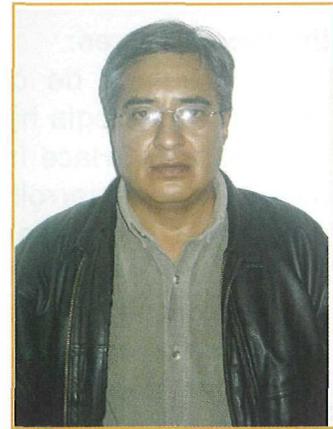




LOS RELLENOS SANITARIOS

Es una técnica de disposición de residuos sólidos muy utilizada en la región, que consiste en la disposición de capas de basura compactadas sobre un suelo previamente impermeabilizado para evitar la contaminación del acuífero y recubiertas por capas de suelo. Una ventaja del relleno sanitario sobre otros métodos de tratamiento de residuos, es la posibilidad de recuperación de áreas ambientalmente degradadas por la minería o explotación de canteras, así como de terrenos considerados improductivos o marginales. Otras ventajas de un relleno sanitario son: baja inversión de



capital comparada con otros métodos de tratamiento; generación de empleo de mano de obra no calificada, flexibilidad, en cuanto a la capacidad; para recibir cantidades adicionales de desechos y la posibilidad de utilizar el gas metano producido como fuente alternativa de energía. Los rellenos sanitarios mal ubicados y/o construidos puede generar contaminación ambiental e impactar

**Dng. Quím. José Ulloa*



a la estética, salud pública y ocupacional.

En la planificación y construcción de los rellenos sanitarios se deben tomar precauciones para no alterar el medio ambiente natural en forma negativa o causar impactos adversos en la población circundante. Para evitar la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales más cercanas se deben utilizar áreas donde la permeabilidad del suelo subyacente sea reducida y materiales aislantes adecuados.

La descomposición de la materia orgánica en los rellenos sanitarios produce gases y líquidos contaminados que son filtrados por el suelo y pueden comprometer al acuífero. El grado en que el suelo reduce la carga de contaminación dependerá de sus características físicas y químicas tales como porosidad, capacidad de intercambio de iones, así como su habilidad para absorber y precipitar los sólidos disueltos. No todos los contaminantes son retenidos o filtrados por el suelo. Por ejemplo, aniones como cloruro y nitrato pasan fácilmente a través de la mayoría de los suelos sin atenuación. Los suelos arcillosos y con humus tienen mayor poder de retención de contaminantes que los suelos arenosos. Bajo ciertas condiciones hidrológicas la filtración de los líquidos percollados (lixiviación), puede pasar a través del suelo no saturado, que se halla debajo de los rellenos, y contaminar las aguas subterráneas.



Cuadro 1. Principales alternativas técnicas de tratamiento y destino final de los residuos sólidos urbanos

TÉCNICA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
RELLENO SANITARIO	<ul style="list-style-type: none"> - Recuperación de zonas degradadas. - Bajo consumo energético. - Inversiones más bajas. - Posible utilización energética del metano producido. 	<ul style="list-style-type: none"> - Exige extensas áreas aisladas. - Características geológicas especiales. - Emisiones de metano y CO₂. - Malos olores. - Posibles problemas de estabilidad al cabo de algunos años. - Genera efluentes líquidos y gaseosos. - Uso ineficiente de los materiales de los RSU. - Mala percepción social.
COMPOSTAJE	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de volumen. - Producción de acondicionadores de suelo. - Ahorro de vertedero. - Recuperación de materia orgánica, N, K y P en los ciclos del suelo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Contaminación de los suelos y vegetación por la presencia de metales pesados. - Bajos valores de N, P, K. - Emisiones de CO₂. - Problemas de comercialización del compost. - Eficacia baja o media. - Inversiones altas.
INCINERACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de peso y de volumen. - Ahorro del vertedero. - Alta recuperación de energía. 	<ul style="list-style-type: none"> - Contaminación atmosférica. - Elevado coste de operación y mantenimiento. - Emisiones de CO₂ y otros contaminantes atmosféricos. - Genera cenizas. - Inversiones muy altas.
RECICLAJE	<ul style="list-style-type: none"> - Aprovechamiento de los materiales. - Ahorro de energía. - Reducción de los residuos. - Sustentabilidad ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> - Riesgos ocupacionales inherentes a la recuperación informal de materiales reciclados (alto potencial de contaminación). - Problemas de comercialización de material reciclado.

En los rellenos sanitarios existe el riesgo de accidentes y desastres por explosiones debido a la acumulación del gas metano, producido por la descomposición natural o putrefacción de los desechos sólidos en forma anaeróbica. El gas metano tiende a acumularse en los espacios vacíos dentro del relleno pudiendo migrar a las áreas vecinas con el consiguiente peligro de explosión. Estos riesgos deben evaluarse y abordarse con planes de contingencia apropiados que consideren la construcción de un sistema de drenaje para liberar los gases a la atmósfera.



Al diseñar un relleno sanitario se debe considerar los aspectos socioculturales del vecindario, especialmente en relación a las dimensiones de las instalaciones, que deben estar en conformidad con los planes maestros de uso del suelo urbano. Los impactos estéticos y sonoros (ruidos de tránsito) deben ser evaluados especialmente en las áreas próximas a urbanizaciones. La migración de gases y polvo (olor y humo) según la dirección prevaleciente de los vientos, el flujo de las aguas subterráneas (que pueden contaminar a los pozos de agua potable) y las características de los cuerpos de aguas superficiales son elementos importantes a ser considerados en los proyectos de residuos sólidos. Por ejemplo: *"host community fees"*; tarifas o impuestos especiales para las comunidades que reciben un relleno sanitario.



El estudio de alternativas para la elección del sitio más apropiado, además de considerar los criterios técnicos de ingeniería y los aspectos anteriormente mencionados, debe tomar en cuenta la opinión pública.

Desde el inicio del proyecto la comunidad debe tener la oportunidad de participar, comentar y objetar. Es esencial asegurar el apoyo de los distintos sectores de la comunidad durante todas las

fases de selección, diseño, construcción, operación, mantenimiento y uso futuro del relleno sanitario. A menudo, este aspecto es ignorado, lo que crea problemas posteriores; la instalación de un relleno sanitario puede causar rechazo por la comunidad y, por consiguiente, es importante efectuar campañas de información pública y medidas compensadoras. La selección de la alternativa más adecuada no debe implicar impactos irreversibles a la flora nativa o a especies en extinción, en lo posible, se debe preservar la vegetación suprimiendo el mínimo que sea necesario. Para minimizar los impactos negativos en la salud y seguridad de los trabajadores de limpieza urbana, implementando un *"Plan para prevención de riesgos"* relacionado al manejo de residuos sólidos.

Recuperación de botaderos

Las prácticas de disposición de las basuras en orillas de los caminos, minas abandonadas, ribera de los ríos, y otros locales inadecuados han generado botaderos y áreas degradadas con la contaminación de agua superficial y subterránea. La recuperación de botaderos trata de recubrir y recuperar las áreas degradadas, según normas de seguridad, para reintegrar el botadero al paisaje y minimizar sus impactos ambientales negativos. Antes de recuperar un botadero se debe conocer el tipo de material que contiene y sus posibles riesgos para planificar las intervenciones técnicas.

**Cuadro 2.** Impactos específicos y medidas de mitigación en rellenos sanitarios

ETAPA	IMPACTOS			MEDIDAS MITIGADORAS
	AMBIENTE FÍSICO	AMBIENTE BIOLÓGICO	AMBIENTE ANTRÓPICO	
1.- IMPLANTACION				
ELECCIÓN DEL SITIO	Contaminación ambiental impactos a la estética.	- Alteración en áreas de interés ecológico.	Empleo de segregadores y riesgos a la salud pública y de los trabajadores.	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar un estudio de alternativas para la selección del sitio en base a la dirección del viento, permeabilidad del suelo, distancias de manantiales hídricos y otros criterios de ingeniería. - Incluir en el diseño el tratamiento de los lixiviados. - Evitar rellenos en áreas inestables, con pendientes, suelos saturados, bordes de los ríos, lagos. - Seleccionar la alternativa que tenga el menor impacto a la flora y fauna, especialmente que no implique impactos irreversibles a la flora nativa o a especies en extinción. - Implementar un plan de seguridad ocupacional y dotar a los trabajadores de equipos de protección individual. - Adecuar rutas de acceso.
RELEVAMIENTOS TOPOGRÁFICOS	- No significativo.	- Impacto en la flora y fauna.	- Atracción de trabajadores de otras regiones con distintos patrones culturales que pueden interferir negativamente en los hábitos y la dinámica de las poblaciones.	<ul style="list-style-type: none"> - En lo posible se debe preservar árboles y suprimir al mínimo la vegetación. Los árboles son un bioindicador de contaminación de acuíferos y pueden contribuir para indicar problemas de contaminación en localidades en donde es difícil el acceso a equipos de análisis fisicoquímicos. - Implementar programas de educación ambiental para los trabajadores y aclaración sobre normas de conducta que sean socialmente aceptables por las comunidades cercanas al relleno.
SONDEOS	- No significativo.	- Desequilibrio de ecosistemas e impactos moderados en la fauna.	Impactos sobre la vivienda de la vecindad.	<ul style="list-style-type: none"> - Entrenamiento del personal. - Efectuar negociación con la comunidad y preparación de un plan de mitigación ambiental para los grupos afectados.
REMOCIÓN DE VEGETACIÓN Y PREPARACIÓN PRELIMINAR DEL SITIO	- Pérdida del suelo, erosión que resulta del desmonte no controlado y mayor sedimentación de los ríos.	- Pérdidas de vegetación y animales silvestres en el área ocupada.	Accidentes laborales.	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborar un plan de manejo para evitar la erosión de los suelos, producida al suprimir la vegetación. - Los botaderos deben situarse en sitios adecuados para evitar la excesiva sedimentación de los ríos, impactos a las nacientes de los ríos. - Elaborar un plan de remoción de vegetación. - Efectuar el trasplante de especies consideradas importantes. - Suprimir solamente la vegetación necesaria y preservar los nidos de animales y ecosistemas locales. - Elaborar de seguridad ocupacional para los trabajadores.



PREPARACIÓN DEL TERRENO	Contaminación de acuíferos.			- Preparación del terreno para evitar infiltraciones y contaminación de los acuíferos y de las aguas superficiales, usando membranas geotextiles o geomembranas o arcillas impermeables..
TERRAPLENAJE O ACCESOS	Inestabilidad de las capas del suelo.	- Los accesos y tráfico de vehículos pueden impactar sobre la flora e impedir el movimiento de la fauna, producir atropellamiento de animales, generar polvo y ruido.	- Accidentes de trabajo.	- Realizar estudios de mecánica de suelos y de análisis de estabilidad. - Prever vías de acceso que no interfieran en los ecosistemas existentes, señalización de áreas de circulación de animales. - Implementar campañas de educación ambiental. - Elaborar normas de seguridad de trabajo, con las indicaciones respectivas sobre el uso de equipo individual de protección . - Implementar un plan de concientización de la comunidad y de los trabajadores.
NIVELACIÓN Y COMPACTACIÓN	- Generación de procesos erosivos y polvos.		- Generación de ruidos.	- Tomar medidas para la conservación y mantenimiento de los equipos. - Reducir el horario de trabajo a los períodos diurnos.
DRENAJE Y CERCAS	- Emisión de gases generados por la descomposición de desechos.		- Invasión de áreas por segregadores	- Utilizar el biogás como combustible o efectuar la quema del gas en las salidas construidas para ese propósito.
2.- OPERACIÓN				
DESCARGA Y COMPACTACIÓN	- Generación de polvos.	- Generación de vectores.	- Problemas de salud por contacto con basura de descarga clandestina en áreas abiertas y al lado de los caminos. - El polvo es un irritante ocular que puede portar micro-organismos patógenos al ser inhalados por las personas.	- La selección del sitio es importante para minimizar este tipo de impactos. - Tomar medidas para mitigar las emisiones de polvos furtivos, tales como pavimentar, aceitar o humedecer levemente los caminos de tierra. - Controlar el esparcimiento de la basura por acción del viento y de la contaminación del aire mediante el diseño y operación adecuada para el control de quemas y humo, olores y polvo por contención, recolección y descarga al aire libre. - Usar insecticidas y productos biodegradables de control de vectores. - Establecer un plan de vacunación de trabajadores y personas en contacto con la basura. - Establecer medidas de protección individual; educación y limitar el acceso al relleno, control y fiscalización periódica del ambiente.
RECUBRIMIENTO Y PAISAJISMO	- Desfiguración del paisaje por el destroce de vegetación y excavaciones.			- Establecer un plan de arborización/ cubierta vegetal de la zona.



3.- MANTENIMIENTO Y CIERRE			
DRENAJE LÍQUIDO Y DE GASES	- Deterioro de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas. - Contaminación del acuífero.	- La descomposición de los desechos produce gas metano, potencialmente explosivo y gases orgánicos potencialmente tóxicos.	- Efectuar monitoreo periódico y medidas para el drenaje de gases.
CAPA DE RECUBRIMIENTO Y VEGETACIÓN	- Aspectos paisajísticos.		- Retirar material de área autorizada. - Reintegrar al relleno estética y funcionalidad.

Valorización

Plantas de reciclaje

En el tratamiento de los RSU solo hay dos opciones: destruirlos o recuperarlos. Está claro que pretender eliminar todas las basuras es un empeño poco menos que imposible. Por lo tanto, vemos que la alternativa es, sin lugar a dudas, el reciclaje teniendo como finalidad la recuperación de forma directa o indirecta de los componentes que contienen los residuos urbanos.

Con el reciclaje se pretenden resolver dos problemas al mismo tiempo, por un lado deshacerse de las basuras y por otro aprovechar lo que en ellas haya de recuperable.

Este procedimiento se considera un principio de cambio de postura hacia posiciones más racionales sobre el uso de los recursos naturales y el incremento del costo de las materias primas. Este sistema de tratamiento de los RSU viene impuesto por el nuevo concepto de gestión de los residuos que debe tender a lograr los siguientes objetivos:

- Ahorro de energía.
- Ahorro de recursos naturales.
- Disminución del volumen de residuos a eliminar.
- Protección del medio ambiente.

El reciclado puede realizarse de dos formas:

a) La primera sería la separación de los componentes a recuperar de las basuras domésticas desde su origen, dando lugar a la recogida selectiva en origen. Para ello es necesaria la participación ciudadana al tener que depositar en recipientes distintos los diferentes componentes de los residuos que intentan recuperarse (normalmente se utilizan tres recipientes: uno para el vidrio, otro para los papeles y otro para el resto de la basura).



b) La segunda forma de efectuar el reciclado se lo haría en las plantas de reciclaje partiendo de basuras brutas y seleccionando los residuos a reciclar. En este caso la separación de residuos es un proceso costoso ya que demanda mucha mano de obra.

En las plantas se realiza el reciclaje siguiendo estas etapas:

- a) Primeramente se separan los objetos de gran volumen clasificándolos para su posterior eliminación o reciclado.
- b) A continuación se separan las latas y los materiales ferrosos con un imán.
- c) Después se separa manualmente el papel y el cartón para su almacenamiento y posterior reciclado.
- d) Separación manual de vidrios según su color.
- e) Separación de materiales textiles.
- f) Finalmente quedan los restos orgánicos que se utilizan para hacer compost o se eliminan.



El reciclaje, tanto a través de la recogida selectiva como por medio de las plantas de reciclaje, es una operación muy importante; en grandes cifras, a nivel nacional echamos anualmente a la basura más de medio millón de toneladas de metal, casi un millón de toneladas de vidrio, unos dos millones y medio de toneladas de papel y cartón y casi seis millones de toneladas de materia orgánica. Por todo ello, se deduce que una adecuada gestión de los residuos no debe estar basada simplemente en la eliminación de los mismos sino que, se tiene que considerar el reciclaje como una operación indispensable.

Como hemos visto anteriormente, los efectos directos e indirectos del reciclado suponen una reducción de los residuos a eliminar, una importante conservación de los recursos naturales y una concienciación del individuo y de la sociedad. Para que pueda cumplir su función, en cuanto a estimular el aprovechamiento racional de los recursos naturales y promover la educación ambiental, debe ir acompañado de una estrategia preventiva, cuya base se establece en dos grandes capítulos:

- 1) Ecología de los residuos, es decir, que se produzcan en menos cantidad y que su naturaleza los permita integrarse fácilmente en ciclos naturales. Para ello habrá que:
 - Potenciar los materiales y sustancias biodegradables.
 - Controlar y limitar la introducción de productos tóxicos.
 - Estimular el diseño funcional y sobrio de los envases.
 - Proteger el envase más barato y recuperable.
 - Desarrollar al máximo la política de retorno.
 - Penalizar el envase caro, contaminante e irre recuperable.



Si todos pudiéramos un grano de arena habría playas por todas partes...

b) Introducción del desarrollo de tecnologías limpias, es decir, aquellas que menos energía consuman, las que menos tengan que depurar, así como las que mejores, más duraderos, seguros, ecológicos y reintegrables productos acabados produzcan.

Los criterios que definen una tecnología limpia son:

- Empleo de materias primas ecológicas y económicas.
- Racionalizar al máximo el uso de los recursos y producir los mínimos efluentes.
- Tender a la fabricación de bienes útiles, funcionales y duraderos.
- Facilitar la recuperación de desechos.
- Yuxtaponer fábricas y procesos para que se complementen.
- Potenciar las bolsas de residuos y la información de los mismos.

A modo de resumen podemos decir que el reciclaje de los RSU presenta ventajas e inconvenientes que podemos resumir de esta forma:

- Las ventajas se derivan del aprovechamiento de las materias primas, la economía energética, el uso racional de los recursos naturales y la devolución a la tierra de su riqueza orgánica.
- Los inconvenientes que surgen son las fuertes inversiones iniciales necesarias, la producción de rechazos que exige un vertedero complementario, la gestión especializada y cuidadosa y, sobre todo, una correcta mentalidad de los ciudadanos sobre la importancia del reciclaje.

En la tabla que está a continuación podemos ver un ejemplo del ahorro energético que supondría para las industrias la utilización de materias recuperadas. El objetivo final del reciclaje de las basuras es conseguir el rendimiento máximo de los materiales recuperados. La comercialización de estos es algo delicado y difícil de conseguir en un mercado afectado por factores hostiles al producto reciclado. Los papeles y cartones, el vidrio, los metales, etc., dependen de una eficaz canalización desde los centros de recuperación a las fábricas que los reutilizan.

Producto	Energía necesaria en la producción en Kca/kg		% ahorro
	Materias vírgenes	Materias recuperadas	
Papel	3 700	1 100	70
Vidrio	1 200	800	35
Polietileno	4 500	500	89
Hierro	10 300	5 100	50
Aluminio	47 000	1 400	97

Para finalizar diremos que según la legislación vigente, a partir del año 2004, en todo el territorio nacional es obligatorio la recolección selectiva de residuos. Esto nos hace ver la gran importancia que tiene el reciclaje en la gestión de los residuos.



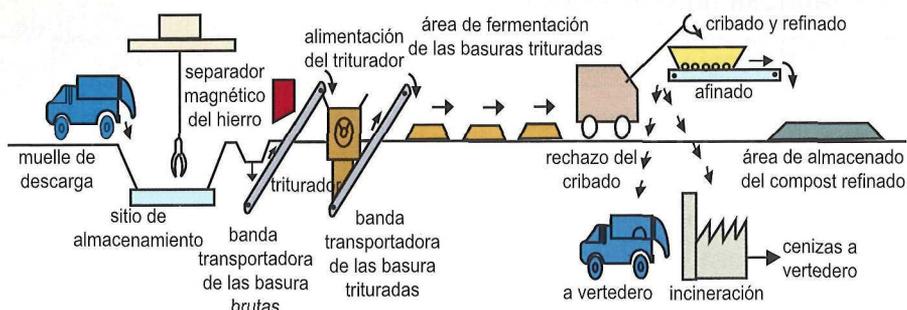
Plantas de compostaje

El compostaje es un proceso de descomposición biológica aerobia, bajo condiciones controladas, de la materia orgánica que se encuentra en los residuos sólidos urbanos y rurales y, en menor medida, en los industriales. Más técnicamente podemos decir que el compostaje es la transformación biológica controlada y de forma industrial de la fracción orgánica de los residuos, obteniendo como resultado un humus o compost.

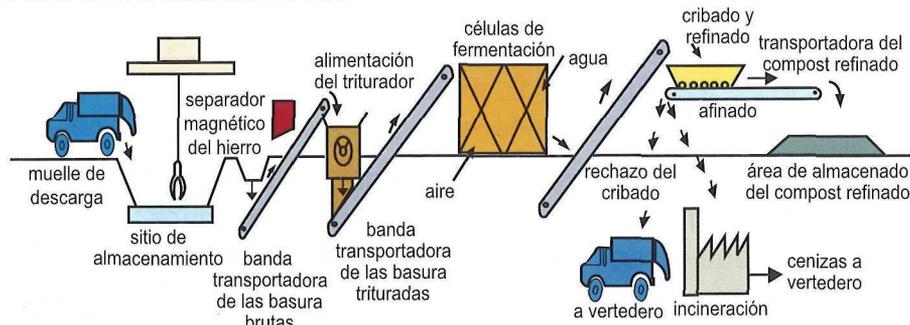
Este proceso lo llevan a cabo bacterias termofílicas, que hacen que el compost adquiera temperaturas comprendidas entre los 50 y los 70 grados centígrados, lo que provoca la eliminación de los gérmenes patógenos. El compostaje se puede llevar a cabo de forma natural al aire libre o de forma forzada mediante la utilización de digestores. En el primer caso este proceso tiene una duración de tres meses y en el segundo de tan solo 15 días. En la figura a continuación podemos ver un esquema de las plantas que corresponderían a cada una de las formas de realizar el compostaje. Por lo tanto, el proceso de compostaje viene a representar una recuperación de la materia orgánica de las basuras para su empleo en la agricultura, lo que implica una vuelta a la naturaleza de las sustancias extraídas anteriormente.

El material que obtenemos de este proceso es lo que llamamos compost. No podemos definirlo como un abono orgánico, a pesar de que contiene nutrientes y oligoelementos, sino más bien como un regenerador orgánico del terreno. Los compuestos orgánicos del compost contraen estrechas uniones físico-químicas con los compuestos minerales del suelo y constituyen entre ambos lo que se llaman *complejos organominerales*, mejorando las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, así como la nutrición de las plantas. Por lo tanto, podemos concluir diciendo que el compost tiene un doble carácter: el de enmienda y el de abono orgánico.

FERMENTACIÓN LENTA



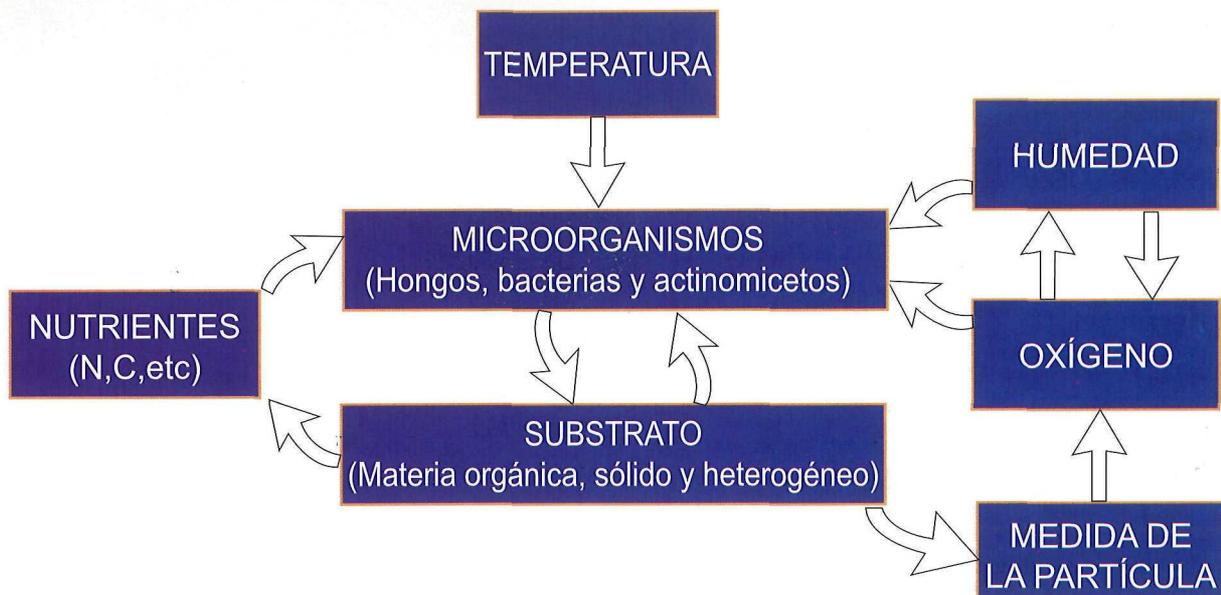
FERMENTACIÓN ACELERADA





Las ventajas que posee este producto pueden ser las siguientes:

- Suelta los terrenos compactos y ayuda a compactar aquellos que son excesivamente sueltos.
- Favorece el abonado químico al evitar la percolación.
- Incrementa la capacidad de retención de agua por el suelo.
- Aporta elementos nutritivos al suelo (nutrientes principales y oligoelementos).
- El proceso de compostaje pasa por dos etapas fundamentales (véase figura).
- Mineralización o biodegradación de la materia orgánica fresca de las basuras a través de procesos biológicos.
- Humificación de la materia orgánica dando lugar a compuestos húmicos de naturaleza coloidal.



Los factores más importantes que influyen en este proceso son:

- a) La población microbiana existente y su actividad.
- b) La naturaleza del sustrato.
- c) Los factores ambientales:
 - Aireación.
 - Grado de humedad.
 - Temperatura.

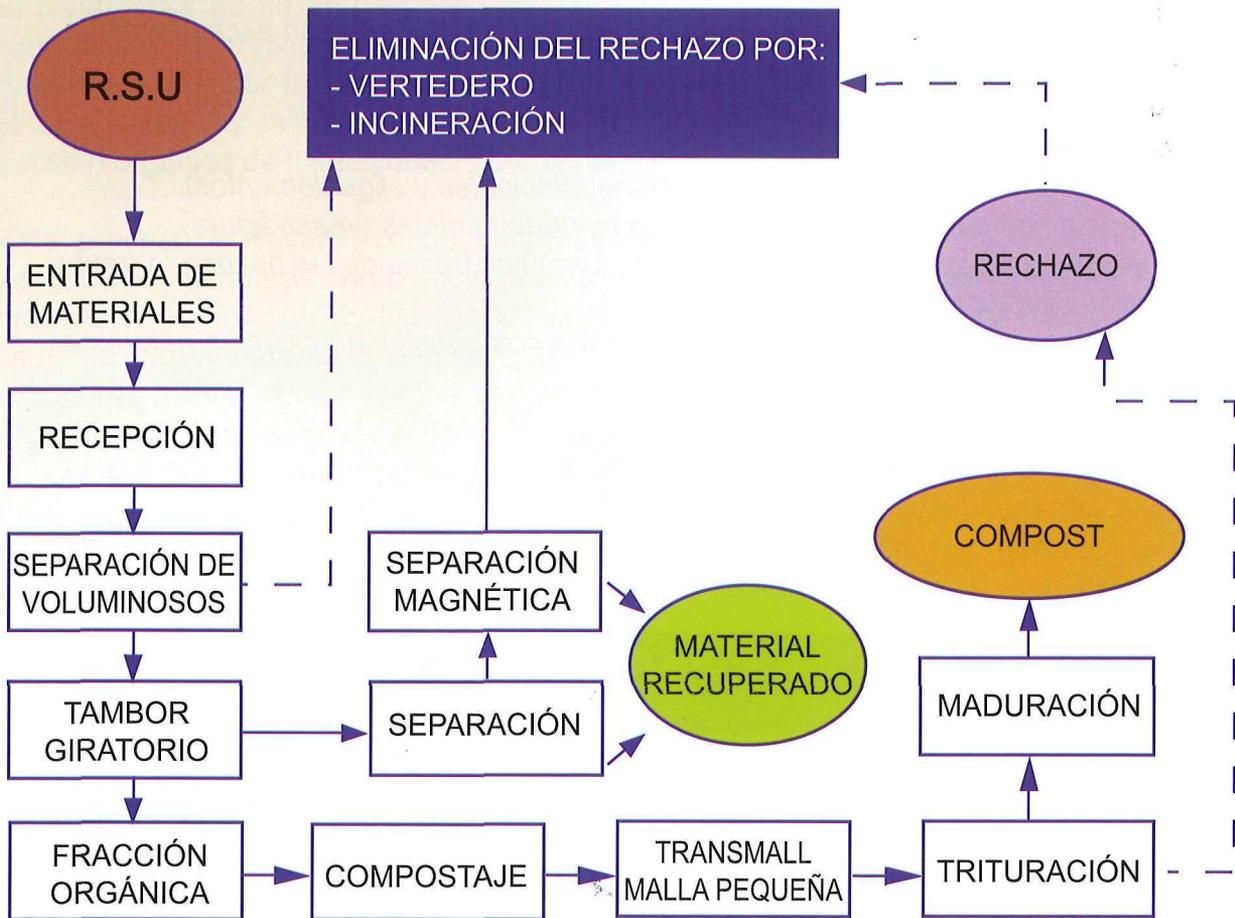
En el proceso de compostaje podemos diferenciar dos fases fundamentales:

- a) Tratamiento mecánico.
- b) Tratamiento de fermentación.

A la llegada de los residuos a la planta de compostaje se realiza un tratamiento mecánico de los mismos para homogeneizarlos con el fin de facilitar la transformación de la materia orgánica y separar todos aquellos productos que no sean aptos para el compostaje y que puedan perjudicar la calidad del producto final.



FUNCIONAMIENTO DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE



Funcionamiento de una planta de recuperación y compostaje.
Fuente: elaboración propia.

Cuando los residuos llegan a la planta son depositados en una fosa o silo de recepción. Esta deberá tener capacidad para almacenar una cantidad de residuos considerable para que sea capaz de asimilar cualquier eventualidad que se pueda producir.

A continuación se recogen los residuos mediante cintas transportadoras para movilizarlos por las distintas partes de la planta. Durante el transporte de los residuos por estas cintas y antes de que pasen a las trituradoras, se pueden separar manual o mecánicamente aquellos materiales u objetos que no sean admitidos para el compostaje.

La trituración de las basuras es un proceso necesario antes de que se inicie la fermentación con el fin de conseguir una mayor homogeneidad en la materia prima y proporcionar así una superficie óptima para el inicio del proceso de degradación biológica. A veces, a la salida del triturador puede realizarse una segunda selección de los residuos con el fin de mejorar la granulometría. Los productos rechazados pueden ser reciclados (si son aptos para ello) o bien son destinados a vertederos.



Nadie es amigo del que nunca sabe perdonar, ni del que nunca sabe ganar...

La fermentación es la fase más importante para obtener un compost de calidad. En el caso de la fermentación natural al aire libre, después de la trituración los residuos son depositados en una zona para su fermentación, donde serán volteados periódicamente para facilitar su aireación y la actividad microbiana. La distribución más habitual en hileras o andenes con una altura de entre 1,7 y 2 metros y una anchura comprendida entre los 2,7 y los 3 metros. La frecuencia de volteo y su número durante el proceso vienen determinados por la humedad. En la tabla a continuación mostramos unas referencias sobre la frecuencia y el número de volteos en función de la humedad del compost.

HUMEDAD	FRECUENCIA DE VOLTEO
60 - 70%	Alrededor de 5 volteos cada 2 días.
40 - 60%	Aproximadamente 4 volteos cada 3 días.
Por debajo del 40%	Aumentar la humedad.

Período de estabilización al aire libre en los sistemas de fermentación acelerada.

La fermentación acelerada se realiza en instalaciones especiales donde se controlan los factores que influyen en el proceso, de tal forma que se provoca una reducción del ciclo de descomposición (acelerando la fase termófila) y se asegura, al mismo tiempo, la autoesterilización del producto. El objetivo principal de todos los sistemas de fermentación acelerada es el de buscar la máxima aireación de la masa de residuos a través de distintos sistemas de volteo, agitación o inyección de aire. Los sistemas más utilizados actualmente son el digester, el higienizador y el bioestabilizador.

El digester es uno de los más utilizados y está constituido por una torre de sección rectangular, dividida por cinco parrillas móviles. Los residuos triturados, cargados en lo alto del digester, descienden de piso en piso aireándose durante el volteo y también mecánicamente en el interior de cada piso, para salir al nivel de suelo al finalizar la fase termófila (al cabo de una semana aproximadamente).

El higienizador es una torre cilíndrica de hormigón armado dividida en cuatro sectores por paredes interiores diametrales. Los residuos triturados entran por la parte superior, donde se les pulveriza agua, humidificando la masa. Un dispositivo de aireación aporta el oxígeno necesario para una correcta fermentación aerobia. Para evitar una posible



fermentación anaerobia, los residuos son agitados periódicamente mediante un tornillo sin fin horizontal, instalado en la base del cilindro. La descomposición de los residuos tarda entre 5 y 6 días.

El bioestabilizador es un cilindro giratorio horizontal de gran capacidad en el que se introducen los residuos no triturados. Bajo un efecto de rotación, humidificación y aireación controladas, las basuras se homogeneizan y se reducen al mismo tiempo que se desarrolla su fermentación. El proceso dura de 3 a 5 días. Independientemente del método utilizado, la transformación acelerada afecta fundamentalmente a los materiales hidrocarbonatados que son los más putrescibles. De ahí que el proceso deba completarse con una estabilización al aire libre, que permita el ataque de algunos materiales celulósicos. En la tabla a continuación se muestra una relación de la duración de la fermentación acelerada con la fermentación al aire libre.

A modo de resumen diremos que el compost es un excelente acondicionador del suelo y de una gran utilidad en la agricultura y muy particularmente en la mediterránea, deficitaria en sus suelos en materia orgánica. Por ello, si el producto cumple unas exigencias mínimas de calidad puede realizar un papel importante en las técnicas de cultivo. De igual manera, el compostaje es importante en muchas regiones con gran potencial agrícola, como en Latinoamérica y, sobre todo, a nivel doméstico donde en algunas áreas todavía son comunes las pequeñas huertas (cultivo de traspatio), jardines interiores, etc.

SISTEMA	DURACIÓN DE LA FERMENTACIÓN ACELERADA	PERÍODO DE FERMENTACIÓN AL AIRE LIBRE (sin volteo)
Digestor	6 días	1 mes
Higienizador	4 días	1 a 2 meses
Bioestabilizador	3 a 4 días	2 a 3 meses

Período de estabilización al aire libre en los sistemas de fermentación acelerada.

Tendencias a futuro en la gestión de los residuos sólidos urbanos

Existen importantes razones por las que es necesario buscar nuevas soluciones en la gestión de residuos. Por una parte, los elevados costes que generan al año la recolección y gestión de los residuos que, de mantenerse, harán que el sistema no pueda ser financiado a largo plazo. Por otra parte, ni por razones económicas ni de otro tipo, se puede continuar tratando la basura indiscriminadamente. En el caso de continuar funcionando el flujo económico de la misma forma, la economía no está en situación de solucionar por sí misma los problemas de la gestión de residuos.



No hay cosa más bella que la alegría en el semblante de un anciano...

La población va aumentando su nivel de vida, su poder adquisitivo, sobre todo en los países industrializados y, por lo tanto, las empresas se dedican a fabricar más productos que son consumidos por los ciudadanos. Si para esta producción que crece con el nivel de vida de los consumidores hay que aumentar el consumo de materias primas necesarias para la fabricación, la curva de producción de residuos sería exponencial.

La recogida de basura en masa está extendida por toda la geografía. Esta basura llega a las plantas de reciclaje sin ningún tipo de separación previa y, por tanto, la eficacia de este sistema es baja, además de tener un alto coste económico. Por ello, se está comenzando a implantar cada vez más los sistemas integrados que permitan la gestión de los residuos sólidos urbanos desde otras perspectivas. Estos sistemas deben considerar los siguientes aspectos:

- *Minimización de los costes, eligiendo las opciones más productivas y procediendo a su explotación optimizada.*

- *Recuperación de los materiales con una calidad adecuada a la demanda del mercado.*

- *Potenciación y desarrollo de mercados para estos materiales recuperados con el máximo valor añadido posible.*

- *Aprovechamiento de las instalaciones existentes en estos momentos para abaratar costes.*



De todo ello surgen varios sistemas alternativos de gestión integrada de los residuos sólidos urbanos, aunque el más aceptado es el modelo mixto. Este modelo se basa en la utilización de cinco contenedores:

a) Dos contenedores domiciliarios, uno para la materia orgánica compostable y otro para el resto del rechazo.

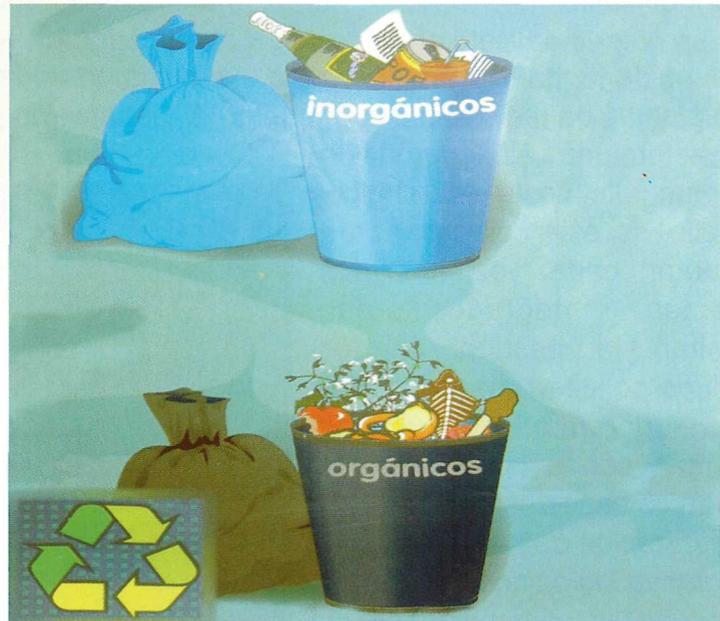
b) Un grupo de tres contenedores exteriores situados en áreas de aportación formado por un contenedor azul para papel y cartón, otro verde para envases de vidrio y un tercero amarillo para envases ligeros (plásticos, latas, botes, bricks...).



El que un hombre muera en aras de una causa, no convierte a la causa en justa...

Con estos sistemas de gestión integrada de residuos, incluyendo la recogida selectiva, la reducción en la generación de basuras y la elevación de las cotas de reutilización y reciclaje, se ven compensadas, en parte, por el aumento de la cantidad de residuos ligados al nivel de vida, por lo que en grandes números las cantidades aportadas a la valorización energética o al vertedero se mantienen en un mismo orden de magnitud.

En la sociedad actual la mejor opción para el tratamiento de los residuos es la de prevenir, reducir, reutilizar, reciclar lo más posible y el resto llevarlo a la planta de recuperación de energía. La combinación de la reducción, el reciclaje, la reutilización y la valorización energética es la configuración óptima de un concepto de gestión integrada de residuos. Lo correcto no es solo la valorización energética sino la valorización más las tres "R" vistas en el apartado de residuos.



● Residuos sólidos urbanos especiales

Dentro de los residuos sólidos urbanos existe un grupo de ellos que, por sus características especiales, requieren ser gestionados con criterios diferentes a los tratados hasta este momento.

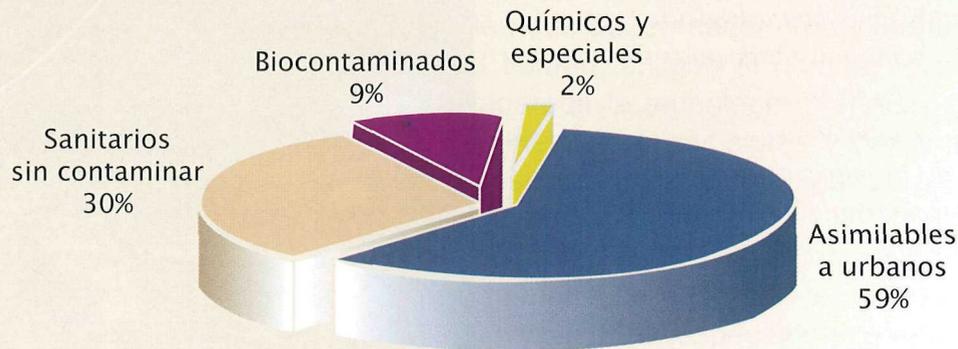
Generalmente la composición de estos residuos contiene sustancias tóxicas y peligrosas, lo que significa que cuando lo tiramos a la basura estamos provocando un daño directo considerable al medio. Estos residuos engloban a medicamentos caducados, fluorescentes y luces de vapor de mercurio, aceites, neumáticos, baterías, disolventes, pinturas, barnices, pilas y electrodomésticos que contengan sustancias tóxicas. Estos residuos se caracterizan por su dificultad en reconocerlos ya que son fácilmente camuflables entre el grueso de los residuos municipales. Por ello, al estar en pequeñas proporciones entre los residuos sólidos urbanos, los sistemas habitualmente utilizados para eliminar los residuos sólidos urbanos resultan inadecuados para este tipo de residuos, de tal forma que sus características tóxicas pueden llegar a dañar en mayor medida al entorno. Una estimación sobre la cantidad de residuos municipales especiales generados en diversas ciudades europeas ofrecía una cifra entre 1,5 y 5 kg/habitante y año.

● Residuos hospitalarios

La sanidad es una importante actividad productora de residuos tanto por su cantidad como por las características de peligrosidad de algunos de ellos. Dentro de los residuos clínicos hay una clara diferenciación entre los residuos que pueden originar riesgo de



contaminación biológica y aquellos que no comportan ningún riesgo. En la figura podemos ver la proporción por término medio de cada uno de estos residuos hospitalarios.



Los residuos hospitalarios deberán depositarse en recipientes cuyas características específicas variarán según el tipo de residuos que vaya a eliminarse. Los residuos asimilables a urbanos son gestionados por los mismos procedimientos que los habitualmente establecidos para los RSU y con los mismos equipos.

El resto de residuos hospitalarios son recogidos en contenedores herméticos y serán transportados a los centros de tratamiento en camiones destinados exclusivamente para el transporte de este tipo de carga, con caja hermética, cerrada y sin mecanismos de compresión. En el tratamiento, estos residuos deberán ser eliminados mediante el sistema de incineración, aunque en caso necesario también podrían ser esterilizados en autoclaves y eliminados en un vertedero controlado. El horno de incineración de tecnología más avanzada empleado actualmente en el tratamiento de los residuos hospitalarios es del tipo de combustión controlada, también denominado pirolítico, dotado de un reactor térmico o cámara de post-combustión de los gases generados. El proceso de pirólisis consiste en la combustión lenta y controlada de los residuos limitando la aportación de aire a la combustión. Así se consigue realizar la destilación de los residuos, que se descomponen en cenizas y carbono, generando unos gases que posteriormente son oxidados en la cámara de post-combustión o reactor térmico para completar su combustión. Con este procedimiento se consigue una mínima cantidad de elementos contaminantes.

BIBLIOGRAFÍA: 1) Maestría en gestión y auditorías ambientales, especialización de gestión y tratamiento de residuos. Año 2004. España. / 2) Ingeniería ambiental. J. Glynn Henry. Gary W. Heinke. Editorial Pearson. Segunda edición. Año 1999. México / 3) Residuos sólidos urbanos. Manual de gestión integral. Varios autores. Editado por: compromiso empresarial para el reciclaje. Año 1998. Uruguay.

*** Catedrático de:**

- Gestión y tratamiento de residuos,
- Procesamiento de frutas y hortalizas,
- Gestión de calidad total.