



# CARTILLA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS



## **AUTORIDADES**

### **MINISTRO DE MEDIO AMBIENTE Y AGUA**

Lic. Jose Antonio Zamora Gutiérrez

### **VICEMINISTRO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO**

Ing. Rubén Alejandro Méndez Estrada

### **DIRECTOR GENERAL DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS**

Ing. Vladimir Onny Gutierrez Ledezma

## **EQUIPO DE TRABAJO**

### **Elaboración y Diagramación:**

Consultor DGGIRS

Ing. Roger R. Zeballos Valda

### **Revisión**

**Agencia de Residuos de Cataluña**

**DGGIRS**

Lic. Elisenda Realp Campalans

Ing. Vladimir Onny Gutierrez Ledezma

### **PROYECTO FINANCIADO POR:**

Agencia Catalana de Cooperación al Desarrollo ACCD

Agencia de Residuos de Cataluña ARC

Estimado(a) Lector(a)



El Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico, a través de la Dirección General de Gestión Integral de Residuos Sólidos, en el marco de las políticas de Estado, pone a su disposición la cartilla **“APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS”** que resume la información presentada en la **“GUÍA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS mediante compostaje y lombricultura”**. Esta cartilla tiene la finalidad de proporcionar al lector un documento de fácil comprensión que incorpora conocimientos y técnicas para el aprovechamiento y tratamiento de los residuos sólidos orgánicos, que constituyen mas del 50% de los residuos que se generan en el país.

Esperamos que esta cartilla sea de beneficio del medio ambiente y la salud de la población.

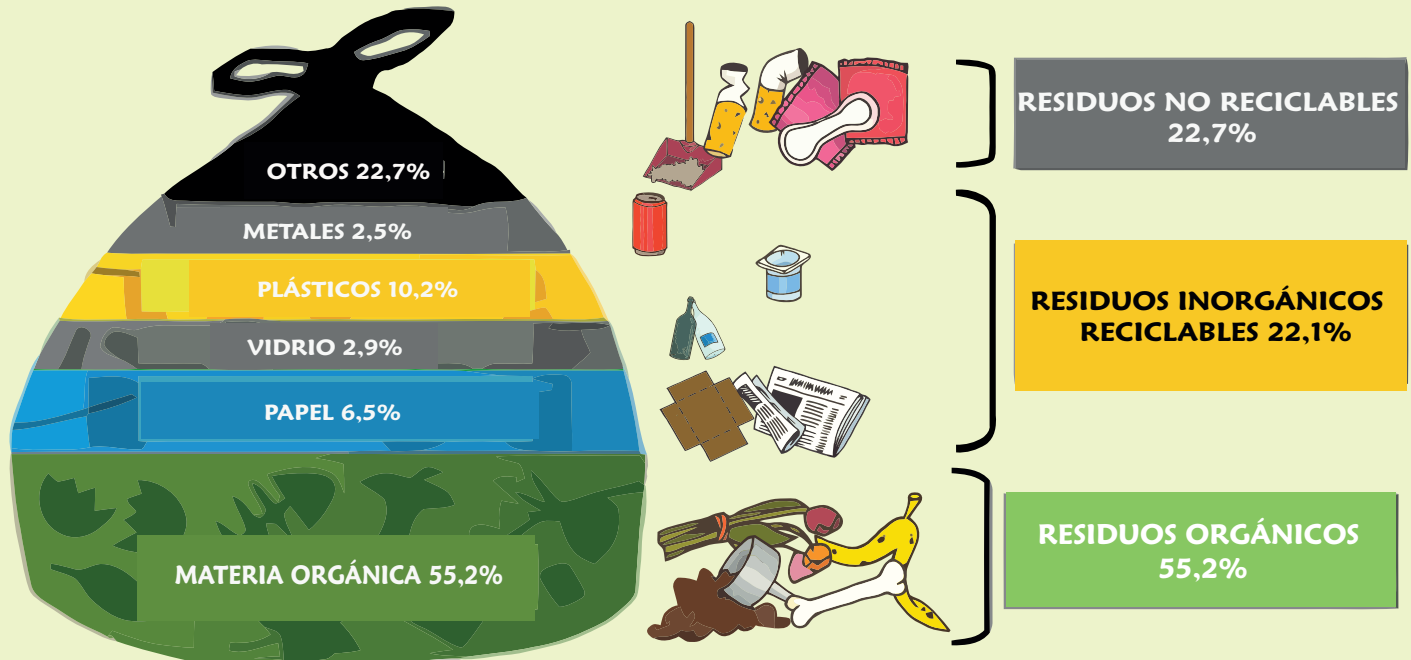
***...¡El cuidado del ambiente y la salud dependen de ti!***



# Los Residuos Sólidos Orgánicos (RSO) en Bolivia

De acuerdo al diagnóstico nacional de residuos sólidos en Bolivia, se calcula que diariamente se generan aproximadamente 4.780 Ton/día de residuos sólidos municipales, de los cuales más del 50% son residuos sólidos orgánicos que pueden ser aprovechados mediante procesos de compostaje, lombricultura u otros.

En promedio a nivel nacional la composición de los residuos sólidos generados es la siguiente:



## Jerarquización de la Gestión Integral de Residuos Sólidos

Los proyectos y/o actividades de aprovechamiento, forman parte del proceso de jerarquización de los residuos sólidos, que comprende en primer orden prevenir la generación de residuos sólidos, en segundo caso aprovechar al máximo el potencial de los recursos contenidos en los mismos y en tercer caso después de haber implementado los procesos anteriores, disponer en rellenos sanitarios sólo aquellos residuos (basura) que no pudieron ser aprovechados.



Algunas de las acciones que todos pueden hacer para disminuir la problemática de los Residuos Sólidos son:



**1) Reducir**



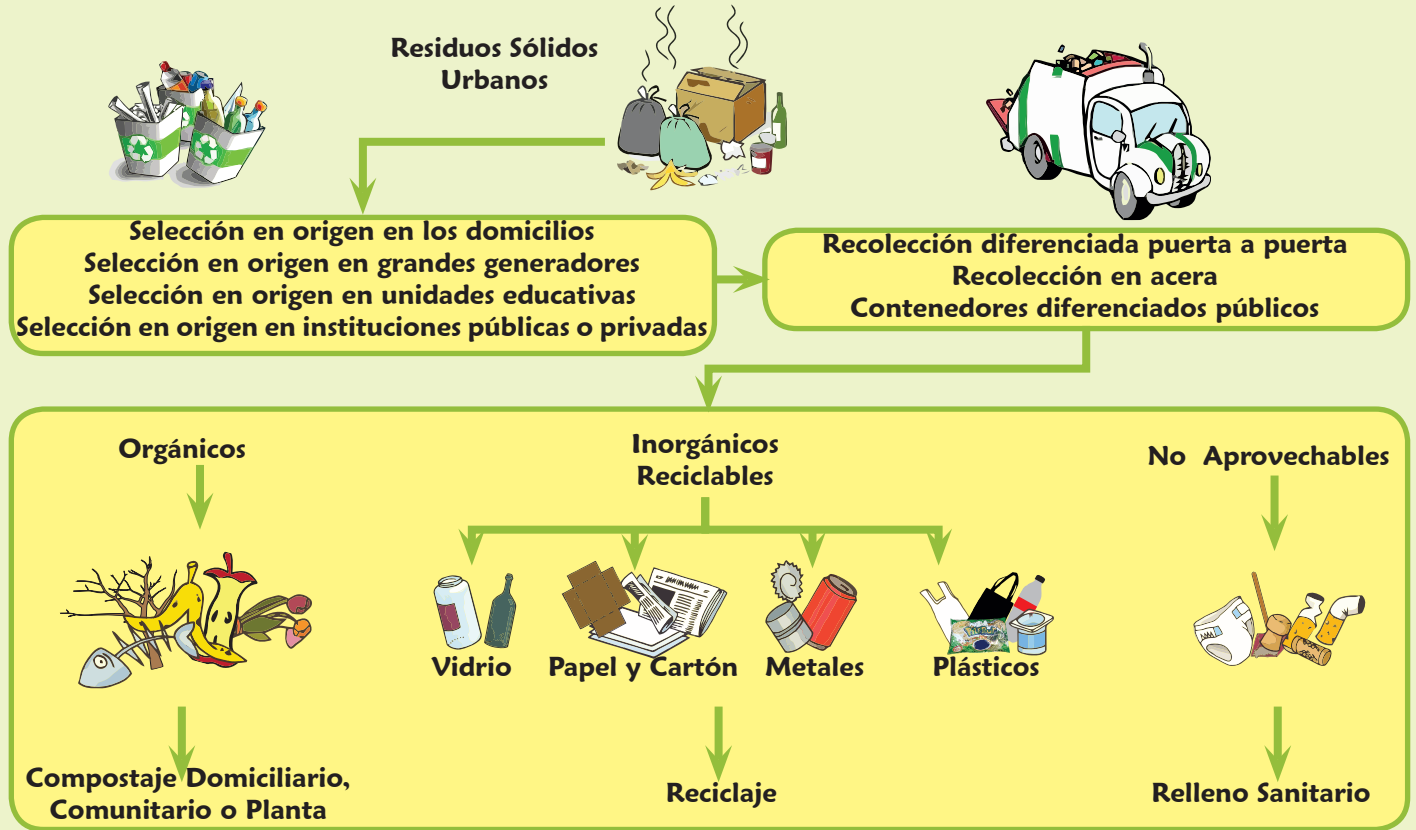
**2) Reutilizar**



**3) Reciclar**

# Selección en Origen de los Residuos Sólidos

Para un buen aprovechamiento de los residuos es necesario que exista selección en origen de estos.



## Efectos de los RSO en Rellenos Sanitarios y Botaderos

Los Residuos Sólidos Orgánicos dispuestos en los rellenos sanitarios y botaderos conllevan una serie de problemas de tipo técnico, ambiental y económico que afectan a la operación de los mismos y a su entorno. Algunos problemas que pueden presentarse son:

### RSO EN RELLENOS SANITARIOS Y BOTADEROS

**Generan lixiviados:** Su descomposición genera líquidos (lixiviados) que de no ser captados y tratados pueden llegar a las aguas superficiales o infiltrarse a las aguas subterráneas.



**Generan biogás:** Su descomposición anaerobia genera gas metano y otros gases considerados de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático global.



**Disminuyen la vida útil del relleno sanitario y dificultan su operación:** Ocupan espacio y disminuyen la vida útil del relleno sanitario. Por su grado de humedad y composición se requiere de mayor cantidad de material de cobertura.



**Generan Olores:** Su descomposición anaerobia provoca emanación de olores que deben ser mitigados.

## Beneficios del Aprovechamiento de los RSO

Aprovechar los residuos sólidos orgánicos genera beneficios económicos y ambientales

### **BENEFICIOS DEL APROVECHAMIENTO DEL LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS**

#### ***Beneficios económicos:***

- Prolongar la vida útil del relleno sanitario municipal
- Venta o uso del compost o humus para fines municipales (viveros, protección de cuencas, reforestación de rellenos clausurados)
- Reemplazo de fertilizantes químicos por un abono orgánico mas económico.

#### ***Beneficios ecológicos o ambientales:***

- Menor generación de lixiviados y biogás
- Disminución del volumen de residuos sólidos que se van al relleno
- Compost y Humus como mejoradores de suelo y fertilizantes naturales sin problemas de carga química en los suelos.



## Formas de Aprovechar los RSO

### Compostaje

Es la descomposición controlada de residuos orgánicos mediante microorganismos (hongos y bacterias).



Se obtiene “compost”, abono orgánico, que sirve para fines agrícolas, jardinería y reforestación.

### Biodigestión

Es la degradación anaerobia de los RSO con la finalidad de obtener biogás usado como combustible.



Se obtiene también un lodo residual que mediante compostaje tiene un valor de fertilizante rico y un fertilizante foliar, el biol.

### Lombricultura

Es la descomposición de residuos orgánicos por parte de lombrices del tipo californianas.



Se obtiene “humus”, abono orgánico rico en nutrientes para fines agrícolas o de jardinería.

### Alimento para Animales

Es el uso de los residuos orgánicos seleccionados como alimento de los animales de granja.



Es una práctica tradicional en las zonas rurales.

## Ciclo de Aprovechamiento de los RSO

Consumo de Productos



Almacenamiento Diferenciado



Usos del Producto



Recolección y Transporte Diferenciado



*“Lo que  
desechas da  
vida”*

Obtención del Compost/  
Humus



Tratamiento/ Compostaje-  
Lombricultura



## El Compostaje



El compostaje, es un proceso de descomposición biológica de los residuos sólidos orgánicos como restos de frutas, verduras, restos de podas, pasto, hojas, etc., bajo condiciones controladas por la acción de microorganismos (hongos, bacterias, actinomicetos) y de la fauna típica del suelo (gusanos de tierra, cochinillas, etc.) para la obtención de abono orgánico.

## Escalas de Compostaje

El compostaje, se puede realizar en el propio hogar (compostaje domiciliario), en forma comunitaria o distrital con la participación de los vecinos (compostaje comunitario) o a gran escala (compostaje en planta) cuando los residuos se concentran en una sola planta o infraestructura municipal.

**Domiciliario:** Compostaje realizado en domicilios. Permite compostar los restos de la cocina y jardín para obtener abono y ser aplicado en el propio jardín. Se consigue el manejo en origen de los residuos evitando los costos de recolección y transporte.



**Comunitario:** Compostaje realizado por la comunidad (juntas de vecinos, distritos) a pequeña escala (empleando herramientas manuales), localizado en las proximidades de los puntos de generación de los RSO, manejado y controlado por los propios generadores.



**Planta de Compostaje:** Compostaje realizado en grandes cantidades de residuos orgánicos separados previamente en origen. Puede realizarse en plantas manuales, semimecanizadas o mecanizadas. El compost obtenido puede tener diferentes utilidades, en función de su calidad final.



## Planta de Compostaje

Las plantas de compostaje, en función a la cantidad de residuos a ser compostados, pueden ser de tipo manual, semimecanizadas o mecanizadas. A nivel general una planta municipal de tipo semimecanizada o mecanizada, puede presentar los siguientes elementos:



1. Oficinas administrativas
2. Zona de recepción de los RSO
3. Pretratamiento y homogeneización
4. Fase de descomposición en nave
5. Fase de maduración
6. Cribado

7. Almacenamiento compost terminado
8. Piscina para agua de lluvia (opcional)
9. Piscina o depósito para lixiviados
10. Biofiltro para gases (opcional)

## Tipos de Plantas de Compostaje

**PLANTA MANUAL**



**PLANTA SEMIMECANIZADA**

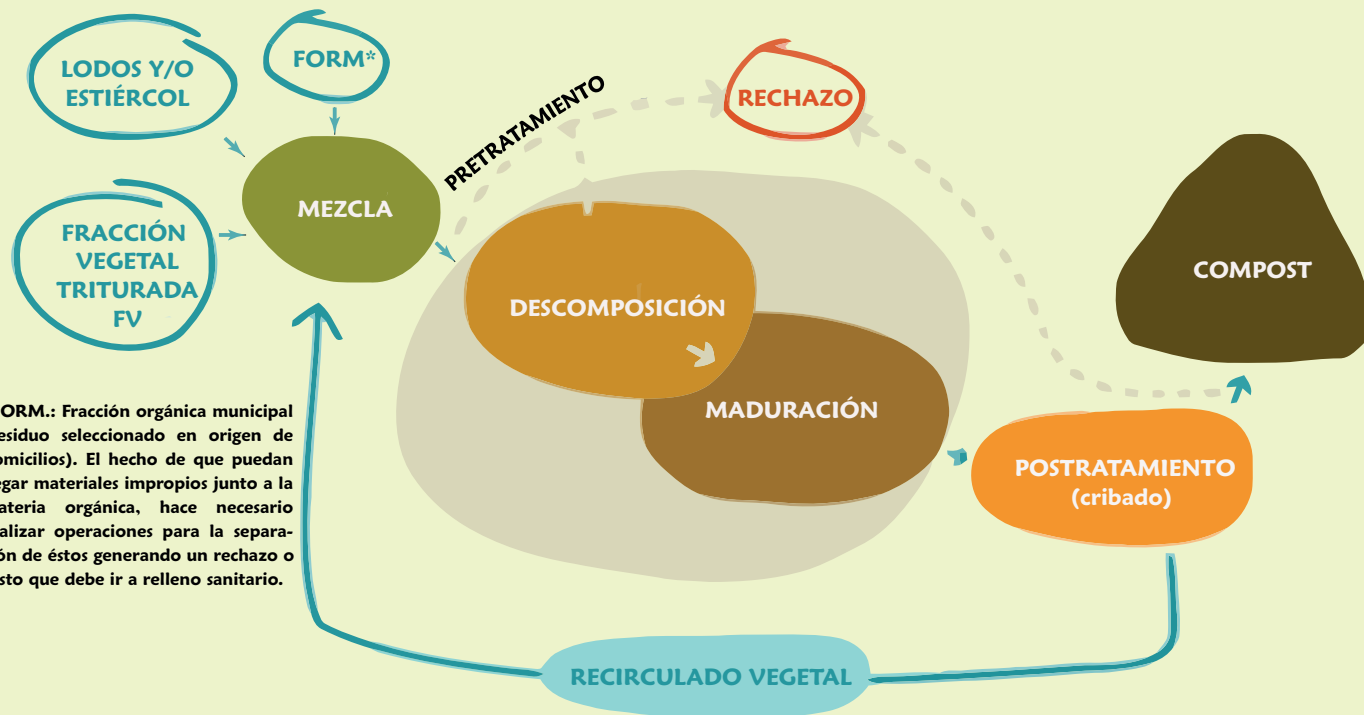


**PLANTA MECANIZADA**



## Procesos en Plantas de Compostaje

Una planta de compostaje requiere mínimamente los procesos señalados en el siguiente esquema.



\*FORM.: Fracción orgánica municipal (residuo seleccionado en origen de domicilios). El hecho de que puedan llegar materiales impropios junto a la materia orgánica, hace necesario realizar operaciones para la separación de éstos generando un rechazo o resto que debe ir a relleno sanitario.

## RECEPCIÓN Y MEZCLA

Se reciben los residuos sólidos orgánicos, y se trituran los restos vegetales (macizos). Posteriormente se realiza la homogenización de los residuos en las proporciones adecuadas de residuo fresco y residuo vegetal para obtener una mezcla con la correcta humedad y porosidad.

Previo a la mezcla pueden retirarse las mayores impurezas o residuos no deseables. En ocasiones, la selección de impurezas (plásticos, vidrios, etc) se realiza entre la etapa de descomposición y maduración o al final junto al cribado.

## DESCOMPOSICIÓN

Es la fase más activa del proceso, con altas temperaturas y elevadas necesidades de oxígeno. Dependiendo del sistema de compostaje utilizado, su duración varía de 5 a 8 semanas. En esta fase se debe garantizar la higienización del material (para eliminar semillas y otros organismos), controlando que se llega a altas temperaturas durante un tiempo mínimo.



## MADURACIÓN

La materia orgánica empieza a estabilizarse y acaba de madurar hasta que se obtiene un compost de calidad; disminuyen las temperaturas y las necesidades de oxígeno. Su duración es de 8-12 semanas.

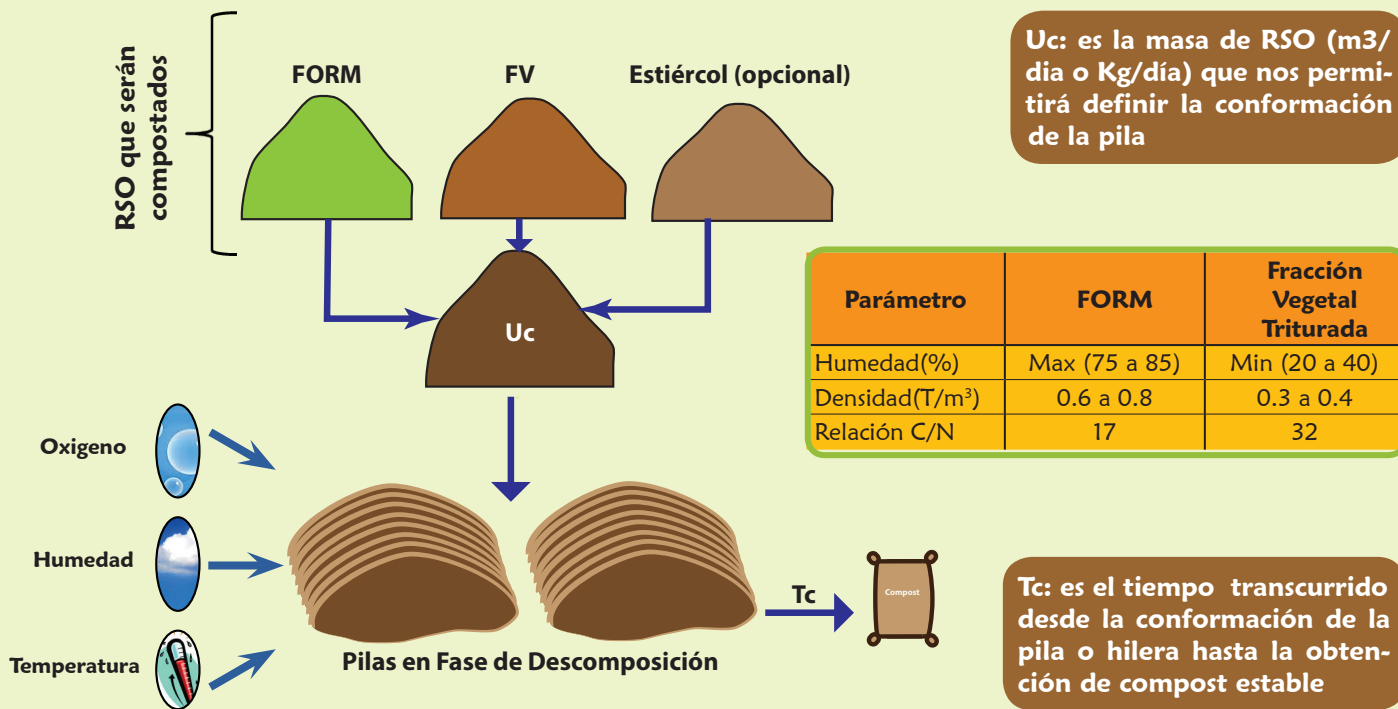
## CRIBADO Y ALMACENADO

El compost pasa al área de refinado donde es cribado para la separación de impurezas (plásticos, vidrio..), separación de fracción vegetal gruesa y obtención de un producto de calidad para ser almacenado para su uso o venta.



## Mezcla de los RSO

Una de las etapas fundamentales de todo proceso de compostaje es mezclar los materiales secos y húmedos en las proporciones adecuadas. La mezcla y homogeneización de los diferentes materiales nos permite obtener una masa lo más homogénea posible y con la porosidad, tamaño, relación C/N, pH y humedad adecuada para poder garantizar el proceso de compostaje.



# Parametros de Control del Proceso de Compostaje

El proceso de compostaje requiere del control de ciertos parámetros claves para la obtención de un compost de calidad, estos parámetros son:

## OXÍGENO (15-21%)

Los organismos necesitan oxígeno para respirar. Es importante que el aire llegue a todo el material que se esté descomponiendo para evitar las condiciones anaeróbicas (de falta de oxígeno).



## TEMPERATURA (50-55°C)

El control de la temperatura puede determinar el tiempo total del proceso y las condiciones de higienización de los RSO en compostaje. El exceso de temperatura debe controlarse, temperaturas superiores a 55°C durante todo el proceso pueden inhibir la actividad microbiana.



## HUMEDAD (60-65%)

Los microorganismos solo son activos en ambientes húmedos. Si falta agua, el proceso se retarda y si hay en exceso, se crean condiciones anaeróbicas (sin oxígeno) y la materia orgánica se pudre y se generan malos olores.

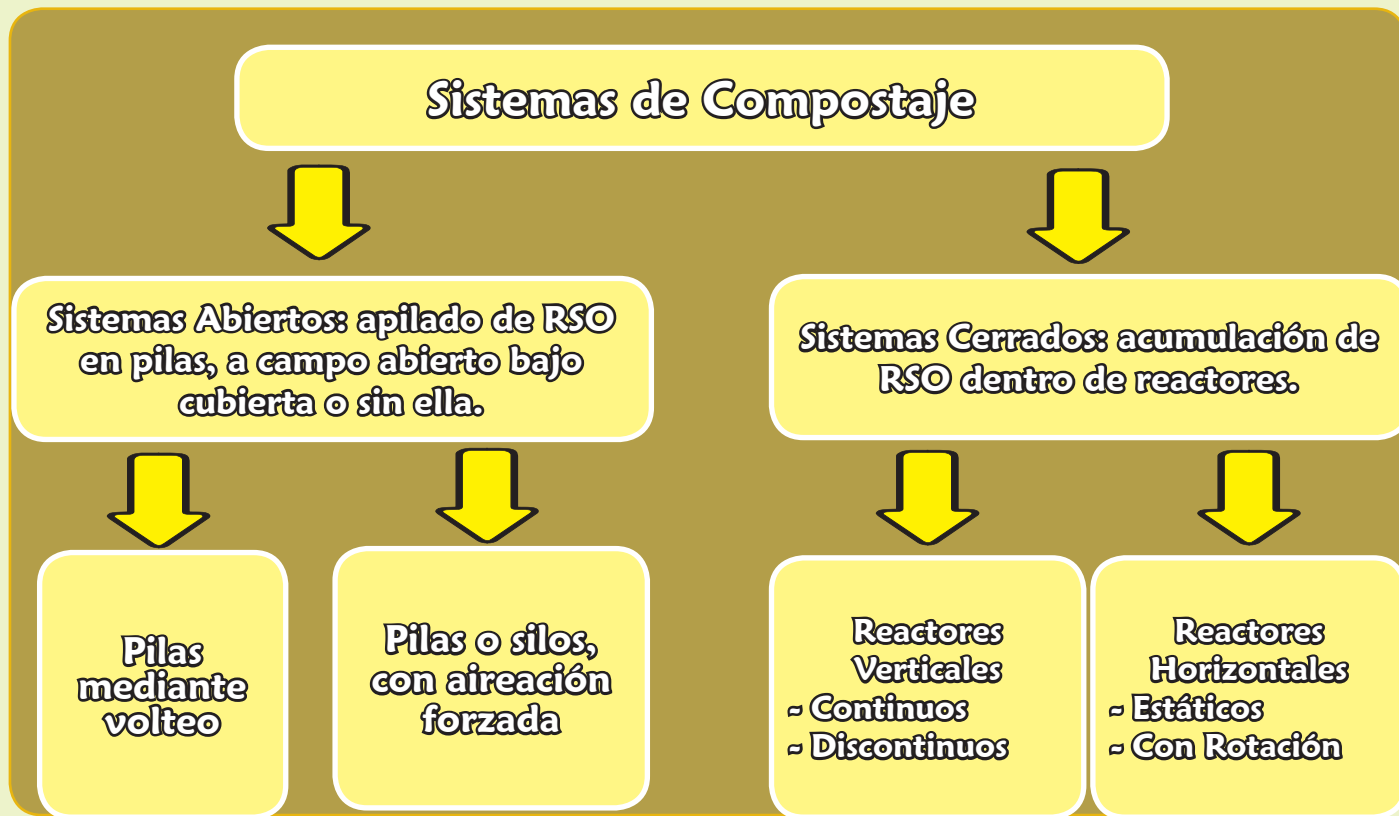


## PH (6,5-7,5)

El rango de pH tolerado por las bacterias en general es relativamente amplio, existen grupos fisiológicos adaptados a valores extremos. No obstante el pH óptimo es el cercano al neutro.

## Sistemas Para Plantas de Compostaje

Existen varios sistemas para la producción de compost que pueden aplicarse en plantas de compostaje, estos sistemas pueden ser abiertos y cerrados:.



**Sistemas  
Abiertos**

**Compostaje en pilas con aireación por volteo**

- Los RSO se amontonan formando pilas o hileras.
- Mezclado para aireación por volteo
- Ancho recomendado 2,5 a 3 m y el alto será la mitad de la base.



**Sistema de ventilación forzada**

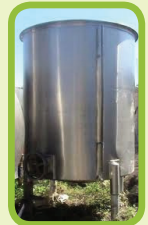
- La aireación por la base mediante un sistema mecánico de insuflado o aspiración de aire
- No se requiere volteo
- Optimización del espacio y tiempo



**Sistemas  
Cerrados**

**Reactores Verticales**

*Cilindro cerrado y aislado térmicamente que en su parte inferior tiene un sistema de aireación y extracción de material. A medida que se va extrayendo el material descompuesto, el material fresco va descendiendo.*



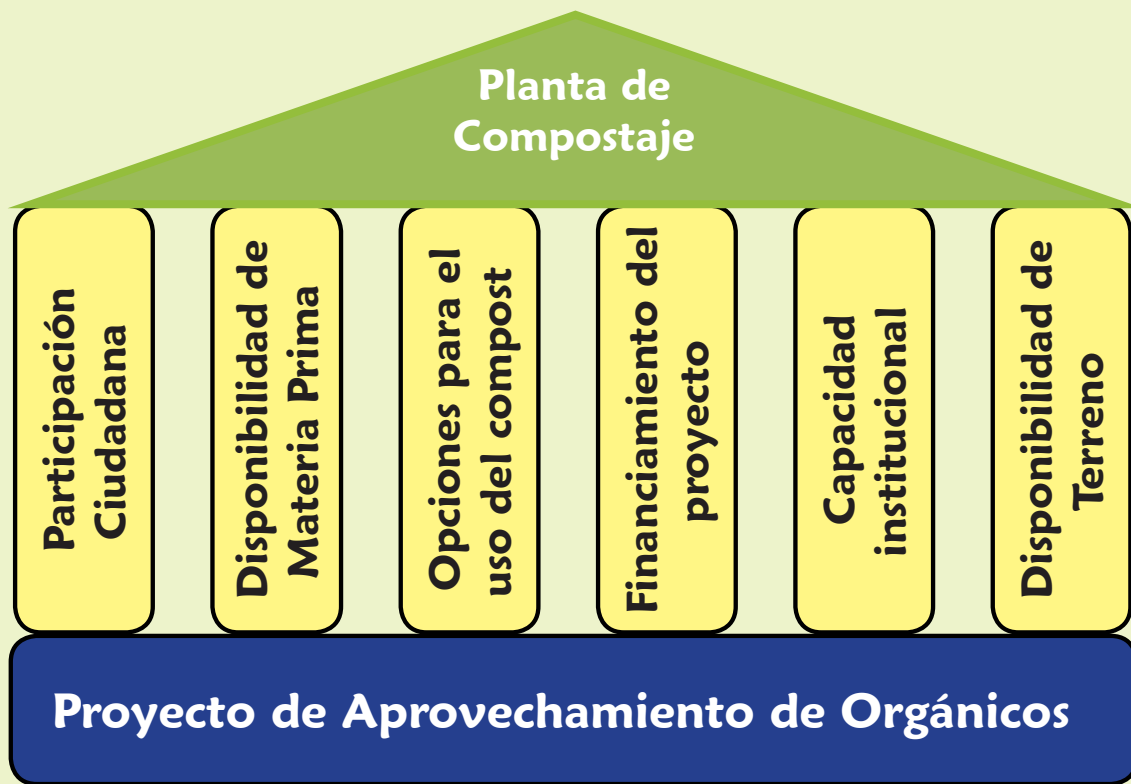
**Reactores Horizontales**

*Tanques circulados o cuadrados donde se agregan los RSO, agua y aire. Los materiales ingresan por la parte izquierda del mismo, el material se va desplazando hacia la derecha conforme el tanque gira.*



## Factibilidad para la Construcción de una Planta de Compostaje

Para valorar la factibilidad de la construcción de una planta de compostaje es importante hacer las siguientes consideraciones previas:



## Criterios de Diseño para una Planta de Compostaje

Para el diseño de una planta de compostaje se deben considerar varios criterios:

### Criterios de Diseño para una Planta de Compostaje

**Ubicación de la Planta de Compostaje:** Restricciones Normativas, de transporte, de tamaño de predio, de propiedad del predio, de uso del suelo y otras restricciones.

**Identificación y Cuantificación de los Residuos a Compostar:** Tipos y Cantidades de RSO y tiempos de compostaje.

**Determinación de las Áreas Necesarias y su Ubicación:** Para el proceso de compostaje, para almacenaje, para administración y portería, para almacén de equipos, aspectos complementarios (vías de acceso, drenes, etc.).

**Infraestructura y Equipos:** Construcción de Obras Preliminares, Infraestructura para el proceso de compostaje y Construcción de Obras Complementarias.

# Infraestructura y Equipos de la Planta de Compostaje

## **1) Obras Preliminares:**

Limpieza y desbroce, vías de circulación y área de amortiguamiento

## **2) Cerca Perimetral:**

De alambres de púas, malla olímpica, muros, etc que impida el acceso a personas ajenas y animales.

## **3) Recepción y Selección de los Residuos a Compostar:**

Área Impermeabilizada y con captación de Lixiviados

## **4) Triturado de Residuos vegetales :**

Equipos para el triturado de residuos secos vegetales

## **5) Mezcla o Homogeneización de los RSO:**

Área impermeabilizada con captación de lixiviados.

## **5) Degradación Aerobia de los Residuos/ descomposición:**

Área impermeabilizada con captación de lixiviados  
Equipos para el volteo del material (manuales o mecánicos) o para la aireación forzada.

Equipos para el control del proceso  
Área cubierta si las lluvias son intensas

## **6) Maduración:**

Área compactada  
Equipos para el volteo del material  
Equipos para análisis de madurez del compost

## **7) Cribado y Clasificación del Compost:**

Equipos para cribado (malla estática, tamizador, trómel, mesa vibratoria, etc.) que permita el cribado en diferentes fracciones.  
Análisis para evaluar la calidad del compost

## **8) Empacado y Almacenamiento:**

Área con cobertizo

## **9) Obras complementarias:**

Áreas Administrativas  
Almacenes de herramientas  
Taller de Mantenimiento  
Servicios Sanitarios  
Drenaje Pluvial

## La Lombricultura

Es una técnica que consiste en la utilización de lombrices para la obtención de humus de lombriz, un abono natural de alta calidad obtenido a partir de los residuos orgánicos. La lombriz que se utiliza tradicionalmente es la Eisenia Foetida (lombriz Roja Californiana).

La lombricultura se puede realizar a varias escalas, desde la domiciliarias hasta las plantas municipales.



- La lombricultura doméstica: Se realiza en los propios domicilios de forma que el recipiente dónde se produce se puede ubicar en cualquier terraza o pequeño espacio.
- La lombricultura en planta: Es la lombricultura a gran escala en camas de cultivo.





## Parámetros de Control para la Lombricultura

### ALIMENTACIÓN

Prefieren los restos vegetales algo descompuestos con una relación C/N relativamente baja. Los restos de verduras y frutas de cocina son de su agrado.



### AUSENCIA DE LUZ

Las lombrices viven debajo de la superficie del suelo, no toleran bien la luz, Para asegurar que se dispersen homogéneamente por todo el cuerpo de los residuos, se recomienda cubrir el área de lombricultura. Eso se puede hacer con pasto, con hojas, tierra humus o con compost listo para evitar la exposición directa de la luz.



### HUMEDAD

Las lombrices tienen una cutícula permeable haciendo que pierda agua fácilmente, no les conviene que baje drásticamente la humedad, porque no sólo paraliza la actividad sino que puede reducirnos la población de lombrices, la humedad adecuada es aproximadamente 60 %.



### TEMPERATURA

El óptimo debe oscilar entre los 20°C - 25°C, aunque resisten temperaturas entre los 0-45°C.

Cuando la temperatura es inferior a 7°C, las lombrices no reproducen pero siguen produciendo abono, en menor cantidad.



### PH

No soportan valores inferiores a 4.5, la acidez les resulta desagradable, el óptimo se encuentra entre 6 y 8.

## Cosecha del Humus y Multiplicación de las Camas

Una vez finalizado el proceso de lombricultura, hay que cosechar el humus de lombriz. Los métodos de cosecha de humus más utilizados se describen a continuación:

**a) Método con malla:** Resulta colocando una malla en la superficie del lombriario y depositando el alimento sobre ésta, al cabo de tres o cuatro días cuando las lombrices suban a comer (lo cual se aprecia visualmente) se retira la malla y con ella las lombrices. Esta operación se repite cuantas veces sea necesaria.



**b) Método del raspado:** Se deposita material fresco (alimento) en la superficie y a los 2 a 3 días manualmente se extraen los 10 cm superiores de toda la superficie con la ayuda de una pala; se vierte ese contenido en una cama nueva, se alimentan y se riegan. En la segunda semana, se extraen de la misma cama otros 10 cm, se depositan en una segunda cama de nueva creación, se alimentan ambas y se riegan, entonces las lombrices subirán a ingerir los alimentos. En la tercera semana se extraen los últimos 10 cm superiores donde quedan aproximadamente el 5% de las lombrices.



**c) Método de la pirámide:** Se extraen los primeros 10 cm del lombriario y se exponen al sol en forma de cono. Al cabo de 20 o 30 minutos se abre el cono y se extraen las lombrices agrupadas en el centro y en el fondo separando del humus.

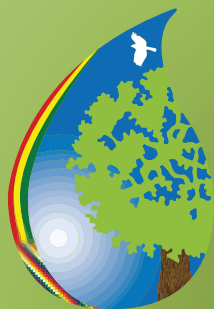


**d) Método de tamizado:** Consiste en hacer pasar el material extraído de la superficie del lombriario por tamices que permitan separar el humus de las lombrices.



**¡¡¡RECUERDA!!!**  
**¡¡¡Lo que desechas nos da vida!!!**





# MMAyA

Ministerio de Medio Ambiente y Agua

Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico  
Dirección General de Gestión Integral de Residuos Sólidos  
Calle Capitán Castrillo N° 434 Teléfonos: (591-2) 2-116583 – 2-115571  
Fax: 2-116124  
[www.mmaya.gob.bo](http://www.mmaya.gob.bo)  
E-mail: [dggirsvapsb@gmail.com](mailto:dggirsvapsb@gmail.com)  
Bolivia 2013



Agència Catalana  
de Cooperació  
al Desenvolupament



Generalitat de Catalunya  
Departament de Territori  
i Sostenibilitat



Agència de  
Residus de  
Catalunya

