Parrillas de Combustión
- b) Horno rotatorio
- c) Lechos fluidizados
- d) De hogar múltiple
- e) Inyección líquida o gaseosa
- f) Hogar fijo

A continuación, se describen brevemente cada uno de estos tipos de hornos:

a) Horno de Parrillas de Combustión

Los incineradores de parrillas de combustión, consisten en una cámara o bóveda herméticamente cerrada y cuyo lecho está compuesto por parrillas metálicas que sirven para conducir los residuos a lo largo de la cámara de combustión.

Dependiendo de la tecnología o fabricante de incineradores, tendremos diferentes tipos de parrillas, dentro de las cuales podremos señalar principalmente las siguientes:

- ★ Parrillas móviles horizontales e inclinadas.
- ★ Parrillas tipo rodillos rotatorios
- ★ Parrillas banda sin-fin

Estos hornos incineradores generalmente están compuestos de dos o tres zonas de parrillas donde se realiza el proceso de combustión de los residuos. En la primera zona de parrillas, generalmente se lleva a cabo el pre-secado de los residuos, aprovechando el calor que se genera en la combustión; sucesivamente en la segunda zona de parrillas, se origina la combustión de los residuos y en la tercera zona se termina completamente la combustión, quedando una masa inerte (escoria) compuesta por cenizas y materiales incombustibles, que son conducidos a un sistema de captación y manejo de escorias.

Estos tipos de hornos incineradores son aplicables en el tratamiento de residuos sólidos municipales industriales y ecológicos infecciosos, cuyo contenido de líquidos no sea considerable al grado de producir escurrimientos.

Los incineradores de parrillas fijas, son principalmente modulares y de poca capacidad, su operación normalmente es de cuando mucho 12 horas/día. Las parrillas fijas solo es el lecho donde se depositan los residuos sólidos y por las parrillas se conducen las cenizas producto de la combustión, y al final de cada carga incinerada, manualmente las parrillas se bajan para descargar la escoria en algún depósito de captación y/o enfriamiento.

a) Horno Rotatorio.

Este tipo de horno está compuesto por una cámara de combustión geoméricamente en forma de cilindro, cubierta internamente de un material refractario, la cual está sobre una superficie horizontal, movida por uno o más motorreductores, sucesivamente cuenta con una cámara de combustión secundaria, en la cual se lleva a cabo la incineración de los gases producto de la combustión, a diferencia de la primera, esta cámara es estática. Este tipo de incinerador es recomendado para incineración de residuos sólidos de gran tamaño y peso molecular alto (llantas, entre otros), y es capaz de procesar residuos líquidos y gaseosos, alimentados mediante un sistema de atomizado o por goteo sobre otros residuos. Este tipo de horno, es uno de los de mayor utilización en la industria del cemento, procesos de secado rotativo y aplicado principalmente para el tratamiento de residuos industriales peligrosos, pudiendo manejar residuos de diferentes características físico químicas.

c) Horno de lecho fluidizado

Los hornos de lecho fluidizado consiste en una cámara de combustión, la estructura tiene forma rectangular o circular y esta es colocada verticalmente. La combustión se lleva a cabo sobre un lecho de arena sílica, suspendida sobre una superficie metálica, mediante la inyección de aire de combustión a una presión elevada. Los gases de producto de la combustión son expulsados por la parte superior de la cámara de combustión, una vez que fueron oxidados.

Las cenizas y/o escorias resultantes son precipitadas por gravedad por un ducto y transportadas por un tornillo Sin-fin o cualquier otro sistema de transporte. Los residuos sólidos a incinerar en este tipo de horno deben de ser

previamente torturados a una granulometría, lo más reducida posible.

Los hornos de lecho fluidizado facilitan el secado y la combustión de residuos con un contenido de agua muy alto, se aplican para incinerar residuos sólidos, líquidos y lodos de Plantas de Tratamiento de Agua y en uno de los mejores sistemas para la recuperación de la energía

d) Horno e hogar múltiple.

Este tipo de horno esta formado por un cámara de combustión, dividida en varias etapas por discos múltiples, tiene un brazo agitados que mueve las paletas, los cuales flotan suavemente sobre la superficie del disco, desplazando hacia abajo los residuos. El flujo de los gases producto de la combustión, es forma ascendente en dirección contraria al flujo de los residuos, esto permite que sean deshidratados efectivamente. Este tipo de hornos es recomendable para incinerar lodos de Plantas de Tratamiento de Aguas, cuyos residuos traen un gran contenido de agua y bajo poder calorífico.

e) Inyección líquida o gaseosa.

La mayoría de los residuos generados en la industria y la mayoría de los residuos peligrosos, son líquidos, pero también no todos los residuos líquidos peligrosos pueden ser incinerados.

El horno incinerador de residuos líquidos es prácticamente un horno de cámara de combustión fija recubierta con material refractario y en la mayoría de las veces tiene una estructura exterior de tipo metálica. El tipo, tamaño y forma de un horno de incineración de residuos líquidos, esta en función de las características del diseño del generador de aire de distribución y diseño de paredes. La inyección de los líquidos en este tipo de hornos se hace mediante el bombeo a presión y por medio de boquillas se obtiene un esparcido o atomizado. Su uso principal es para quemar residuos líquidos de valores caloríficos altos, materiales de combustión fácil.

f) Altas temperaturas de fusión

Estos tipos de hornos incineradores están diseñados para tratar residuos por descomposición térmica a muy altas temperaturas, para gasificación, combustión y al mismo tiempo convertir sustancias inorgánicas en lodos. Estos incineradores de horno se subclasifican en dos tipos: carrete y conductor .

Los hornos de fusión tipo carrete, consisten en una cámara de combustión provista por una flama cuya temperatura es superior a la temperatura de fusión de los residuos inorgánicos. Los residuos al ser fusionados son convertidos en un fluido y derramados a través de una abertura. El horno tipo conducto es un cilindro con un hoyo en el fondo por donde pasa el fluido fusionado

g) Horno de hogar fijo.

Los hornos de hogar fijo consisten en una cámara de combustión cuyo lecho o piso es fijo, puede tratarse de un cubierta de ladrillo refractario o una placa metálica. Actualmente existen diseños que cuentan con sistemas para alimentar y/o retirar las cenizas con un sistema de empujada mecánico. En cuanto a capacidad estos hornos son muy pequeños, considerándose comercialmente del tipo "Batch", Su aplicación principal es en incineración "Insi-Tu" de residuos comerciales y en algunos hospitales.

En la actualidad lo incineradores de inyección líquida son los tipos de incineradores más comunes, estos representan el 64 % de todos los incineradores de residuos peligrosos que se encuentran en servicio actualmente.

La mayoría son diseñados para combustibles líquidos como el utilizado en calderas, utilizando las mismas técnicas de atomización, mezcla de aire y quemado. Estas unidades deben ser diseñadas para varios tipos de desperdicios líquidos, que son completamente orgánicos, otros son acuosos con orgánicos o inclusive residuos acuosos con orgánicos y sólidos.

Los sólidos son usualmente disueltos en orgánicos con los residuos líquidos.

Uno de los compuestos orgánicos que es considerado de los más peligrosos es aquel que contiene, cloro y usualmente se le llama hidrocarburo clorinado. La mayoría de los procesos industriales como los agrícolas, farmacéuticos y de refinería generan este tipo de compuestos. El cloro tiende a reducir la combustión debido a que reduce el valor calorífico y también crea un combustible más difícil de quemar y si es quemado de manera incorrecta, el material clorinado tenderá a formar un polvo negro como resultado de una mala combustión. Los productos de la combustión incluyen ácido clorhídrico gaseoso, dióxido de carbono, oxígeno, nitrógeno y vapor de agua.

La naturaleza corrosiva de los fluidos causan problemas en las boquillas, refractoras y en las corrientes de calor que se quieran recobrar y sobre todo en los instrumentos de control de contaminación del sistema de incineración.

Los sistemas son operados actualmente con la última tecnología para combustión y sistemas de tratamiento térmico, (esto incluye materiales de construcción) además con excelentes sistemas de instrumentación para recobrar el calor (calderas de desperdicios) y recobrar productos secundarios (torres de recuperación) Unidades de operación con cargas de generación de vapor de 60,000 lbs/hora están en servicio hoy día.

Para sólidos, lodos y material que no se transportan por medio de bombas, el

incinerador de tipo horno rotativo es el de mayor utilización.

Normalmente el residuo no requiere un pre-tratamiento antes de ser suplido al incinerador. El horno refractario debe soportar la carga de los drenes con sólidos o lodos. Cierta tipo de lodos, "slurries" y líquidos son alimentados por medio de un desplazamiento positivo de las bombas hacia la cámara de incinerador. Algunos son inyectados por medio de boquillas similares a las unidades de inyección de líquidos.

En el horno, es introducido suficiente aire para generar la combustión del material altamente volátil. Los compuestos orgánicos que forman sólidos son calentados a temperaturas de evaporación liberando gases hidrocarburos, conocido de carbono, hidrógeno, etc. Rotación, tratamiento largo, pendiente y diámetro del horno determinan el tiempo de residencia total para que se le permita a los compuestos hidrocarbonados que se evaporen de los sólidos.

Las cenizas inertes en el desperdicio es lo único que queda, son recogidas en un sistema de colector de cenizas.

Los gases de volatilización se encuentran a temperaturas de 1600-200000 °F. Este combustible puede estar en la forma de desperdicios solventes, orgánicos u otro combustible con un poco o ningún contenido de cenizas.

COMPOSTEO DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES PROCESO FÍSICO Y BIOLÓGICO (RSM)

INTRODUCCIÓN:

En el tratamiento biológico de la fracción orgánica de los residuos sólidos municipales se han incorporado una gran cantidad de tecnologías, tendientes a convertir la materia orgánica en un producto húmedo de alta calidad al cual se denomina composta. Para seleccionar y preparar la materia prima a tratar biológicamente se están utilizando actualmente una serie de equipos que de manera integral forman el proceso de preparación de la materia orgánica para compostear, estos equipos originalmente se desarrollaron para otros propósitos principalmente en los sistemas de reciclamiento de residuos sólidos municipales mezclados, pero en la actualidad son usados para la reducción de contaminantes.

En la actualidad ha resurgido el interés de producir composta de la fracción orgánica de los residuos sólidos municipales, el cual es un reto máxime cuando se trata de separar la materia orgánica de los residuos sólidos mezclados, toda vez que son extremadamente heterogéneos en tamaño, humedad, contenido nutritivo y las fracciones orgánicas pueden estar contaminadas con residuos inorgánicos y algunos peligrosos.

Para obtener un producto de calidad y poder comercializarlo requiere de una variedad de tecnologías de procesamiento físico unido a los procesos biológicos. Este documento trata de la variedad de tecnologías y las opciones disponibles en la actualidad para una planta moderna de producción de composta, procesa la fracción orgánica de los residuos sólidos municipales requiere cuando menos cuatro etapas del proceso; almacenamiento de la materia prima, separación de contaminantes y mezclas, y descomposición biológica, cada una de estas etapas serán tratadas en seguida.

1.- ALIMENTACIÓN

Si se considera al composteo como un proceso manufacturero, la materia prima ideal serían residuos orgánicos limpios, este ideal raramente se cumple y por lo regular ingresan a las plantas de composteo residuos conteniendo una gran variedad de contaminantes.

Analizando la "biobasura" se observan que contienen hojas, ramas residuos de alimentos, poda de jardinería, papel, etc.; en estos deshecho mezclados

incrementa el tipo de volumen de contaminantes no composteables, los cuales incluyen materiales como plásticos, vidrio, contaminantes químicos (residuos peligrosos domésticos).

Ambos contaminantes físicos y químicos pueden tener un impacto negativo en la comercialización del producto terminado y la remoción de los tóxicos abarca una gran parte de los costos de las modernas plantas de composteo

Algunas comunidades separan reciclables, como latas de vidrio, papel seleccionado, y plástico a través de un programa de recolección separada. El papel es uno de los materiales reciclables comunes con potencial también para compostaje, pero se prefiere su reciclaje.

La recolección separada, de estos reciclables puede significar una reducción visible de contaminantes en la composta terminada, aunque desafortunadamente tienen impacto limitado sobre el problema de contaminación química.

Los contaminantes químicos en RSM incluyen químicos tóxicos orgánicos y metales pesados. Algunos de ellos son altamente difusos, son utilizados en pequeñas cantidades como pigmentos y estabilizadores. Otros están concentrados en un número limitado de productos facilitándose su separación y aprovechamiento -

La mayor parte de los químicos orgánicos se volatilizan o degradan durante el proceso de composteo, aunque algunos bifenilos policlorados (PCBs) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) pueden persistir.

Algunos químicos que son degradados pueden exponer a los trabajadores de plantas de composteo a riesgos potenciales por exposición de emisiones volátiles, aunque la naturaleza y extensión de los daños no está bien caracterizada en el presente. Los metales pesados pueden crear problema con contaminantes del producto final, ya que no se degradan durante el proceso en cambio se concentran. El composteo tiende a reducir la disponibilidad de metales a través de la quelación, oxidación y absorción

La mayoría de metales pesados se encuentra en bajas concentraciones en la composta, considerándose como seguras, con excepción del plomo. El plomo está contenido en baterías, soldadura de aparatos electrodomésticos, relojes calculadoras, vidrio, pintura para madera, envolturas para botellas de vino, etc

Es difícil separar las basuras contaminadas, por ejemplo, los desechos electrodomésticos pueden contaminar el material orgánico a través de lixiviados o contacto directo antes de la recolección.

Un programa de recolección separada es la forma más efectiva para minimizar la contaminación de la materia orgánica desde su origen

Se utilizan dos programas para separación de compostables de otros contaminantes en el proceso de recolección. Programas de residuos peligrosos domésticos enfocados a la separación de contaminantes en la fuente. Tales programas tienen identificados los contaminantes metálicos de importancia en composteo y las tasa de recuperación son típicamente menores a 10-15% sin embargo, se considera que pueden alcanzarse entre un 50 a 90% con programas educativos y/o sistemas de depósito.

La otra opción se separa en la fuente los orgánicos compostables. Tales programas pueden incluir residuos alimenticios y de jardinería, productos de papel y en algunos casos se consiguen niveles de recuperación de 40 a 50% para composteo. Sin embargo aún cuando los orgánicos compostables se recolectan separadamente, pueden observarse una mínima contaminación. Para limitar el grado de contaminación es necesario considerar un tipo de separación centralizada.

2.- SEPARACIÓN CENTRALIZADA.

Algunas tecnologías actualmente aplicadas para composteo de RSM fueron desarrolladas para recuperar materiales reciclables o energía de los residuos sólidos.

En sistemas de composteo, la recuperación es solamente uno de los tres objetivos en la separación de materiales.

- 1) Recuperación de materiales como bioproductos comerciables
- 2) Reducir los niveles de materiales inertes variables
- 3) Reducir los niveles de contaminantes químicos

Algunas tecnologías están diseñadas para reducción de inertes aunque raramente están optimizados para reducir el nivel de contaminantes químicos.

Hay un rango amplio de tecnologías disponibles para separación (tabla 1). Las plantas que manejan residuos orgánicos separados en la fuente requieren mínima tecnología de separación.

TABLA 1

COMPOSTEO DE RSM TECNOLOGÍAS DE SEPARACIÓN

TECNOLOGÍA	MATERIALES
Cribas	Grandes: película plástica, papel cartón, etc Medianos: Reciclables orgánicos, etc Finos: orgánicos, fragmentos metálicos, etc
Selección manual	Reciclables, inertes y contaminantes químicos
Separación magnética	Material ferroso
Corriente "Eddy"	Material no ferroso
Clasificación con aire	Ligeros: papel plástico Pesados: metales vidrio, orgánicos
Separación en agua	Flotan: orgánicos etc.
Separación balística	Hunden: metales vidrio, grava, etc Ligeros: plásticos vidrio, grava, etc Medio: Composta Pesados: metales vidrio grava, etc

Algunas de estas tecnologías son sofisticadas mecánicamente para reducir los contaminantes químicos, el sistema más efectivo es la mano de obra humana. La selección manual puede darse en algunos puntos en el proceso iniciado en el patio de recepción con la eliminación de objetos voluminosos tales como alfombras colchones y materiales peligrosos con recipientes con propano etc

La mayoría de las planta de composteo primero conducen la basura hacia un rompedor de bolsas y criban para separar la basura en diferentes tamaños de partícula. Las películas plásticas y productos grandes de papel pueden separarse en este estado y venderse como combustible derivado de residuos que es incinerado para recuperación de energía.

En estudios realizados en Inglaterra se obtuvo que la fracción de 3 a 5 pulgadas contienen un 40% de metales, la fracción de 5-10 pulgadas contiene un 38% de vidrio y el 67% de la fracción mayor a 12 pulgadas fue papel con gran valor para reciclaje

Algunos tipos de cribas que se están usando con residuos sólidos incluyen cribas estacionarias, vibratorias, de disco y rotativas.

Las cribas estacionarias y vibratorias permiten la separación de diferentes tamaños de partícula. Una criba de disco tiene discos verticales con pequeños orificios. Una criba es un cilindro largo que rota con los residuos dentro de él (fig 1).

El atascamiento es un serio problema con cribas estacionarias; las cribas vibratorias minimizan este problema instalándolas con cierta inclinación y aplicando movimiento oscilatorio que agite el material que cae sobre la criba. Los trommels normalmente resuelven el problema con un cepillo rotatorio instalado al final del túnel.

Las cribas vibratorias y los trommels screens juegan un papel muy importante en la preparación del material enviado a compostaje, pero también pueden utilizarse para separar contaminantes del material parcialmente composteado o de la composta madura.

Debido a que la descomposición reduce la materia orgánica a una forma más homogénea los componentes inertes sobresalen en tamaño y de esta manera pueden separarse del material composteado. El cribado se recomienda para mejorar la calidad estética de la composta antes de la etapa de maduración.

Los trommels o screens se usan comúnmente para iniciar el procesamiento de residuos en las plantas modernas de composteo de RSM y plantas para recuperación de materiales.

Los residuos se alimentan por una entrada del cilindro rotatorio, transitan a lo largo de él y al rotar los residuos que atraviesan los orificios de la criba se separan de los más grandes los cuales llegan hasta la salida del cilindro. Algunos trommels se diseñan en secciones: orificios pequeños cerca de la entrada, terminando con orificios grandes al finalizar. El diseño de un trommel deberá considerar el tipo de residuos a cribar, para seleccionar el tamaño adecuado de la criba, longitud, diámetro, velocidad de rotación y ángulo de inclinación. En plantas de composteo pueden incluir cuchillas para romper bolsas, una criba fina al inicio para separar suelo, algunos alimentos, pasto, y una criba primaria que debe tener orificios de 7 a 10 pulgadas de tamaño para que materiales de tamaño puedan separarse (botellas, latas y otros reciclables). El papel, cartón y película plástica pueden seleccionarse para reciclar o venderse como combustible derivado de residuos (RDF). Con el material separado en tamaño uniforme es mucho más rápida la separación manual de reciclables y contaminantes al caer a una banda transportadora. La separación mecánica antes de la selección manual puede minimizar estos costos, algunos residuos pueden dañar el equipo por lo que se necesita eliminar rápidamente.

Como la selección manual de RSM puede ser una labor desagradable la comodidad y seguridad de los trabajadores es muy importante. El consejo de composteo de residuos sólidos (SWCC) de Arlington V.A. recomienda que esta parte de la operación se localice en un espacio cerrado, con buena iluminación y ventilación. Una ventilación apropiada puede minimizar la exposición de los trabajadores a olores y químicos volátiles de la basura. Aquí y en toda la planta es recomendable que los trabajadores usen lentes de seguridad, guantes y vestuario adecuado para protegerse contra daños por la forma de los objetos.

Los transportadores y otra maquinaria para manejo de materiales son críticas para la operación de una planta. Mientras que este equipo puede parecer mundano, el manejo apropiado de materiales puede reducir tiempos de limpieza, y contribuye a la eficiencia total de la planta. Algunas aplicaciones tal como pasos elevados puede requerir diseño especial.

Los transportadores inclinados pueden ayudar a controlar el flujo de los residuos aunque un exceso de material tiende a caer. El flujo continuo de materiales puede mejorar la eficiencia de separación. Ya que los materiales son conducidos de un sistema de separación a otro pueden adaptarse separadores magnéticos para separar los metales ferrosos del flujo de residuos. La clasificación con aire antes de la separación magnética minimiza los contaminantes en los residuos ferrosos; las tasas de recuperación de material ferroso es del 80% de esta forma. La pretrituración y el cribado también aumentan la recuperación del material ferroso. La separación magnética también es sensible al peralte de los residuos, si es muy alto el separador magnético no separarlo, además puede jalar residuos como, papel o plástico, las capas delgadas son más efectivas y pueden exponerlos fácilmente por arrastre de cadenas o mediante transportadores inclinados. Debido a que la separación magnética es barata, puede utilizarse algunas veces para capturar partículas pequeñas de material ferroso después de moler los residuos en una planta de composteo.

La separación magnética es efectiva con el hierro y la mayoría de aceros pero falla para separar aluminio, cobre y otros metales no ferrosos.

Para separar metales no ferrosos se han desarrollado sistemas de separación con aire, esta tecnología se basa en la acción de fuerzas de repulsión sobre la conductibilidad eléctrica de los materiales. Las fuerzas de repulsión son resultados de la interacción entre los remolinos de aire que cambian el campo magnético. Estos sistemas pueden instalarse después del separador magnético para minimizar la contaminación con materiales ferrosos.

El aluminio es el material que primero se recupera de los RSM, al igual que el cobre y el latón. Las latas literalmente brincan del transportador hacia un recipiente que las recibe. (fig.2) Las eficiencias de recuperación varían de acuerdo al peralte de los residuos, velocidad de la banda, preprocesamiento y la fuerza del campo magnético. Pruebas a gran escala y fabricantes de este tipo de equipos estiman que se puede obtener una eficiencia de separación entre el 50 a

90%. Los transportadores inclinados pueden tener una ventaja en esta aplicación ya que facilitan el salto de las latas fuera del transportador. Los separadores de aire en contraste, no pueden separar perfectamente el aluminio, produciendo un aluminio relativamente comerciable como producto

Una tecnología adicional empleada en algunas plantas de composteo es la clasificación con aire, comúnmente utilizada para generar RDF comercial, esta tecnología ha sido utilizada en la industria de combustión por algunos años. El corazón de un sistema de clasificación con aire es una columna de aire o "garganta" hacia donde es alimentada la corriente de residuos o una velocidad adecuada

La columna de aire normalmente se orienta verticalmente aunque existen sistemas de tambor rotatorio y horizontal. Un gran soplador succiona aire hacia arriba de la garganta, acarreando material ligero como papel y plástico, quienes entran en un separador ciclónico donde pierden velocidad y caen fuera de la corriente de aire. Materiales pesados como metales, vidrio y residuos alimenticios caen inmediatamente fuera de la garganta (fig 3), estas dos corrientes tienden a separar materiales con diferentes tamaños y densidad facilitando su separación posterior

El vidrio y metales pueden separarse de la fracción pesada por sistemas como los separadores húmedos. La fracción ligera puede comercializarse directamente como RDF, o seleccionarse como papel y plástico reciclando antes de compostear. La clasificación de aire pueden usarse para separar vidrio, metal y piedras mezclados con la composta para producir un producto de alta calidad. En esta aplicación la composta puede necesitar secarse, cribarse o limpiarse con un separador magnético para minimizar diferencias de densidad. La separación permite obtener una composta más homogénea en forma más eficiente.

Clasificación con aire.- Con una velocidad del aire de 10m/s en una garganta en zigzag Worrel y Vesilind fueron capaces de separar de una corriente de residuos cerca del 90% de plástico y 100% de papel que fueron acarreados con la corriente de aire quemado un remanente conteniendo 90% de aluminio y 96% de metales ferrosos, como en otros sistemas de separación la tasa de alimentación puede tener un efecto dramático sobre la eficiencia de separación. En combinación con el cribado y la reducción del tamaño, la clasificación con aire puede utilizarse para reducir significativamente los niveles de contaminación con metales

Las tecnologías para separación de materiales utilizan las diferencias de densidad de los residuos pero con diferentes medios de flotación (aire, agua), estas unidades se utilizan para eliminar partículas pesadas de los materiales orgánicos, antes de compostearlos

Un molino u otro reductor de tamaño, es necesario antes de la separación húmeda para minimizar el potencial de las burbujas de aire en la fracción pesada. Después de suspender en el flujo de agua gotas de fracción pesada caen a un tanque donde son movidos a una zona de remoción, esta fracción puede comercializarse

como agregado sustituto en aplicaciones de construcción. la materia orgánica ligera flota y es removida del agua en recirculación, usando una criba estacionaria o rotativa, sistemas similares se utilizan en plantas de tratamiento de aguas residuales.

La separación balística o inicial explota las diferencias de densidad y elasticidad para separar componentes orgánicos e inertes, este método puede utilizarse al iniciar o terminar el proceso de composteo. La composta es vertida en un cilindro o cono giratorio resultando diferentes trayectorias para el vidrio, metales, piedras y composta.

Estas son la tecnologías más comunes de separación de RSM en plantas de composteo, su diseño puede basarse en las características de la materia prima, especificaciones de calidad del producto terminado y la posibilidad de comercializar productos clasificados, recuperación de reciclables, condiciones locales de mercado, etc.

3.- REDUCCIÓN DE TAMAÑO Y HOMOGENIZACIÓN.

Una vez que los materiales no compostables se removieron, deben reducirse de tamaño las piezas grandes de papel, cartón, alimentos y residuos de jardinería.

La reducción del tamaño de partícula aumenta la superficie de exposición favoreciendo la descomposición sobre la superficie de las partículas. Sin embargo, la reducción del tamaño de partículas reduce el tamaño de poro, limitando el transporte de oxígeno requerido para metabolismo aerobio. La reducción del tamaño de partícula ocurre después de la separación inicial de no compostables. Los siguientes son los tres mejores tipos de reductores de tamaño para RSM: molinos, trituradoras y tambores rotatorios.

Molinos de martillos.- Consiste de flechas con martillos de acero. Los ejes de los martillos pueden montarse verticalmente u horizontalmente.

Molinos de tina.- Usan una tina rotatoria para alimentar a un molino horizontal y tiene un punto común en grandes plantas.

Los molinos de martillos también son utilizados para triturar madera, carbón y vidrio; la naturaleza heterogénea de los RSM requieren consideraciones especiales en la selección de la alimentación y descarga del molino de martillos.

Trituradoras.- Consiste de un par de cuchillas o ganchos rotativos opuestos que rotan a baja velocidad con alto toque. El plástico puede atascar las cuchillas. Este tipo de trituradoras se utilizan en otras industrias como las de alimentos y reciclaje de metales.

Tambores rotatorios.- Mezclan materiales por caída en un cilindro rotatorio (fig 6). Las mamparas internas elevan el material, y al estar rotando el cilindro vuelve a caer la base; los tambores pueden instalarse en posición horizontal e inclinada, esto no siempre es necesario para acarrear el material a través del tambor; algunas veces estos tambores son llamados reactores biológicos; tiempos de residencia menores a 36 horas conceden solamente el inicio de la descomposición microbiológica; estos tambores se basan en el principio gravitacional para mezclar, remover y homogeneizar los residuos, la cual es muy importante si el mezclado está limitado en el sistema de composteo subsecuente.

La densidad y componentes abrasivos ablandan los materiales alimentados obteniéndose una reducción de tamaño considerable de papel y otros materiales celulósicos. Algunos artículos inertes pueden cribarse fácilmente fuera del tambor: películas plásticas, textiles, cables, etc. Tienden a formar 'cuercas' que requieren remoción manual.

Algunas variables en el diseño del tambor incluye el tiempo de residencia (basado en longitud, diámetro y profundidad), inclinación del eje de rotación, la forma y cantidad de mamparas internas. El tiempo de residencia varía desde pocas horas hasta algunos días, aunque a mayor tiempo de residencia, mayores son los costos de inversión, operación y mantenimiento del equipo. Los tambores con grandes tiempos de residencia pueden dividirse en varios comportamientos con lo cual se obtiene materia orgánica en diferentes etapas de proceso. Estos son factores a considerar para la selección de la reducción de tamaño, incluyendo la capacidad, consumo de energía, requerimiento de refacciones (tales como remplazamiento de martillos) y características de descarga.

Se recomienda reducir el tamaño de partícula de 1.3 a 7.6cm para no reducir los poros donde circula aire. Un rango menor es recomendable en sistemas con aireación forzada. Partículas grandes también son convenientes para mantener una porosidad adecuada.

Evacuaciones realizadas con molinos de martillos con diferente tamaño de parrilla (80-250mm) así como cizalla indican que la cizalla grande produce partículas más grandes que el molino de martillos, especialmente en el caso del vidrio, con la consecuente facilidad de remoción con una criba. Estos estudios también señalan la ventaja de esperar la descomposición de la materia orgánica antes de proceder a la separación de contaminantes inertes tales como plásticos. Un cribado prematuro rechaza piezas grandes de materia orgánica junto con contaminantes, pero si la materia orgánica es descompuesta antes, su tamaño de partícula disminuye, disminuyendo su rechazo. Sin embargo la reducción de constituyentes peligrosos pueden reducir la efectividad de las tecnologías de separación de contaminantes. La elevada recuperación de orgánicos pueden compararse nuevamente con los niveles de contaminantes metálicos que aparecen como resultado de la reducción de tamaño, mezclado y contacto con la materia orgánica durante la descomposición.

En la etapa final del proceso, después de la etapa de composteo activo, es común agregar agua, lodos o residuos sépticos dentro de los digestores para aumentar la humedad o mejorar la relación C/N

La separación, reducción de tamaño y mezclado/homogeneización son todos prerequisites para el proceso biológico de composteo. Estos procesos mecánicos son tan importantes como el proceso biológico para determinar la efectividad del mismo. Una preparación adecuada de los residuos orgánicos mejora considerablemente el proceso de composteo subsecuente

4.- BIOPROCESO

El composteo es en esencia un proceso biológico este hecho es algunas veces por lo costoso de las opciones técnicas tan sofisticadas descritas anteriormente. Realmente el manejo de la fase de composteo activo puede parecer demasiado simple en comparación con la complejidad de la separación de materiales y la preparación de la materia prima, pero a partir de una preparación adecuada de estas, se facilita y realza el proceso biológico el diseño y manejo apropiado de estas funciones es crítico. Si el proceso de composteo genera olores excesivos y un producto inmaduro, todo el esfuerzo se va a la basura la negligencia, desconocimiento e incomprensión del control del proceso biológico ha provocado la clausura o serios problemas a este tipo de plantas

El composteo es definido por la intervención humana como un proceso natural de descomposición. Con la combinación de condiciones ambientales apropiadas y tiempo adecuado, los microorganismos transforman la materia orgánica putrescible a un producto estabilizado. El manejo del proceso puede optimizarse mediante varios criterios incluyendo la tasa de descomposición (para reducir el tiempo de residencia en el reactor y minimizar la capacidad requerida) control de patógenos y manejo de olores. Los parámetros ambientales clave son la relación C:N, humedad, oxígeno y temperatura

El carbono y nitrógeno son los dos elementos más importantes en el composteo y uno u otro normalmente son limitante. El carbono sirve primariamente como fuente de energía para los microorganismos quienes incorporan una pequeña cantidad en sus células. El nitrógeno no es crítico para el crecimiento de la población microbiológica ya que es un constituyente de las proteínas y abarca arriba del 50% del peso seco de la masa celular. Si el nitrógeno es escaso, la población microbiológica es baja y tardará más tiempo en el descomponer el carbono disponible.

Un exceso de nitrógeno más allá de los requerimientos microbianos se pierde como gas amoníaco u otro compuesto movible de nitrógeno, y puede provocar olores y otros problemas ambientales

Las proporciones típicas recomendadas de carbono y nitrógeno son 25:1 a 40:1 en peso, pero pueden alternarse para compensar la disponibilidad biológica. Por

ejemplo, existe más carbón en trozos de madera que no están disponibles para los microorganismos durante el tiempo típico del proceso de composteo. Aumentando el área superficial de las partículas mediante el molino o triturador pueden aumentarse la disponibilidad de carbono y acelerar su descomposición si el nitrógeno esta disponible. Como se indico anteriormente el nitrógeno normalmente es el elemento limitante en RSM; Puede agregarse urea, lodos residuales y estiércol de ganado para compensar su falta Sin embargo, un fertilizante nitrogenado debe usarse con precaución como sustituto, ya que las formas minerales pueden provocan graves pérdidas y pueden inhibir la descomposición

El manejo de la humedad requiere un balance entre la actividad microbiana y el suministro de oxígeno. La humedad es esencial para los procesos de descomposición ya que la mayoría de ellos se llevan a cabo dentro de la película plástica sobre la superficie de partículas Sin embargo algunas mezclas también pueden reducir el suministro de oxígeno. El exceso de humedad puede llenar de agua los poros formados entre las partículas, disminuyendo la descomposición microbiológica al estar limitando el transporte de oxígeno El resultado neto es la anaerobiosis, debido a que el consumo de oxígeno excede el remplazo por difusión, la actividad anaeróbica normalmente se lleva a cabo en todo sistema aeróbico, en forma limitada dentro de las partículas, altos niveles de anaerobiosis pueden generar un amplio rango de olores desagradables y penetrantes, así como otros bioproductos La humedad se mide normalmente en términos de contenido gravimétrico de agua esta medida es solamente una aproximación del parámetro biofísico La actividad microbiológica varia más precisamente con el potencial de la matriz acuosa, mientras que la transferencia de oxígeno depende del área de superficie acuosa y espesor de la película Debido a que el contenido de humedad es mucho más difícil de medir que otros parámetros, las recomendaciones de manejo están basadas regularmente en datos empiricos de materiales específicos y humedades, tales correlaciones son convenientes para más propósitos

La descomposición disminuye dramáticamente con humedades menores a 40% - 45%, lo cual puede inducir a los operadores de plantas a asumir prematuramente que la composta está estabilizada vendiéndolas rápidamente Bajas concentraciones de humedad restringen el movimiento de bacterias. Se recomienda un contenido de humedad mínimo de 50% a 55% para alcanzar altos niveles de descomposición de RSM

Los programas de recolección que incluyen papel a menudo están más secos que estos, debiéndose agregar agua o lodos para llevar la humedad a un rango óptimo Aunque 0.5g a 0.6g de agua son producidos por un gramo de sólidos volátiles descompuestos el calor y flujo de aire generado durante el composteo evapora en cantidades considerables agua y tiende a secar el material externo

Esta volatilización de agua juega un papel central en la remoción de calor y control de la temperatura Durante la fase de descomposición activa usualmente se necesita agua adicional para prevenir el secado prematuro y la estabilización

incompleta, el proceso de composteo generalmente inicia con 55% de humedad y desciende a 35% o menos antes del cribado final y comercialización.

El oxígeno y la temperatura están vinculados en el proceso de descomposición, ambos fluctúan en respuesta a la actividad microbiológica, con el consumo de oxígeno se genera calor. El oxígeno y la temperatura también están vinculados por un mecanismo de control común, la aireación. La aireación resuministra oxígeno y cuando este se agota, acarrea el exceso de calor. Este doble propósito hace al control de la aireación el punto principal del proceso biológico ya que controla estos dos parámetros.

El oxígeno es el receptor de electrones en las reacciones de degradación microbiológica, los niveles inadecuados de oxígeno favorecen el crecimiento de microorganismos anaerobios, quienes pueden producir compuestos mal olientes, mientras que un suministro adecuado de oxígeno pueden minimizarlos es importante hacer notar que los paquetes anaeróbicos pueden existir en materiales heterogéneos como RSM, y algunos olores: incluyendo amoniaco, pueden generarse bajo condiciones anaerobias esto es el suministro adecuado de oxígeno puede minimizar la generación de olores pero no puede eliminarlos completamente. Algunos olores generados en las plantas de composteo tienen su origen en los patios de recuperación con la basura cruda la mayoría de estas plantas necesitan tratamiento contra olores para mantener buenas relaciones con sus vecinos.

Para descomponer rápidamente los residuos puede introducirse oxígeno dentro del material por unos minutos. Las limitaciones en la difusión de oxígeno intersticial de al menos 12-14% para descomposición óptima. Muchas plantas de composteo utilizan un sistema de aireación forzada para suministrar oxígeno durante la fase inicial de descomposición. La difusión pasiva y la comunicación natural ayudan a alimentación oxígeno a los sistemas de hileras entre eventos de volteo.

El calentamiento es un producto de la descomposición, es importante elevar y mantener la temperatura para una descomposición eficiente. Temperaturas de 45-59°C favorecen altas tasas de descomposición, arriba de 59°C por algunos días se necesitan para control de patógenos. La temperatura ideal de operación es relativamente estrecha.

La temperatura puede generar olores desagradables, el rango de temperatura en que se pueden proceder en mayor proporción está entre los 56°C y 70°C. En algunas plantas de composteo se opera debajo de este rango para no generar olores desagradables aunque hay quienes operan a temperaturas superiores a los 70°C y consiguen el mismo efecto, la mayor parte de plantas operan entre 55-60°C para conseguir una tasa de reacción, reducción de patógenos y generación de olores adecuados, este rango de temperatura se obtiene controlando la aireación del sistema, el mismo aire que suple el oxígeno, transporta el calor generado. En la Universidad de Rutgers se desarrolló un sistema para el control

de temperatura basado en relaciones estequiométricas y termodinámicas fundamentales que ocurren durante la fase de mayor descomposición. En ocasiones se necesita mucho aire para suministrar oxígeno y remover calor al mismo tiempo este sistema mantiene temperaturas debajo de los 60°C.

La dirección del flujo de aire también tiene impacto sobre el proceso. la aireación y extracción de aire puede realizarse con vacío: en el caso de aire agotado, este se encuentra en tubos simples, de esta forma los olores pueden ser tratados rápidamente, con un biofiltro de composta madura. Los ventiladores presurizados proporcionan aireación más uniforme y eficiente, consiguiendo reducción de malos olores aumento de secado y gran control de temperatura.

La aireación positiva en un espacio confinado tiene retrocesos incluyendo la dificultad para capturar gases agotados para tratar el olor e impactos adversos potenciales sobre los trabajadores incluyendo olores, niebla y en ocasiones niveles peligrosos de amonio con residuos con alto contenido de nitrógeno. Reciclando una mayor fracción de 80% de aire también minimiza gradientes en el reactor controlando variaciones de temperatura dentro de los 3°C a través del reactor. Los reactores de túnel que incorporan este principio están adaptados para residuos sólidos.

La importancia relativa entre la convección natural y la difusión no está bien documentada debido a la dificultad de medición pueden desarrollarse técnicas de manejo para materiales específicos que proporcionen un control adecuado del proceso.

La efectividad y penetración de oxígeno varía con la tasa de actividad microbiana y porosidad de la pila. Zonas de anaerobiosis pueden minimizarse reduciendo el tamaño de la pila o aumentando su porosidad aunque en la práctica condiciones aerobias totalmente son difíciles de conseguir durante el periodo de mayor descomposición. El tamaño de la pila puede aumentarse en climas extremadamente fríos o cuando la descomposición disminuye en la etapa de maduración.

El volteo mecánico de pilas libera calor y humedad y puede aumentar temperamentalmente la porosidad, la agitación puede ayudar a romper trozos de material y de esta forma aumentan la transferencia de oxígeno. El manejo de convección y difusión, tamaño de la pila y frecuencia de volteo dependen de los costos efectivos.

Mucha literatura científica sobre composteo enfoca los mayores costos en el sistema de manejo de materiales, las tecnologías para manejo de materiales mezclado maceración y movimiento de la composta en la planta. Una variedad de procesos de composteo aerobio están muy bien adaptados para usarse con RSM y pueden dividirse en 4 grupos hileras pilas estáticas y reactores verticales y/o horizontales.

HILERAS

Se define como pilas alargadas con volteo, pueden medir más de 100m de longitud, el control del proceso se verifica a través de aireación forzada, la sección transversal varía de acuerdo a la alimentación y equipos de volteo, por lo general miden de 1.5 a 3m de altura y 3 a 6 m de ancho, pilas individuales pueden construirse en algunos días o semanas, pero son manejadas cada una como un lote; se requiere una superficie impermeable para colocar las pilas, la cual permite un manejo adecuado de equipo bajo condiciones ambientales inclementes.

Las pilas pueden formarse con cargadores frontales, transportadores o camiones tipo volteo. Existen así mismo, una gran variedad de máquinas de volteo especializadas, aunque también pueden utilizarse cargadores frontales con este fin, siempre y cuando el operador este bien enterado. El volteo de las pilas incrementa la posibilidad, la redistribución del material, homogeniza el material y rompe terrones formados a lo largo del proceso.

Algunas máquinas también favorecen la trituración y maceración del material, sustituyendo parcialmente algunos pasos del proceso, acelerando de esta forma la descomposición.

PILAS ESTÁTICAS.

Las pilas estáticas pueden formarse igual que las pilas anteriores o en una pila elongada o cama. La diferencia esencial está en el nombre, las pilas estáticas no son agitadas mecánicamente una vez constituidas con transportador, cargador frontal o camión volteo las pilas permanecen en el lugar hasta que se descomponen lentamente.

La falta de agitación necesita el mantenimiento de porosidad adecuada por un largo periodo de tiempo, pueden agregarse trozos de algún material inerte al material en proceso (trozos de madera) y su control se realiza a través de aireación inducida o vacío junto con el control de variables como la temperatura y oxígeno.

La tubería para ventilación puede ser temporalmente de plástico o metal en una cama de material grande en la base de la pila, o a la entrada de la pila se pueden colocar almohadillas de composta bajo placas perforadas.

La tubería debe terminar 2 ó más metros más allá del final de la pila para minimizar la suspensión de circulación de aire.

Las pilas se cubren posteriormente con una capa de trozos de madera o composta madura para aislar la composta activa de la temperatura ambiental y/o proporcionar algún tratamiento para el olor.

Tanto las pilas estáticas como las que se someten a aireación forzada se consideran sistemas abiertos, pero pueden cubrirse con un techo para reducir el impacto del clima y tener la oportunidad para capturar los olores y tratarlos

REACTORES VERTICALES.

Los reactores verticales generalmente miden 4 metros de altura y pueden edificarse en silos u otras estructuras grandes. El material orgánico típicamente se alimenta por la parte superior del reactor a través de un mecanismo de alimentación y fluye hacia el fondo del mismo por gravedad. El proceso se controla generalmente mediante aireación inducida y el flujo de aire se detiene al caer el flujo de materiales. La altura de estos reactores dificulta el control del proceso debido a la gran cantidad de aire requerido por unidad de superficie distribuida. Ni la temperatura ni oxígeno pueden mantenerse en niveles óptimos a través del reactor, generándose zonas de actividad. Algunos fabricantes han minimizado estas dificultades aumentando los sistemas de colección y distribución de aire incluyendo cambios en la dirección del flujo de aire horizontal a vertical entre pasos alternos a la tubería de alimentación y salida

Así como en las pilas estáticas es importante una estructura porosa estable, los reactores verticales también requieren mezclado interno. Los reactores verticales altos pueden utilizarse exitosamente en industria de composteo de lodos donde la alimentación uniforme y correctores de porosidad pueden minimizar estas dificultades en el control de proceso pero son usados raramente para materiales heterogéneos iguales de los RSM. Una variante en el reactor vertical utilizado para RSM es un diseño vertical discontinuo donde una serie de reactores poco profundos o superficiales son apilados verticalmente cada uno con un sistema de aireación separado.

REACTORES HORIZONTALES.

Los reactores horizontales evitan los gradientes de temperatura, oxígeno y humedad que se generan en los verticales mediante el mantenimiento de conductores estrechos para flujo de aire, existe un amplio rango de configuraciones, los estáticos y agitados, con aireación presurizada y/o vacío y pueden operar en serie y en paralelo. Los sistemas agitados usualmente utilizan el proceso de volteo para mover el material en el sistema de forma continua, el sistema estático requiere un mecanismo de carga y descarga.

El equipo de manejo de materiales puede en cierta medida triturar los residuos de igual manera que las máquinas de volteo. Los sistemas de aireación se colocan generalmente en el piso del reactor y pueden utilizar variables para control de oxígeno y/o temperatura. Los sistemas con agitación y camas profundas menores a 2-3m parecen efectivas en distribuir la alimentación heterogénea del RSM

Los reactores horizontales y verticales son conocidos como sistemas en movimiento para diferenciarlos de los sistemas abiertos tales como hileras y pilas estáticas. Porque los elevados capitales y costos de operación asociados con estos sistemas el tiempo de residencia en el reactor es mucho menor para obtener composta madura, las plantas con sistema en movimiento típicamente también tienen una pila con aireación forzada o una pila estática para estados posteriores de descomposición y curado.

Todos estos ejemplos de sistemas de manejo de materiales pueden usarse con una gran variedad de materiales y pueden requerir modificaciones para el proceso biológico de RSM. Algunas características típicas importantes del RSM son el alto contenido de celulosa, bajo nivel de humedad y estructura porosa débil. Los elevados niveles de celulosa requieren un tiempo de cuando más largo que otros materiales para que se estabilice completamente el material. Durante el mezclado se pueden agregar agua y remover la porosidad, así como incrementar la uniformidad de la composta.

Cualquier tecnología utilizada, requiere una operación acertada para adaptar los cambios necesarios en el suministro de basura. Las fluctuaciones estacionales en los componentes de los residuos de jardinería y el eventual ingreso de los residuos comerciales o industriales necesitan un manejo competente y flexible.

Una fracción de los sistemas de manejo de materiales que raramente se evalúan es el efecto sobre la homogeneidad del producto. Esto puede ser particularmente con RSM, porque su heterogeneidad es extrema. Los sistemas de composteo que manejan un solo tipo de material obtienen un producto más uniforme que aquellos que están sujetos a altas concentraciones de varios contaminantes.

5.- EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE COMPOSTEO.

No existen datos que permitan realizar una evaluación de la confiabilidad mecánica, eficiencia del equipo de proceso y prevención de generación de olores desagradables para composteo de RSM. Uno de los aspectos más difíciles para diseñar una planta es el tamaño. Algunos factores críticos incluyen ingresos por tonelaje de basura, preprocesamiento, remoción de reciclaje/rechazo, pérdidas por descomposición y pérdidas por post-procesamiento.

Los cambios de humedad con cambios de peso seco necesitan calcularse a través del todo el sistema. Se debe considerar el tamaño de las unidades de proceso, algunas plantas de composteo alcanzan un promedio de 60 a 65% de su potencial considerado, el cual puede ser un factor crítico en toda planeación.

Un sistema de composteo es la suma de muchas partes, el diseño del sistema es siempre el mismo, sólo se modifica la tecnología a petición de una comunidad en particular o basura específica. Se debe realizar una selección exhaustiva de la materia prima, separación de materiales, maquinaria para composteo y control del

proceso, porque la selección realizada en cada una de estas áreas impacta el desempeño del sistema en su totalidad es casi imposible evaluar los diferentes sistemas de composteo sin bases. El desarrollo adicional sobre tecnologías de procesamiento físicas y biológicas son importantes para determinar las configuraciones óptimas y definir sistemas efectivos y eficientes.

Hay tres estudios capaces de permitir una comparación de los sistemas enfocados sobre las necesidades de energía, que puedan afectar significativamente los costos de operación.

En el primer estudio se calcula que en una planta de composteo de RSM en promedio necesita 27.2KW h por tonelada métrica de RSM con volteo de pilas y 23.6KW:h pilas estáticas airadas en 27.7KW h y en un sistema en movimiento en 33.2KW.h.

En otros estudios realizados se calculó un rango de 0.057 a 0.14KW h, 15.8 a 39.1KW.h para 11 plantas de composteo RSM.

El amplio requerimiento de energía sugiere que este puede ser un factor significativo en la selección entre este sistema.

Otros criterios que ayuden a la evaluación de un sistema son calidad del producto, porcentaje de rechazo y tasa de reciclaje.

La calidad del producto puede incluir características estéticas, funcionales y contaminantes, todas ellas críticas para la comercialización del producto.

El porcentaje rechazado y la tasa de reciclaje tienen un impacto sobre la calidad de la composta por la concentración de contaminantes que la afectan y la tasa de reciclaje puede ser importante en la reducción de las necesidades de disposición.

La calidad de la composta debe ser la primera meta de una planta de composteo. Algunos aspectos de calidad tales como maduración del producto y tamaño de partícula pueden modificarse al final de la etapa activa de composteo, aumentando el tiempo de curado o un simple proceso físico. Otros aspectos como el potencial de fitotoxicidad, es más difícil de remediar en el retoño de un pobre manejo del proceso. La contaminación química requiere particular atención en los pasos iniciales.

Un claro orden de disminución de contaminantes se da a través de los siguientes tres métodos de recolección: mezclada tiene los más altos valores, seguida por la recolección húmeda/seca y la recolección de orgánicos separados en la fuente. Algunos metales, incluyendo plomo, se concentran en el material fino y piezas grandes orgánicas como el papel y cartón están limpias relativamente. También los finos pesados rechazados antes de la molienda pueden disminuir significativamente los niveles de contaminantes.

Los porcentajes de reciclaje y rechazo han sido publicados por un número limitado de plantas, en el presente la mayoría de los datos se basa en valores de diseño más que modificaciones actuales.

En un tercer estudio se reporta que 4 plantas de composteo de RSM en U.S. predicen tasas de reciclaje de 5-20% y tasas totales de rechazo de 26-32%, incluyendo pre y post-bioproceto. Datos actuales de operación son igualmente diferentes: se reporta que las plantas diseñadas para 15-20% de reciclaje, fue inicialmente recuperado sólo el 8-10% y algunas de estas plantas han tenido problemas de comercialización, por la contaminación de reciclables.

En una inspección de tres plantas de composteo en operación, una de ellas recuperó reciclables a partir de basura mezclando a razón de 5.8%, una planta con recuperación de reciclables separados en la fuente, así como la selección manual de compostables consiguieron el 17.7%. Contrario a la creencia popular, es posible conseguir altas tasas de recuperación de orgánicos a partir de una recolección de orgánicos separados de la fuente.

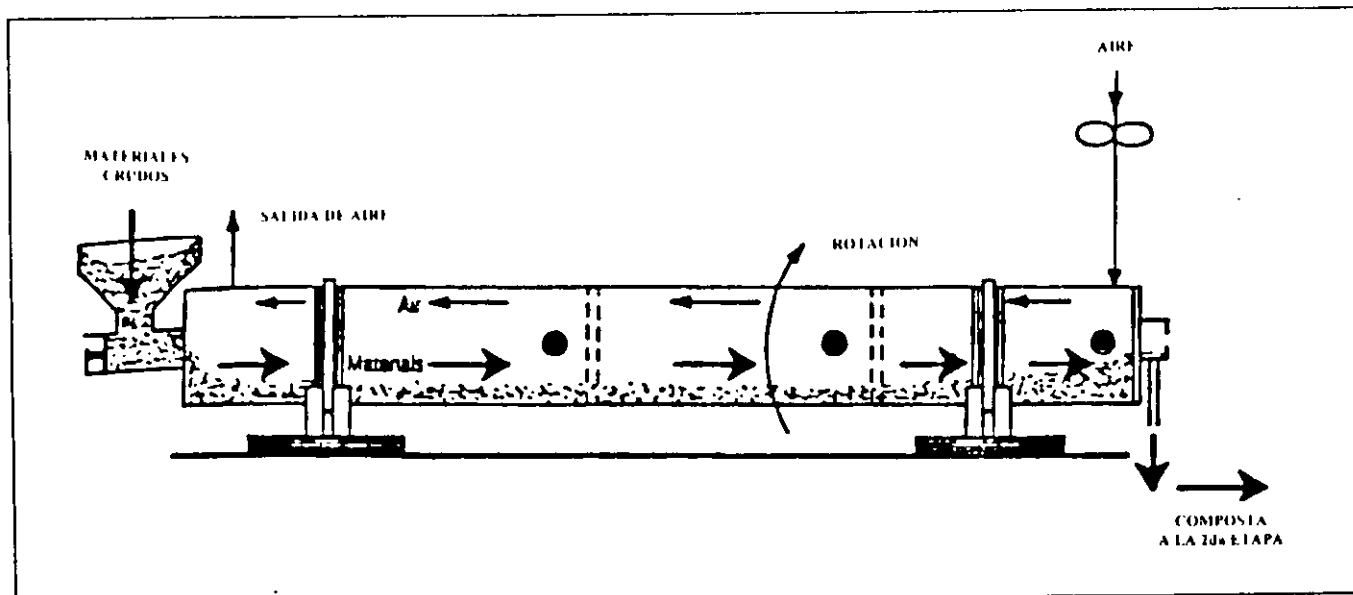
En algunas plantas se tienen 3 tipos, reciclables, compostables y para disposición final después de alguna separación manual, el 50% de los residuos ingresados se compostean, con 15-20% reciclado y 30-35% rechazado para relleno sanitario. Un estudio estima una reducción en los requerimientos de relleno sanitario de una recolección separadas de compostables, con un incremento de los costos de recolección de biobasura de 24% a 54% del total manejado con aumento de recuperación y disminución de densidad. Así estos valores no son tan altos como los niveles conseguidos en las plantas de composteo que reciben residuos mezclados.

Más plantas de composteo de RSM intentan minimizar la cantidad de rechazo y lo relacionado a los costos de disposición, en ausencia de elevadas separaciones de contaminantes, disminuye el porcentaje de rechazo, estas igualmente como resultado en altos niveles de contaminantes químicos, se considera efectiva la separación en la fuente y separación centralizada para remover contaminantes críticos similares al plomo. Una variable igualmente importante es el nivel aceptable de contaminación.

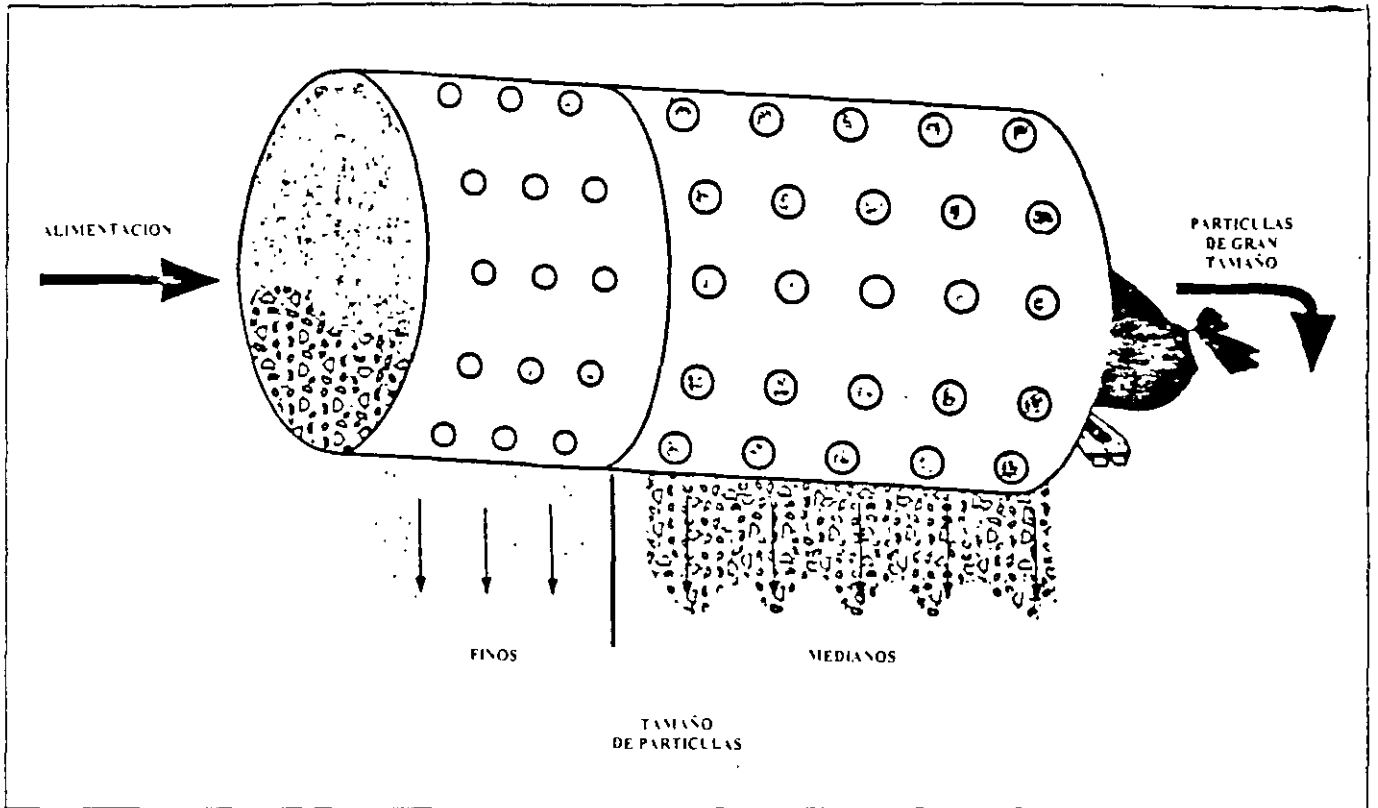
Las normas especifican muy bajos niveles de contaminantes para diseñar los sistemas con una separación más intensiva, una normatividad más relajada puede permitir que la separación no sea completa.

En este contexto de incertidumbre, los sistemas pueden diseñarse teniendo cuidado con la flexibilidad.

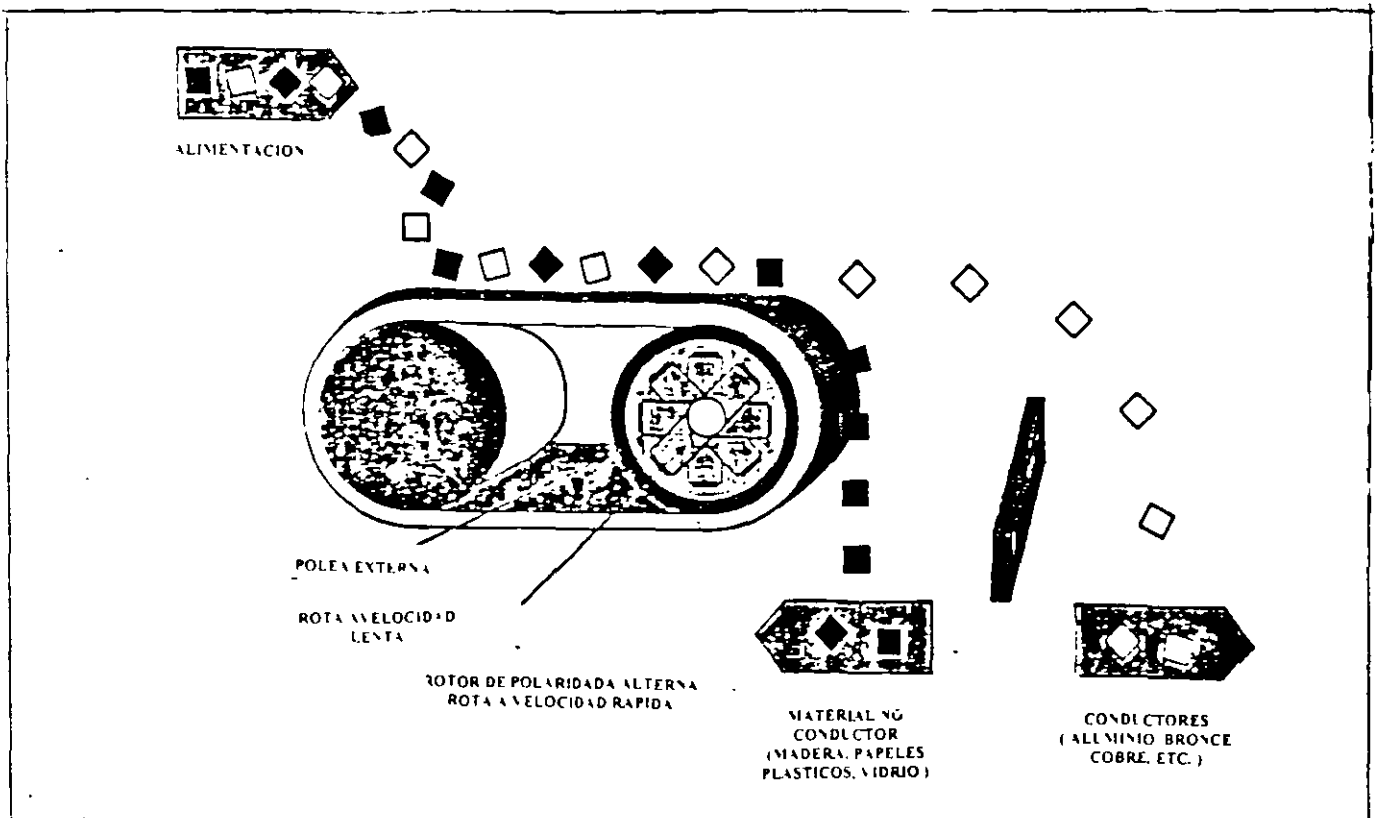
Una planta de composteo debe diseñarse poniendo estricta atención hacia la composta terminada, las especificaciones del producto deben determinar los requisitos tanto para los residuos ingresados como el proceso físico y biológico empleado. Lograr bajos niveles de contaminantes debe ser esencial.



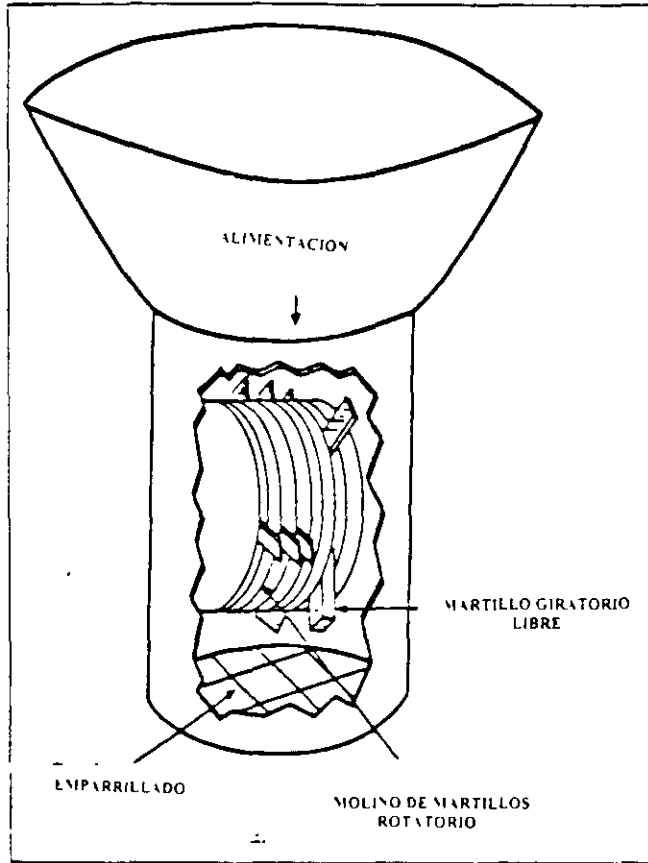
DIGESTOR HORIZONTAL ROTATORIO



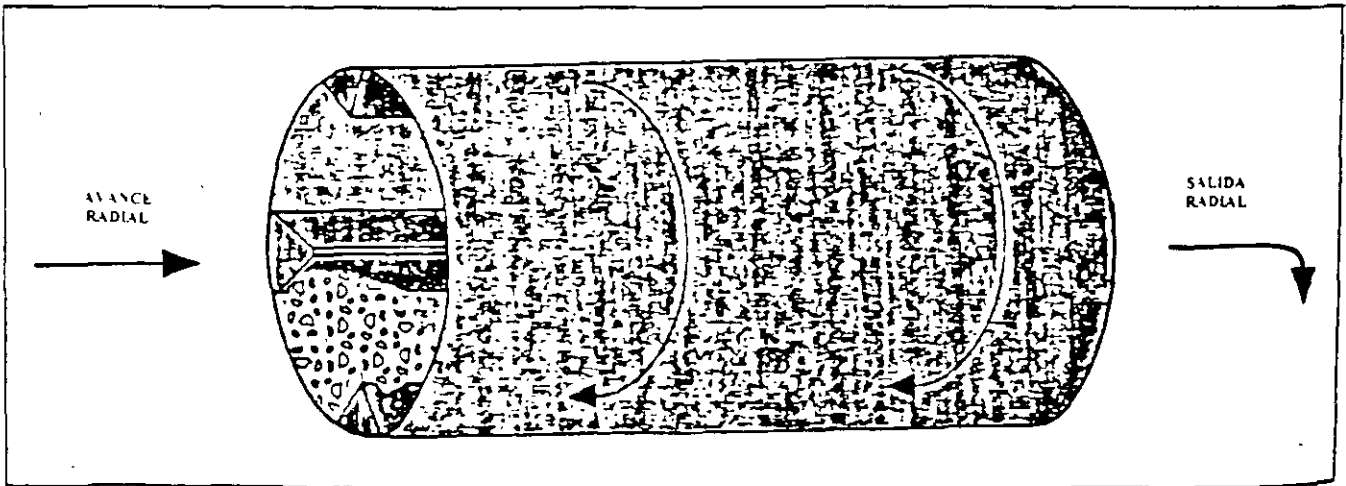
T R O M M E L



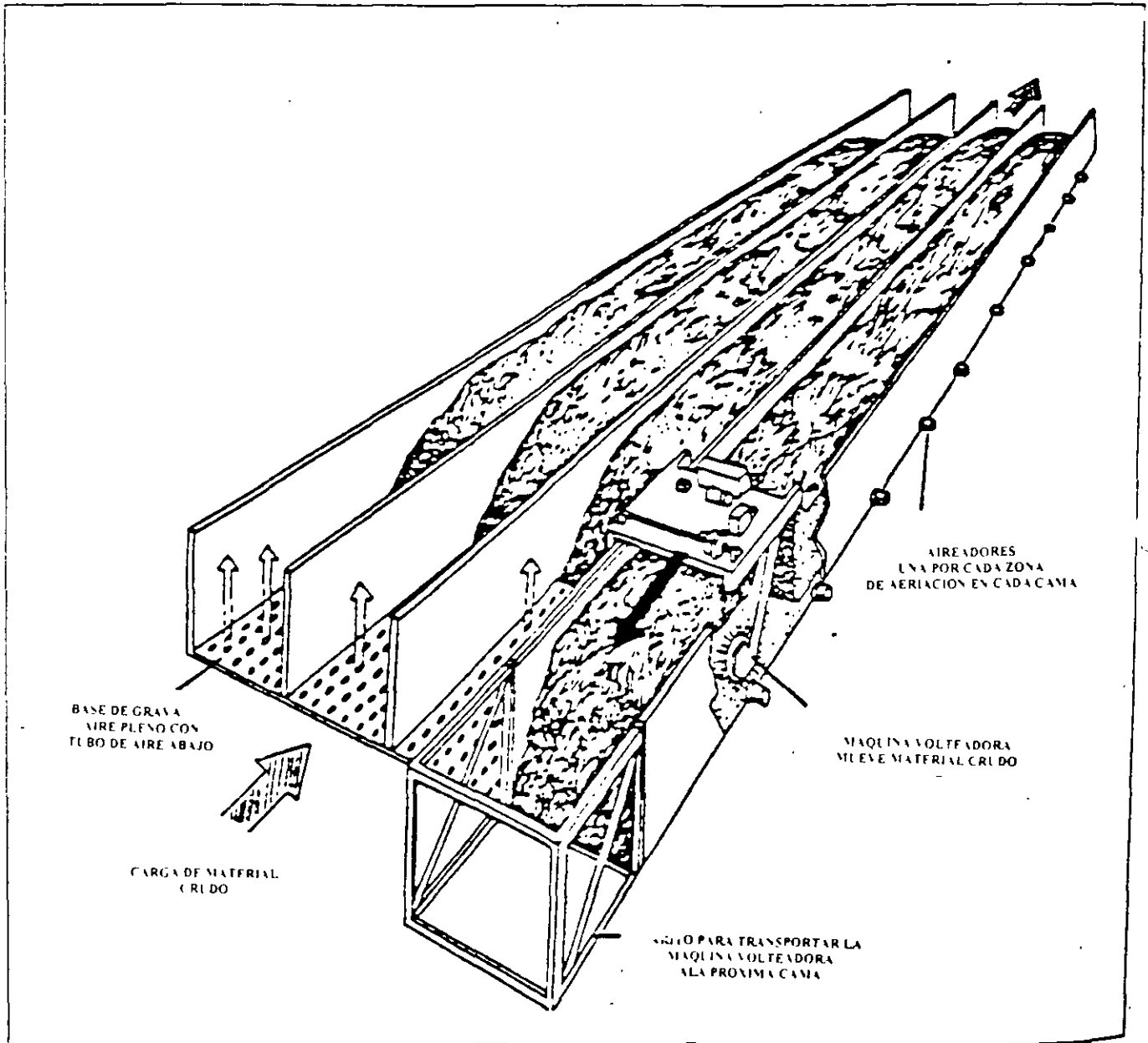
SEPARADOR POR CORRIENTE EDDY



MOLINO DE MARTILLOS



TAMBOR ROTATORIO



DIGESTOR RECTANGULAR ESTATICO CON MOVIMIENTO DE RESIDUOS

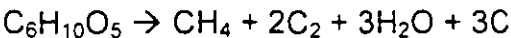
C. PIROLISIS.

1.- DESCRIPCION GENERAL.

La pirólisis es una reacción de descomposición térmica (Pyros, fuego; Lysis, ruptura), que a nivel industrial y comercial se le conoce como Destilación destructiva. La reacción se lleva a cabo con materiales orgánicos (materiales que contienen Carbono, Hidrógeno, Oxígeno y Nitrógeno, como constituyentes principales de su estructura molecular), en presencia de calor y en ausencia de oxígeno. La materia prima es entonces descompuesta, obteniéndose productos en estado sólido, líquido y gaseoso; que contienen cadenas hidrocarbonadas más pequeñas que la materia original.

Cuando la pirólisis se emplea como método de tratamiento de desechos sólidos, los productos de reacción generalmente están constituidos por bióxido de carbono, vapor de agua, una mezcla de hidrocarburos combustibles y carbón.

Idealmente una reacción pirolítica ocurre como sigue, usando como ejemplo la pirólisis de la celulosa.



2.- CARACTERISTICAS DE LOS RESIDUOS A PROCESAR.

La característica primordial para llevar a cabo este proceso es que es sólo aplicable a desechos con estructura hidrocarbónada (conocidos como desechos orgánicos) que pueden ser del tipo biodegradable o no. Se hace pues necesario contar con sistemas que remuevan los materiales no deseables como son el aluminio, vidrio y metales ferrosos para una mayor efectividad del proceso.

Es deseable que los desechos sean de un tamaño de partícula pequeña, para que de esta forma el tiempo del proceso sea menor. por esto se hace necesaria la utilización de equipo de reducción de tamaño.

Aunque la humedad de los residuos no es un obstáculo para el proceso, si esta es excesiva, conduce a un mayor consumo de energía calorífica (necesario para evaporar el agua) en el reactor pirólítico.

3.- PRINCIPIOS BÁSICOS DEL PROCESO PIROLÍTICO.

Durante la pirólisis se dan ciertos cambios físicos y químicos en los sólidos sujetos a este tratamiento. El más importante cambio físico en los materiales de carbón bituminoso y algunos plásticos, lo constituye el reblandecimiento, que es seguido por una resolidificación; lo que da lugar a un residuo. Otros sólidos, entre los que se incluyen muchos otros plásticos, simplemente se funden y no vuelven a solidificar a menos que se enfríen. Los materiales celulósicos tales como madera y papel aumentan la cantidad - de materiales volátiles. Estos cambios físicos son importantes debido a su efecto en el manejo de los materiales sometidos a pirólisis.

Los cambios químicos que ocurren durante la pirólisis involucran reacciones que descomponen a los materiales originales. Se forman productos primarios que evolucionan directamente de las moléculas orgánicas complejas que son típicas de los sólidos orgánicos. A medida que el calentamiento continua, los productos primarios se descomponen aún más, formando productos secundarios, usualmente con depósito de carbón sólido. La composición de los productos finales depende de la velocidad de calentamiento y de la temperatura alcanzada. A medida que la temperatura es mayor, los productos secundarios se transforman en estructuras más simples y aumentan su composición en hidrógeno. Al mismo tiempo, los residuos tienden a parecerse más al grafito tanto en su composición química, como en su estructura física.

4.- CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS OBTENIDOS.

Dependiendo de la temperatura de reacción, la presión de la cámara de reacción y de la cantidad de aire (oxígeno). A continuación se presenta una tabla de rendimiento de productos obtenidos por pirólisis.

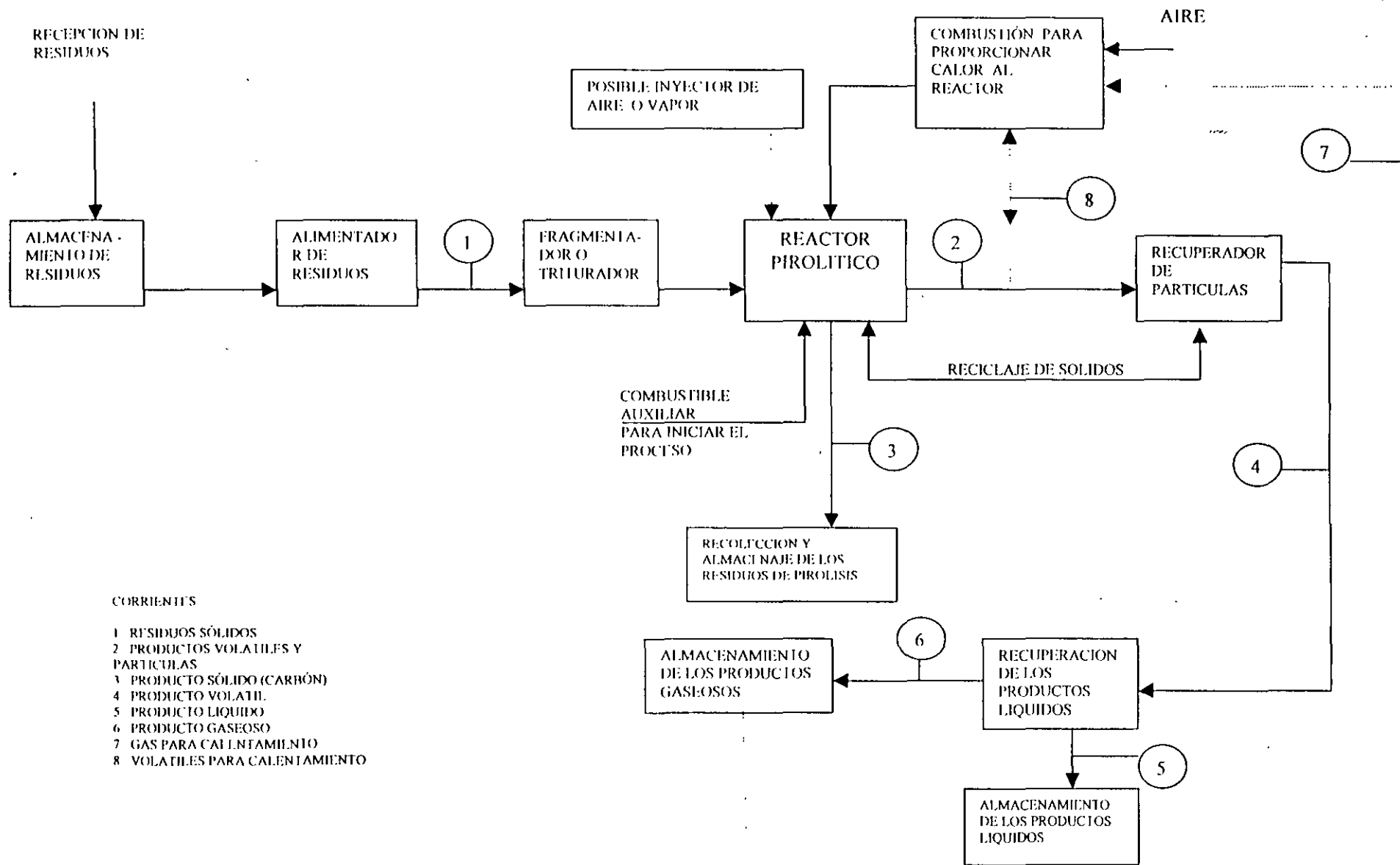
TIPOS DE RESIDUOS	TEMPERATURA PIRÓLISIS (°F)	RENDIMIENTOS POR TONELADA DE RESIDUOS			
		GAS (ft ³)	ALQUITRAN (GALONES)	ACEITE LIGERO (GALONES)	LICOR (GALONES)
RESIDUOS BRUTO	930	11509	4.8	1.5	133.4
	1380	9628	2.6	2.5	131.6
	1650	17741	0.5	0.0	113.9
RESIDUOS PROCESADOS	930	11545	5.6	3.7	96.7
	1380	7380	2.2	2.6	122.6
	1650	18058	1.4	0.6	97.4

5.- EXPERIENCIA EN EL DESARROLLO DE ESTE PROCESO.

La pirólisis es un proceso industrial que ha sido usado por muchos años, pero solo desde finales de la década de los 60's ha tenido una aplicación significativa en la destrucción de materiales de desecho. A continuación se presenta una tabla que muestra algunas tecnologías que manejan este concepto.

COMPAÑIA	RESIDUOS PROCESADOS	TIPO DE PLANTA	STATUS	No DE PLANTAS	CAPACIDAD DE PROCESO
DEUTCHE BABCOCK	RSM	Piloto - Proceso	Operando	1-1	7 ton/h
ENERGY CONVERSION INC	LODOS	Demostración	Planeación	-	1 ton/h
PKA PIROLYSE KRF	RSM	Piloto	Operando	1	60 ton/h
SUFFOLK WASTE DIST	RSM	Proceso	Propuesta	11	200 ton/h
TOTAL ENERGY SYS.	RSM	Demostración	Operando	4	60 ton/h

* El licor es una mezcla agua -aceite.



CORRIENTES

- 1 RESIDUOS SÓLIDOS
- 2 PRODUCTOS VOLÁTILES Y PARTICULAS
- 3 PRODUCTO SÓLIDO (CARBÓN)
- 4 PRODUCTO VOLÁTIL
- 5 PRODUCTO LIQUIDO
- 6 PRODUCTO GASEOSO
- 7 GAS PARA CALENTAMIENTO
- 8 VOLÁTILES PARA CALENTAMIENTO

PROCESO DE PIROLISIS

HARINA VEGETAL A PARTIR DE RESIDUOS ORGANICOS

LUGARDA ARACELI SANTOS PEREZ, MARGARITA GUTIERREZ ROJAS, VICTOR MANUEL FLORES VALENZUELA

RESUMEN

Muestras de residuos orgánicos vegetales generados en centros de abasto, específicamente frutas y hortalizas, fueron tratadas a nivel de laboratorio con la finalidad de obtener un polvo denominado harina vegetal, su valoración bromatológica, física, química, microbiológica y toxicológica, permiten concluir que es un producto apto para consumo animal y por tanto es factible su uso en la elaboración de alimentos balanceados.

INTRODUCCION

La generación de desechos sólidos en cualquier población, está relacionada directamente con su densidad, su desarrollo industrial y económico. En la Ciudad de México, cuya urbanización creciente e incontrolable trae consigo un problema que por su gravedad no puede dejarse inadvertido, la contaminación del medio ambiente, es necesario tomar medidas para contrarrestar el efecto que este hecho entraña.

Una fuente de contaminación son los residuos sólidos; constituidos por una fracción orgánica y una inorgánica.

La fracción orgánica la forman todos aquellos desechos de origen animal o vegetal, sus fuentes generadoras pueden ser casas - habitación, restaurantes, instituciones militares, hoteles, mercados y centros de abasto.

Dada la naturaleza del estudio, únicamente se ha referencia a los residuos vegetales generados en mercados y centros de abasto del D. F., puesto que a pesar del grado tecnológico actual en esta ciudad, es importante el hecho de que aún existen mercados públicos, tianguis y centros de abasto donde la mayor parte de la población capitalina acude a adquirir alimentos cárnicos o vegetales sin ningún tipo de procesamiento; es de interés lo anterior, debido a que en estos lugares igualmente se generan desechos sólidos constituidos principalmente por frutas y verduras, considerados como productos perecederos y putrescibles, mismos que deben disponerse eficientemente para evitar impactos al medio ambiente.

Por lo antes expuesto surgió la preocupación por estudiar alternativas de tratamiento para estos residuos, en primera instancia con el objeto de disminuir la contaminación ambiental, aumentar la vida útil del sitio de disposición final y obtener un producto susceptible de utilizarse en la industria productora de alimentos balanceados para animales.

Por consiguiente el estudio se enfocará hacia la industria de alimentos balanceados y la generación de residuos vegetales en mercados y centros

de abasto.

ANTECEDENTES

SITUACION DE LOS ALIMENTOS BALANCEADOS EN MEXICO

Actualmente en México se producen 2 tipos de alimentos balanceados destinados a la alimentación animal; el completo, que incluye granos, subproductos de granos, pasta de soya, melaza, harinas animales, harinas vegetales, vitaminas, minerales, aminoácidos y aditivos no nutrientes y los concentrados que incluyen todo lo anterior menos granos.

La industria de alimentos balanceados para animales tiene gran importancia para el sector agropecuario, ya que involucra al sector agrícola y al sector productor de ganado bovino, porcino y avícola; el 85% de ingredientes que utiliza provienen del sector agrícola.

Actualmente existen 320 establecimientos fabricantes de alimentos para animales con una capacidad de producción de 12 millones de toneladas anuales y prácticamente todo es alimento completo, con una capacidad ociosa de 25 - 30%; de los 320 establecimientos 55 son los más notorios, y de estos últimos, 5 empresas generan casi el 50% de la producción nacional. La cobertura geográfica es amplia ya que se localizan en los centros de consumo de productos finales.

En cuanto a insumos y tecnología, los principales ingredientes son los granos forrajeros y las pastas oleaginosas. México es deficitario en un tercio y 80% respectivamente, de su consumo total.

Hay que enfatizar que en México no existe una desventaja tecnológica importante en el proceso físico de producción, pero sí en lo que se refiere a la tecnología periférica y el control de calidad.

Generación de residuos orgánicos vegetales.

Mercados.- Fuentes importantes de desechos sólidos orgánicos, son los mercados delegacionales y centros de abasto del Distrito Federal.

Existe un total de 294 mercados permanentes en las 16 delegaciones políticas; para su estudio se dividieron en 3 tipos [19].

Tipo I	Mercados chicos	10-336	locales
Tipo II	Mercados medianos	337-672	locales
Tipo III	Mercados grandes	673 o más	locales

Es preciso hacer notar que son escasos los mercados que sobrepasan los 1 000 locales; a su vez estos mercados están conformados por 5 áreas. Área de frutas y legumbres.-Es la que posee mayor número de locales, genera poco más del 60%

del total de desechos sólidos, y es la de mayor interés dada la naturaleza del estudio.

- Area de abarrotes
- Area de carnes
- Area de preparación de alimentos
- Area de servicios diversos

Estudios realizados sobre generación de residuos orgánicos (frutas y legumbres) proporcionan los siguientes datos respecto a su generación diaria (Tabla 1).

Los 294 mercados públicos existentes en el D.F. generan 250 toneladas de residuos sólidos, estos residuos contienen 60% de desechos orgánicos vegetales, por lo cual se infiere que 150 toneladas de los mismos se está generando diariamente, presentando un contenido promedio de líquidos de 90%; en esta clasificación ya quedan incluidos el mercado "La Merced" y mercado "Jamaica".

TABLA N° 1 MERCADOS DEL DISTRITO FEDERAL
GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS

TIPO	GENERACION UNITARIA (kg/día)	MERCADOS (CANT.)	GENERACION TOTAL (TON/DIA)
IA	34E.0	115	40.00
IE	439.C	98	43.00
IC	1 200.0	35	47.00
IIA	1 500.0	15	22.50
IIIE	2 000.0	13	26.00
IIIC	3 000.0	6	18.00
IIIIA	4 000.0	5	20.00
IIIB	5 500.0	7	38.50
TOTAL	17 987.0	294	250.00

FUENTE: [6, 19]

Central de Abasto Iztapalapa.- Es el principal centro de abasto del Distrito Federal, en el se concentran los productos hortícolas, frutícolas, alimentos industrializados, granos y cereales provenientes de otros estados de la República, abastece mediante compras al mayoreo a los 294 mercados existentes en la Ciudad de México y al menudeo a la población que lo requiere.

La generación de residuos en este lugar presenta variaciones en cuanto a su cantidad y composición, de acuerdo a las estaciones del año. En las estaciones de verano e invierno se generan aproximadamente 600 toneladas/día; en primavera y otoño la generación promedio es de 400 ton/día.

La composición de estos residuos es generalmente frutas, verduras, embalaje de cartón y embalajes de madera.

Con la finalidad de establecer las características más sobresalientes de los desechos orgánicos vegetales generados en este lugar fue realizada una evaluación sobre este aspecto en las áreas dedicadas a la venta de hortalizas y frutas, debido a que en ellas se generan los residuos que permiten dar continuidad al presente estudio.

Fueron muestreadas estas dos áreas por 7 días consecutivos, deduciendo a partir de los resul-

tados que el 93% de los desechos son hortalizas y frutas y el 7% restante, subproductos susceptibles de reciclarse.

En promedio la composición es la siguiente. (Tabla 2)

COMPONENTE	% EN PESO	TON.
Hortalizas	65.54%	163.850
Frutas	26.38%	65.950
Papel	3.05%	7.625
Cartón	1.62%	4.050
Plástico película	1.80%	4.500
Madera	1.05%	2.625
Otros	0.56%	1.400

Asimismo, la generación diaria de residuos sólidos en estas áreas es de 250 toneladas.

En base a los resultados anteriores se estima - que en este centro de abasto:

229.8 ton se generan de frutas y hortalizas y

20.2 ton se generan de otros residuos

La información anterior establece que 379.8 toneladas de residuos orgánicos se están generando, en promedio, diariamente en el Distrito Federal, mismos que hay que recolectar, transportar, tratar y disponer eficientemente, por lo que en el presente estudio, se pretende establecer un método de tratamiento para los mismos permita obtener un producto comercial a partir de lo que normalmente es considerado "basura".

DESARROLLO EXPERIMENTAL

Recolección y preparación de la muestra.

La recolección de submuestras de residuos orgánicos se realizó de manera totalmente aleatoria durante 7 días consecutivos en las áreas de frutas y hortalizas, por un lapso de 8 horas diarias, correspondientes a las de mayor actividad, posteriormente, las submuestras se homogeneizaron para conformar una muestra representativa de 70 kg en promedio para su estudio, así mismo se llevó a cabo la determinación del peso volumétrico "inSitu".

A la muestra destinada para estudio, en primer lugar se determinó su composición porcentual y humedad.

Se procedió a deshidratarla utilizando para ello una secadora de vacío durante 2 horas a una temperatura constante de 60°C. (Fig. 1). Ya deshidratada pasó a molienda a través de un molino de cuchillas y posteriormente se tamizó hasta pasar por una malla N° 40.

TABLA N° 2 COMPOSICION PORCENTUAL DE RESIDUOS SOLIDOS CENTRAL DE ABASTOS (FRUTAS Y HORTALIZAS)

SUBPRODUCTO	JUEVES %	VIERNES %	SABADO %	DOMINGO %	LUNES %	MARTES %	MIERCOLES %
Hortalizas	69.04	59.59	70.00	75.17	75.00	66.10	52.59
Frutas	23.02	23.92	27.02	21.83	21.00	28.88	38.99
Papel	5.18	6.32	2.71	1.45	1.50	2.39	1.86
Cartón	-----	2.39	-----	0.39	1.60	0.58	3.23
Plástico de película	2.28	5.90	-----	0.85	0.90	0.31	0.97
Madera	-----	0.93	0.27	-----	-----	1.17	1.86
Otros	0.48	0.95	-----	0.31	-----	0.57	0.5

TABLA N° 3 MUESTRA HUMEDA

	LIQUIDOS (%)	PESO VOLUMETRIC (kg/m³)
Jueves	93	217.0
Viernes	91	246.0
Sábado	94	313.0
Domingo	89	208.0
Lunes	86	120.0
Martes	84	164.0
Miércoles	85	183.0

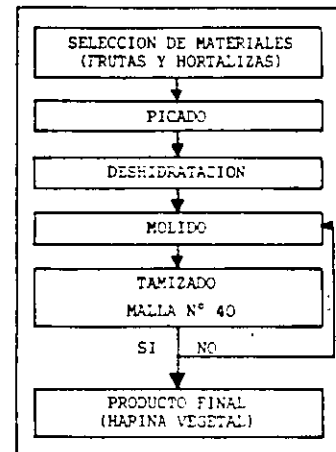


FIG. 1 PRODUCCION DE HARINA VEGETAL, DIAGRAMA DE FLUJO

TABLA N° 4 HARINA VEGETAL CARACTERIZACION FISICO, QUIMICA Y MICROBIOLOGICA

ANALISIS	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOLES
Humedad (%)	6.70	7.49	6.13	5.06	5.49	4.90	5.66
Cenizas (%)	15.49	9.76	17.71	12.62	8.97	9.39	9.82
Proteína cruda (%)	15.86	12.65	12.06	13.81	12.42	12.68	12.45
Grasa cruda (%)	2.44	4.26	4.71	10.87	3.39	8.05	6.87
Fibra cruda (%)	18.02	21.07	23.57	17.45	20.84	26.19	20.98
Carbohidratos (%)	41.47	44.77	35.82	40.19	48.89	38.39	44.22
Fósforo (%)	0.17	0.13	0.23	0.11	0.09	0.15	0.10
Calcio (%)	1.98	1.71	3.58	1.85	2.12	1.88	1.84
Xantófilas (P.P.M.)	63.02	38.12	38.87	33.45	52.62	77.12	59.68
Cuenta total (M.O./gr)	76x10 ⁶	91x10 ⁶	141x10 ⁶	270x10 ⁶	60x10 ³	30x10 ³	20x10 ³
Cuenta de coliformes (M.O./gr)	784x10 ³	1.5x10 ⁶	1x10 ⁶	2 000	1 000	10x10 ³	1 000
Hongos (M.O./gr)	240 000	460 000	3.2x10 ⁶	1 000	1 000	1 000	1 000
Levaduras (M.O./gr)	12x10 ⁶	740x10 ³	1.2x10 ⁶	1 000	1 000	1 000	1 000
Aflatoxina E ₁ (p.p.m.)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aflatoxina B ₂ (p.p.m.)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aflatoxina G ₁ (p.p.m.)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Aflatoxina G ₂ (p.p.m.)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

MÉTODOS

Al material recolectado se aplicaron los siguientes métodos de análisis: [20, 23].
 Muestreo, método de cuarteo NOM-AA-15-1985
 Determinación de humedad NOM-AA-16-1984
 Peso volumétrico "inSitu" NOM-AA-19-1985
 Al producto obtenido después de la deshidratación y molienda se realizaron los siguientes análisis.
 Humedad - Técnicas de Análisis Fisicoquímico en alimentos - SS 1976.
 Cenizas - Técnicas de Análisis Fisicoquímico en alimentos - SS 1976.
 Proteínas NOM-66-S-1980
 Grasa NOM-F-89-S-1978
 Fibra cruda AOAC-1980 Digestión ácido-básico

Carbohidratos

Fósforo AOAC 15 a ed 1990
 Calcio AOAC 15 a ed 1990
 Aflatoxinas AOAC 15 a ed 1999
 Xantófilos NOM-Y-229-1999
 Densidad aparente - Métodos de probeta
 Cuenta total de microorganismos
 Cuenta de coliformes
 Cuenta de hongos y levaduras

RESULTADOS

Posterior a los análisis fueron obtenidos los resultados - que aparecen en las Tablas N° 3 y 4.

DISCUSION

Siendo el objetivo principal del presente estudio, valorar la obtención de HARINA VEGETAL a partir de residuos de frutas y hortalizas, se enfocará el análisis de resultados hacia lo que constituiría la materia prima y el producto final de establecerse un proceso de producción a nivel industrial, haciendo referencia en primer lugar a la materia prima y en segundo lugar al producto, de acuerdo a los resultados reportados posterior a su estudio físico, químico, microbiológico, toxicológico y/o bromatológico.

MATERIA PRIMA

Unicamente se valoró el porcentaje de líquidos y su peso volumétrico (Tabla N° 3). Dado el contenido de líquidos intrínseco a este tipo de residuos orgánicos, únicamente es posible obtener 10% de materia seca al final de la etapa de deshidratación, por lo que se deduce que a escala industrial, esta operación unitaria sería el factor limitante del proceso de producción debido al bajo rendimiento del producto y el elevado consumo energético que implica eliminar los líquidos contenidos en los residuos; razones por las que se elevarían los costos de producción,

Cabe mencionar, que esta es una primera etapa en la que el objetivo tan solo es determinar que es posible obtener una harina vegetal con características para utilizarse como complemento en alimentos balanceados. Por otra parte, es importante realizar una segunda etapa donde se lleve a cabo un análisis detallado de factibilidad técnica económica para determinar el proceso adecuado y el costo económico por tonelada tratada para así poder comparar estos costos contra aquellos que se tienen que pagar por la disposición final de estos residuos en un relleno sanitario. Pero, el no disponer las cerca de 400 ton/día generadas entre la Central de Abastos y mercados y aprovecharlas por medio de un proceso de tratamiento implica beneficios complementarios como el ahorro de \$ 3 650/año (considerando la estimación de la O.P.S. de US \$ 8/ton. dispuesta) por costo de disposición final, además de 3 ha aproximadamente de espacio en un relleno sanitario típico.

Por lo cual, el tratamiento propuesto puede ser muy buena alternativa para este tipo de residuos, derivándose de lo anterior lo que a continuación se menciona:

- Al disminuir el volumen de desechos para disposición final, aumenta automáticamente la vida útil del sitio de disposición en este caso relleno sanitario, eliminando los problemas que implica la degradación anaeróbica de los mismos.
- La producción de harina vegetal es una medida preventiva, muy importante, contra impactantes bióticos y abióticos intrínsecos a la generación de este tipo de residuos.

- Podría considerarse como posible fuente de empleos al establecerse el proceso a escala industrial.

PRODUCTO FINAL

El producto obtenido se denominó harina vegetal; le fueron realizados los análisis convencionales utilizados en la industria alimenticia y algunos complementarios, de esta forma fue posible su caracterización, evaluando al final su utilidad potencial.

En primer lugar puede mencionarse que se obtuvo un polvo fino, cuyo tamaño de partícula atraviesa la malla N° 40, razón por la que queda clasificado como harina, el término vegetal fue aplicado por la naturaleza de su origen, denominándolo finalmente como harina vegetal. Su color es verde amarillento y emana un olor agradable al olfato.

Presenta las siguientes características físicas, toxicológicas, químicas y bromatológicas en promedio. (Tabla N° 4).

COMPONENTE	EN PESO
Humedad	5.90%
Proteína cruda	13.14%
Fibra cruda	21.16%
Grasa cruda	5.80%
E.L.N. [a]	41.96%
Cenizas	11.96%
Fósforo	0.14%
Calcio	2.14%
Xantofilas	51.84 p.p.m.
Aflatoxinas	0.00 p.p.m.

Estos datos al ser comparados con normas de calidad que rigen la producción de INSUMOS utilizados en la industria productora de alimentos balanceados para aves y ganado, permiten señalar que presenta características similares al insumo denominado HARINA DE TALLOS DE ALFALFA, (Tabla N° 5), clasificada en la norma oficial mexicana NOM-Y-305-1988 de acuerdo a su contenido de proteína como grado "C" por lo que debe contener 13% mínimo de proteína cruda, 28% máximo de fibra cruda, 10% máximo de humedad y 10% máximo de cenizas [24]

Según las normas de calidad que rigen la producción de alimentos balanceados para aves y ganado [3, 24] de 2 marcas comerciales, y considerando el estado de desarrollo de diferentes tipos de animales [3], puede deducirse que la harina vegetal cumple perfectamente con las especificaciones de calidad requeridas en cuanto a contenido de humedad, proteína cruda mínima y grasa cruda mínima, para alimento destinado a pollos en crecimiento aves ponedoras, cerdos en crecimiento, cerdos en engorda, bovinos en engorda, vacas lecheras 14%, ganado de lid^o sementales bovinos y equinos (Tabla N° 5) En contraste el E.L.N. es menor al requerido siendo necesario agregar una fuente energética hasta alcanzar los valores especificados, la melaza sería una alternativa. Presenta canti-

TABLA N° 5
 ESPECIFICACIONES DE CALIDAD PARA LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS BALANCEADOS
 Y
 CARACTERISTICAS DE LA HARINA VEGETAL

P R O D U C T O	M A R C A O N.O.M.	C A R A C T E R I S T I C A S					
		HUMEDAD MAX. (%)	PROTEINA C MIN. (%)	FIBRA CRUDA ^a MAX. (%)	GRASA CRUDA MIN. (%)	E.L.N. (a) MIN. (%)	CENIZAS MAX (%)
HARINA VEGETAL	D.T.D.S.	5.90	13.14	21.00	5.80	41.96	11.96
HARINA ALFALFA GRADO "C"	NOM-Y-305 1988	10.00	13.00	28.00	5.00	35.00	9.00
ALIMENTO PARA CRECI- MIENTO DE POLLOS.	MALTA	12.00	14.00	5.50	3.00	59.00	6.00
ALIMENTO PARA AVES PONEDORAS	NOM-Y-114 MALTA	12.00 12.00	12.0 15.0	8.0 5.5	1.50 3.00	56.50 53.50	8.00 11.00
ALIMENTO PARA CER- DOS EN CRECIMIENTO	MALTA GANADOR	12.00 12.00	14.0 15.0	5.00 8.00	3.00 2.50	61.00 55.00	5.00 7.0
ALIMENTO PARA CER- DOS EN ENGORDA.	MALTA AFIABA	12.00 12.00	12.00 14.00	5.00 5.00	3.00 2.50	63.00 59.00	5.00 7.00
ALIMENTO PARA BOVI- NOS EN ENGORDA.	MALTA	12.00	12.00	12.00	2.00	56.00	6.00
ALIMENTO PARA VACAS LECHERAS (14%)	MALTA	12.00	14.00	11.00	2.00	54.00	7.00
ALIMENTO PARA GANADO DE LIDIA Y SEMENTALES	AFIABA	12.00	12.50	11.00	1.5	55.0	8.0
ALIMENTO PARA CASA- LLOS.	MALTA	12.00	14.00	11.00	2.50	52.50	8.00

FUENTE: [3, 24]

[a] E.L.N.: EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO

dades muy elevadas de fibra cruda y cenizas, - 25% a 75% más de las requeridas; respecto a - las cenizas un argumento a favor es que los - tres primeros días de muestreo fueron lluvio- - sos, observándose mayor contenido de suelo mez- - clado con los residuos orgánicos colectados; - en estos tres días se detectaron niveles más - altos de cenizas que en los 3 últimos, en que - no llovió, por lo que se supone al suelo como - posible fuente de las mismas.

En los días no lluviosos el contenido promedio de cenizas fue de 9.39%, esta característica aunada a las características mencionadas en la Tabla N° 5 hacen factible el uso de la HARINA VEGETAL como alimento para ganado bovino y -

equino, previa peletización de la misma.

Del estudio microbiológico puede deducirse que el estado climatológico, el tipo de almacenamiento y el sistema de recolección, insiden desfavorablemente en la calidad sanitaria del producto por lo que es necesario diseñar estas etapas del manejo de residuos sólidos.

En los días lluviosos se detectaron niveles muy elevados de microorganismos, en contraste, durante los días en que no llovió, se observa una disminución notable de estos.

Para el análisis toxicológico, únicamente se cuantificaron aflatoxinas, por ser estos metabolitos secretados por cepas fúngicas causantes de cáncer, teratogénesis y mutagénesis en los animales que las ingieren, además son acumulativas en los tejidos y cadenas alimenticias, el resultado fue negativo, por lo que se establece que el producto no tiene efecto tóxico al consumirse.

CONCLUSIONES

La producción de HARINA VEGETAL es factible experimentalmente a partir de residuos de frutas y hortalizas generados en centros de abasto del Distrito Federal.

El tratamiento propuesto permite generar una fuente alimenticia directa o indirecta para el ser humano y constituye una medida contra impactos bióticos y abióticos implícitos a la generación de residuos orgánicos.

La obtención de harina vegetal fue a nivel de laboratorio, para escalarlo a nivel industrial debe tomarse en consideración que el factor crítico del proceso sería la deshidratación de los residuos orgánicos, por el costo que implica igualmente es necesario diseñar el almacenamiento y recolección, para lograr un manejo higiénico de los desechos en esta fase.

Esta alternativa de tratamiento permite obtener una materia prima para un proceso totalmente productivo como lo es la elaboración de alimentos balanceados para aves y ganado ya que presenta características muy parecidas a las especificaciones de calidad exigidas en la producción de HARINA DE ALFALFA GRADO " C " según N.O.M.-Y-305-1988.

Es necesario ensayar porciones alimenticias con aves y ganado con la finalidad de reafirmar su potencial alimenticio.

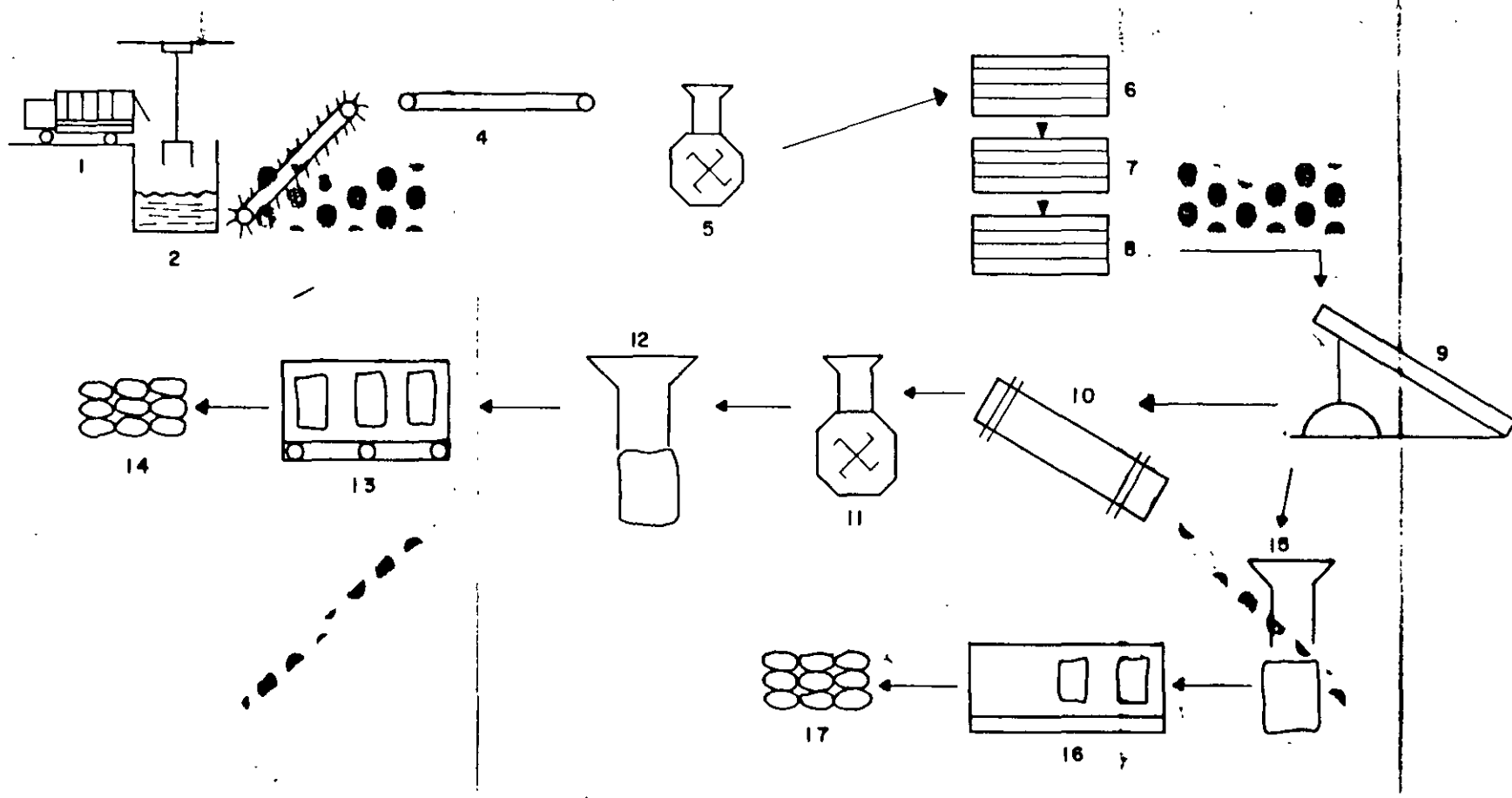
Por último, hay que enfatizar que debido a los cambios estacionales, la calidad de la harina vegetal puede variar, por lo que es importante estudiar el comportamiento que tiene la generación de desechos vegetales en las fuentes mencionadas, de manera representativa durante cada estación del año como mínimo, para que puedan establecerse especificaciones de calidad a dicho producto.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Acurio Guido, Administración de desechos sólidos y limpieza urbana, O.P.S.
- 2.- A.O.A.C., 1990, 15a. Edición.
- 3.- Anderson - Clayton, fábrica de alimentos balanceados, Visita Técnica.
- 4.- Bergner Hans, 1984, Elementos de nutrición animal, Limusa, México.
- 5.- CANACINTRA (1991) La industria alimenticia animal en México.
- 6.- D.A.L.I.U. 1991, Generación de Residuos Sólidos en Mercados del Distrito Federal.
- 7.- Environmental Sanitation Reviews, 1984, Alimentación animal, E.S.I.C., Bangkok - Thailand, september, N° 13.
- 8.- E.S.E. Hafez, Desarrollo y Nutrición Animal, Acríbia Zaragoza, España.
- 9.- Flores Menendez J.A., 1990. Bromatología Animal, 2a. Edición, Limusa.
- 10.- Fritz Ullman, Productos Agrícolas, Alimentación y Medicinales, Enciclopedia Química Industrial, Tomo 6.
- 11.- MAYNARD A. Leonard, 1981, Nutrición Animal, Mc Graw - Hill, 7a. Ed.
- 12.- Morrison B. Franck, 1969, Alimentos y Alimentación del Ganado, Ed. Hispanoamericana, México.
- 13.- Nava García Rafael, 1989, Análisis químico proximal en 8 diferentes alimentos comerciales en base seca para perro, Tesis, F MUZ- UNAM.
- 14.- Primo Yúfera E., 1979, Química agrícola, Alhambra, España, III.
- 15.- Ports Mouth John (1964) Avicultura práctica Cía. Ed. Continental.
- 16.- Purina, Fábrica de Alimentos Balanceados, Visita Técnica.
- 17.- Santos Pérez Lugarda Araceli, 1986, Alimento para Ganado a partir de Materia Orgánica generada en la Central de Abastos-Iztapalapa, estudio INEDITO.

- 18.- S.S., 1976, Técnicas de Análisis Físico-Químico en Alimentos.
- 19.- D.G.S.U, D.T.D.S., (1988) Concentrado de muestras del D.F. de generación en mercados públicos.
- 20.- SECOFI-DGN-Normas Técnicas NOM-AA-15-1985
- 21.- SECOFI-DGN-Norma Técnica NOM-AA-16-1984
- 22.- SECOFI-DGN-Norma Técnica NOM-AA-19-1985
- 23.- SECOFI-DGN-Norma Técnica NOM-Y-229-1989
- 24.- SECOFI-NORMAS DE CALIDAD-Producción de Alimentos balanceados.

TRATAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES MEDIANTE VERMICOMPOSTAJE

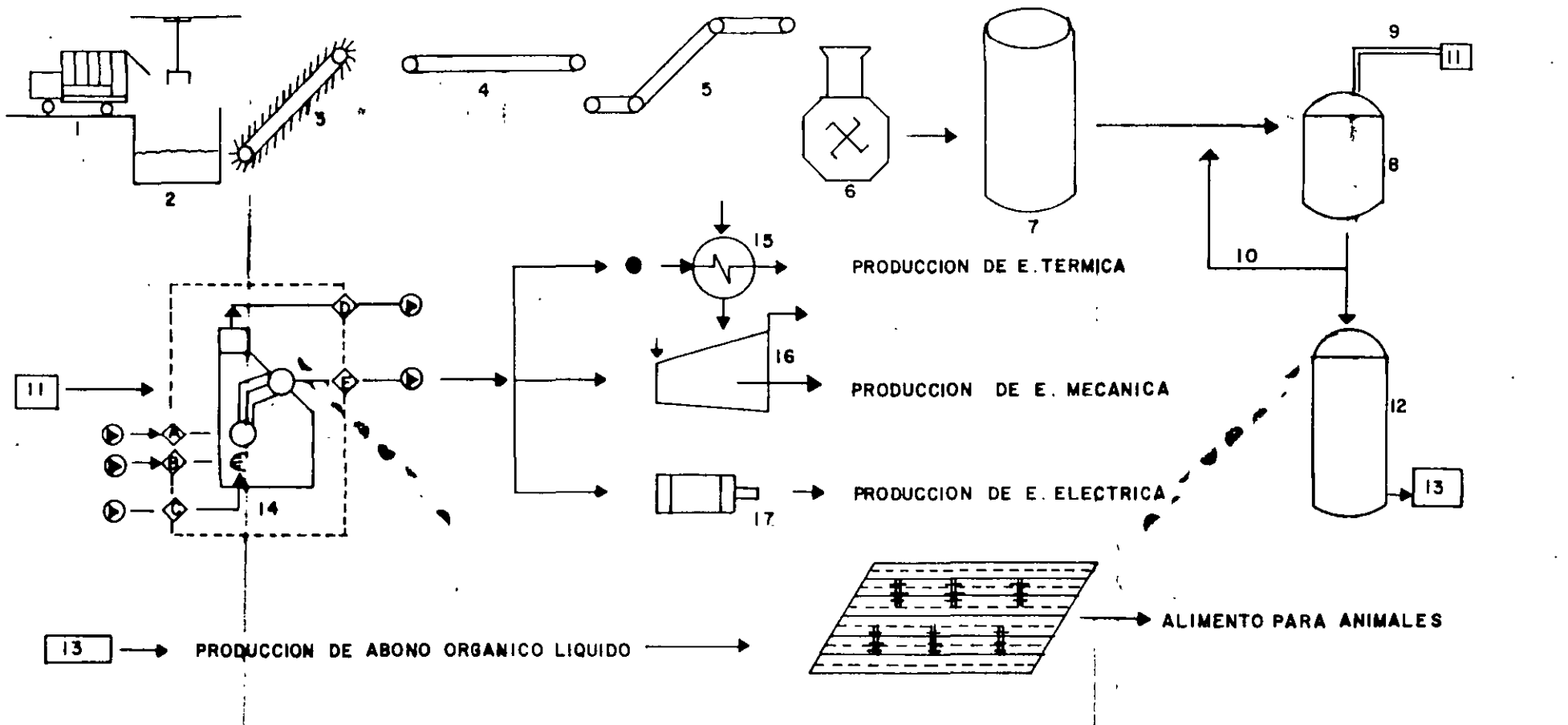


- | | |
|---|---|
| 1. DESCARGA DE R.S.M. | 10. SECADOR |
| 2. FOSA DE ALMACENAMIENTO | 11. MOLIENDA PARA LOMBRIZ |
| 3. TRANSPORTADOR DE TABLILLAS | 12. ENVASADO |
| 4. SELECCION DE SUBPRODUCTOS | 13. MANEJO |
| 5. MOLIENDA GRUESA | 14. ALMACENAMIENTO DE HARINA DE LOMBRIZ |
| 6. CAMAS PREPARADAS CON LOMBRICES | 15. ENVASADO |
| 7. CAMAS CON LOMBRICES Y MAT. ORGANICA | 16. MANEJO |
| 8. CAMAS CON COMPOSTA PRODUCIDA Y LOMBRICES | 17. ALMACENAMIENTO DE COMPOSTA |
| 9. CRIBA VIBRATORIA | |

NOTAS :

1. ESPECIES DE LOMBRICES RECOMENDADAS: EISENIA FETIDA, LOMBRICUS ROBELLUS Y METAPHIRE CALIFORNIA.
2. RESIDUOS A TRATAR: R.S.M Y LODOS DE AGUAS RESIDUALES



FE. ENTACION ANAEROBICA DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES.



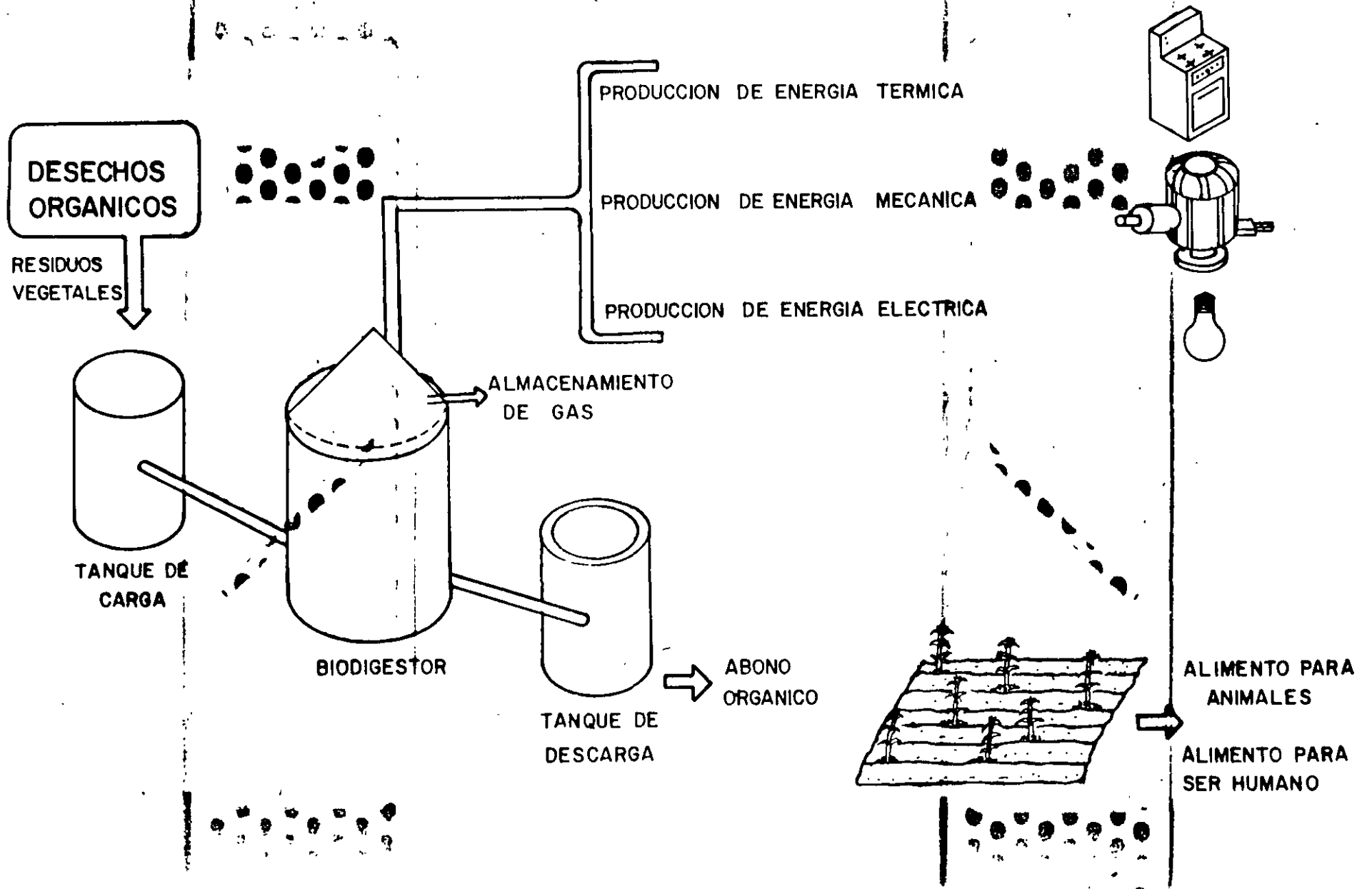
1. DESCARGA DE RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES.
2. FOSA DE ALMACENAMIENTO.
3. TRANSPORTADOR DE TABLILLAS.
4. SELECCION DE SUBPRODUCTOS.
5. TRANSPORTADOR DE MATERIA ORGANICA.
6. MOLINO DE MARTILLOS.
7. TANQUE DE ALMACENAMIENTO.
8. BIODIGESTOR.
9. LINEA DE CAPTACION DE BIOGAS.

10. RECIRCULACION
11. ALMACENAMIENTO DE BIOGAS.
12. TANQUE DE DESCARGA.
13. ABONO ORGANICO LIQUIDO
14. GENERADOR DE VAPOR.
15. CAMBIADOR DE CALOR.
16. TURBINA.
17. GENERADOR ELECTRICO.

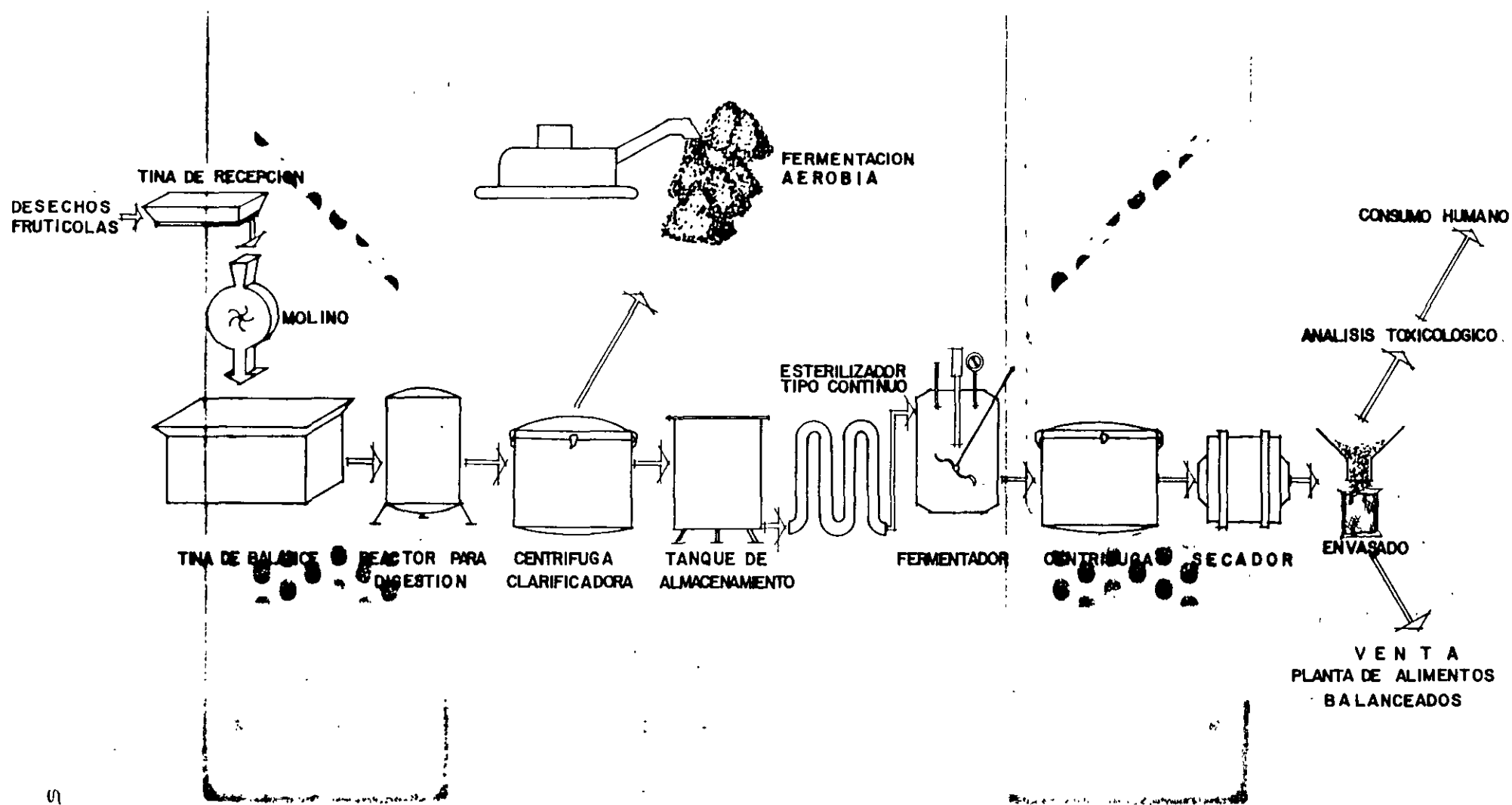
NOTAS!

-  AGUA
-  BIOGAS
- C - AIRE
- D - GASES COMBUSTION
- E - VAPOR ALTA PRESION.

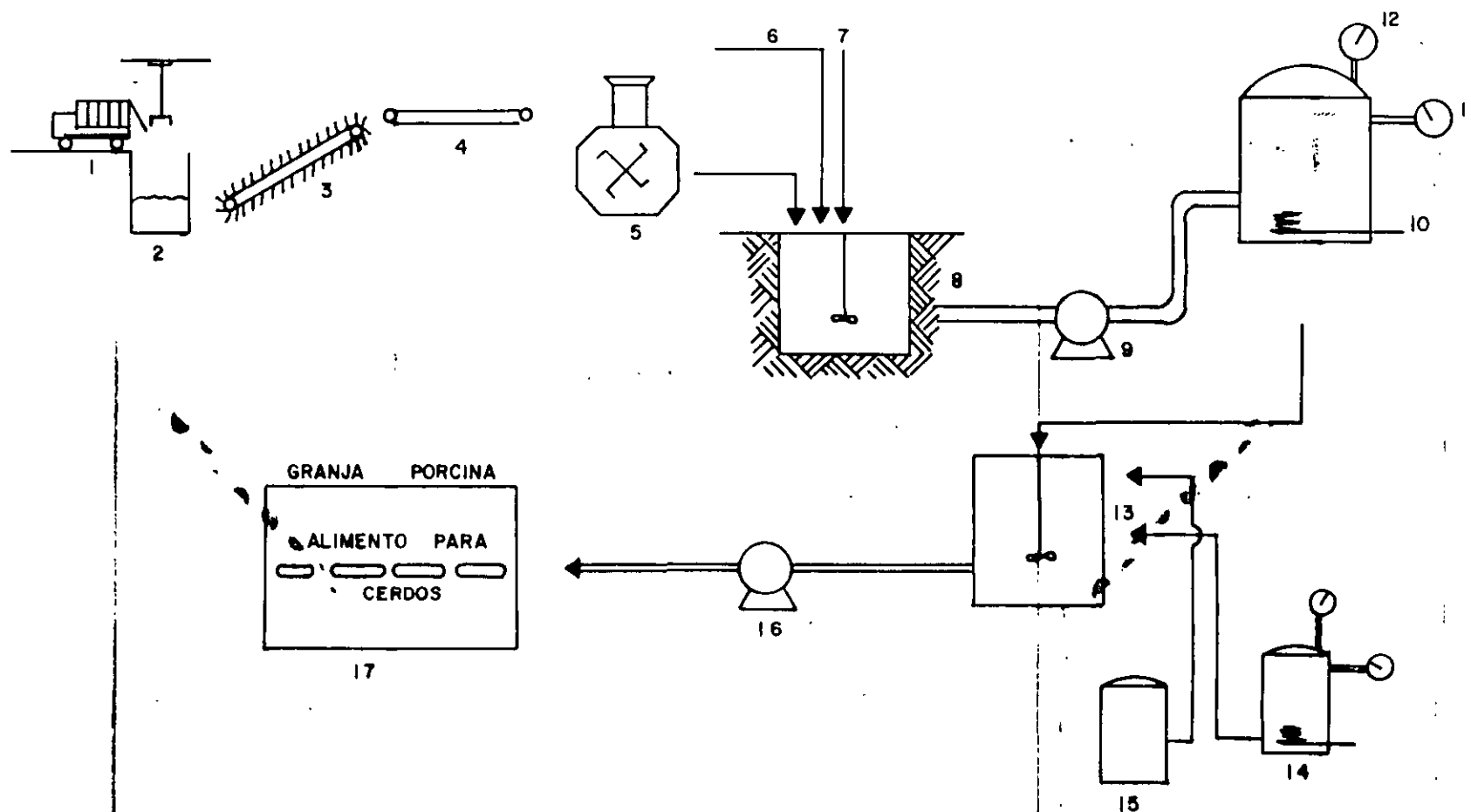
PROCESO DE DIGESTION ANAEROBICA



PRODUCCION DE CONCENTRADOS PROTEICOS A PARTIR DE DESECHOS FRUTICOLAS



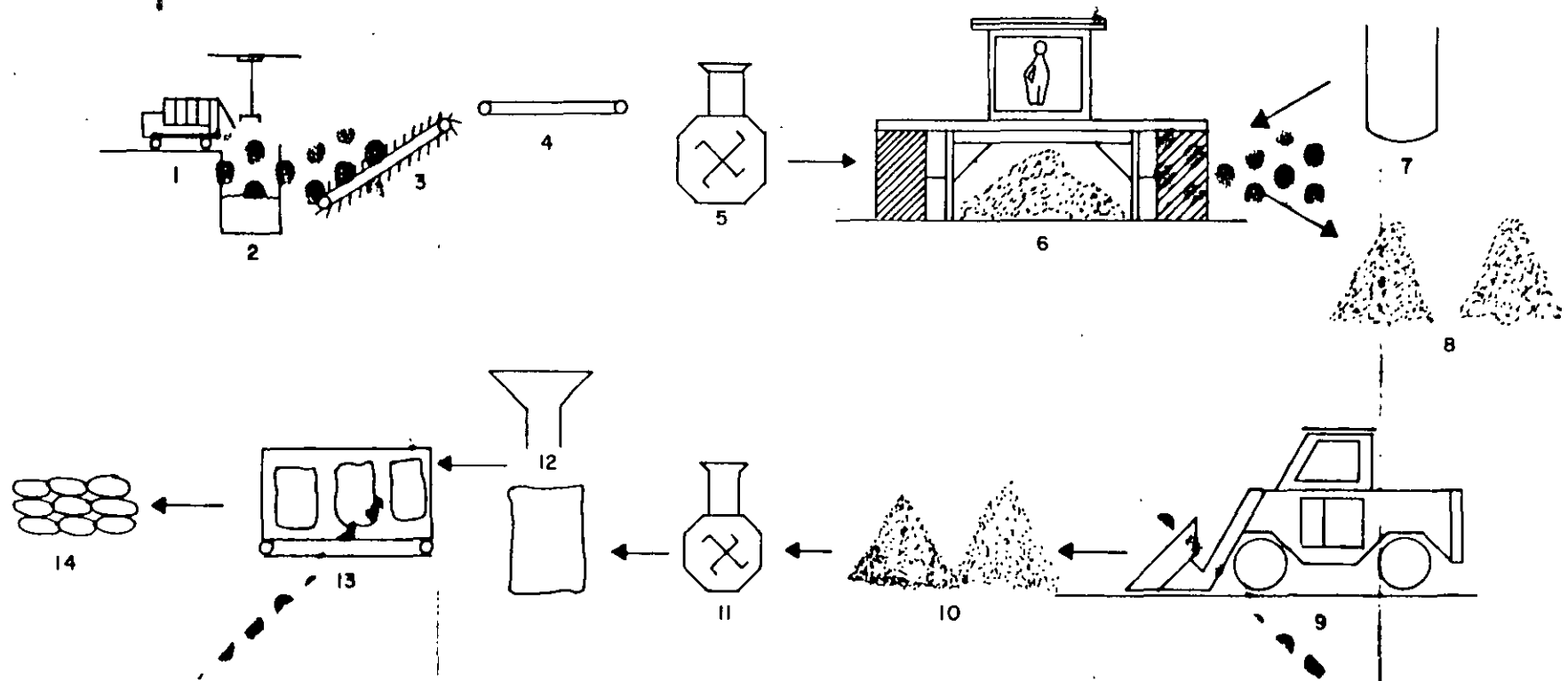
PRODUCCION DE ALIMENTO PROTEICO PARA ACTIVIDADES PECUARIAS.



1. DESCARGA DE R.S.M.
2. FOSA DE RECEPCION.
3. TRANSPORTADOR DE TABILLAS.
4. SELECCION MANUAL.
5. MOLINO DE MARTILLOS.
6. GRANOS MOLIDOS.
7. AGUA.
8. TANQUE DE MEZCLADO.
9. BOMBA.

10. ESTERILIZACION (AUTOCLAVE).
11. INDICADOR DE PRESION.
12. INDICADOR DE TEMPERATURA.
13. TANQUE DE MEZCLADO.
14. ESTERILIZACION DE RESIDUOS ANIMALES (AUTOCLAVE)
15. TANQUE DE MELAZA.
16. BOMBA.
17. UTILIZACION DEL PRODUCTO.

COMPOSTAJE DE RESIDUOS SOLIDOS DOMICILIARIOS Y LODOS DE AGUAS RESIDUALES DOMICILIARIAS

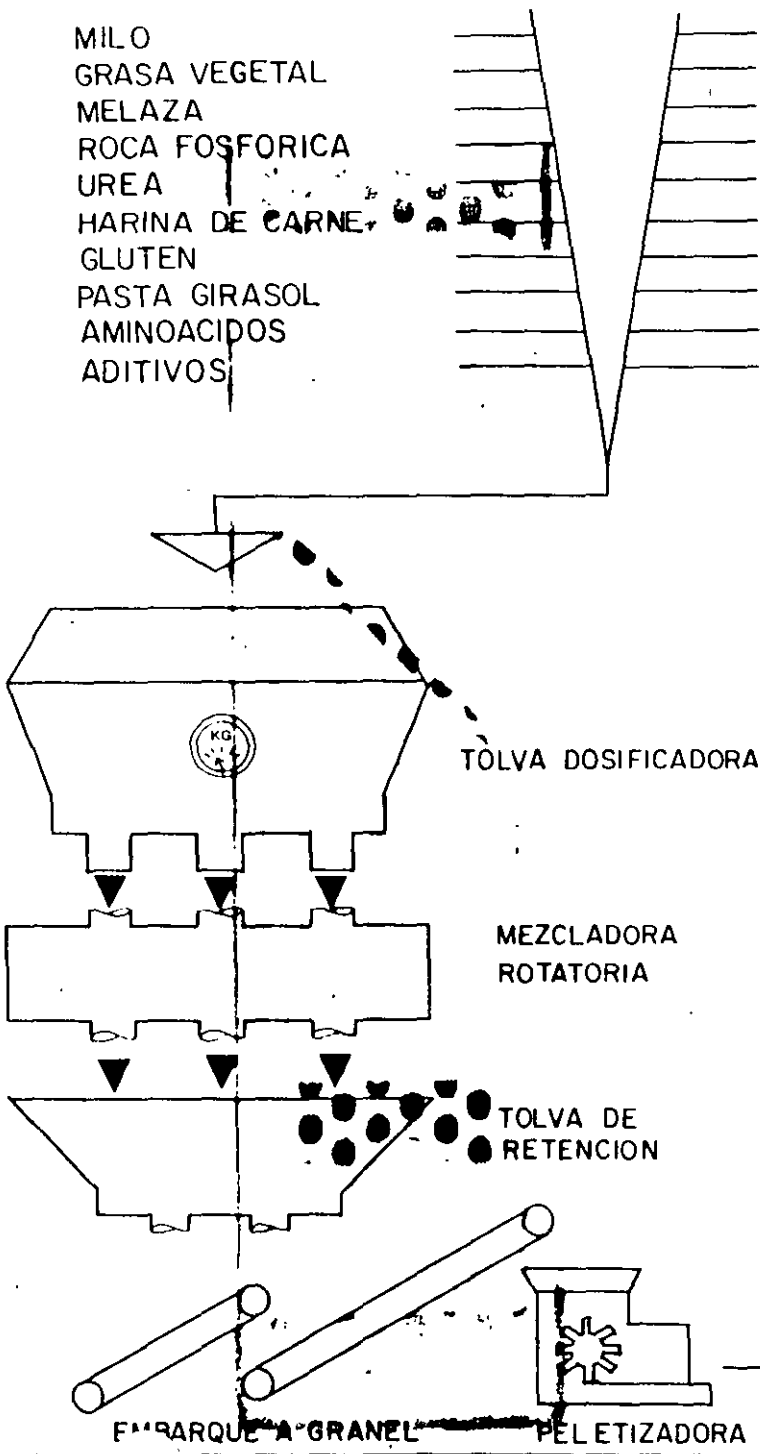


- 1.-DESCARGA DE R.S.D
- 2.-FOSA DE ALMACENAMIENTO
- 3.-TRANSPORTADOR DE TABLILLAS
- 4.-SELECCION DE SUBPRODUCTOS
- 5.-MOLIENDA GRUESA
- 6.-MAQUINA FORMADORA DE PILAS
- 7.-TANQUE DE LODOS RESIDUALES DOMICILIARIO

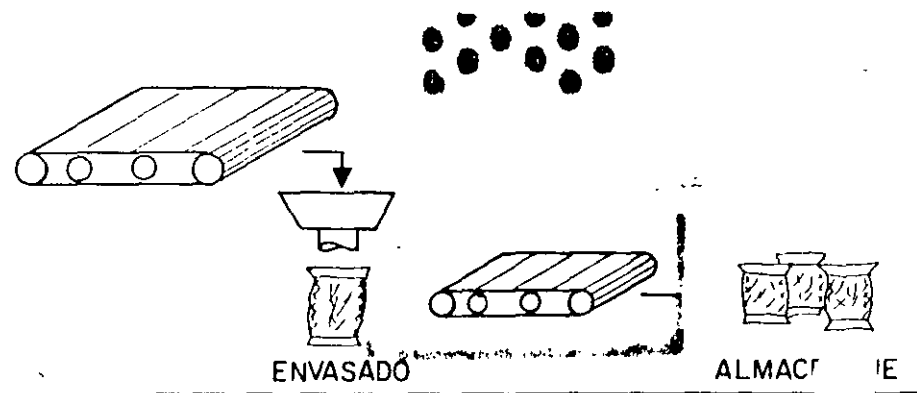
- 8.-FERMENTACION
- 9.-TRASCALO
- 10.-MADURACION
- 11.-MOLIENDA FINA
- 12.-EMBASADO
- 13.-MANEJO
- 14.-ALMACENAMIENTO

MILO
 GRASA VEGETAL
 MELAZA
 ROCA FOSFORICA
 UREA
 HARINA DE CARNE
 GLUTEN
 PASTA GIRASOL
 AMINOACIDOS
 ADITIVOS

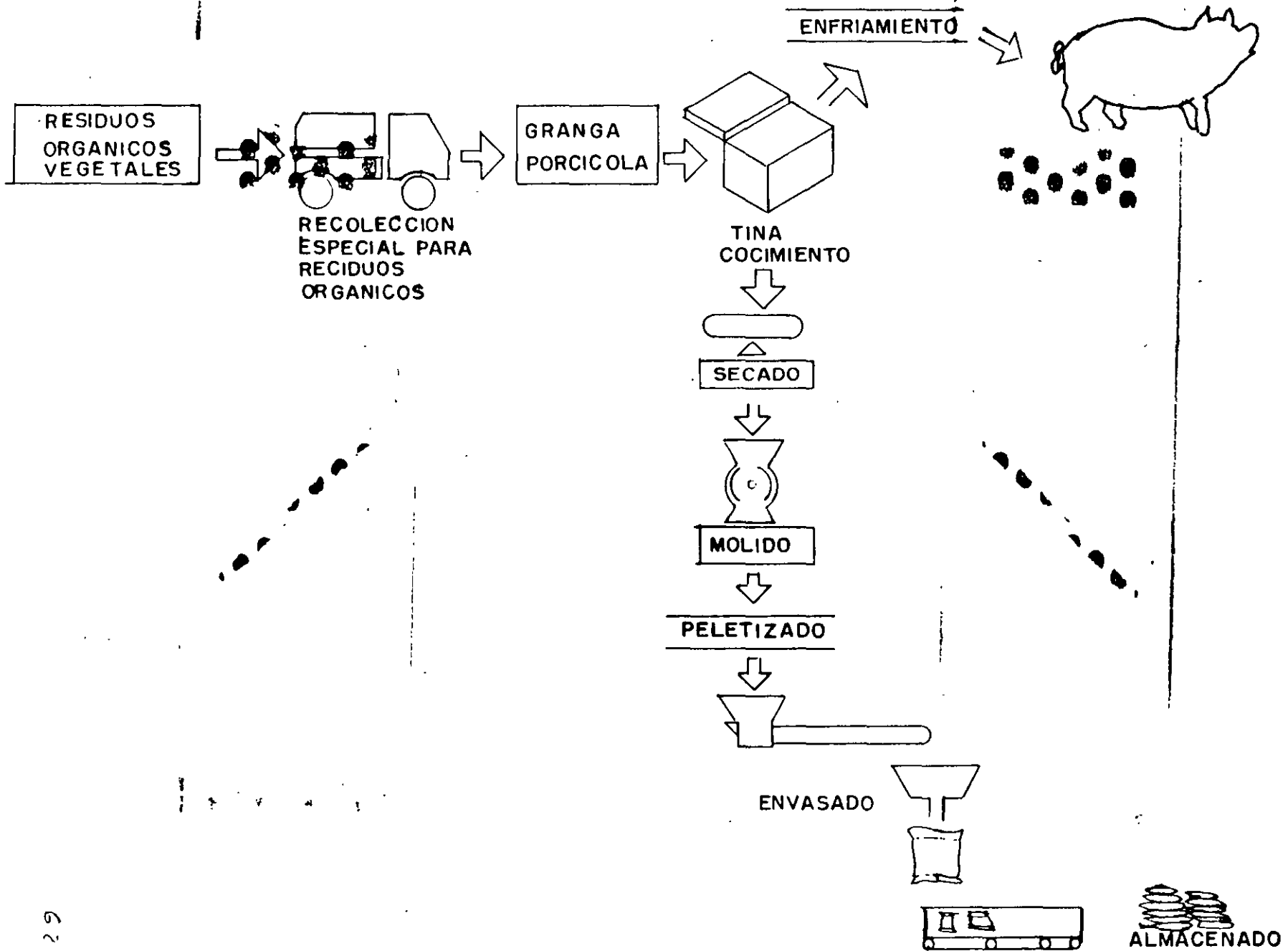
TAPIOCA
 CANOLA
 SORGO
 TRIGO
 HARINA DE PESCADO
 HARINA DE ALFALFA
 HARINOLINA
 LECHE EN POLVO
 ANTIBIOTICOS
 ETC.



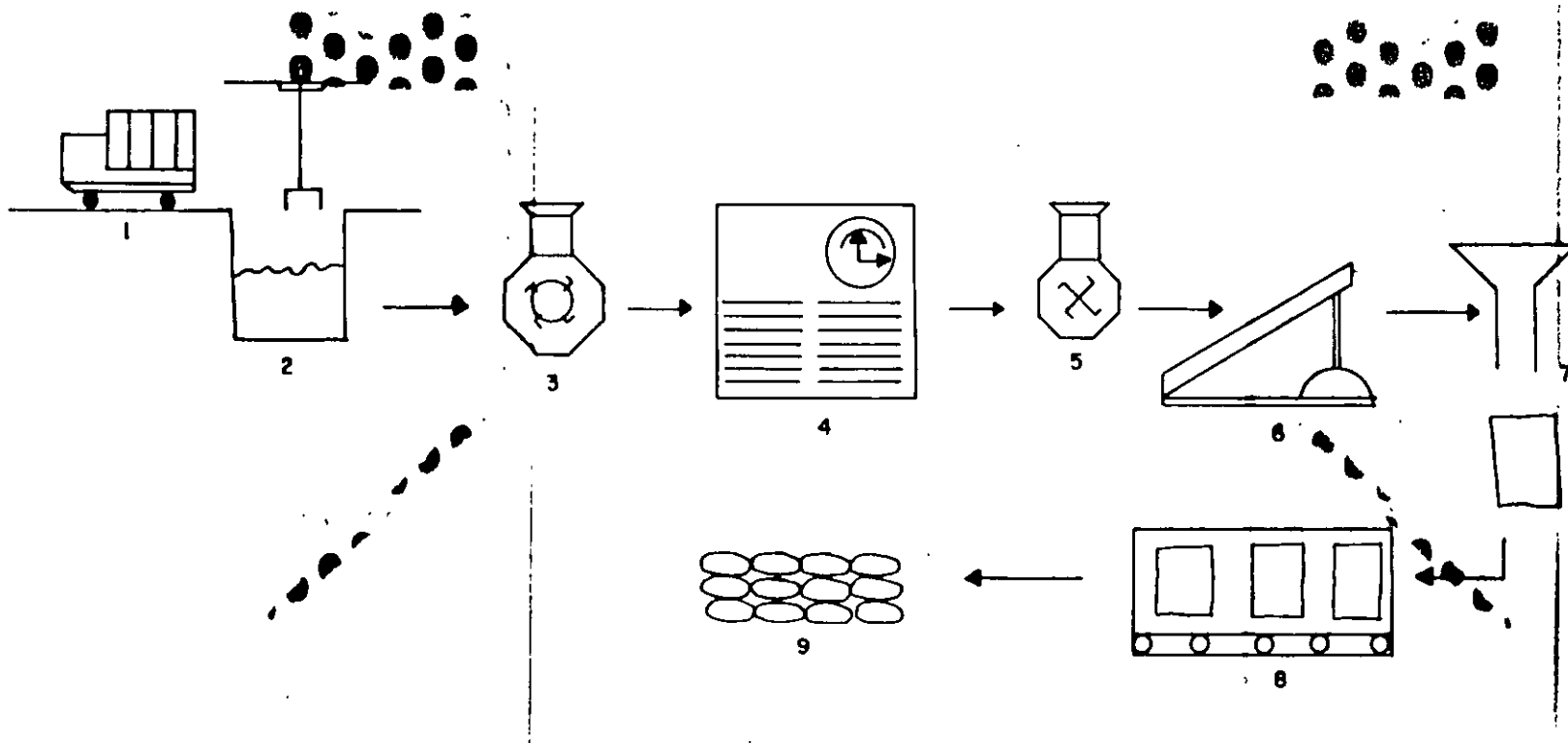
ELABORACION DE ALIMENTOS
 BALANCEADOS PARA ANIMALES



ALIMENTACION DE GANADO PORCINO A PARTIR DE RESIDUOS VEGETALES DOMESTICOS



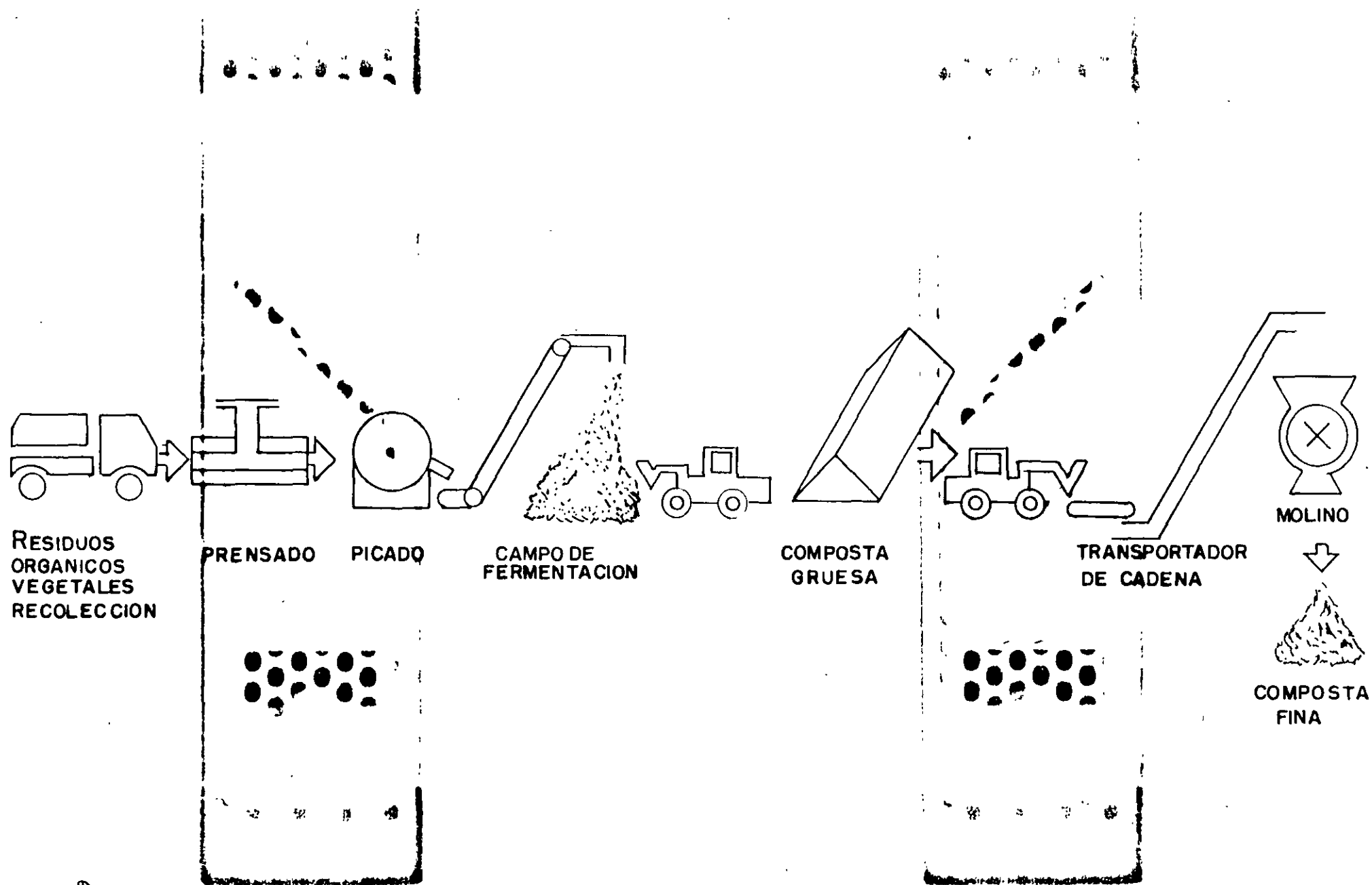
PRODUCCION DE HARINAS VEGETALES MEDIANTE LA DESHIDRATACION DE RESIDUOS VEGETALES



- 1 . DESCARGA DE RESIDUOS VEGETALES
- 2 . FOSA DE RECEPCION
- 3 . MOLINO DE CUCHILLAS
- 4 . DESHIDRATADOR
- 5 . MOLINO DE MARTILLOS

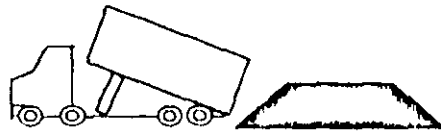
- 6 . CRIBA VIBRATORIA
- 7 . ENVASADO
- 8 . MANEJO
- 9 . ALMACENAMIENTO

COMPOSTEO AEROBICO DE RESIDUOS ORGANICOS VEGETALES

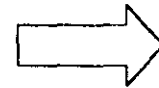
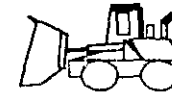
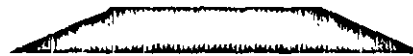


ETAPA DE FERMENTACION

DESCARGA Y
FORMACION DE
HILERAS

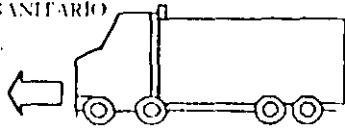


VOLFO
DE HILERAS

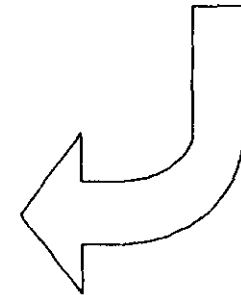
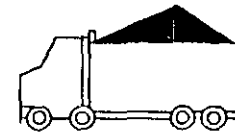


USOS:

- COBERTURA REFINO SANITARIO
- CAMINOS DE RELLENO SANITARIO
- CLAUSTRACION DE SITIOS DE

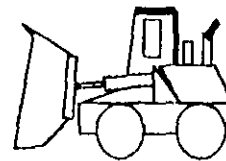
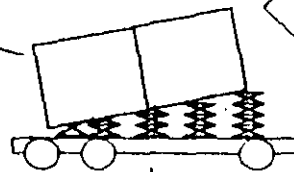


AREA DE MADURACION



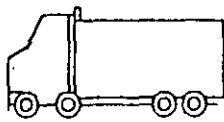
ETAPA DE ACONDICIONAMIENTO

RECHAZO
RELLENO
SANITARIO



USOS:

- AGRICULTURA EN GENERAL
- REFORESTACION
- PARQUES Y JARDINES
- SUELOS EROSIONADOS
- FLORICULTURA
- VIVEROS
- ETC.



COMPOSTA
ACONDICIONADA

CRIBA
VIBRATORIA

PROCESO DE COMPOSTEO AEROBIO CON HILERAS DE ALTO RENDIMIENTO

ALTERNATIVA II

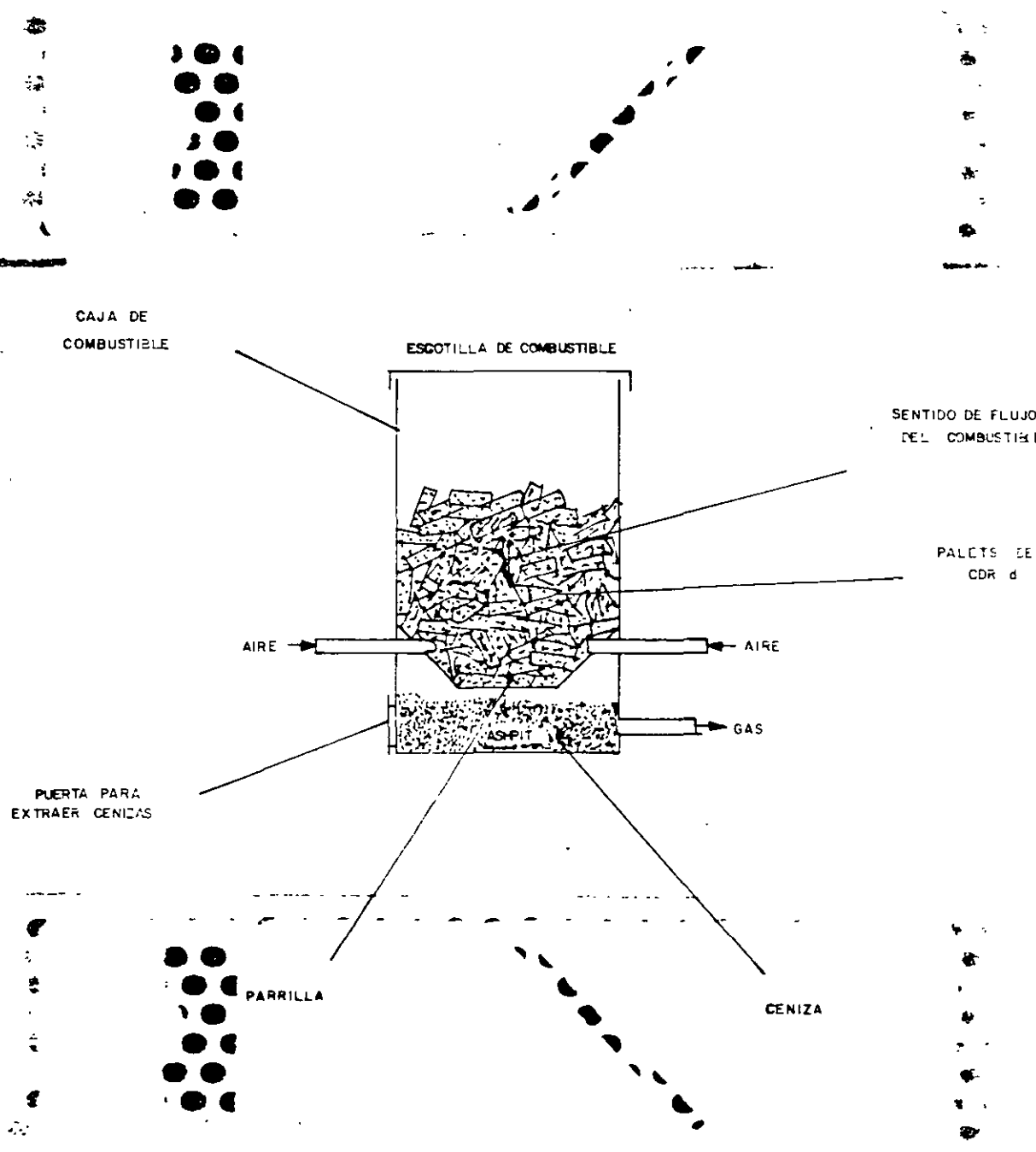
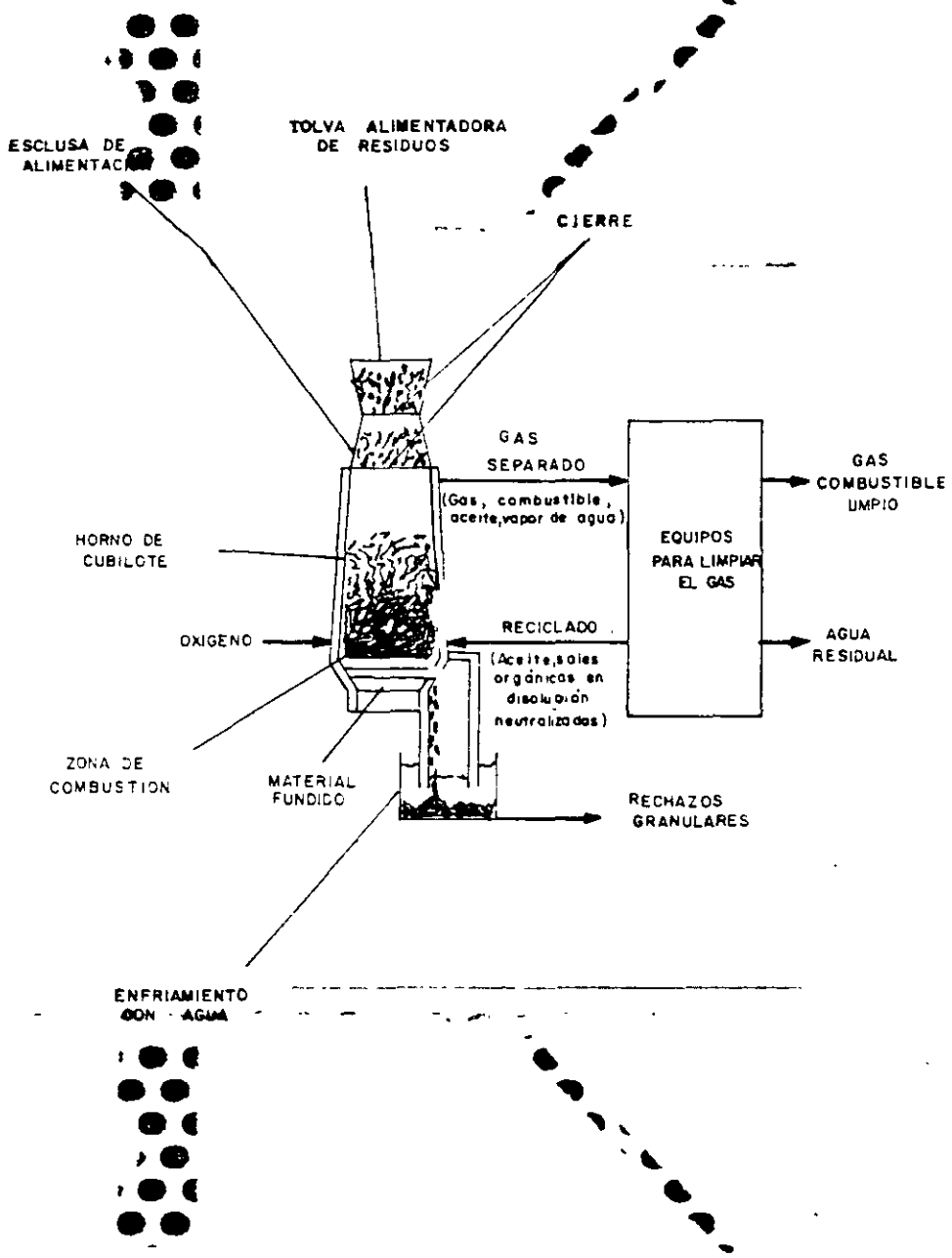
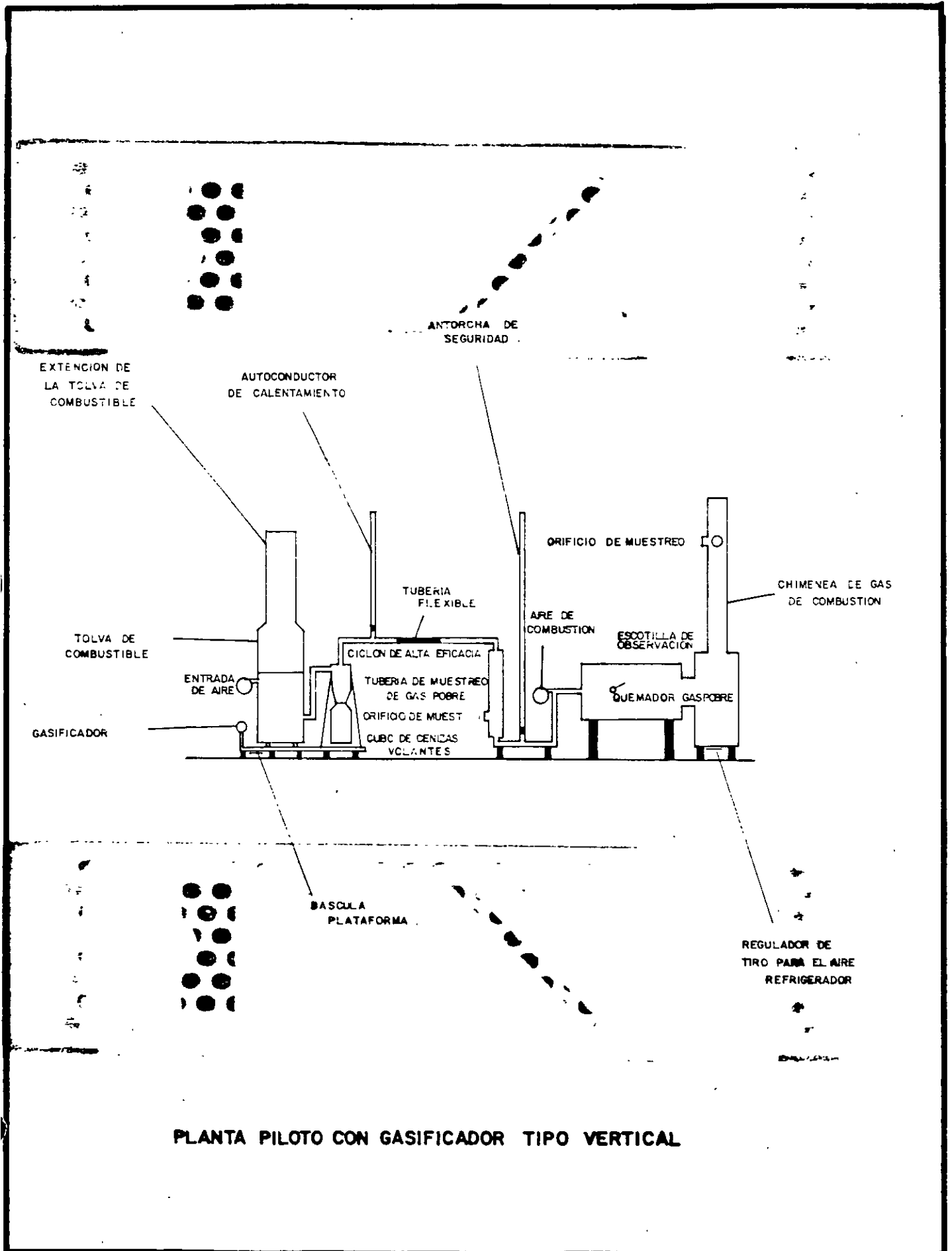


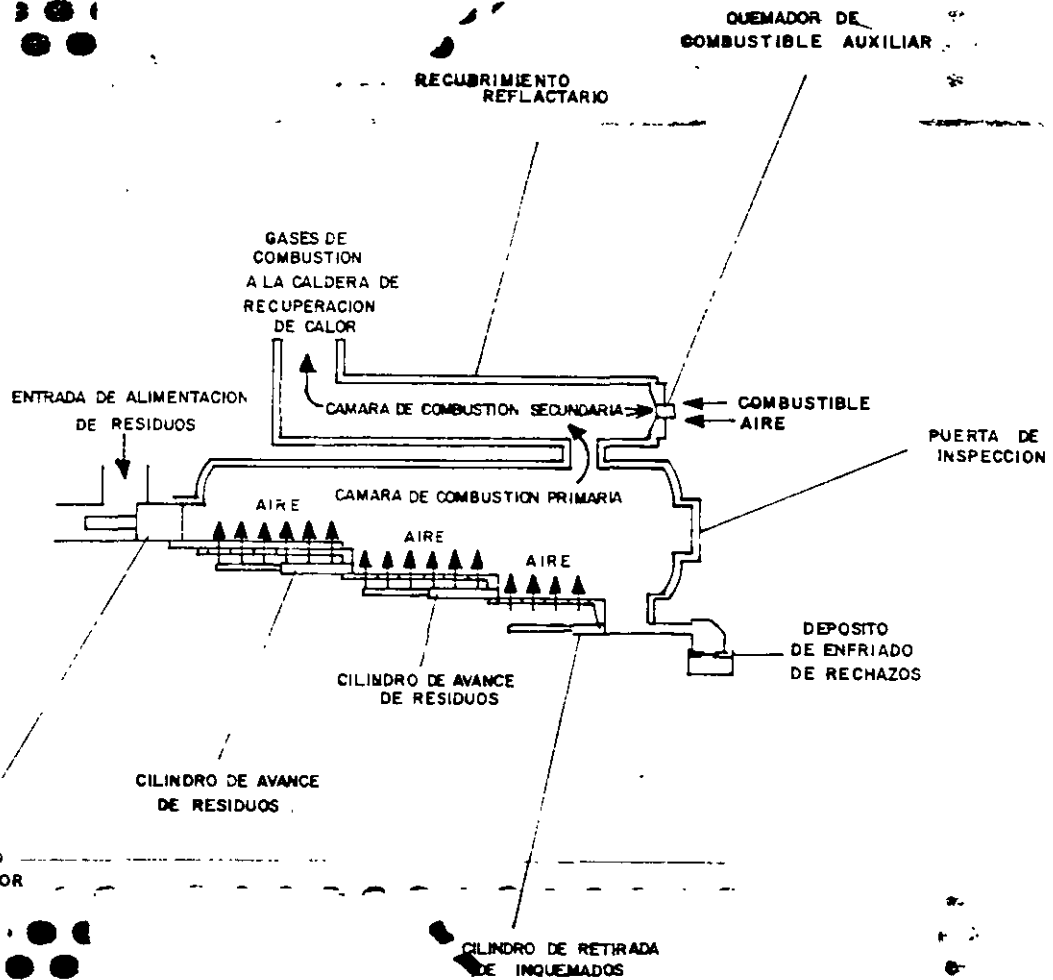
DIAGRAMA ESQUEMATICO DE UN GASIFICADOR DE LECHO FIJO VERTICAL



DIÁGRAMA DE SISTEMA PUROX DE GASIFICADOR ALIMENTADO POR OXIGENO

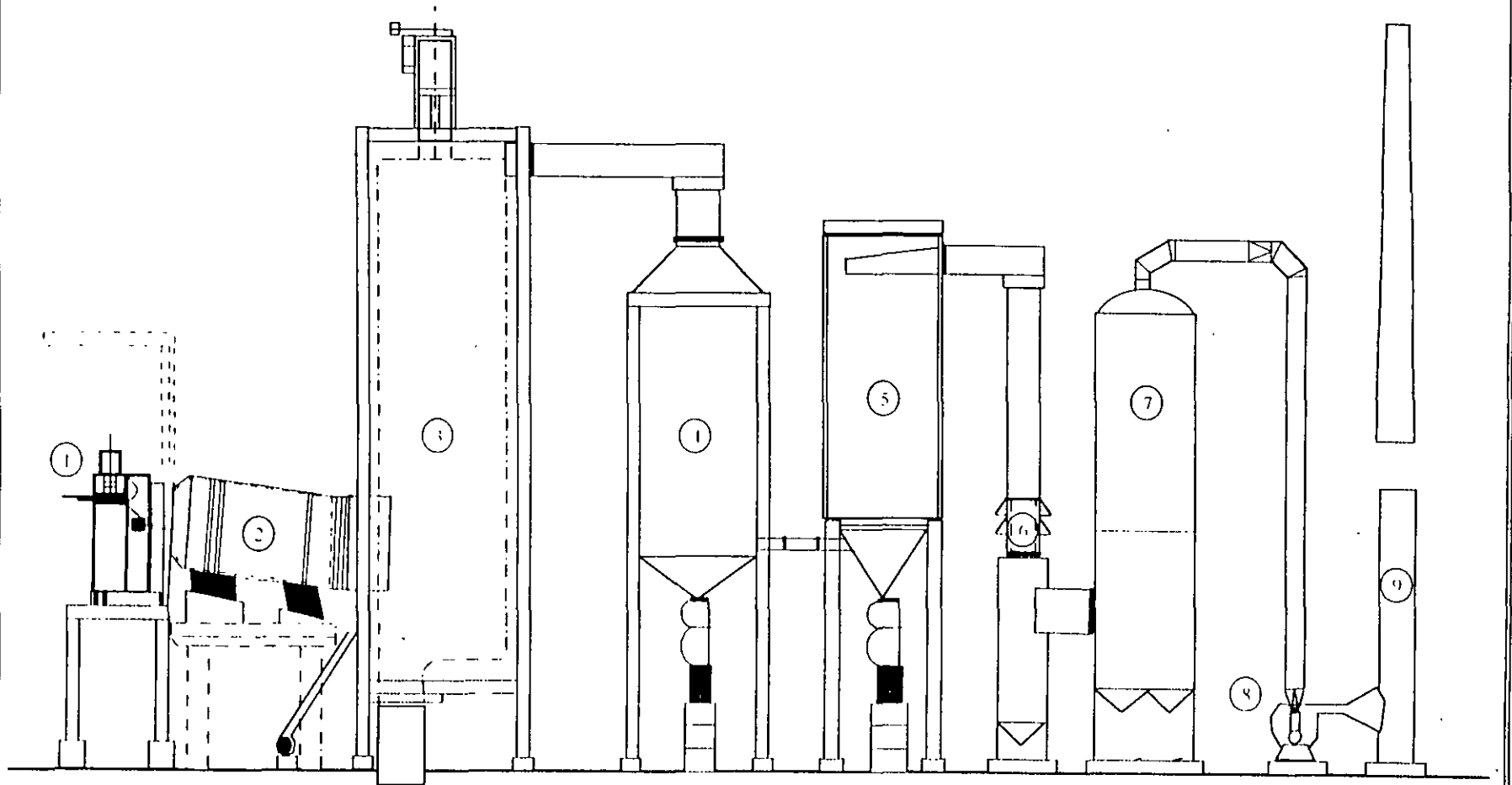


PLANTA PILOTO CON GASIFICADOR TIPO VERTICAL



GASIFICADOR DE LECHO FIJO HORIZONTAL

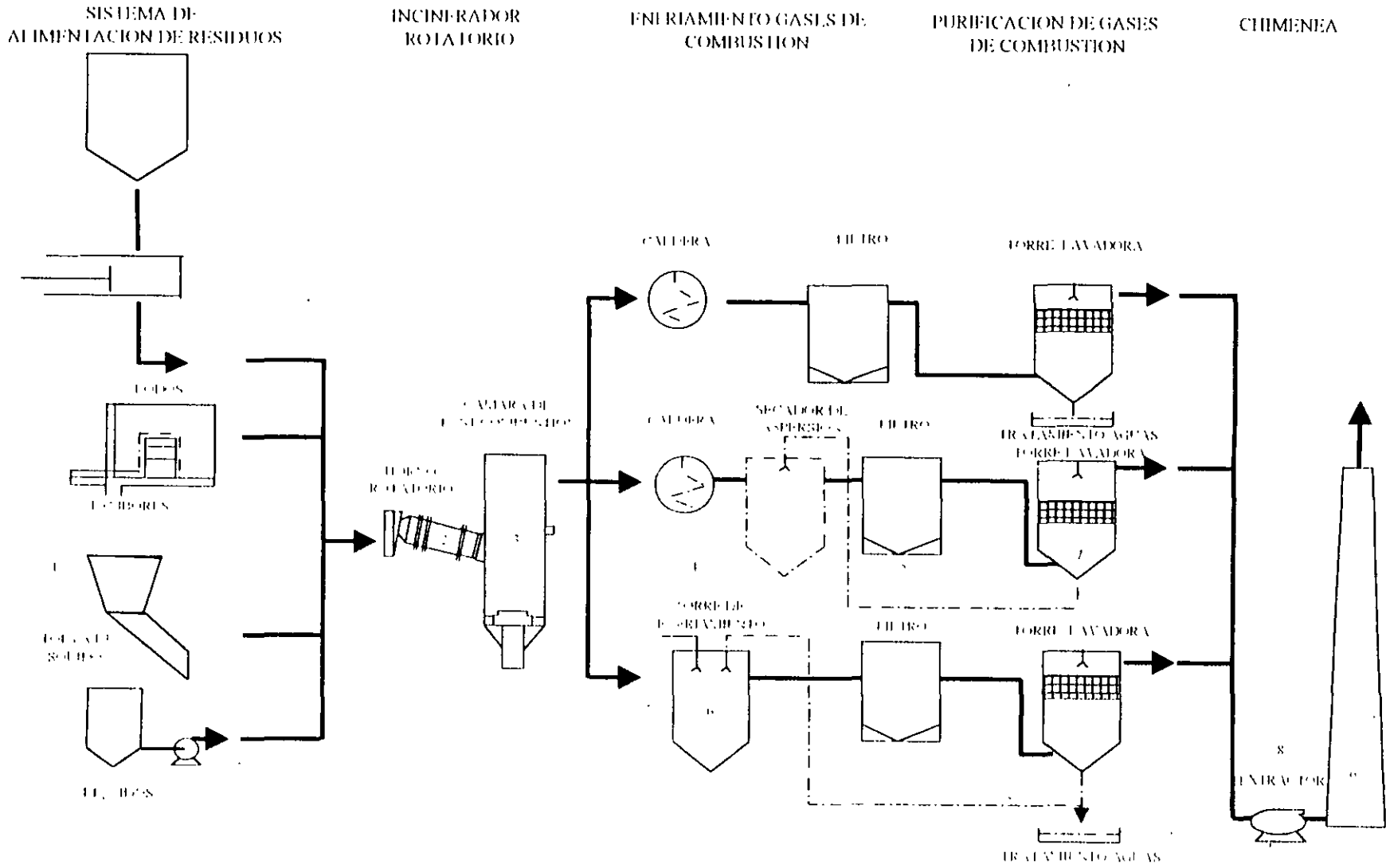
PLANTA INCINERADORA CON HORNO ROTATORIO



- 1.-Alimentación de residuos
- 2.-Incinerador rotatorio
- 3.-Cámara de combustión secundaria
- 4.-Enfriamiento por aspersion de agua
- 5.-Filtro

- 6.-Enfriador de gases de combustión
- 7.-Purificación de gases de combustión
- 8.-Extractor
- 9.-Chimenea

DIAGRAMA DE FLUJO PLANTA INCINERADORA HORNO ROTATORIO



INCINERACION

**LA INCINERACION DE RESIDUOS ES UN PROCESO QUE
UTILIZA ELEVADAS TEMPERATURAS COMO PRINCIPAL MEDIO
PARA CAMBIAR EL CARACTER QUIMICO, FISICO Y
BIOLOGICO DE LOS RESIDUOS .**

CLASIFICACION DE INCINERADORES

COMERCIAL

- a) OPERACION CONTINUA (24 HRS/DIA)**
- b) OPERACION SEMI-CONTINUA (16 HRS/DIA)**
- c) TIPO BATCH (8 HRS/DIA)**

TECNICA

- a) HORNO DE PARRILLAS DE COMBUSTION.**
- b) HORNO ROTATORIO.**
- c) LECHO FLUIDIZADO.**
- d) HORNO DE HOGAR MULTIPLE.**
- e) INYECCION LIQUIDA O GASEOSA**
- g) HOGAR FIJO.**

TIPOS DE RESIDUOS A INCINERAR

Municipales

- **Sólidos**

Industriales

- **Sólidos**
- **Líquidos**
- **Gaseosos**
- **Lodos**

FACTORES QUE DETERMINAN UNA COMBUSTION COMPLETA

- Temperatura**
- Tiempo de Residencia**
- Exceso de Aire**

- **Aprovechamiento de la Energía**
 - **Generación de vapor**
 - **Producción de energía eléctrica**

- **Purificación de Gases y Efluentes**
 - **Captación de partículas**
 - **Lavado de gases ácidos**
 - **Tratamiento de aguas**

- **Manejo de Cenizas y/o Escorias**
 - **Almacenamiento**
 - **Tratamiento**
 - **Disposición Final**

PRINCIPALES ETAPAS DEL PROCESO DE INCINERACION

- **Recepción y Almacenamiento**
 - . **Fosas**
 - . **Patio**
 - . **Contenedores**

- **Alimentación y Dosificación**
 - . **Continua**
 - . **Intermitente**

- **Combustión de los Residuos**
 - . **Cámara Primaria**
 - . **Cámara Secundaria**

V E N T A J A S

- **REDUCCION HASTA UN 80 % A 90 % DEL PESO Y VOLUMEN ORIGINAL DE LOS RESIDUOS.**
- **DESTRUCCION DE LOS COMPONENTES PELIGROSOS.**
- **ELIMINACION TOTAL DE MICROORGANISMOS.**
- **POSIBILIDAD DE RECUPERACION DE ENERGIA (VAPOR Y ELECTRICIDAD).**
- **POCO ESPACIO PARA INSTALAR UNA PLANTA EN COMPARACION DE OTROS METODOS DE DISPOSICION FINAL.**
- **LA OPERACION NO SE "AFECTA POR LAS CONDICIONES CLIMATOLOGICAS".**

- **COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO ELEVADOS.**
- **QUEDA UN RESIDUO INERTE QUE PODRIA REQUERIR UN TRATAMIENTO ESPECIAL PARA SU DISPOSICION FINAL.**
- **SE DESTRUYEN MATERIALES POTENCIALMENTE RECICLABLES.**
- **LA INCINERACION REPRESENTA UN ALTO COSTO DE CAPITAL.**

D E S V E N T A J A S

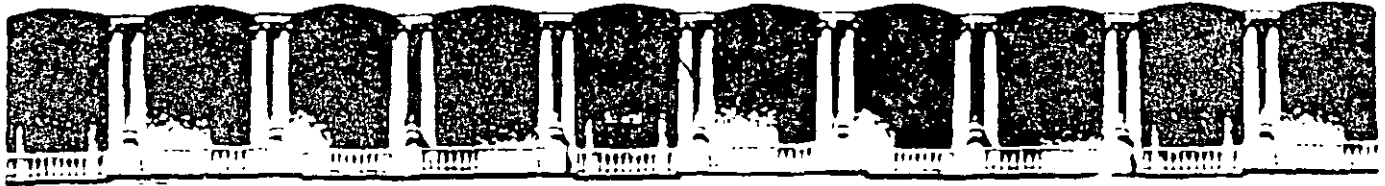
- **REQUIERE PERSONAL ESPECIALIZADO PARA OPERACION Y MANTENIMIENTO.**
- **MATERIALES ALTAMENTE ACUOSOS Y NO COMBUSTIBLES, NO SON INCINERABLES.**
- **REQUIERE DE SISTEMAS ANTICONTAMINANTES Y MONITOREOS PERIODICOS.**
- **SE REQUIERE COMBUSTIBLE AUXILIAR PARA IGNICION Y PARA MANTENER TEMPERATURAS REQUERIDAS PARA INCINERAR CIERTOS MATERIALES.**

POSIBLE UTILIZACION DE CENIZAS GENERADAS.

CAPACIDAD VARIABLE.

LA REDUCCION DE RESIDUOS ES INMEDIATA EN COMPARACION A UN TRATAMIENTO BIOLOGICO Y/O METODO DE DISPOSICION FINAL.

LOS RESIDUOS PUEDEN SER INCINERADOS EN IN-SITU, SIN TENER QUE TRANSPORTARLOS A UNA AREA DISTANTE.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

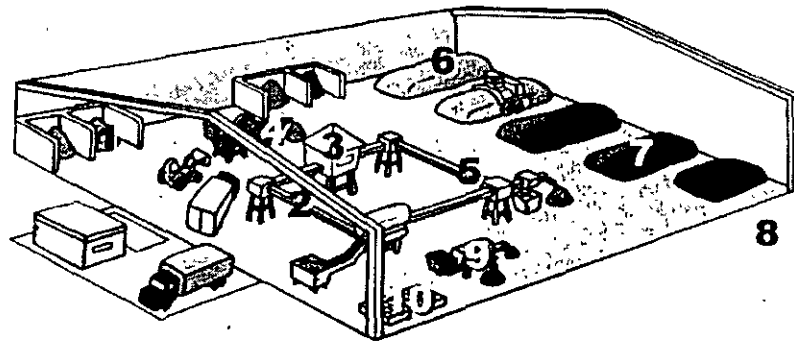
COMPOSTAJE

TEMA

SISTEMAS CERRADO DE HILERAS

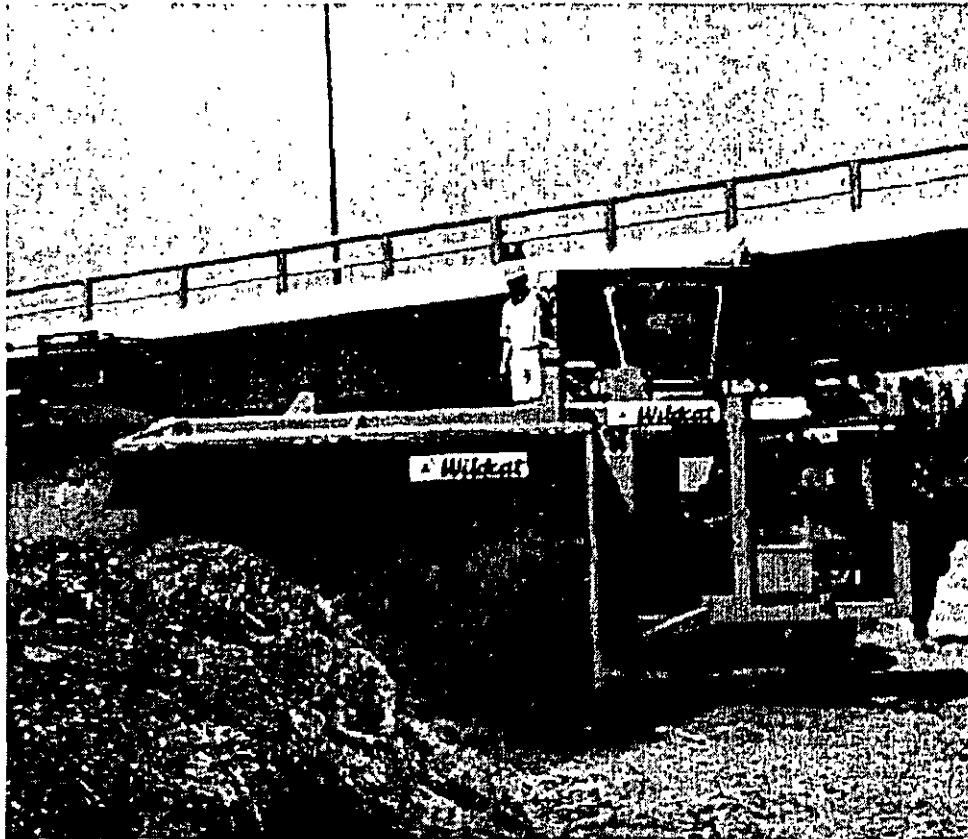
**EXPOSITOR: M. EN C. MARIA TERESA CASTAÑEDA BRIONES
PALACIO DE MINERIA
NOVIEMBRE DEL 2000**

SISTEMA CERRADO DE HILERAS

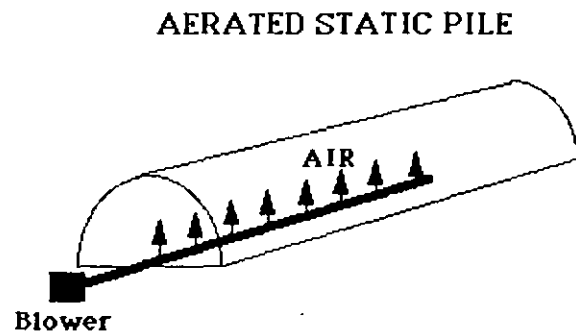


1. **Recepción de la fracción orgánica de la basura.**
2. **Trommel.**
3. **Cabina de selección manual.**
4. **Recepción de la fracción vegetal y trituración.**
5. **Mezcla y homogenización.**
6. **Disposición en pilas.**
7. **Volteado de las pilas y control de las condiciones ambientales del proceso**
8. **Recogida de los lixiviados y de las aguas pluviales**
9. **Cribado del compost maduro**
10. **Compost**

VOLTEO EN HILERAS A CIELO ABIERTO

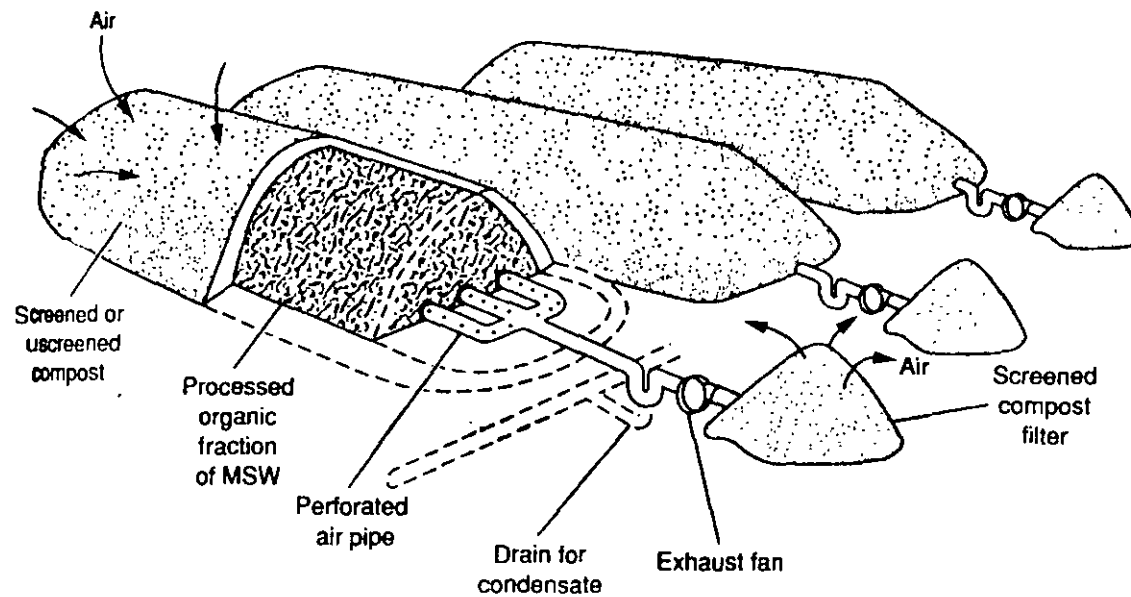


PILA O HILERA ESTÁTICA AEREADA



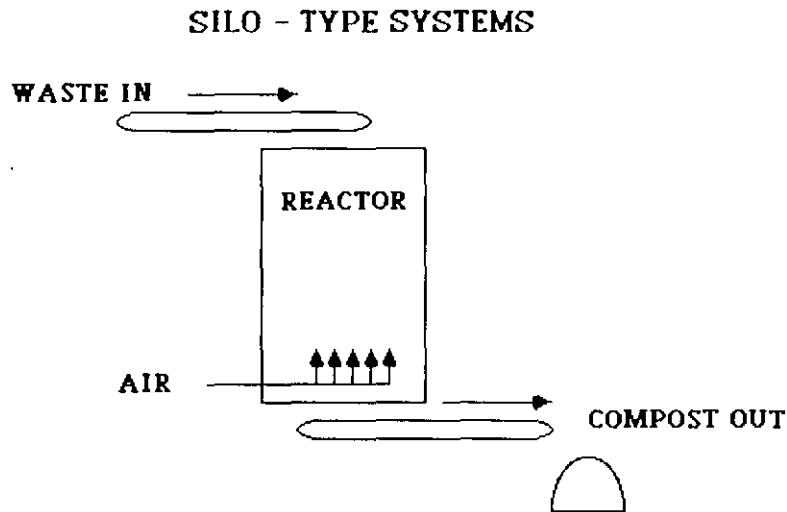
- Primordial la estructura porosa del material.
- También se construyen durante varios días, pero cada pila se considera como un solo lote.
- Se pueden construir a mano o con maquinaria (cargadores frontales, volteos o bandas móviles).
- No se agita por medios mecánicos (estática).

HILERAS ESTÁTICAS CON AIREACIÓN FORZADA



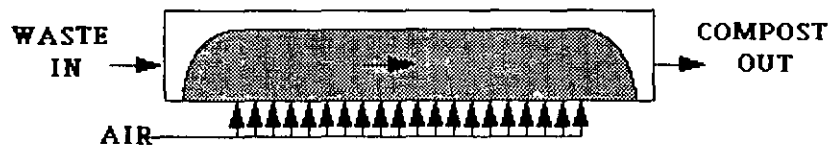
Schematic of aerated static pile composting system.

REACTOR VERTICAL TIPO SILO



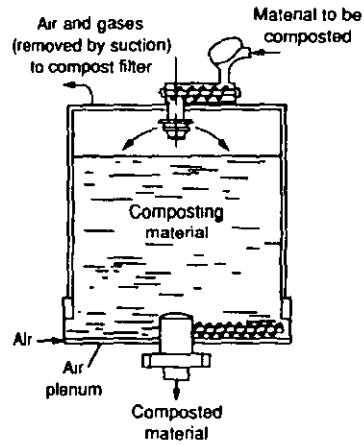
- Más de 4m altura.
- Alojados en silos o estructuras.
- Cuenta con mecanismo de distribución y la MO fluye por gravedad.
- Control de proceso difícil por altas tasas de flujo de aire (desde el fondo).
- También es importante la estructura porosa del material.
- Más utilizado para lodos.

REACTOR HORIZONTAL

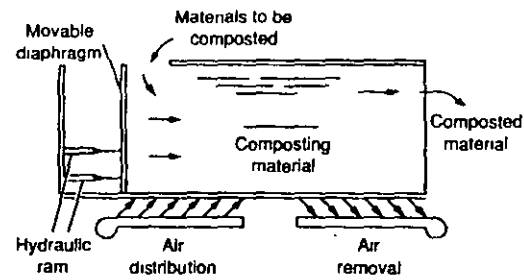


- Pueden ser estáticos o con agitación.
- Aereación inducida por vacío o presión desde el fondo.
- No generan grandes gradientes de temperatura, oxígeno y humedad.
- Lechos de 2m espesor amortiguan la heterogeneidad de los RSM.

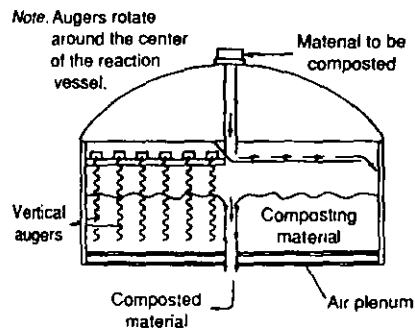
SISTEMAS CERRADOS



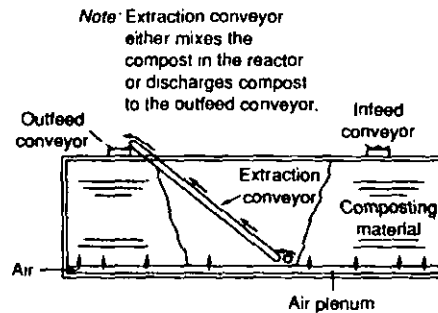
(a)



(b)



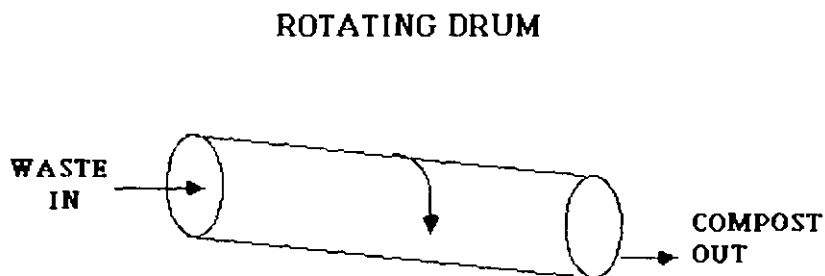
(c)



(d)

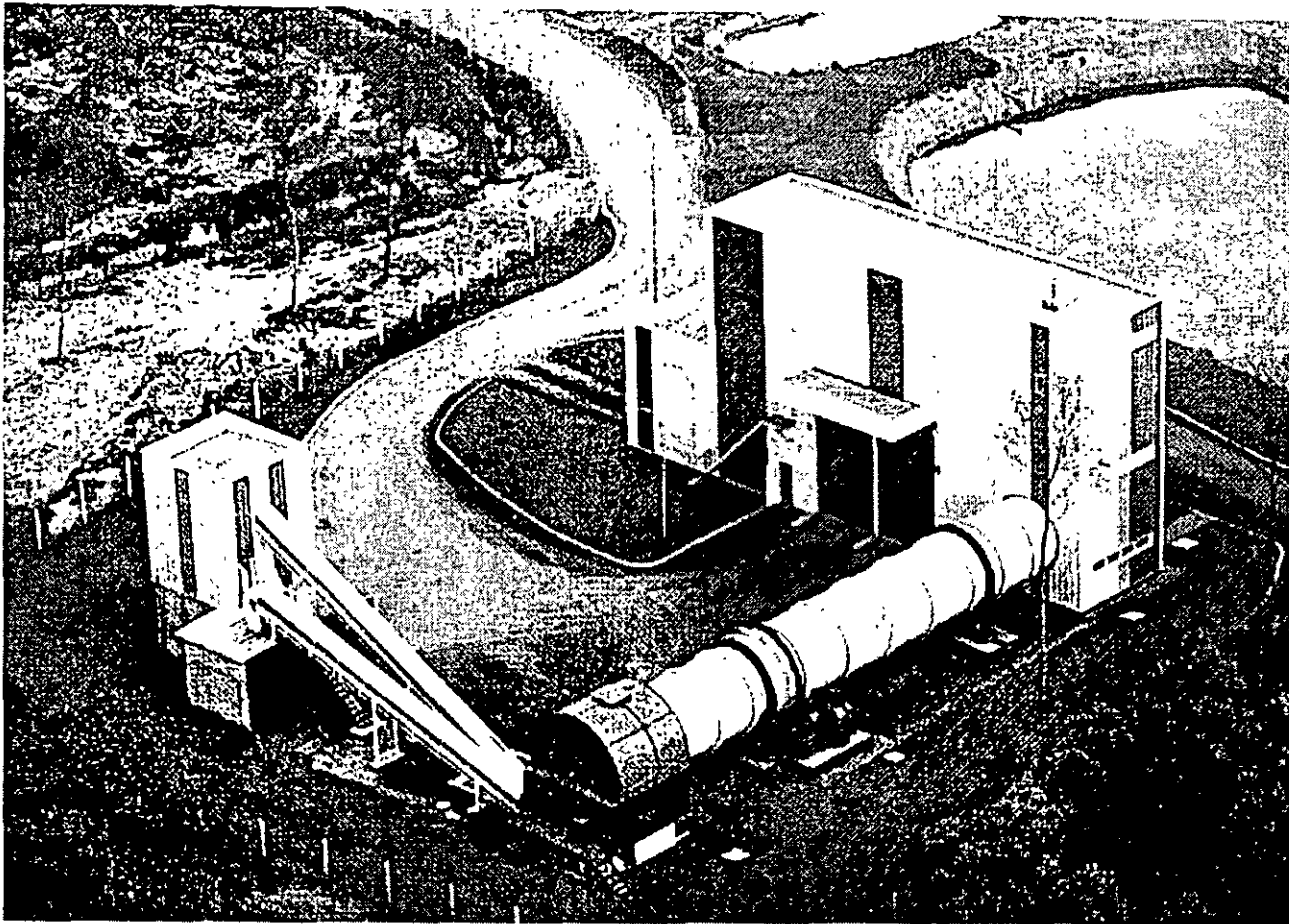
In-vessel composting units: (a) unmixed vertical plug flow reactor, (b) unmixed horizontal plug flow reactor, (c) mixed (dynamic) vertical reactor, and (d) mixed (dynamic) horizontal reactor

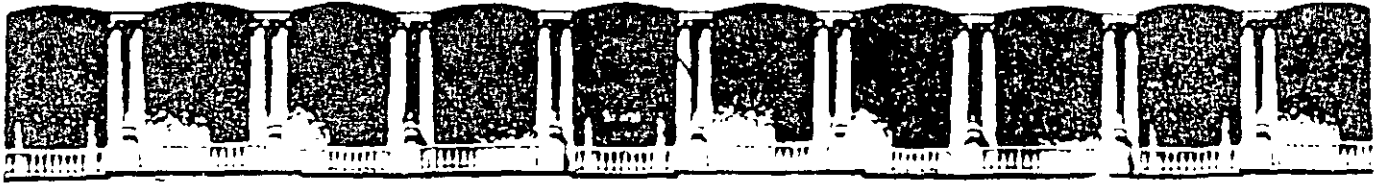
REACTOR DE TAMBOR ROTATORIO



- Son los sistemas más rápidos (72 horas).
- Resuelven el equilibrio comercial entre costo de inversión y tiempo de residencia.
- Su movimiento homogeniza la mezcla de materias primas.
- Requiere curado o maduración por separado (Pilas o Hileras).

PLANTA DE TAMBOR ROTATORIO





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

COMPOSTAJE

TEMA

MICROBIOLOGIA DE LA COMPOSTA

**EXPOSITOR: M. EN C. MARIA TERESA CASTAÑEDA BRIONES
PALACIO DE MINERIA
NOVIEMBRE DEL 2000**

MICROBIOLOGIA DE LA COMPOSTA

María Teresa Castañeda Briones

Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco
Laboratorio De Microbiología Ambiental
Av. San Pablo No. 180, Col. Reynosa Tamaulipas, Azcapotzalco, México, D.F.
Tel (5) 318-9596, E. Mail: tcb@correo.azc.uam.mx

RESUMEN

Existen muchas definiciones de composteo, pero una definición microbiológica es: "Bio-oxidación de la materia orgánica por una gran variedad de microorganismos" Las técnicas de composteo son diversas, desde la más sencilla que es la manual, hasta la altamente mecanizada.

Con base en los requerimientos de oxígeno los procesos de composteo pueden ser Aerobios y Anaerobios. Los principales factores que intervienen en el composteo son: Nutricionales, temperatura, pH, aireación, relación Carbono-Nitrógeno y construcción de pilas, influyendo cada uno de ellos de alguna manera en la actividad degradadora de la materia orgánica por parte de los microorganismos.

Las bacterias, hongos, actinomicetos y protozoarios son los principales grupos de microorganismos responsables de la degradación de la materia orgánica. Asimismo, algunos organismos invertebrados como ciempiés, milpiés, escarabajos, caracoles, ácaros, hormigas, lombrices y otros, se encargan de facilitar la acción de los microorganismos ya que al alimentarse proporcionan mayor área superficial de la materia orgánica.

Existen diversas técnicas para el cultivo y observación de los microorganismos así como también para la observación de los organismos invertebrados en la composta.

PRODUCCIÓN DE COMPOSTA

Que es el composteo?

El composteo es una forma de manejo de los desechos sólidos, en donde los componentes orgánicos de estos productos son biológicamente descompuestos de una manera controlada, hasta convertirlos en un material húmico estable, e higiénico el cual puede ser almacenado y manejado como composta orgánico sin

perjuicios para el ambiente, a esta resultante se le llama composta.

Clasificación del proceso

Existen muchas técnicas para llevar a cabo este procedimiento y van desde las manuales, donde prácticamente no se requiere de nada más que la materia prima, hasta las altamente mecanizadas que para su funcionamiento requieren de altos gastos de energía. Estos procesos básicamente se dividen en aeróbicos y anaeróbicos. El proceso aeróbico para su ejecución requiere de la presencia de aire disuelto en su interior. El proceso anaeróbico, implica prácticamente la ausencia de aire en su interior. Las diferencias básicas entre ambos son las siguientes:

Proceso aeróbico

- 1.- Casi no hay producción de malos olores.
- 2.- Producción de altas temperaturas.
- 3.- Proceso rápido (2-6 meses) según el material.
- 4.- Requiere más gasto, horas / hombre / trabajo.
- 5.- Mayor pérdida de nitrógeno.

Proceso anaeróbico

- 1.- Producción de malos olores.
- 2.- Poca elevación de temperatura.
- 3.- Proceso lento (hasta 1 año) según el material
- 4.- Requiere de pocas horas / hombre / trabajo.
- 5.- Menor pérdida de nitrógeno.

FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO

Nutricionales

Como factores nutricionales se maneja el grado y facilidad de obtención de éstos por parte de los microorganismos, así como también la cantidad y balance de los nutrientes que se encuentren disueltos en el sustrato a compostear. Así mientras más rápido sean asimilados los nutrientes, más rápido será el proceso. Por ejemplo; Los compuestos con altas cantidades de proteínas como los vegetales frescos, se descompondrán más rápido que aquellos que tienen altas cantidades de lignina y celulosa como lo es el aserrín.

Temperatura

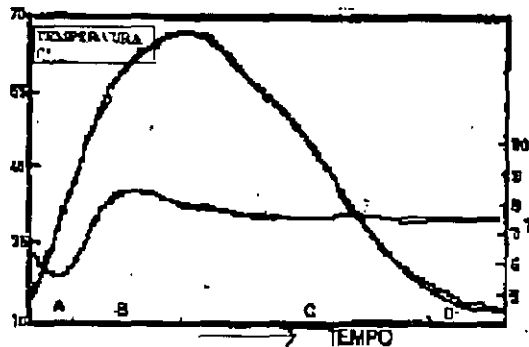
Factor que es muy importante cuidar, pues de él depende tanto la velocidad de proceso así como la presencia o ausencia de los microorganismos biodegradadores, como bacterias y hongos, los cuales por virtud de este factor son clasificados en: organismos mesófilos, que son aquellos que se desarrollan de manera óptima a temperaturas entre los 25° C y los 45°C presentándose en las etapas iniciales y finales del proceso. Los microorganismos termófilos, son aquellos que prefieren temperaturas entre los 45°C y los 70°C.

En el cuadro 1 se representa la relación entre temperatura y pH con respecto al tiempo de composteo y las letras A, B, C y D indican fases de actividad microbiana. A=Fase mesofílica B=Fase termofílica C=Fase de enfriamiento

D=Fase de maduración El manejo adecuado de la temperatura permite a su vez eliminar la mayoría de microorganismos considerados patógenos, así como desactivar algunos tipos de semillas (ver tabla 1)

Tabla 1 temperaturas para destruir algunos organismos

Organismo	Observaciones
<i>Salmonella sp.</i>	Muere en 1 hora a 55°C
<i>Escherichia coli</i>	La mayoría muere en 1 hora a 55°C
<i>Entamoeba histolytica</i>	Muere en unos minutos a 45°C
<i>Taenia saginata</i>	Muere en unos minutos a 55°C
<i>Ascaris lumbricoides</i>	Muere en menos de 1 hora a temperaturas arriba de 50°C



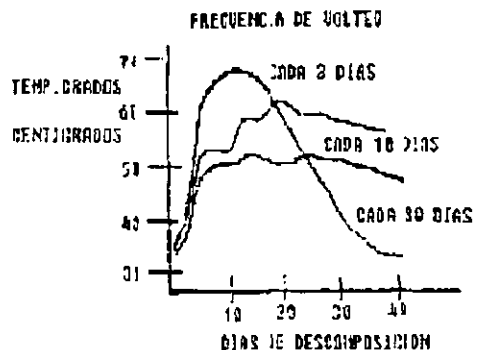
Por otra parte no existe para el proceso una temperatura ideal pues los substratos que se utilizan pueden ser muy diversos, pero se estima que en general la temperatura óptima se localiza entre los 45°C-50°C y la máxima entre los 50°C a los 70°C, por lo que el mejor desarrollo microbiano se logra al mantener la temperatura lo mas alto posible (dentro del rango optimo) sin matar o inhibir a los microorganismos que llevan a cabo el proceso.

pH

Al igual que la temperatura existen varios rangos de acidez o alcalinidad en los que los organismos operan de manera eficiente, siendo en general de 6.0 a 7.5 para bacterias y de 5.5 a 8.0 para algunos tipos de hongos. A diferencia de la temperatura este factor no se recomienda que sea modificado, pues es también un indicador del trabajo que se realiza en la composta y tiende a estabilizarse por si solo como efecto de la aireación y otros factores al ir finalizando el composteo.

Aireación

La presencia de oxígeno disuelto en el material es importante. Es necesario que el material presente mayor área de superficie para que esté en contacto con el oxígeno, esto se logra moliendo el material para que tenga un tamaño aproximado de 1" a 2" pero cuidando que no sea tan pequeño que bloquee por si mismo el paso de aire en el interior de la pila. Este mismo proceso de aireación también sirve para controlar tanto a la humedad, como a la temperatura, tampoco existe un parámetro fijo que señale cada cuando se deben de airear las pilas, aunque de manera general se recomienda voltearlas cada semana, si por alguna causa la pila comienza a producir malos olores, este es un indicador de que la pila debe voltearse mas frecuentemente. Ver cuadro 2.



Aquí se representa idealmente el tiempo que tarda en degradarse el material si éste es volteado con una cierta frecuencia y la temperatura que puede alcanzar.

Humedad

El contenido de humedad va estrechamente ligado a la frecuencia de volteo del material composteado y su exceso (más del 100%) tiene que ver con la presencia de malos olores, así como su falta (entre el 45% y el 50%) influye en la disminución de la temperatura y de un retraso en la realización del proceso.

Relación de carbono nitrógeno

Factor de suma importancia en el proceso pues son estos elementos los que son utilizados por los microorganismos para su desarrollo, degradando por consiguiente, el sustrato orgánico sobre el cual se desarrollan. Si esta relación existe en una proporción muy elevada de nitrógeno éste se pierde en forma de malos olores, si por el contrario el elemento excedente es el carbono, el proceso se lleva a cabo de manera lenta, por lo que se sugiere hacer inicialmente algunas pruebas, tanto de velocidad como de producción de malos olores. Ejemplo de material rico en nitrógeno pasto, gallinaza, estiércol, suero, etcétera. Como material rico en carbono se encuentra principalmente el aserrín.

[^] C:N [] =Alta relación se inhibe el desarrollo, al ser difícil romper las uniones de los micronutrientes.

[] C:N [^] =Baja relación al inicio acelera el crecimiento microbiano, bajando la concentración de O₂ y creando por lo tanto una anaerobiosis por lo que se debe de airear rápidamente.

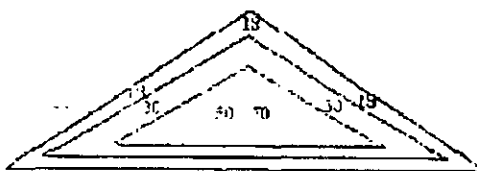
Durante el proceso 2/3 son utilizados como CO₂ y el resto 1/3 es combinado con el nitrógeno para el desarrollo celular. C= energía N= proteínas. De aquí los organismos lo reutilizan a partir de los que van muriendo, continuando así un ciclo de reciclamiento.

Construcción de pilas.

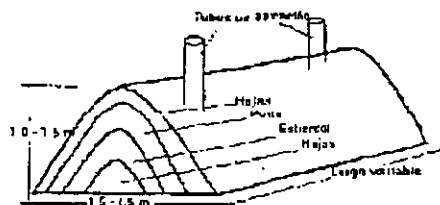
El tamaño es variable pero como regla general ésta puede tener el largo que desee y 2 veces el ancho que lo alto, por ejemplo, si la pila mide 1.5 m de alto se recomienda que de ancho tenga 3.0 m. En cuanto a las proporciones se recomienda colocar 1 parte de pasto por 3 de hojarasca, alternando esta mezcla en forma de capas, la 1° siendo de hojarasca, la 2° de pasto, la 3° de hojarasca, etc. Es importante adicionar entre estas capas algo de tierra o de estiércol ya que son, estos materiales los que llevan una gran parte de los microorganismos que se encargan de realizar finalmente el trabajo de composteo.

Al momento de realizar el volteo es importante cuidar que la mezcla de los componentes se haga de la mejor manera teniendo cuidado en que siempre las capas que al principio se localizaban hacia la parte periférica sean situadas en la parte central, lo mismo ocurre con las capas localizadas en el centro las cuales deberán quedar en la periferia de la pila, esto con el objetivo de que todas las partes de la pila de composteo reciban el efecto tanto de la temperatura como el de la acción de los organismos.

Cuadro 3



cuadro 3
Distribución ideal de temperatura en una pila de composta seleccionada transversalmente.



Distribución ideal de temperatura en una pila de composta seleccionada transversalmente. Tomado de: Producción de composta. Dirección general de obras y servicios generales - vivero bajo. Instituto de Biología.- Jardín botánico.

LOS INVERTEBRADOS DE LA PILA DE COMPOSTA

Hay una compleja variedad de alimentos en un pila de composta, representando, a una pirámide con los niveles de consumidores: primarios, secundarios y terciarios. La base de la pirámide, o fuente de energía, está constituida de materia orgánica, incluyendo los residuos de plantas y animales.



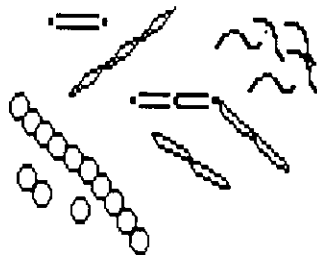
Como se puede ver en esta pirámide, residuos orgánicos tales como hojas y materiales de otras plantas son comidos por algunos tipos de invertebrados como milpiés, cochinillas, caracoles y babozas. Estos invertebrados despedazan los materiales de la planta, creando más área de la superficie para la acción por hongos, bacterias y actinomicetes (un grupo de organismos intermedio entre las

bacterias y los hongos verdaderos), los cuales a su vez son comidos por organismos tales como los ácaros y colémbolos.

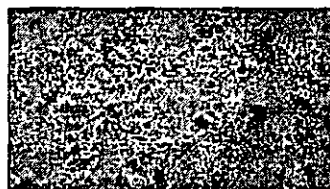
Muchos tipos de lombrices, incluyendo lombrices de tierra, nemátodos, lombrices rojas, y lombrices de macetas, comen vegetación descompuesta y microbios y excretan compuestos orgánicos que enriquecen la composta. Airean la composta y al tomar su alimento aumenta el área superficial de la materia orgánica para que los microbios actúen. Como cada descomponedor muere o excreta, más comida se agrega a la red para otro descomponedor.

Las bacterias

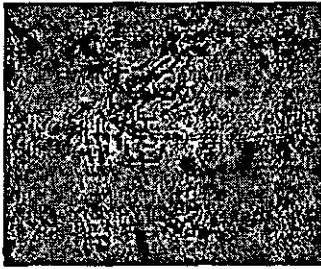
Son los organismos vivos más pequeños y los más numerosos en la composta; ellos constituyen el 80 a 90% de los billones de microorganismos típicamente encontrados en un gramo de composta. Las bacterias son responsables de la mayoría de la descomposición y generación de calor en la composta. Ellos son el grupo nutricionalmente más diverso de los organismos de la composta, usando un amplio rango de enzimas para descomponer químicamente una variedad de materiales orgánicos.



Las bacterias son unicelulares y de forma de cilíndrica (bacilos), esférica (cocos) o espiral (espirilos). Muchos son móviles. Al principio del proceso de composteo (0-40°C), las bacterias mesofílicas predominan. La mayoría de éstas son formas que también pueden encontrarse en la superficie del suelo.



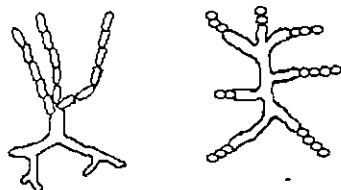
Cuando la temperatura de la composta está sobre 40°C, bacterias termofílicas toman lugar. Las poblaciones microbianas durante esta fase son dominadas por miembros del género *Bacillus*. La diversidad de especies de bacilos es bastante alta a temperaturas de 50-55°C y decrece dramáticamente arriba de los 60°C. Cuando las condiciones llegan a ser desfavorables, los bacilos sobreviven por formación de endosporas, que son altamente resistentes al calor, frío, sequedad, o falta de alimento. Ellos son ubicuos en la naturaleza y llegan a ser activos en condiciones ambientales favorables.



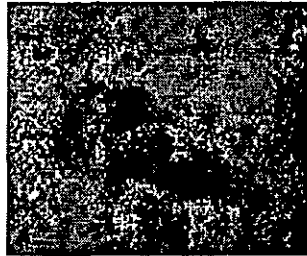
A temperaturas más altas se han aislado de la composta bacterias del género *Thermus*. Una vez que la composta se enfría, las bacterias mesofílicas predominan de nuevo. Los números y tipos de microorganismos mesofílicos que recolonizan la composta en su madurez depende de que esporas y organismos estén presentes en la composta así como en el ambiente inmediato. En general, entre más largo sea el curado o fase de maduración, la comunidad microbiana es más diversa.

Actinomicetos

El olor característico del suelo es causado por los actinomicetos, organismos que se parecen a los hongos pero realmente son bacterias filamentosas. Como otras bacterias, carecen de núcleo, pero desarrollan filamentos multicelulares como los hongos. En el composteo ellos juegan un papel importante en la degradación de compuestos orgánicos complejos como la celulosa, lignina, quitina y proteínas. Sus enzimas les permiten romper químicamente los residuos duros tales como tallos leñosos, cortezas o periódico. Algunas especies aparecen durante la fase termofílica y otras llegan a ser importantes durante el enfriamiento de la fase de curado, cuando sólo los compuestos más resistentes permanecen en las últimas fases de la formación de humus.

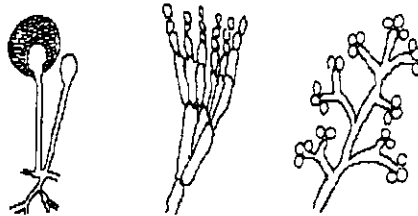


Actinomicetos forman largos filamentos que parecen ramas o telarañas que se entrelazan a través de la composta. Estos filamentos son en su mayoría normalmente vistos hacia el final del proceso de composteo, en el exterior, de 10 a 15 cm de la pila. A veces aparecen como colonias circulares que gradualmente se expanden en diámetro.



Los hongos

Los hongos incluyen mohos y levaduras, y colectivamente son responsables de la descomposición de muchos complejos polímeros de plantas en suelo y composta. En la composta, los hongos son importantes porque ellos descomponen los residuos resistentes, permitiendo a las bacterias continuar el proceso de descomposición, una vez que la mayoría de la celulosa ha sido agotada. Se propagan y crecen vigorosamente produciendo muchas células y filamentos, y pueden atacar residuos orgánicos que son demasiado secos, ácidos, o bajos en nitrógeno para descomposición bacteriana.



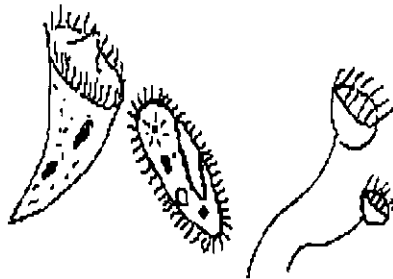
La mayoría de los hongos son clasificados como saprófitos porque viven sobre material muerto o seco y obtienen energía por descomposición de plantas y animales muertos. Las especies fúngicas son numerosas durante las fases de composteo mesofílica y termofílica. La mayoría de los hongos vive en la capa exterior de la composta cuando las temperaturas son altas. Los mohos de la composta son aerobios estrictos que crecen como filamentos inadvertidos y como colonias vellosas grises o blancas sobre la superficie de la composta.



Los protozoarios

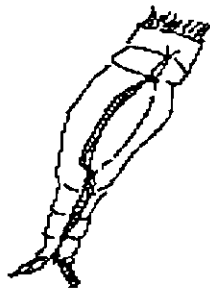
Son microorganismos microscópicos unicelulares. Se encuentran en las gotitas de agua en la composta pero juegan un papel relativamente menor en la descomposición.

Los protozoarios obtienen su alimento de la materia orgánica de la misma manera que lo hacen las bacterias, pero también actúan como consumidores secundarios ingiriendo bacterias y hongos.



Rotíferos

Son organismos microscópicos multicelulares encontrados en las películas de agua en la composta. Se alimentan de la materia orgánica y también ingieren bacterias y hongos microscópicos.



Los nemátodos

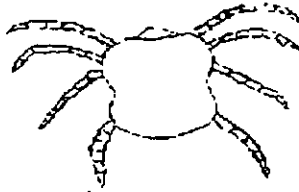
Estos diminutos, cilíndricos, a menudo transparentes lombrices microscópicas son el más abundante de los descomponedores físicos - un puñado de composta descompuesta contiene varios millones. Se ha estimado que una manzana podrida contiene 90,000. Bajo una lente de aumento parecen fino pelo humano.

Algunas especies se nutren de vegetación descompuesta, otros se alimentan de bacterias, hongos, protozoarios y otros nemátodos, y algunos succionan los jugos de raíces plantas, especialmente raíces de verduras.



Acaros

Los ácaros son el segundo grupo más común de invertebrados que se encuentra en la composta. Tienen ocho patas - como articulaciones. Algunos pueden verse a simple vista y otros son microscópicos. Algunos pueden moverse sobre la espalda de otros invertebrados que lo hacen más rápidamente como las cochinillas, milpiés y escarabajos. Algunos viven en las hojas, en madera podrida y otros residuos orgánicos. Algunas especies comen hongos, otros son predadores y se alimentan de nemátodos, huevos, larvas de insectos, otros ácaros y colémbolos. Algunos son parásitos y de vida libre. Un ácaro muy común de composta es globular en la apariencia, con los vellos erizados en su parte de atrás y en color rojo-naranja.



Colémbolos

Colémbolos son extremadamente numerosos en la composta. Son insectos muy pequeños desprovistos de alas y pueden distinguirse por su habilidad para saltar cuando son perturbados. Ellos corren dentro y alrededor de las partículas en la composta y tienen una pequeña estructura globular bajo la barriga. Ellos se encargan de descomponer plantas, polen, granos, y hongos. También comen nemátodos y desechos de otros artrópodos y limpian meticulosamente ellos mismos después de comer.



Lombrices de tierra

Entre los organismos de la composta las lombrices de tierra realizan el mayor trabajo de descomposición. Constantemente están socavando y alimentándose de las plantas muertas y los insectos descompuestos durante las horas de luz del día. Su excavación airea la composta y provee agua, nutrientes y oxígeno que se filtran hacia abajo. "Como la tierra o materia orgánica es pasada a través del sistema digestivo de una lombriz de tierra, es separada y neutralizada por las secreciones de carbonato del calcio de las glándulas calcíferas cerca de la molleja de la lombriz. Una vez en la molleja, el material es finamente molido en la digestión.

Los jugos digestivos intestinales ricos en hormonas, enzimas, y otras sustancias fermentadoras continúan el proceso de la descomposición. La materia pasa fuera del cuerpo de la lombriz en forma de regurgitaciones, las cuales son las más ricas y de más fina calidad de todo el material del humus.



Babozas y caracoles

Las babozas y caracoles generalmente se alimentan de material de plantas vivas pero atacarán basura fresca y residuos de plantas y aparecerán por consiguiente en la pila de composta.



Los ciempiés

Son predadores de movimiento rápido que se encuentran principalmente a pocas pulgadas de la cima de la pila de composta. Tienen fuertes tenazas detrás de su cabeza las cuales poseen glándulas venenosas que paralizan a pequeñas lombrices rojas, larvas de insecto, lombrices de tierra recientemente salidas del huevo y artrópodos, principalmente insectos y arañas.



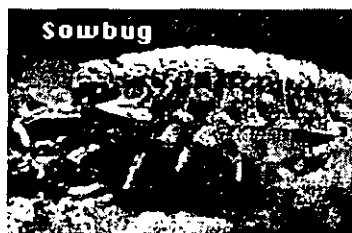
Milpiés

Son más lentos y más cilíndricos que los ciempiés y tienen dos pares de apéndices en cada segmento del cuerpo. Se alimentan principalmente de tejido de planta descompuesta pero comerán cadáveres de insectos y excremento.



Cochinillas

Son crustáceos de cuerpo gordo con una delicada placa – como agallas a lo largo de la superficie más baja de su abdomen que debe conservarse húmedo. Se mueven lentamente pastando sobre la vegetación descompuesta.



Los escarabajos

Los escarabajos más comunes en la composta son el escarabajo aleócaro, el escarabajo de tierra, el escarabajo alado y emplumado. Los escarabajos alados y emplumados se alimentan de esporas fúngicas, mientras que los más grandes, aleócaros y escarabajos de tierra se alimentan de otros insectos, caracoles, babozas y otros animales pequeños.



Hormigas

Se alimentan del zumo del áfido, hongos, semillas, dulces, desechos, otros insectos y a veces otras hormigas. La composta proporciona algunos de estos alimentos y también provee el albergue para nidos y montículos. Las hormigas pueden beneficiar la pila de composta moviendo minerales sobre todo fósforo y potasio alrededor, trayendo hongos y otros organismos a sus nidos.

Moscas

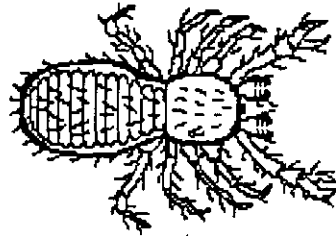
Durante las fases tempranas del proceso de composteo, las moscas proveen la ideal transportación aérea de las bacterias hacia la pila. Las moscas pasan su fase larvaria en la composta como lombrices, las cuales no sobreviven a las temperaturas termofílicas. Las adultas se alimentan de la vegetación orgánica.

Arañas

Las arañas se alimentan de insectos y otros invertebrados pequeños.

Alacranes falsos

Son predadores que capturan a las víctimas con sus visibles tenazas frontales, que inyectan el veneno de glándulas localizadas en las puntas de las tenazas. Las presas incluyen lombrices de nemátodos diminutos, ácaros, larvas y lombrices de tierra pequeñas.



Tijeretas

Las tijeretas son predadores grandes, fácilmente vistos a simple vista. Se mueven rápidamente. Algunos son depredadores. Otros se alimentan principalmente de la vegetación descompuesta.

OBSERVACION DE LOS MICROORGANISMOS DE LA COMPOSTA.

Si se observan las comunidades microbianas en la composta durante el curso de varias semanas o meses, cómo se eleva la temperatura de la composta y cómo posteriormente regresa a la temperatura ambiente. ¿Se pueden identificar las diferencias en las comunidades microbianas en las diferentes fases del proceso de composteo?

Materiales

- Microscopio compuesto
- NaCl al 0.85% (solución salina fisiológica)
- Colorante de Azul de metileno (Preparar el colorante agregando 1.6 g de cloruro de azul de metileno a 100 mL de etanol al 95%, luego mezclar 30 mL de esta solución con 100 mL de 0.01% solución acuosa de KOH al 0.01%).

Procedimiento

1. Colocar una gota de agua o solución salina fisiológica sobre un portaobjetos y transferir una cantidad pequeña de la composta a la gota. Asegurarse de no agregar demasiada composta, de lo contrario no se tendrá suficiente luz para observar los organismos.
2. Revolver la composta en el agua o solución salina (la preparación debe ser acuoso) y colocar un cubreobjetos .
3. Observar con los objetivos seco débil y seco fuerte. Se encontrarán muchos nemátodos (deben estarse moviendo), lombrices planas, rotíferos, (notar el movimiento rotatorio de cilios en el extremo anterior del rotífero y el movimiento contráctil del cuerpo), ácaros, colémbolos y protozoarios de movimiento rápido. Pueden verse pedazos de micelio de los hongos, pero podría ser difícil reconocerlos. Las bacterias pueden verse muy diminutas, partículas de bacilos que parecen estar vibrando en el campo microscópico.
4. Si se quiere observar a las bacterias directamente, se puede preparar una extensión teñida y observarla con el objetivo de inmersión en aceite (100X).
Para preparar una extensión teñida, mezclar una cantidad pequeña de composta con una gota de solución salina fisiológica en un portaobjetos. Extender con un palillo. Dejar secar la mezcla al aire hasta que se observe

una película blanca en el portaobjetos. Luego fijar las bacterias al portaobjetos haciéndolo pasar a través de la flama del mechero, unas 8 veces. Teñir la extensión usando el colorante de azul de metileno añadiendo suficiente colorante y dejar que actúe durante un minuto y luego enjuagar con agua destilada y secar suavemente usando papel filtro.

5. Los hongos y actinomicetes pueden ser difíciles de reconocer con la técnica anterior porque el organismo probablemente no permanecerá íntegro (incluyendo el micelio, cuerpos reproductores y células). Los hongos y actinomicetos se observarán mejor si se encuentra desarrollo fúngico en la superficie de la pila de composta. El crecimiento aparece rizado, polvoriento, o como una telaraña. Se puede hacer una preparación al fresco con la composta y observar los hongos al microscopio con los objetivos 10X y 40X. Los actinomicetos pueden ser fijados al calor y teñidos al Gram para observarlos bajo el objetivo de inmersión en aceite a 100X.

TECNICAS PARA EL ESTUDIO DETALLADO DE MICROORGANISMOS DE LA COMPOSTA

Recolección muestras

Los microorganismos no están uniformemente distribuidos en la composta; normalmente se encuentran en grupos o colonias que van de una a miles de células individuales. Las poblaciones varían grandemente, dependiendo de la cantidad de la materia orgánica en descomposición y el microambiente en un lugar específico. Como la muestra es húmeda y contiene regiones anaeróbicas o aeróbicas, también afectará los tipos de microorganismos que se encuentren. Por consiguiente deben tomarse múltiples muestras para determinar el número y actividad de los microorganismos en la composta.

Cultivo de microorganismos

Los procedimientos para cultivar microorganismos dependen de qué tipos de organismos se desea estudiar.

Cultivo de bacterias

Para cultivar bacterias, preparar cajas con el siguiente medio:

Ingredientes:

Agar tripticasa soya	2 g
Agar Bacto	7.5 g
Agua destilada	500 mL

Mezclar los ingredientes, esterilizar en autoclave por 20 min. y distribuir en cajas Petri estériles.

Preparar diluciones hasta 10^{-7} . Empezar con 5 g de peso seco de la composta en 45 mL de solución buffer .06M $\text{NaHPO}_4 / \text{NaH}_2\text{PO}_4$ a pH 7.6. (aproximadamente 4:1 dibásico : monobásico). Poner esta primera dilución en un homogeneizador a velocidad alta por 40 seg.

Preparar diluciones seriadas hasta 10^{-7} e inocular 0.1 mL de la dilución final a cada caja. Incubar a 28 °C durante 4 días.

Contar las colonias como Unidades Formadoras de Colonias (UFC) después de 4 días. Preparar el mismo día extensiones de colonias específicas.

Cultivo de actinomicetos

Medio de cultivo: Agar Trypticase Soya Poli-B. TSAPoly B

Ingredientes:

Agar tripticasa soya	0.4 g
Agar Bacto	10.0 g
Agua destilada	500 mL
Polymixin B en 10 mL de Etanol al 70%.	10 mg

Mezclar los primeros 3 ingredientes, esterilizar en autoclave por 20 min. y dejar enfriar a temperatura ambiente. Agregar el antibiótico y distribuir en cajas Petri estériles.

Inocular los actinomicetos usando una dilución 10^{-7} . Empezar las diluciones con 5 g de peso seco de composta en 45 mL del buffer estéril. Poner esta primera dilución en un homogeneizador a velocidad alta por 40 segundos.

Preparar diluciones seriadas hasta 10^{-7} e inocular 0.1 mL de la dilución final en cada caja.

Incubar a 28 °C durante 14 días.

Hacer recuento y tomar muestras de colonias de los actinomicetos después de 14 días.

Muchas de las colonias aparecerán como polvo blanco. Sin embargo, algunas pueden tomar una apariencia rugosa y producir una variedad de pigmentos.

Nota: Si se está comparando la composta mesofílica con la composta termofílica, se deberá preparar doble número de cajas e incubarlas a 28 °C y 50 °C.

Cultivo de hongos

Medio de cultivo: Patata Dextrosa Agar-Rifampicín-Penicilina. PDARP

Ingredientes:

Agar Papa Dextrosa	6.5 g
Agar Bacto	5.0 g
Agua destilada	500 mL
Rifampicín en 10 mL de Metanol	15 mg
Penicilina G en 10 mL Etanol al 70%	15 mg

Mezclar los primeros 3 ingredientes, esterilizar en autoclave por 20 min. y dejar enfriar. Agregar los antibióticos y distribuir en cajas Petri estériles.

Inocular los hongos usando una dilución 10^{-4} . Empezar las diluciones con 5 g de peso seco de composta en 45 mL del buffer de fosfatos estéril. Poner esta primera dilución en un homogeneizador a velocidad alta por 40 segundos.

Preparar diluciones seriadas hasta 10^{-4} e inocular 0.1 mL de la dilución final en cada caja.

Incubar a 28 °C durante 3 días.

Hacer recuento y tomar muestras de colonias fúngicas a los 3 días.

PREPARACION DE EXTENSIONES DE MICROORGANISMOS

Bacterias

¡Usar condiciones de esterilidad para preparar las extensiones!

Con un asa bacteriológica agregar una gota de solución salina a un portaobjetos.

Tomar una muestra de una sola colonia bacteriana y mezclar.

Dejar secar al aire hasta que aparezca una película blanca.

Fijar al calor pasando la extensión a través de una llama unas 8 veces.

Actinomicetos

Seguir el procedimiento anterior pero intentar conseguir una porción intacta de la colonia en el portaobjetos. Probar el levantamiento con un bisturí estéril.

Observar la mayor parte de la extensión en los bordes de la colonia, lo que permitirá ver la forma que tienen los filamentos.

Hongos

Colocar una porción de la colonia intacta sobre un portaobjetos limpio (todavía unida al agar), agregar un cubreobjetos y observar sin teñir. Observar los bordes de la colonia donde la muestra está más delgada y habrá suficiente luz para observar.

Tinción de extensiones

Puede usarse la Tinción de Gram para bacterias y actinomicetos:

Preparación de colorantes para la Tinción de Gram.

Cristal Violeta:

Disolver 2 g de cristal violeta en 20 mL de etanol al 95%. Agregar esta solución a 80 mL de una solución de Oxalato de Amonio al 1%. Reposar por 24 horas y filtrar.

Yodo de Gram: Agregar 1.0 g de Yodo y 3.0 g de Yoduro de Potasio a 300 mL de agua destilada. Guardarlo en una botella ámbar.

Decolorante: Alcohol Etílico al 95%.

Safranina: Agregar 2.5 g de safranina a 10 mL de etanol al 95%. Agregar esta solución a 100 mL de agua destilada.

Procedimiento para la tinción de gram

1. Cubrir la extensión con cristal violetal - 20 seg.
2. Lavar con agua destilada - 2 seg.
3. Cubrir la extensión con el yodo de Gram - 1 min.
4. Decolorar inclinando la extensión y enjuagar gota a gota con etanol al 95% - aproximadamente 10 a 20 seg.
5. Lavar con l agua destilada - 2 seg.
6. Cubrir con safranina - 20 seg.
7. Lavar con agua destilada - 2 seg.
8. Secar.

OBSERVANDO INVERTEBRADOS EN COMPOSTA

Fundamento

En la pila de composta al aire libre, una gama amplia de invertebrados toma parte en la descomposición de la materia orgánica. Tratar de monitorear la vida de los invertebrados en el pila sobre el curso del proceso de composteo. Cuánto tiempo pasa antes de localizar los primeros invertebrados? ¿Qué les pasa cuándo la temperatura de la pila se incrementa? Se encuentran organismos diferentes después de que la pila se ha enfriado?

En el interior del contenedor de composteo se pueden encontrar pocos (o ningún) invertebrado, y la descomposición es exclusivamente realizada por los microorganismos.

Materiales

bandejas o cacerolas de colores claros
pinzas, cucharas, o abatelenguas

Procedimiento

Un método para colectar invertebrados es tomar muestras de composta de varias sitios de la pila. Algunos organismos como los ciempiés y cochinillas serán encontrados más probablemente cerca de la superficie. Otros se encontrarán más profundamente en la pila. Esparcir cada muestra de composta en una bandeja o cacerola grande, preferentemente coloreada para el contraste máximo. Se deben

usar abatelenguas de madera, cucharas de plástico, u otros instrumentos que no hieran a los organismos, para clasificarlos a través de la composta.

Se pueden usar linternas eléctricas y lentes de aumento para reforzar la observación. Los organismos más grandes, tales como lombrices, ciempiés, milpiés, cochinillas, tijeretas, arañas, hormigas, escarabajos, caracoles, babozas, algunos ácaros, etc., pueden observarse a simple vista. Para conseguir una mejor observación, tomar muestras de la composta en cajas Petri ó vidrios de reloj y observarlos bajo el microscopio.

La luz y el paso de calor el negativamente los organismos fototácticos de la composta que se extiende hacia abajo a través del embudo y en el frasco colector. Si también se usa una fuente de luz, los organismos se secarán y se morirán antes de que pasen a través del embudo.

BIBLIOGRAFIA

Lacey J. (1997) Actinomycetes en Composta, Ann Agric Eeenviron Med., 4, 113-121

Mustin, M. (1987) Le compost, Gestion de la Matiere Organique, Editions François DUBUSC, Paris.

Environmental Protection Agency (1994), Composting Yard Trimmings and Municipal Solid Waste. E.P.A. Washington D.C. pp 141.

F.A.O. (1997)- China: Reciclaje de desechos orgánicos en la Agricultura. Boletin de Suelos de la F.A.O. No. 40 F.A.O. Roma pp. 104.

Biocycle, (1991). The art and science of composting. Byocicle. Ppennsylvania pp. 270.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

COMPOSTAJE

TEMA

ESTUDIOS PRELIMINARES

**EXPOSITOR: ING. JOSE JUAN MORALES REYES
PALACIO DE MINERIA
NOVIEMBRE DEL 2000**

ESTUDIOS PRELIMINARES

- Estudio de la infraestructura Vial
- Estudio topográfico del predio
- Estudio de Mecánica de suelos
- Estudio de generación y cuantificación de los residuos sólidos.

INFRAESTRUCTURA VIAL

DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE VIALIDAD (PRIMARIA Y SECUNDARIA)

- VIAS RAPIDAS DE ACCESO CONTROLADO
- AVENIDAS PRINCIPALES
- CALLE PRINCIPAL
- CALLE LOCAL

DETERMINACIÓN DE RESTRICCIONES DE TRANSITO Y HORARIO

- HORARIOS NOCTURNO
- RESTRICCIÓN DE VEHICULOS PESADOS

ESTUDIO DE AFORO VEHICULAR

- No DE VEHICULOS POR HORA
- FLUIDEZ O CONGESTIONAMIENTO DE TRANSITO
- HORAS PICO

ESTUDIO MECANICA DE SUELOS

- Contenido orgánico total.
- Granulometría.
- Capacidad de intercambio catiónico.
- Límites de consistencia.
- pH
- Clasificación del suelos de Acuerdo con el Sistema
• Unificado .
- Humedad.
- Peso volumétrico.
- Permeabilidad.
- Capacidad de carga.

ESTUDIO MECANICA DE SUELOS

- Compactación proctor.
- Compresión triaxial.
- Porosidad.

ESTUDIO DE TOPOGRAFÍA DEL SITIO

Topografía Regional

- Elevaciones
- Accidentes topográficos relevantes (cañadas, ríos, lagos, montañas, etc.)
- Obras civiles en general

Topografía Local

- § Planimetría: geometría del predio, ángulos y distancias (forma)
- § Altimetría: curvas de nivel del terreno (accidentes)
- § Pendiente del Terreno: drenaje en el interior del predio
- § Acceso al predio: punto más apropiado para acceder y ruta adecuada para llegar al mismo

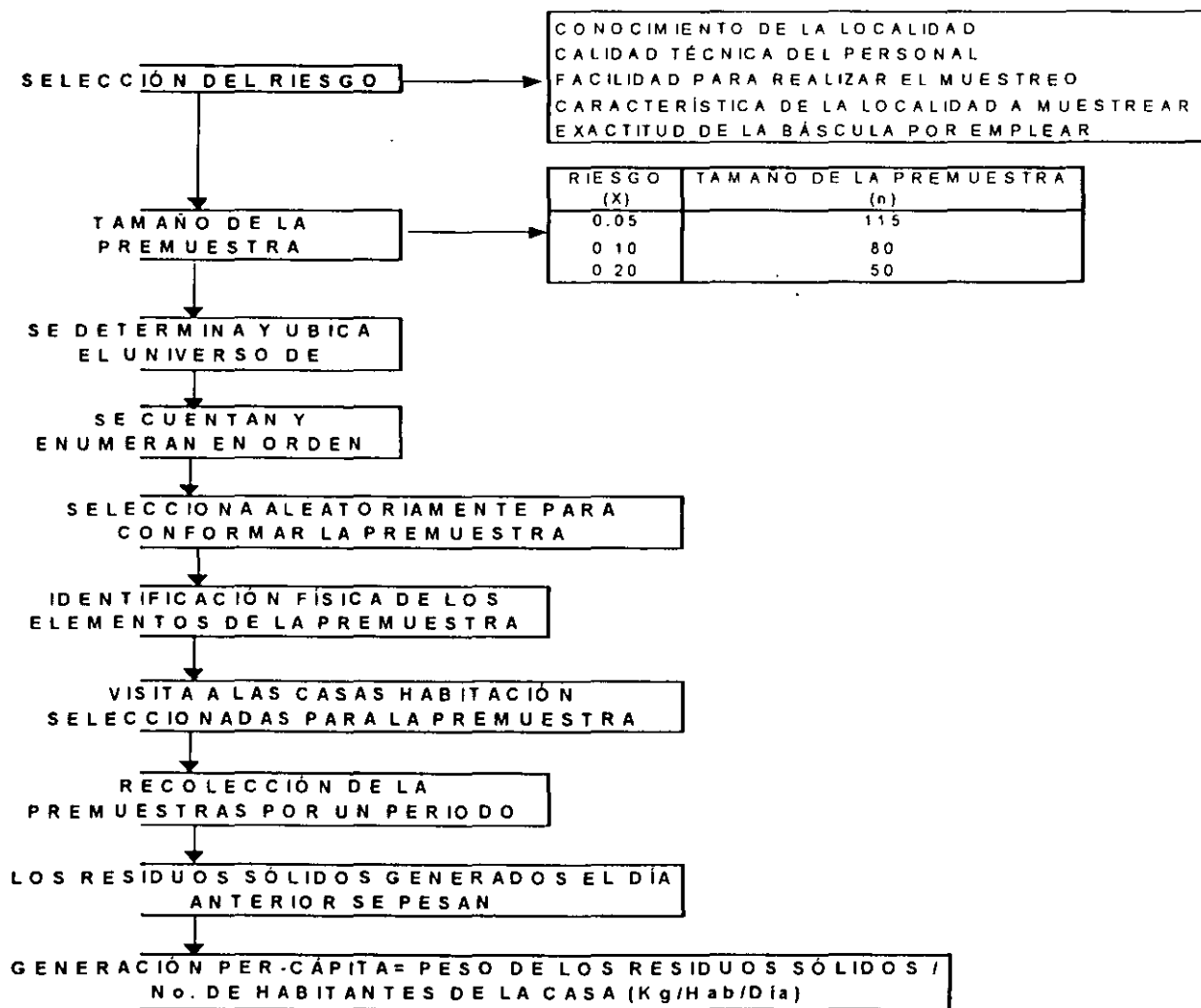
ESTUDIOS GENERACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

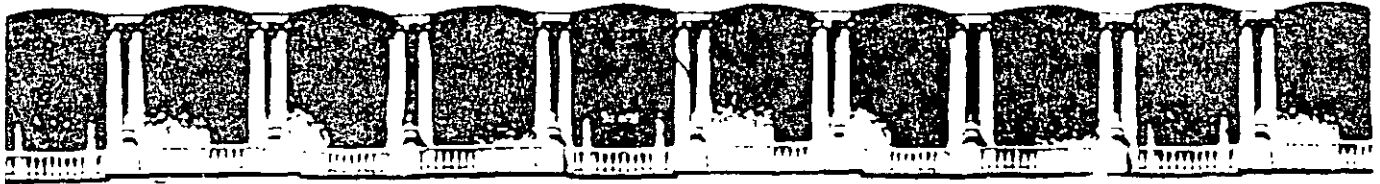
- ◆ **CONOCIMIENTO DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS SUSCEPTIBLES A COMPOSTEAR.**
- ◆ **COMPOSICIÓN FÍSICA Y QUÍMICA**
- ◆ **PESO VOLUMÉTRICO**
- ◆ **IDENTIFICACIÓN DE FUENTES RICAS EN MATERIA ORGÁNICA.**

NORMAS BÁSICAS PARA LOS ESTUDIOS PRELIMINARES

- ◆ **NMX-AA-61-1985 DETERMINACIÓN DE LA GENERACIÓN**
- ◆ **NMX-AA-15-1985 MÉTODO DE CUARTEO**
- ◆ **NMX-AA-22-1985 DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FÍSICA**
- ◆ **NMX-AA-19-1985 DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO IN SITU**

DETERMINACIÓN DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

COMPOSTAJE

TEMA

CEDULAS DE CAMPO

**EXPOSITOR: ING. JOSE JUAN MORALES REYES
PALACIO DE MINERIA
NOVIEMBRE DEL 2000**

CEDULAS DE CAMPO

CEDULA DE ENCUESTA DE CAMPO PARA EL MUESTREO DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMESTICOS

No DE MUESTRA _____ No ALEATORIO _____

POBLACIÓN _____ MUNICIPIO O DELEGACIÓN _____ ENTIDAD FED _____

CALLE _____ NUM _____ C.P. _____

COLONIA _____ NIVEL SOCIOECONÓMICO _____

HABITANTES POR CASA _____ FREC DE REC _____ TIPO DE RECIPIENTE _____

QUE HACE CON LOS RESIDUOS SÓLIDOS SI NO PASA EL CAMIÓN? _____

SU OPINIÓN SOBRE EL SERVICIO DE RECOLECCIÓN BUENA _____ MALA _____ REGULAR _____

NOMBRE DEL ENCUESTADOR _____

PUESTO QUE DESEMPEÑA _____

INTITUCIÓN O EMPRESA _____

No	FECHA	DÍA	PESO DE LOS RESIDUOS (Kg)	GENERACIÓN PER-CÁPITA (Kg/Hab/Día)	OBSERVACIONES
1		LUNES			
2		MARTES			
3		MIÉRCOLES			
4		JUEVES			
5		VIERNES			
6		SABADO			
7		DOMINGO			

CEDULA DE CAMPO PARA LA SELECCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS CONTENIDOS EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES

LOCALIDAD _____ MUNICIPIO _____ ESTADO _____

DIA Y HORA DE ANALISIS _____ PESO DE LA MUESTRA _____

ESTRATO SOCIOECONÓMICO _____ TARA DE LAS BOLSAS _____

RESPONSABLE DEL ANÁLISIS _____ DEPENDENCIA O INSTITUCIÓN _____

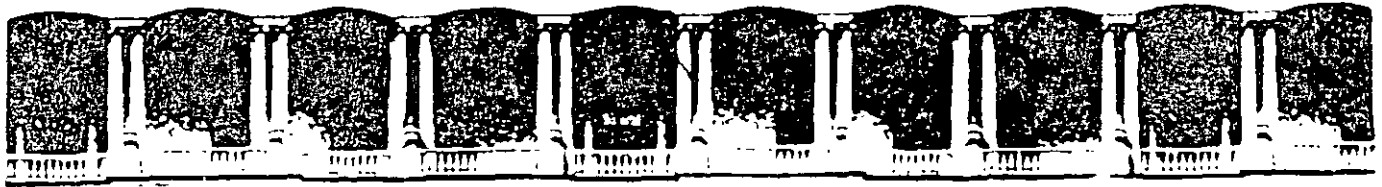
No	SUBPRODUCTOS	PESO EN Kg	% EN PESO	OBSERVACIONES
1	ALGODÓN			
2	CARTÓN			
3	CUERO			
4	RESIDUOS FINOS (TODO MATERIAL QUE PASA LA CRIBA DGN No 10 (2mm))			
5	ENVASE DE CARTÓN ENCERADO			
6	FIBRA DURA VEGETAL (esclerénquima)			
7	FIBRAS SINTÉTICAS			
8	HUESO			
9	HULE			
10	LATA			
11	LOZA Y CERAMICA			
12	MADERA			
13	MATERIAL DE CONTRUCCIÓN			
14	MATERIAL FERROSO			
15	MATERIAL NO-FERROSO			
16	PAPEL			
17	PANAL DESECHABLE			
18	PLÁSTICO DE PELÍCULA			
19	PLÁSTICO RÍGIDO			
20	POLIURETANO			
21	POLIESTIRENO EXPANDIDO			
22	RESIDUOS DE JARDINERÍA			
23	RESIDUOS ALIMENTICIOS			
24	TRAPO			
25	VIDRIO DE COLOR			
26	VIDRIO TRANSPARENTE			
27	OTROS			

ELABORACIÓN DE ENCUESTAS



ENTREGA DE BOLSAS PARA LA RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

COMPOSTAJE

TEMA

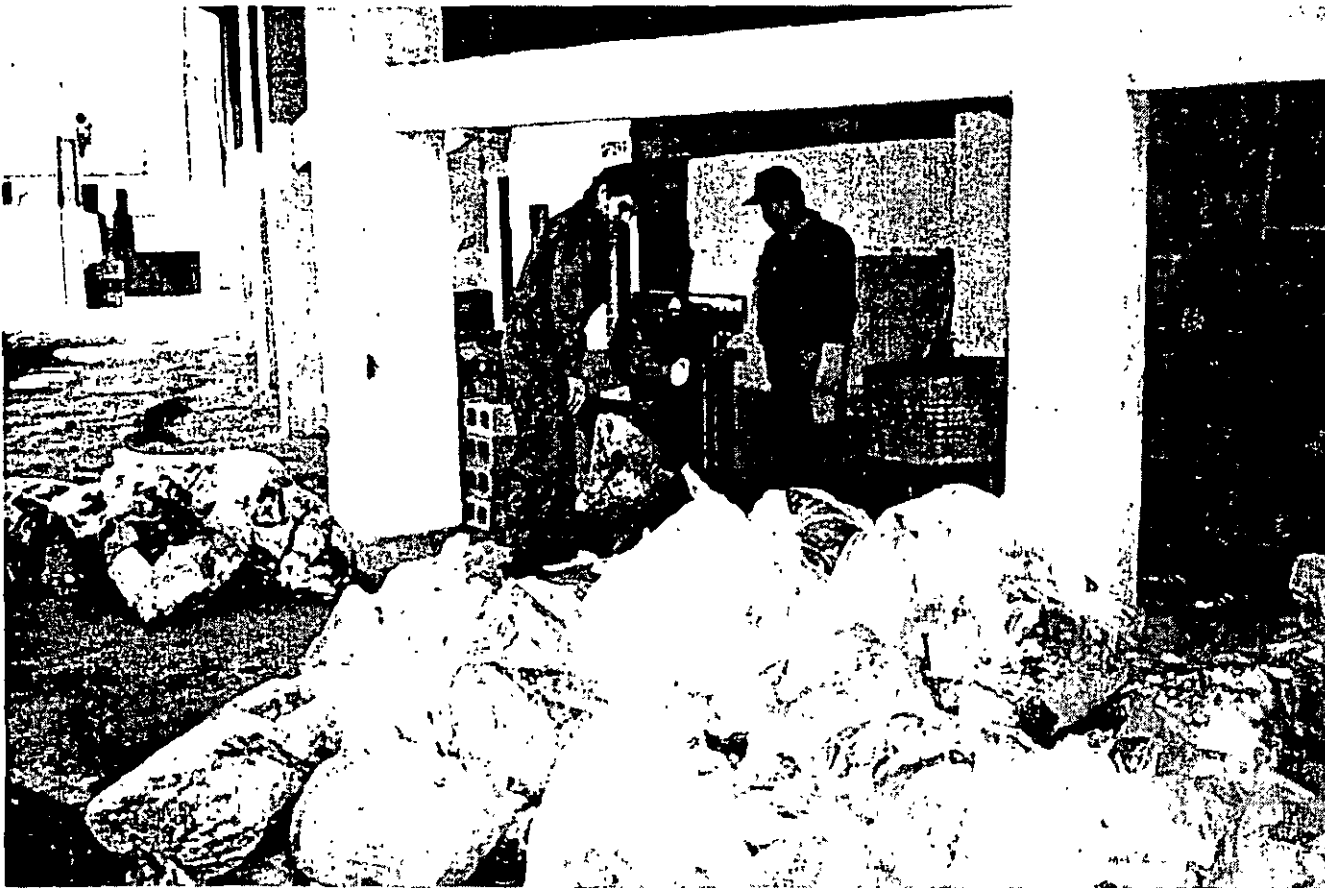
RECOLECCION DE LAS MUESTRAS

**EXPOSITOR: ING. JOSE JUAN MORALES REYES
PALACIO DE MINERIA
NOVIEMBRE DEL 2000**

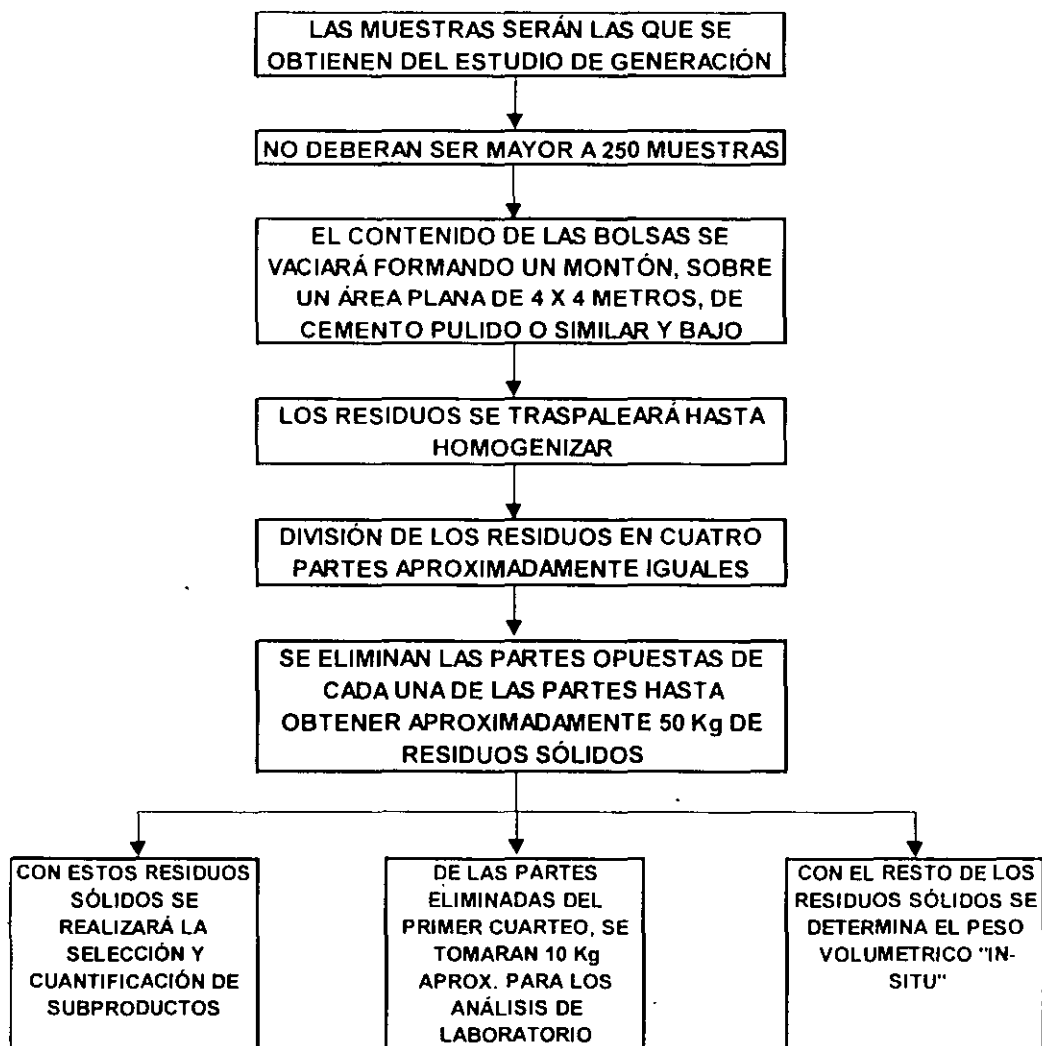
RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS



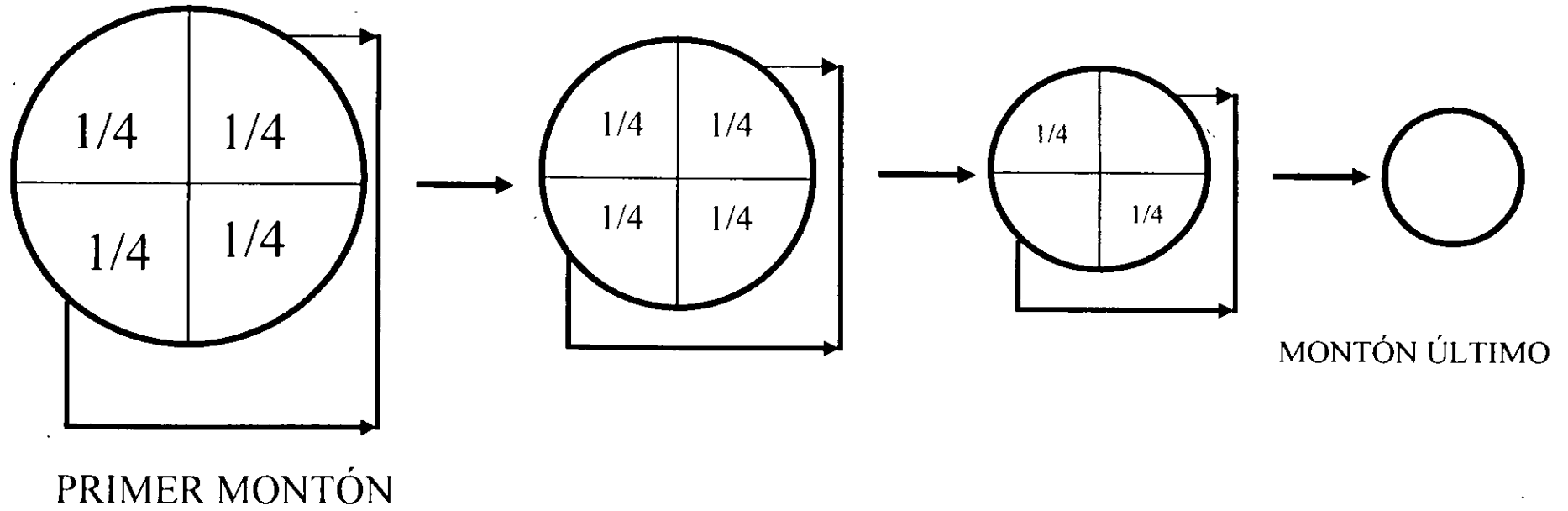
PESO DE LAS MUESTRAS PARA DETERMINACIÓN DE LA GENERACIÓN PER-CÁPITA

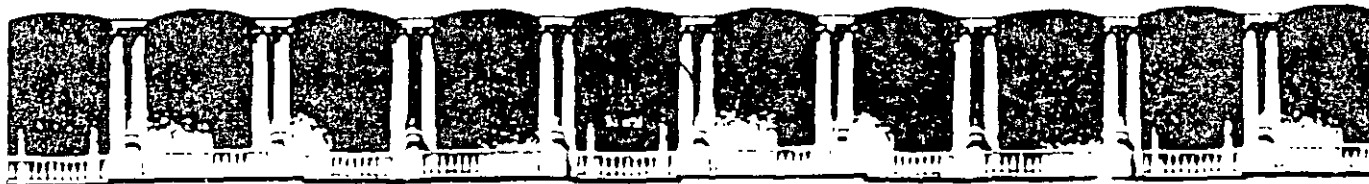


METODO DE CUARTEO



MÉTODO DE CUARTEO





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

COMPOSTAJE

TEMA

RECOLECCION DE LAS MUESTRAS

**EXPOSITOR: ING. JOSE JUAN MORALES REYES
PALACIO DE MINERIA
NOVIEMBRE DEL 2000**

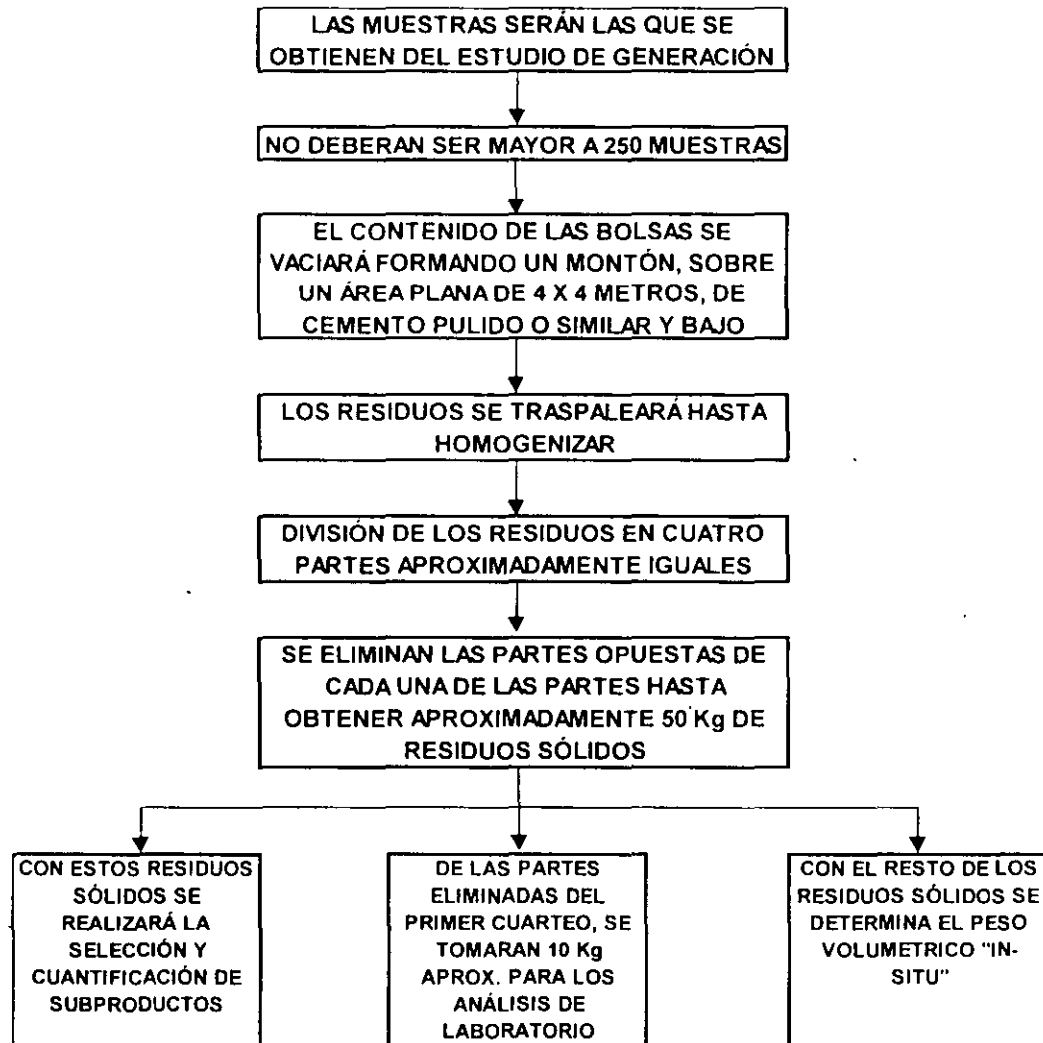
RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS



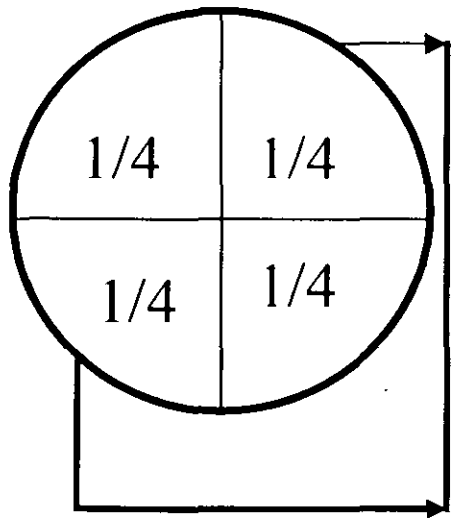
PESO DE LAS MUESTRAS PARA DETERMINACIÓN DE LA GENERACIÓN PER-CÁPITA



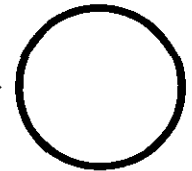
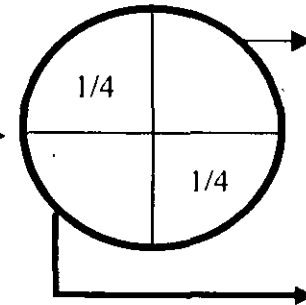
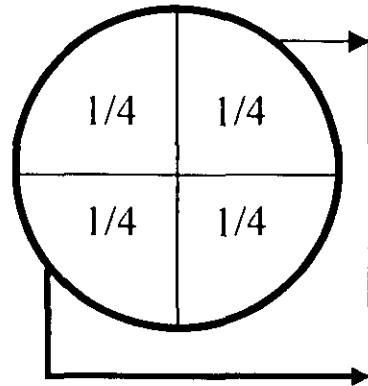
METODO DE CUARTEO



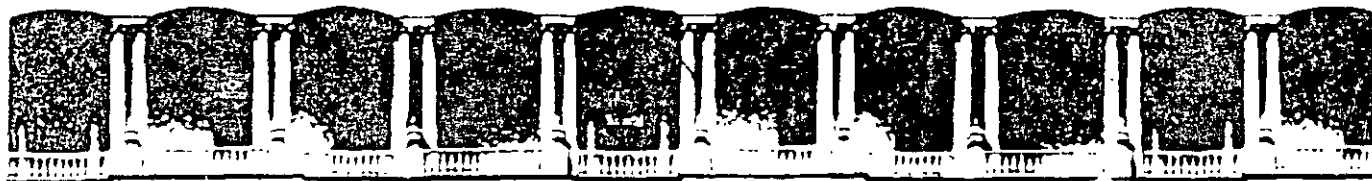
MÉTODO DE CUARTEO



PRIMER MONTÓN



MONTÓN ÚLTIMO



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

COMPOSTAJE

TEMA

INFORMACIÓN GENERAL DEL TEMA

**EXPOSITOR: ING. LUIS M. GONZALEZ CAMARGO
PALACIO DE MINERIA
NOVIEMBRE DEL 2000**

Información General

ELABORACIÓN DE COMPOSTA

ASPECTOS COMERCIALES

Luis M. González Camargo

Metas del Plan

- Aspectos generales de aseguramiento de la calidad
- Puntos clave para el desarrollo de mercado
- Principales mercados para la Inposta
- Conceptos para la integración de mercados

Descripción

- Comentaremos los aspectos principales a considerar en la comercialización de la composta, tales como calidad, mercados, puntos específicos para evaluación de costos

Aseguramiento de la calidad

○ Parámetros

○ Físicos

○ Químicos

○ Factores influyentes en los

○ Parámetros

Parámetros Físico

- **Densidad**
- **Relación de vacíos**
- **Contenido de humedad**
- **Aeración**
- **Concentración de sales**
- **Capacidad de intercambio catiónico**

Valores Recomendados

● Densidad: 0.30
g/cm³

● Porosidad: 5-
30%

● Contenido de
humedad: 20-
40%

● pH: 5.5-6.5

● Sales Solubles:
400-1,000 ppm

● Capacidad de
Intercambio
Catiónico: 10-
100 meq/100cm³

Factores Influyentes en

- **Materia prima**
- **Preprocesamiento y postprocesamiento**
- **Maduración**
- **Material inerte**
- **Contenido de metales pesados**
- **Presencia de organismos microbiológicos**

Paulltas para la Comercialización

○ Identificación de los niveles de comercialización

○ Generador

○ Recolector

○ Usuario final

○ Consumidor

Desarrollo de Mercado

- **Objetivos del desarrollo de mercado**
- **Estrategias para el desarrollo**

Objetivos

- Prevenir desigualdades
- Fomentar un reciclaje
económicamente sostenible
- Minimizar la necesidad de
intervención gubernamental
- Fomentar el desarrollo económico
- Conservar los recursos naturales

Estrategias

Oferta

- Integración de los fabricantes
- Seguridad de los suministros
- Mejoras en la calidad de los productos
- Reciclables
- Desarrollo de sistemas eficientes de limpieza
- Atención de a las especificaciones del mercado
- Restringir los contaminantes

Estrategias «Combinadas»

○ Demanda del consumidor

Preferencia de compra

Reglamentos sobre contenidos de reciclados

Normatividad sobre etiquetado

Desarrollo tecnológico

Participación gubernamental

Estrategias (Continuar)

○ Economía

Intervención económica

Promoción del mercado libre

○ Mercados Alternativos

Principales Memorandos

Agencias públicas y contratistas

Invernaderos

Centros de jardinería

Comerciantes, distribuidores de suelo

Granjeros y agricultores

Parques naturales y bosques

Residentes locales

Polisajistas

Industria

Costos de la Producción

- **Costos directos**

- **Materiales**

- **Personal**

- **Maquinaria y equipo**

Costos de la Producción

Costos indirectos

Personal administrativo

Servicios

Alquileres y depreciaciones

Promoción y difusión

Seguros y fianzas

Ejemplo de Determinación

o Planta con bajo desarrollo tecnológico

Superficie: 2 has.

Vida útil estimada: 20 años

Producción mensual estimada: 1000 ton

Equipo necesario:

Molino

Volteadora

Cargador Frontal

Equipo de Apoyo

Inversiones

Conc					
Estudios					
Proyecto					
Adquisición de T					
Construcción o					
Prepa					
Adquisición de B					
C					
Maqu					
TOTAL					
COSTO PO					

Costos de Operación

Conce					
Sueldos y Salario					
Ger					
Jefe					
Ayu					
Combustibles					
TOTAL OPERAC					
COSTO POR TO					

Costos de Mantenimiento

UNIDAD

Concepto					
Materiales					
Sueldos y Salarios					
Ayuda					

TOTAL MANTENIMIENTO
COSO POR TONELADA

Gastos Generales

Concepto					
Seguros y fianzas					
Servicios					
Promoción y difusión					
TOTAL GASTOS G					
COSTO POR TON					

