



# E.M.A.V.I.

## ENTIDAD MUNICIPAL DE ASEO VILLAZÓN



PLANTA DE COMPOSTAJE  
UTRO  
VILLAZÓN



## MANUAL DE OPERACIONES PLANTA DE COMPOSTAJE UTRO - VILLAZÓN



<b>INDICE</b>	<b>Pag.</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
1.1. Antecedentes.....	7
1.2. OBJETIVOS .....	8
<b>2. Generalidades.....</b>	<b>8</b>
2.1. Marco conceptual.....	9
2.1.1. Caracterización de Residuos Sólidos en Bolivia.....	9
2.1.2. Diagnóstico de la Gestión Integral de Residuos Sólidos en la ciudad de Villazón .....	9
2.2. Los residuos orgánicos en la Gestión Integral de Residuos Solidos.....	10
2.2.1. Residuos Sólidos. ....	10
2.2.2. Residuos Sólidos Municipales.....	10
2.2.3. Los residuos sólidos comunes.....	10
2.2.4. Los residuos sólidos peligrosos.....	10
2.2.5. Los residuos sólidos especiales.....	11
2.2.6. Residuos Sólidos Orgánicos.....	11
2.3. Gestión Integral de Residuos Sólidos.....	11
2.4. Jerarquización de la Gestión Integral de Residuos Sólidos .....	12
2.5. Preservación Ambiental.....	12
2.5.1. Efectos de los residuos sólidos orgánicos en rellenos sanitarios.....	12
<b>3. Aprovechamiento mediante el compostaje.....</b>	<b>13</b>
3.1. Como se origina el compost.....	13
3.1.1. Que es el compostaje.....	14
3.1.2. Qué es el compost.....	14
3.1.3. Porque hacer Compostaje.....	14
3.2. Formas de aprovechar los residuos sólidos orgánicos.....	15
3.2.1. Compostaje.....	15
3.2.2. Lombricultura.....	15
3.2.3. Biodigestores.....	15
3.3. Beneficios del Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos.....	15

3.3.1.	Ciclo de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos.....	16
3.3.2.	Lo que ocurre en una pila de compostaje.....	17
3.4.	Escalas de Compostaje. ....	18
3.4.1.	Compostaje Domiciliario. ....	18
3.4.2.	Compostaje Comunitario. ....	18
3.4.3.	Planta de Compostaje. ....	18
3.5.	Gestión Municipal de Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos.....	19
<b>4.</b>	<b>Proceso en la planta de compostaje de Villazón .....</b>	<b>21</b>
4.2.	Proceso en la planta de compostaje .....	21
4.2.1.	Recepción y mezcla. ....	21
4.2.2.	Descomposición. ....	21
4.3.	Fases del proceso de compostaje.....	22
4.3.1.	La fase de descomposición.....	22
4.3.2.	Fase de maduración. ....	23
4.3.3.	Prueba de maduración.....	25
4.3.4.	Tamizado y almacenamiento. ....	25
4.4.	Factores que influyen en el proceso de compostaje. ....	26
4.4.1.	Relación Carbono/Nitrógeno (C/N). ....	26
4.4.2.	El Oxígeno.....	27
4.4.3.	Humedad.....	28
4.4.4.	Temperatura.....	29
4.4.5.	PH (Potencial de Hidrógeno).....	31
4.4.6.	Tamaño de partícula.....	31
4.4.7.	Condiciones climáticas.....	32
<b>5.</b>	<b>Fertilización .....</b>	<b>33</b>

## GLOSARIO

**Abonado:** acción o proceso cuya finalidad es hacer que la tierra sea fértil o productiva. Aplicación de fertilizante, ya sea sintético o natural.

**Abono orgánico:** el abono orgánico abarca los abonos elaborados con estiércol de ganado, compost rurales y urbanos, otros desechos de origen animal y residuos de cultivos. Los abonos orgánicos son materiales cuya eficacia para mejorar la fertilidad y la productividad de los suelos ha sido demostrada.

**Aeróbico:** proceso que ocurre en presencia de oxígeno. Para que un compost funcione con éxito se debe proporcionar suficiente oxígeno para que mantenga el proceso aeróbico.

**Amonio:** es una forma inorgánica del nitrógeno. Se encuentra reducido y es soluble en la solución del suelo. Se pierde con más facilidad por volatilización.

**Anaeróbico:** proceso que ocurre en ausencia de oxígeno. Si esto ocurre durante el proceso de compostaje, éste se ralentiza y se pueden desprender malos olores, como consecuencia de procesos de pudrición.

**Bacterias termófilas:** grupo de bacterias que pueden vivir, trabajar y multiplicarse durante el compostaje entre los rangos de temperatura de 40°C a 70°C.

**Compost maduro:** compost que ha finalizado todas las etapas del compostaje.

**Compost semi maduro:** compost que no ha terminado la etapa termófila del proceso de compostaje.

**Descomposición:** degradación de la materia orgánica.

**Estiércol:** material orgánico empleado para fertilizar la tierra, compuesto generalmente por heces y orina de animales domésticos. Puede presentarse mezclado con material vegetal como paja, heno o material de cama de los animales. Aunque el estiércol es rico en nitrógeno, fósforo y potasio, comparado con los fertilizantes sintéticos sus contenidos son menores y se encuentran en forma orgánica.

**Humificación:** es el proceso de formación de ácidos húmicos y fúlvicos, a partir de la materia orgánica mineralizada.

**Humus:** materia orgánica descompuesta, amorfa y de color marrón oscuro de los Suelos, que ha perdido todo indicio de la estructura y la composición de la materia Vegetal y animal a partir de la que se originó. Por tanto, el término *humus* se refiere a cualquier materia orgánica que ha alcanzado la estabilidad y que se utiliza en la agricultura para enmendar el suelo. El producto de la lombriz suele llamarse equivocadamente humus, cuando en realidad debe llamarse vermicompuesto.

**Inoculante:** concentrado de microorganismos que aplicado al compost, acelera el proceso de compostaje. Un compost semimaduro puede funcionar de inoculante.

**Inorgánico:** Es la sustancia mineral.

**Lavado o lixiviación de nitratos:** cuando el agua entra en contacto con fertilizantes nitrogenados o con estiércol, puede disolver los nitratos y otros componentes solubles del 3edcxestiércol y transportarlos disueltos en su seno cuando se infiltra en el suelo y desciende hasta las aguas subterráneas. En suelos con capas freáticas altas y altas velocidades de percolación es más probable que el agua contaminada alcance las aguas subterráneas.

**Macroorganismos:** organismos vivos que pueden ser observados a simple vista (arañas, lombrices, roedores, hormigas, escarabajos...). También se denomina mesofauna.

**Materia orgánica:** residuos vegetales, animales y de microorganismos en distintas etapas de descomposición, células y tejidos de organismos del suelo y sustancias sintetizadas por los seres vivos presentes en el suelo.

**Microorganismos:** organismos vivos microscópicos (hongos, incluyendo levaduras, bacterias incluyendo actinobacterias, protozoos como nemátodos etc.).

**Microorganismos mesófilos:** grupo de bacterias, y hongos (levaduras u hongos filamentosos) que pueden vivir, trabajar y multiplicarse durante el compostaje entre los rangos de temperatura de 30°C a 40°C.

**Mineralización:** transformación de la materia orgánica mediante la acción de microorganismos y la liberación de formas inorgánicas esenciales para el desarrollo de las plantas.

**Nitrato:** es una forma inorgánica del nitrógeno. Se encuentra oxidado y es soluble en la solución del suelo. Se pierde con más facilidad por lixiviación.

**Nitrógeno:** elemento indispensable para las plantas que puede estar en forma orgánica (proteínas y compuestos orgánicos), o inorgánica (nitrato o amonio).

**Orgánico:** un compuesto orgánico es una sustancia que contiene carbono e hidrógeno y, habitualmente, otros elementos como nitrógeno, azufre y oxígeno. Los compuestos orgánicos se pueden encontrar en el medio natural o sintetizarse en laboratorio. La expresión sustancia orgánica no equivale a sustancia natural. Decir que una sustancia es natural significa que es esencialmente igual que la encontrada en la naturaleza. Sin embargo, orgánico significa que está formado por carbono.

**Patógeno:** microorganismo capaz de producir una enfermedad. Puede ser Fito patógeno, cuando la enfermedad se produce en plantas, o patógenos humanos o animales.

**Reciclaje de nutrientes:** ciclo en el que los nutrientes orgánicos e inorgánicos, se transforman y se mueven en el suelo, los organismos vivos, la atmósfera y el agua. En la agricultura, se refiere al retorno al suelo de los nutrientes absorbidos del mismo por las plantas. El reciclaje de nutrientes puede producirse por medio de la caída de hojas, la exudación (secreción) de las raíces, el reciclaje de residuos, la incorporación de abonos verdes, etc.

**Relación C:N:** Cantidad de carbono con respecto a la cantidad nitrógeno que tiene un material.

## **1. INTRODUCCIÓN.**

El Manual de Operaciones de la Planta de compostaje del Municipio de Villazón es un documento técnico dirigido al adecuado manejo y funcionalidad de las actividades a desarrollar en el trabajo de aprovechamiento de los residuos orgánicos compostables seleccionados en origen en la ciudad de Villazón.

En este manual se describen y detallan los procedimientos técnicos de las actividades que se desarrollan en la planta de compostaje y mantenimiento de las diferentes áreas con las que se cuenta para el aprovechamiento.

Para la elaboración de este documento se ha realizado una revisión detallada del Pliego técnico de la Guía de Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, mediante compostaje y lombricultura, expuesto en el manual del Ministerio de Medio Ambiente y Agua, de nuestro Estado Plurinacional de Bolivia. Se han discutido los diferentes aspectos técnicos y en el Marco de la Normativa aplicable se ha desarrollado un manual de operaciones que este enfocado en las particularidades específicas típicas de nuestra planta de compostaje

Este documento servirá de guía para el adecuado funcionamiento y desarrollo de las diferentes áreas con las que cuenta la planta de compostaje del Municipio de Villazón, con el fin de que estos se sujeten a lo establecido en la normativa específica aplicable.

### **1.1. Antecedentes.**

A partir de la gestión 2011. La Entidad Municipal de Aseo Villazón "E.M.A.VI." Empieza a trabajar con una nueva visión y misión, implementando diferentes políticas y estrategias para mejorar el servicio de aseo. En los últimos años ha ido mejorando significativamente en cuanto a equipamiento, personal, e imagen institucional, para el buen funcionamiento y desarrollo de las actividades de manejo de residuos, esto con el objetivo de que la ciudadanía llegue a tomar conciencia de la importancia que tiene el manejo adecuado de los residuos que generan en sus diferentes actividades.

La Entidad Municipal de Aseo Villazón "E.M.A.VI." Está realizando una Gestión Integral de Residuos Sólidos "GIRS" para lo cual se cuenta con un Sistema Operativo desde la Generación, Recolección y transporte, Aprovechamiento (**compostaje y reciclaje**), Tratamiento y la Disposición Final de los Residuos Sólidos en el Relleno Sanitario, ubicado en la localidad denominada Agua chica

Antes de la funcionalidad del Relleno Sanitario se empezó a trabajar en una planta piloto de compostaje para el aprovechamiento de los residuos orgánicos a partir del año 2014. Los problemas que se tienen por la descomposición de la materia orgánica en la disposición final de los residuos sólidos, son la generación de gas metano y líquidos lixiviados, que son altamente contaminantes para el medio ambiente (*Suelo y Aire*).

El personal que trabaje en la planta de Compostaje, debe consultar regularmente el manual, con la finalidad de que tengan la plena certeza que las actividades que están ejecutando se desarrollan conforme a lo establecido en los documentos.

## **1.2. OBJETIVOS**

Los objetivos del manual son los siguientes:

- Establecer los procedimientos de actividades del funcionamiento de la planta de compostaje en el área de mezcla y pre tratamiento, maduración, tamizado y almacenamiento.
- Brindar orientación específica sobre los procedimientos técnicos que deben seguir los operarios de la planta de compostaje.
- Brindar orientación sobre los controles técnicos durante la descomposición de los residuos orgánicos

## **2. Generalidades.**

Bolivia, ha asumido un rol importante en las acciones de preservación de la naturaleza frente a las amenazas que se ciernen sobre el planeta y la humanidad, a través del establecimiento de los derechos de la madre tierra, que son: derecho a la vida, a la diversidad de la vida, al agua, al aire limpio, al equilibrio, a la restauración y a vivir en un ambiente sano libre de contaminación.

Una forma de incursionar en el cumplimiento de estos derechos es la implementación de la Gestión Integral de Residuos Sólidos, en cuyo marco la prevención en la generación de los residuos y su aprovechamiento se convierten en los componentes clave a partir de los cuales se logra una reducción de los residuos que van a los sitios de disposición final y se aprovecha un residuo transformándolo en un recurso valioso

Desde el Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia se impulsan políticas orientadas al aprovechamiento de los residuos sólidos con el objetivo de minimizar



los impactos negativos en el medio ambiente, la salud y fomentar la conciencia ciudadana.

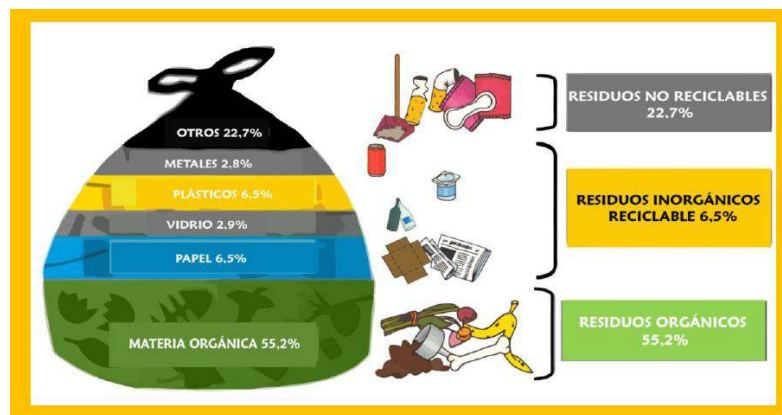
## 2.1. Marco conceptual.

### 2.1.1. Caracterización de Residuos Sólidos en Bolivia

en Bolivia se generan aproximadamente 4,782 toneladas de residuos sólidos al día, de los cuales el 87% se genera en área urbana y el 13% en área rural. La producción per-cápita de residuos sólidos varía en un rango de 0,20 Kg/hab-día en áreas rurales a 0,53 Kg/hab-día, en áreas urbanas, con lo cual da un promedio nacional de 0,50 Kg/hab-día.

La composición media de residuos sólidos que genera una familia, nos indica que aproximadamente el 77% de los residuos podrían ser aprovechados (55% son residuos orgánicos y 22% residuos inorgánicos reciclables) y el 23% restante corresponden a residuos no aprovechables o comúnmente llamados "basura".

La mayoría de estos residuos aprovechables son vertidos de forma descontrolada a espacios no adecuados formando pasivos ambientales. De total de sitios de disposición final municipal, el 90,8% son botaderos a cielo abierto, el 6,1% botaderos controlados y el 3,1% son rellenos sanitarios.



### 2.1.2. Diagnóstico de la Gestión Integral de Residuos Sólidos en la ciudad de Villazón

De acuerdo al estudio de caracterización realizado en nuestra ciudad, la composición física de los residuos sólidos domiciliarios son de la siguiente manera: el 65% constituye de materiales Biodegradable que se podrían Aprovechar en la Planta de Compostaje, mientras que el 18% está compuesto por materiales aprovechables reciclables y el 17% son materiales no aprovechables que no se les puede asignar un nuevo uso y que necesariamente se debe tratar en el relleno

sanitario. También se hace la disposición Final de Residuos Infecciosos Generados en Establecimientos de Salud que por año llegan a generar aproximadamente 4.5 Tn/año

## **2.2. Los residuos orgánicos en la Gestión Integral de Residuos Sólidos**

A continuación se describen algunos conceptos que nos ayudaran a conceptualizar el problema de los residuos sólidos orgánicos en el marco de la Gestión integral de residuos.

### **2.2.1. Residuos Sólidos.**

Los residuos sólidos, son “materiales generados en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control, reparación o tratamiento, cuya calidad no permite usarlos nuevamente en el proceso que los generó, que pueden ser objeto de tratamiento y/o reciclaje”

### **2.2.2. Residuos Sólidos Municipales**

Los residuos sólidos municipales, son aquellos que se generan en domicilios, áreas públicas, comercios, instituciones de servicios, establecimientos de salud, mataderos e industrias (sólo asimilables a domiciliarios). Este tipo de residuos sólidos, por sus características pueden clasificarse en residuos sólidos comunes, peligrosos y especiales.

### **2.2.3. Los residuos sólidos comunes.**

Comprenden residuos sólidos orgánicos, reciclables y no aprovechables, los cuales no presentan características de peligrosidad y pueden ser recolectados, aprovechados y dispuestos por el sistema convencional de servicios de aseo.

### **2.2.4. Los residuos sólidos peligrosos**

Son aquellos que “conllevan riesgo potencial al ser humano o al ambiente, por poseer cualquiera de las siguientes características: corrosividad, explosividad, inflamabilidad, patogenicidad, bioinfecciosidad, radiactividad, reactividad y toxicidad, y que conllevan riesgo potencial al ser humano y medio ambiente”. Son municipales porque se generan en los domicilios, comercios, instituciones de servicios, establecimientos de salud (excepto radiactivos) y otras fuentes que no impliquen procesos productivos, de manufactura o instalación de servicios.

### 2.2.5. Los residuos sólidos especiales

Comprenden los residuos de características muy diversas que se generan en el medio urbano y cuyas formas de recolección y tratamiento varían sustancialmente a los residuos sólidos comunes. Clasifican en este tipo de residuos los vehículos en desuso, residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, residuos voluminosos de muebles, chatarra, residuos de la construcción, animales muertos, llantas y neumáticos desechados y residuos forestales.

### 2.2.6. Residuos Sólidos Orgánicos

Los residuos sólidos orgánicos, son todos aquellos que tienen en su estructura básicamente carbono, nitrógeno, oxígeno, hidrógeno y pueden descomponerse por la acción natural de organismos vivos como lombrices, bacterias y hongos. Estos pueden ser cáscaras de verduras, residuos de alimentos, frutos, residuos de cosechas, hojas de árboles, entre otros, los cuales se generan en actividades de cocina, consumo de alimentos, jardinería y poda de plantas, centros de abasto de frutas, verduras u otros productos generados por acción de la naturaleza.

## 2.3. Gestión Integral de Residuos Sólidos

Se define como el conjunto de acciones articuladas e integradas con los diferentes actores de la sociedad, para la formulación e implementación de políticas, estrategias y normativa orientadas al desarrollo institucional, la planificación, la sostenibilidad, la gestión operativa y accesibilidad a los servicios de aseo, la participación ciudadana, la investigación y desarrollo tecnológico, así como el control y evaluación permanente, a fin de prevenir, aprovechar, tratar y disponer de forma sanitaria y ambientalmente segura los residuos sólidos.



Fuente: MMA

## 2.4. Jerarquización de la Gestión Integral de Residuos Sólidos

“Establece el orden de las acciones a desarrollar para el manejo de los residuos sólidos: prevenir, aprovechar y disponer. Este orden significa, que desde el punto de vista ambiental, la mejor alternativa es prevenir evitando la generación de residuos y reduciendo su peligrosidad. En segundo lugar, si no es posible evitar su generación, se debe buscar su aprovechamiento mediante la reutilización, reciclaje o tratamiento biológico para su reintroducción en nuevos procesos productivos. En tercer lugar, se debe optar por el aprovechamiento energético y por último la disposición final de aquellas fracciones de residuos no aprovechables.”



**Fuente:** MMAvA programa plurinacional de GIRS 2011 - 2015

## 2.5. Preservación Ambiental

“Establece que la gestión integral de los residuos sólidos debe orientarse a la prevención de riesgos de contaminación para el agua, aire, suelo, flora y fauna, fundamentada en la protección de la madre tierra para el vivir bien de las generaciones actuales y futuras”.

### 2.5.1. Efectos de los residuos sólidos orgánicos en rellenos sanitarios

La fracción orgánica de los residuos generados en nuestro de Municipio, es el 65% del total del total de los residuos sólidos generados, por cuanto es un componente fundamental que influye en todas las etapas del servicio de aseo, particularmente en la disposición final, elevando los costos de operación e incrementando los impactos ambientales como se detalla a continuación.

**Generan lixiviados:** La descomposición de los residuos orgánicos al interior de los rellenos sanitarios o botaderos debido a su gran contenido de humedad (50 a

70 %), es una de las principales fuentes de generación de lixiviados en los rellenos sanitarios.

- **Generan biogás, gases de efecto invernadero:** La degradación anaerobia de los residuos orgánicos en el interior del relleno sanitario tiene como consecuencia la generación de gases, principalmente gas metano. Estos gases, denominados *biogás*, son considerados de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático global.
- **Disminuyen la vida útil del relleno sanitario y dificultan la operación:** La disposición final de residuos orgánicos, ocupa mayor espacio y disminuye la vida útil del relleno sanitario. Por otro lado, por el grado de humedad y su composición requiere de mayor cantidad de material de cobertura.
- **Generan Olores:** La degradación en condiciones anaeróbicas de los residuos orgánicos en el interior del relleno sanitario, provoca emanación de olores desagradables que deben ser mitigados.

### 3. Aprovechamiento mediante el compostaje

#### 3.1. Como se origina el compost.

Desde que la agricultura se inventó, hace cerca de 5000 años, los campesinos aseguraron la fertilidad de sus campos mediante materiales orgánicos descompuestos de los residuos animales y vegetales de sus granjas.

La técnica era, simplemente, dejar que ocurriera lo que sucede en la naturaleza sin la presencia del ser humano: la materia orgánica se mezcla en el suelo, descomponiéndose y aportando sus nutrientes a la tierra de la que se alimentan de nuevo las plantas.

Sin embargo, después de la II Guerra Mundial, esta práctica fue abandonada en los países ricos o "desarrollados", siendo sustituida por el uso de fertilizantes químicos, producidos a bajo coste a partir de la energía derivada del petróleo. Estos nuevos modos de gestión de la tierra parecían satisfactorios, pero en los últimos tiempos se viene observando un constante descenso en la fertilidad de los campos, debido a la actual carencia de materia orgánica en los suelos. Esta situación altera el ciclo natural, y hace desaparecer, entre otros, a los organismos descomponedores, que son los encargados de fabricar a partir de la materia orgánica el humus.

La presencia de este humus en los suelos garantiza la reserva de sustancias nutritivas para las plantas, favorece la absorción y retención del agua, facilita la circulación del aire, limita los cambios bruscos de temperatura y humedad, bloquea a muchos compuestos tóxicos y provee alimentos a incontables y minúsculos

animales que son la base de la cadena alimenticia. La vida y el crecimiento de las plantas y animales, es posible gracias al trabajo secreto de los descomponedores, de forma que sin ellos no habría vida sobre la Tierra.

### **3.1.1. Que es el compostaje.**

El proceso de compostaje es llevado a cabo por múltiples organismos descomponedores que comen, trituran, degradan y digieren las células y las moléculas que componen la materia orgánica. Los principales responsables de estas labores son las bacterias y hongos microscópicos, junto con las lombrices, insectos y otros invertebrados no perceptibles a simple vista. Durante nuestra experiencia de compostaje, debemos mantener las condiciones ambientales favorables a la vida de estos organismos. Nunca debemos rociar el compost con insecticidas, desinfectantes, ácidos u otros componentes químicos.

### **3.1.2. Qué es el compost.**

El compost, abono orgánico, ó enmienda orgánica, es el producto que se obtiene al finalizar el proceso de compostaje. Está constituido por materia orgánica estabilizada, con presencia de partículas más finas y oscuras. Es un producto inocuo y libre de sustancias fitotóxicas (que puedan causar daño a las plantas).

### **3.1.3. Porque hacer Compostaje.**

- 1.** Porque reducimos la cantidad de residuos sólidos que acaba en el relleno sanitario. Los residuos orgánicos (restos de frutas, verduras y de jardinería) constituye 50 - 65% de los residuos urbanos.
- 2.** Porque cerramos el ciclo de la materia orgánica. El compostaje es un proceso fácil de hacer con un costo económico mínimo comparado con otros sistemas de tratamiento de residuos. Además de ahorrar costos de recolección y tratamiento, se disminuye la compra de fertilizantes químicos, pesticidas y herbicidas.
- 3.** Porque obtenemos un abono de calidad para nuestras plantas, áreas verdes, jardinerías, etc. El uso de una buena cantidad de compost en el jardín o huerto mejora considerablemente las características del suelo, mejorando la calidad del sustrato y principalmente la fertilidad de la tierra. Esto hace que los productos cultivados sean más sanos y que nuestra forma de cultivarlos sea más respetuosa con el medio ambiente. Además, favorece el ahorro de bastante agua de riego.

### **3.2. Formas de aprovechar los residuos sólidos orgánicos.**

#### **3.2.1. 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.

#### **3.2.2. 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.

#### **3.2.3. Biodigestores.**

Es la degradación anaerobia de los residuos sólidos orgánicos 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.

### **3.3. Beneficios del Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos**

La generación de Residuos sólidos orgánicos genera beneficios económicos y ambientales

**Beneficios del Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos**

- Beneficios Económicos**
  - Prolonga la vida útil del Relleno Sanitario
  - Venta o uso del compost para fines Municipales (viveros, mantenimiento de áreas verdes plazas, jardines, plazuelitas, forestaciones, cierre del botadero)
  - Reemplazo de fertilizantes químicos por un abono orgánico altamente nutritivo y beneficioso.
- Beneficios ecológicos o ambientales**
  - Menor generación de lixiviados y biogás.
  - Disminución del volumen de residuos sólidos que se disponen en el relleno sanitario.
  - El compost es un mejorador de suelos y

### **3.3.1. Ciclo de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos**

- 1. Consumo de Productos.-** Toda familia se provee de insumos para la canasta familiar en los mercados de abasto, según la caracterización de residuos sólidos domiciliarios se conoce que el 65% son residuos orgánicos biodegradables (restos de frutas, verduras y restos de jardinería)
- 2. Almacenamiento diferenciado.-** Se tiene implementado la recolección diferenciada que se encuentra en macro ruta N° 1 con el proyecto Ecovecindarios donde las familias que realizan la separación de sus residuos en origen que comprende (residuos inorgánicos reciclables, residuos orgánicos compostables y los residuos no aprovechables).
- 3. Recolección y transporte diferenciado.-** el sistema de recolección son los días lunes, miércoles y viernes, donde el carro compactador recolecta todo los residuos no aprovechables y en una Tricimoto se recolecta los residuos inorgánicos reciclables (tolva) y los orgánicos compostables (contenedor).
- 4. Tratamiento en la planta de Compostaje.-** Todo material orgánico es tratado en la planta de compostaje de nuestro Municipio, donde se tiene un sistema abierto con aireación forzada con formación de pilas.
- 5. Obtención del compost.-** El compost se obtiene en un periodo de 105 días, antes de poder realizar la cosecha se realiza una prueba de maduración.
- 6. Uso del producto.-** El compost obtenido se utiliza en diferentes áreas como ser en viveros, mantenimiento de áreas verdes, plazas, jardines, plazuelitas, campañas de forestación.



**Ciclo de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos**



**3.3.2. Lo que ocurre en una pila de 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.



### 3.4. 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.

#### 3.4.1. Compostaje 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.

#### 3.4.2. Compostaje 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.

#### 3.4.3. Planta de Compostaje.

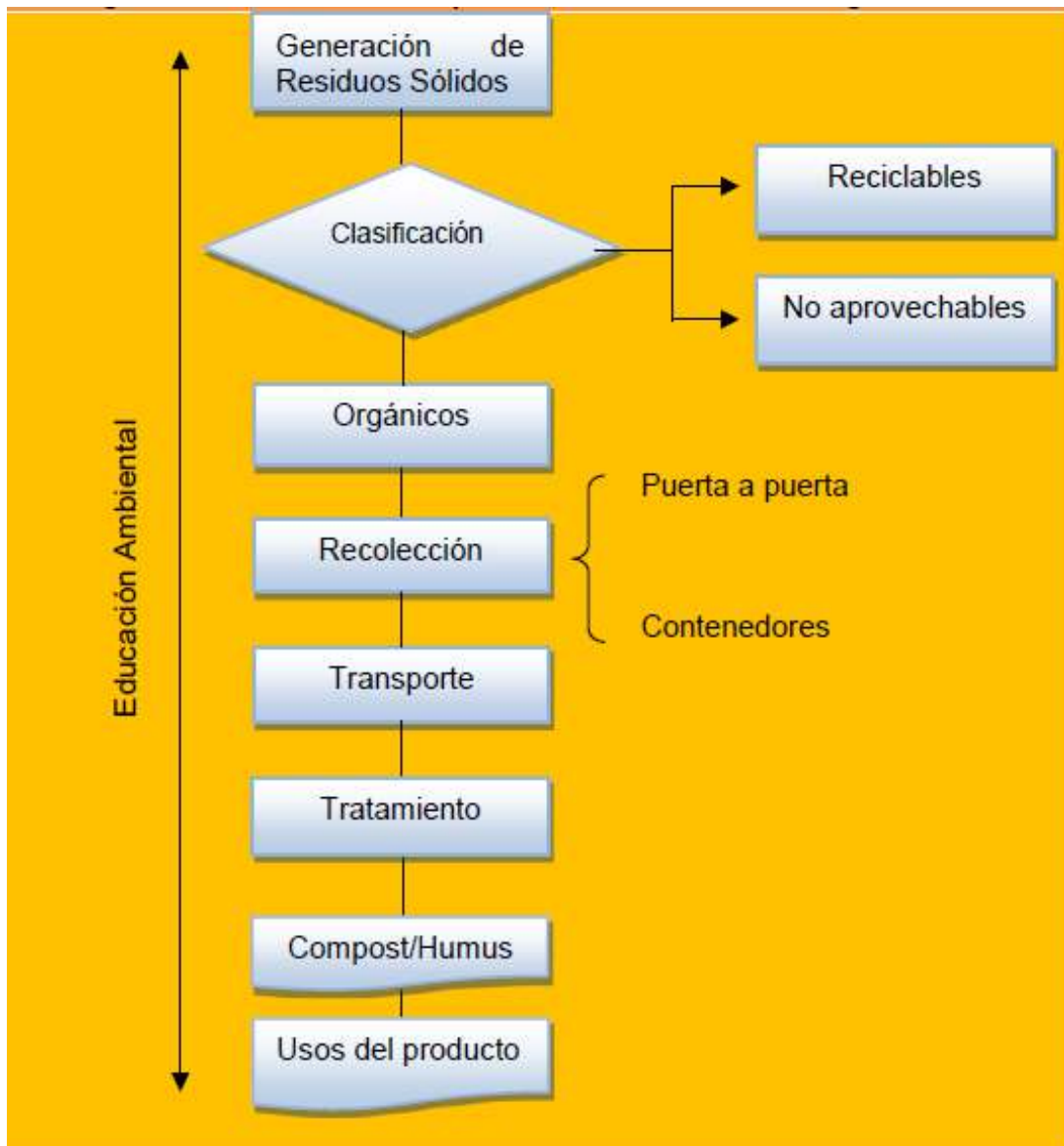
Compostaje realizado en grandes cantidades de residuos orgánicos separados previamente en origen. Puede realizarse en plantas manuales, semi mecanizadas

o mecanizadas. El compost obtenido puede tener diferentes utilidades, en función de su calidad final.

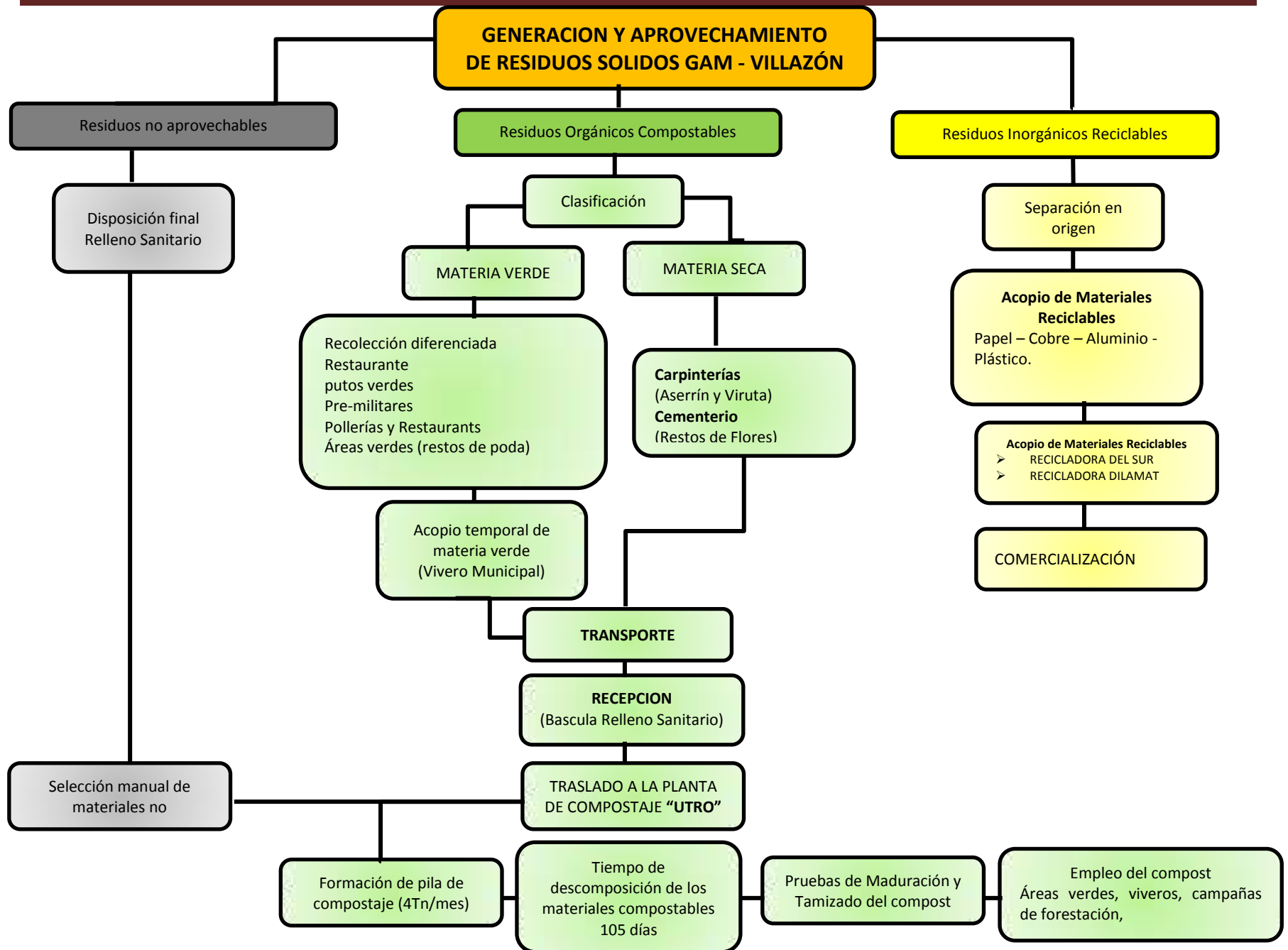
### 3.5. Gestión Municipal de Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos.

La gestión municipal para el aprovechamiento de residuos orgánicos biodegradables debe tomar en cuenta los siguientes componentes básicos:

- Clasificación y Almacenamiento de los residuos,
- Recolección diferenciada y transporte,
- Tratamiento,
- Distribución y Utilización del Producto.



**Fuente:** MMAyA programa plurinacional de GIRS 2011 - 2015



## **4. Proceso en la planta de compostaje de Villazón**

### **4.2. Proceso en la planta de compostaje**

#### **4.2.1. Recepción y mezcla.**

Se reciben los residuos sólidos orgánicos se realiza al momento de ingresar al relleno sanitario donde cuenta con una báscula para tener registrado la cantidad de residuos orgánicos que se están tratando en la planta, posteriormente se traslada al sector de descarga donde se trituran los restos vegetales (restos de poda). 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.

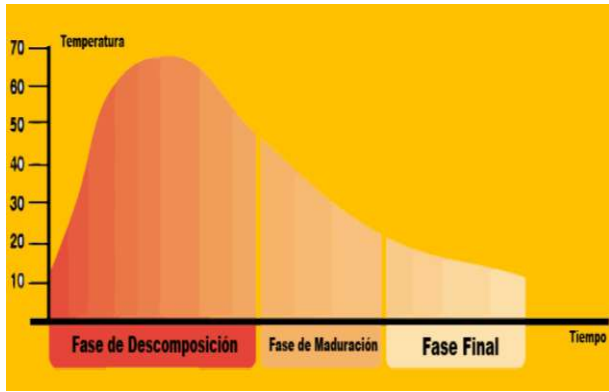
Previo a la mezcla se debe retirar la mayor cantidad de impurezas o residuos no compostables. En ocasiones, la selección de impurezas (plásticos, vidrios, etc.) se realiza entre la etapa de descomposición y maduración o al final junto al cribado.



#### **4.2.2. 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



### 4.3. Fases del proceso de compostaje

Una vez se haya realizado la mezcla de una cantidad suficiente de restos orgánicos frescos (de cocina, de mercados, etc.) con los restos vegetales secos (poda triturada, hojarasca seca, etc.), iniciará la transformación o el proceso de compostaje propiamente dicho, que consta de dos fases bien diferenciadas que son:

- La fase de descomposición.
- La fase de maduración.

#### 4.3.1. La fase de descomposición.

Denominada también fase de fermentación. Esta fase es la más reactiva y es en la que se pueden observar con más claridad los cambios a los que son sometidos los residuos orgánicos y restos vegetales. En esta fase, los microorganismos y otros descomponedores actúan rompiendo los enlaces de las moléculas de los restos orgánicos; esta rotura de los enlaces y formación de compuestos más simples libera energía, provocando un aumento de temperatura, además consume mucho oxígeno. De hecho, se consumen los componentes más biodegradables, mientras que los biopolímeros más complejos, como la celulosa y la lignina se transforman parcialmente.

Desde un punto de vista microbiológico durante esta fase se producen dos etapas:

***Etapas de latencia y crecimiento:*** Es el período de aclimatación de los microorganismos a su nuevo medio y el inicio de la multiplicación y de la colonización de los residuos. El proceso es iniciado por bacterias mesófilas que trabajan a temperatura aproximada de 45-50°C; se degradan los compuestos más biodegradables y dura unos 2-4 días. Como resultado de este proceso se comienza

a calentar la masa de residuo orgánico. Los organismos liberan ácidos lo que supone una disminución del pH en el medio.

***Etapas termófila:*** Como consecuencia de la intensa actividad de las bacterias y el aumento de la temperatura en la pila de residuos, aparecen organismos termófilos (bacterias y hongos) que actúan a temperaturas mayores (entre 50 y 60° C), produciendo una rápida degradación de la materia. La temperatura alcanzada durante esta fase del proceso garantiza la higienización y eliminación de gérmenes patógenos, larvas y semillas. Pasado este tiempo disminuye la actividad biológica y se estabiliza el medio.

Durante la fase de descomposición la pila o hilera se incrementa la temperatura y cuando se mezcla desprende vapor de agua y calor.

Al finalizar esta fase, el volumen de la pila o montón ha disminuido de forma considerable. Dependiendo del proceso utilizado y de varios otros factores, esta fase del proceso puede durar entre 5 a 8 semanas.

Durante esta fase, se debe controlar cuidadosamente las condiciones de trabajo para evitar:

- temperaturas excesivas,
- secado del material,
- condiciones anaerobias
- pérdidas innecesarias de NH<sub>3</sub>, lo que provocaría pérdida de nutrientes y cierto impacto ambiental.

En esta etapa se debe garantizar la higienización del material. El control de la temperatura y el tiempo (en el que el material está sometido a esta temperatura) suele determinar si se han conseguido las condiciones de higienización. Normalmente se considera necesario mantener el material durante unas horas a 60°C o durante unos días a 55°C.

#### **4.3.2. Fase de maduración.**

Se considera que esta fase comienza cuando la materia orgánica está prácticamente toda descompuesta, la temperatura sigue descendiendo hasta llegar a temperatura ambiente, el pH tiende a la neutralidad, se genera la estabilización de la materia orgánica (relación C/N) y finalmente, la humificación en la cual la relación C/N puede bajar a niveles inferiores a 12.

Al terminar la maduración, la materia orgánica inicial se ha transformado en un producto estable en el que ya no se reconocen los materiales orgánicos que se habían aportado al comenzar. Para que la maduración sea completa se debe esperar al menos un mes, de esta manera se asegura que los descomponedores han abandonado la pila de compost por ausencia de alimento.

Esta fase acaba conformando las características finales del producto final o compost y el objetivo principal es la estabilización del producto, puede durar entre 2 y 3 meses más. Es importante no usar el compost cuando aún no está maduro.

En función del método de compostaje que se utilice, puede ser que las fases mencionadas, no se cumplan en la totalidad de la masa en compostaje, por lo que es necesario, remover las pilas de material en proceso, de forma tal que el material que se presenta en la superficie, pase a formar parte del centro. Estas remociones y reconfiguraciones de las pilas se realizan en momentos puntuales del proceso, y permiten además airear el material, lo que provoca que la secuencia de las fases descritas se presente por lo general más de una vez.

Como se ha visto, la actividad microbiana genera calor, lo que se manifiesta con el incremento de la temperatura. Controlar la temperatura permite identificar en qué fase está el proceso de compostaje.





### 4.3.3. Prueba de 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, para poder determinar la madures se realiza pruebas de maduración.

1. Colocar el abono maduro en frasco de vidrio con tapa.
2. Echar agua de 1 a 2 cm por encima del abono.
3. Tapar bien y dejar más de 10 días.

Transformación	Evaluación
Mal olor (hedor) Olor de pudrición	El material orgánico todavía está en descomposición. Si se utiliza este tipo de abono inmaduro, se está agregando microbios patógeno a la tierra
No tiene olor	Está Maduro. funciona como tratamiento para el suelo, puede sembrar inmediatamente



### 4.3.4. Tamizado y almacenamiento.

El compost pasa al área de tamizado o cernido donde se realiza la separación de impurezas (plásticos, vidrio..), separación de fracción vegetal gruesa que no se pudo descomponer en la primera fase lo cual nos sirve como activadores biológicos para la formación de la siguiente pila, una vez tamizado el compost se realiza el almacenamiento para su posterior uso.



#### **4.4. Factores que influyen en el proceso de compostaje.**

En el proceso de compostaje, los microorganismos son los responsables de la transformación del materia orgánica, por lo tanto, todos aquellos factores que puedan inhibir su crecimiento y desarrollo, afectarán también sobre el proceso. Los factores más importantes que intervienen éste proceso biológico son: temperatura, humedad, pH, oxígeno, relación C/N y población microbiana. Intervienen también parámetros que ayudan a confirmar que todo se va desarrollando según las previsiones, como el aspecto y olor de los materiales en las diferentes etapas y, si es preciso, se deben adoptar las medidas correctoras necesarias para reactivar el proceso ante posibles incidencias.

##### **4.4.1. Relación Carbono/Nitrógeno (C/N).**

La relación C/N, expresa las unidades de Carbono por unidades de Nitrógeno que contiene un material. El Carbono es una fuente de energía para los microorganismos y el Nitrógeno es un elemento necesario para la síntesis proteica. Una relación adecuada entre estos dos nutrientes, favorecerá un buen crecimiento y reproducción de los microorganismos.

Una relación C/N óptima de inicio para el proceso de compostaje, es decir de materia verde y materia seca a compostar es de 35 unidades de Carbono por una unidad de Nitrógeno, es decir C(35)/N (1) = 35. Los valores óptimos de esta relación para un buen compostaje se encuentran entre 25 y 35 (es decir, 25 de C por 1 de N y 35 de C por 1 de N).

Aunque puede variar un poco de una región a otra en función de las características de los residuos orgánicos, en términos generales se puede decir que:

Si los residuos sólidos orgánicos contienen demasiado carbono (por ejemplo C/N=40), la relación será muy alta y el proceso será lento, las temperaturas no subirán suficientemente y se perderá el exceso de carbono en forma de dióxido de carbono. Si, por el contrario, el material contiene demasiado nitrógeno, (por ejemplo C/N=10) la relación es baja y se producirán pérdidas de este elemento en forma de amoníaco (NH<sub>3</sub>). Es decir, cuando los materiales de origen tienen una relación C/N más alta, deben añadirse materiales ricos en nitrógeno, como estiércol, desperdicios de alimentos (como las cáscaras de las frutas y verduras), hojas frescas, lodos de plantas de tratamiento de aguas (libres de contaminantes tóxicos) u otro material verde o fresco. Cuando la relación es más baja, debe compensar la mezcla, añadiendo componentes ricos en carbono, como paja, ramas y hojas secas y desperdicios de papel, esto residuos también se conocen como residuos cafés.

Los residuos de origen vegetal, presentan por lo general una relación C/N elevada. Las plantas contienen más nitrógeno cuando son jóvenes y menos en su madurez. Los residuos de origen animal presentan por lo general una relación C/N baja.

- Residuos sólidos orgánicos de domicilios separados selectivamente. Relación C/N de 18-22
- Residuos sólidos orgánicos de mercados. Relación C/N de 22-25

Durante el proceso de compostaje se producen pérdidas de carbono en forma de CO<sub>2</sub>, por lo que la relación C/N irá disminuyendo hasta alcanzar un valor entre 12 y 15 en el producto final, valor que también depende del material de partida. Si el valor final de C/N es inferior, indica que el compost se ha mineralizado excesivamente y, si es muy alto, puede indicar que no se ha descompuesto suficientemente. La estabilidad de este valor es un buen indicio de que la degradación ha finalizado y el compost ha madurado correctamente.

<b>Parámetros de la relación Carbono/Nitrógeno</b>			
<b>C/N</b>	<b>Causas</b>		<b>Soluciones</b>
<b>&gt;35/1</b>	Exceso de Carbono	Existe en la mezcla una gran cantidad de materiales ricos en carbono. El proceso tiende a enfriarse y el proceso se vuelve lento	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C/N
<b>25/1 – 35/1 Rango Ideal</b>			
<b>&lt;25/1</b>	Exceso de Nitrógeno	En la mezcla hay mayor cantidad de material rico en nitrógeno, el proceso tiende a calentarse en exceso y se genera malos olores por el amoníaco liberado.	Adición de materiales con mayor con mayor cantidad de carbono (Aserrín, paja hojas secas).

#### **4.4.2. El Oxígeno.**

Es un elemento esencial para la descomposición aerobia y la supervivencia de los microorganismos. Cuando falta oxígeno en la mezcla, mueren los organismos aeróbicos y comienza una descomposición anaerobia (que es más lenta y desprende un olor desagradable). Para asegurar la suficiencia de oxígeno, es necesario:

- Que la mezcla tenga la porosidad suficiente de un 25% y que ésta sea homogénea en toda la masa, de forma que existan poros, bolsones o túneles de aire.
- Que la mezcla esté aireada de forma que reciba suficiente oxígeno, volteando o removiendo las pilas (aireación manual o mecánica), o introduciendo aire forzado por la base de la mezcla a través de tuberías (aireación forzada).

### 4.4.3. Humedad.

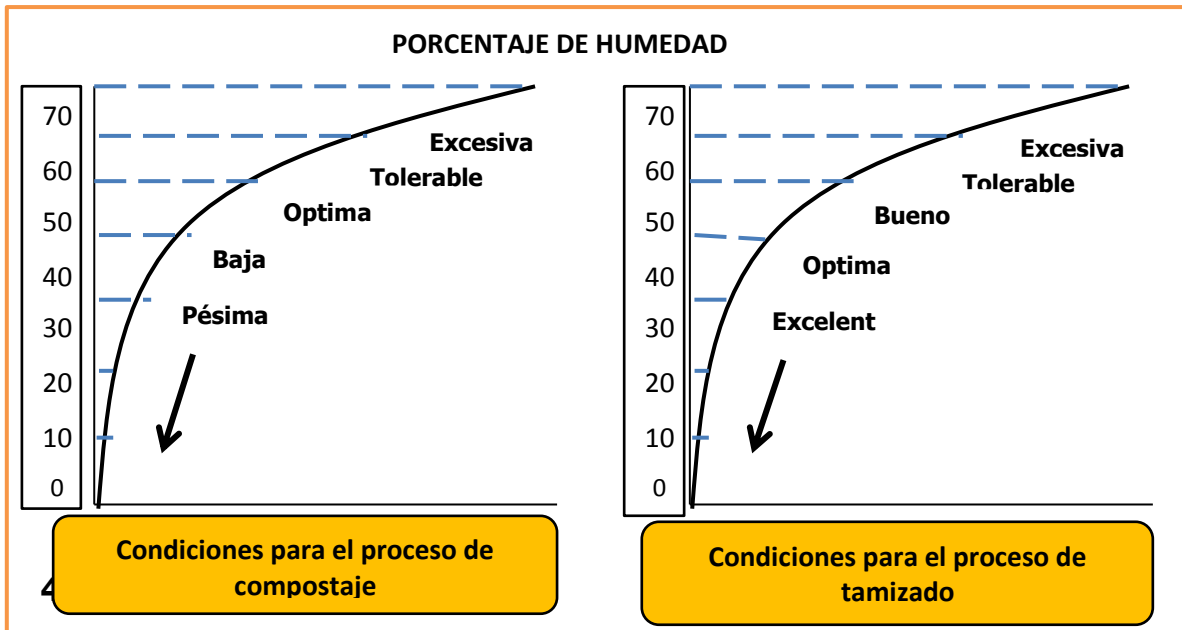
La aireación debe balancearse con el mantenimiento de la humedad, ya que el agua es otro elemento esencial para la supervivencia de los microorganismos que participan en el compostaje. El nivel de humedad de la masa de los residuos depende de su granulometría, porosidad y grado de compactación. Para un buen proceso de compostaje, la humedad puede iniciar entre 60-65% para mantenerse alrededor de un 50% durante el proceso y llegar hasta un 30 o 40% al finalizar proceso.

La falta de humedad puede provocar una sensible disminución de la actividad microbiana, detener la degradación y bajar la temperatura. Contrariamente, un exceso de humedad también tiene consecuencias negativas, pues dificulta la circulación del oxígeno y puede provocar la descomposición anaerobia de la mezcla (anaerobiosis), la compactación y el encharcamiento de aguas pluviales expulsan el aire de los vacíos existentes en la pila de residuos, lo cual genera una mayor putrefacción, con desprendimiento de gas sulfhídrico y mercaptanos y en consecuencia desprendiendo malos olores.

En consecuencia, en una operación de compostaje, sea está a gran o pequeña escala, debe haber un monitoreo de la humedad. Si hay exceso de humedad, se puede airear la mezcla o agregar elementos secos como paja y desperdicio de papel que absorban la humedad y por otro lado se deben construir o canales perimetrales para facilitar el flujo de los lixiviados y aguas de lluvia. Contrariamente, si falta humedad, se puede regar la mezcla o taparla con plástico para reducir la evaporación del agua. Hay que tener en cuenta que un exceso de aire puede generar un exceso de evaporación y secar un poco la mezcla.

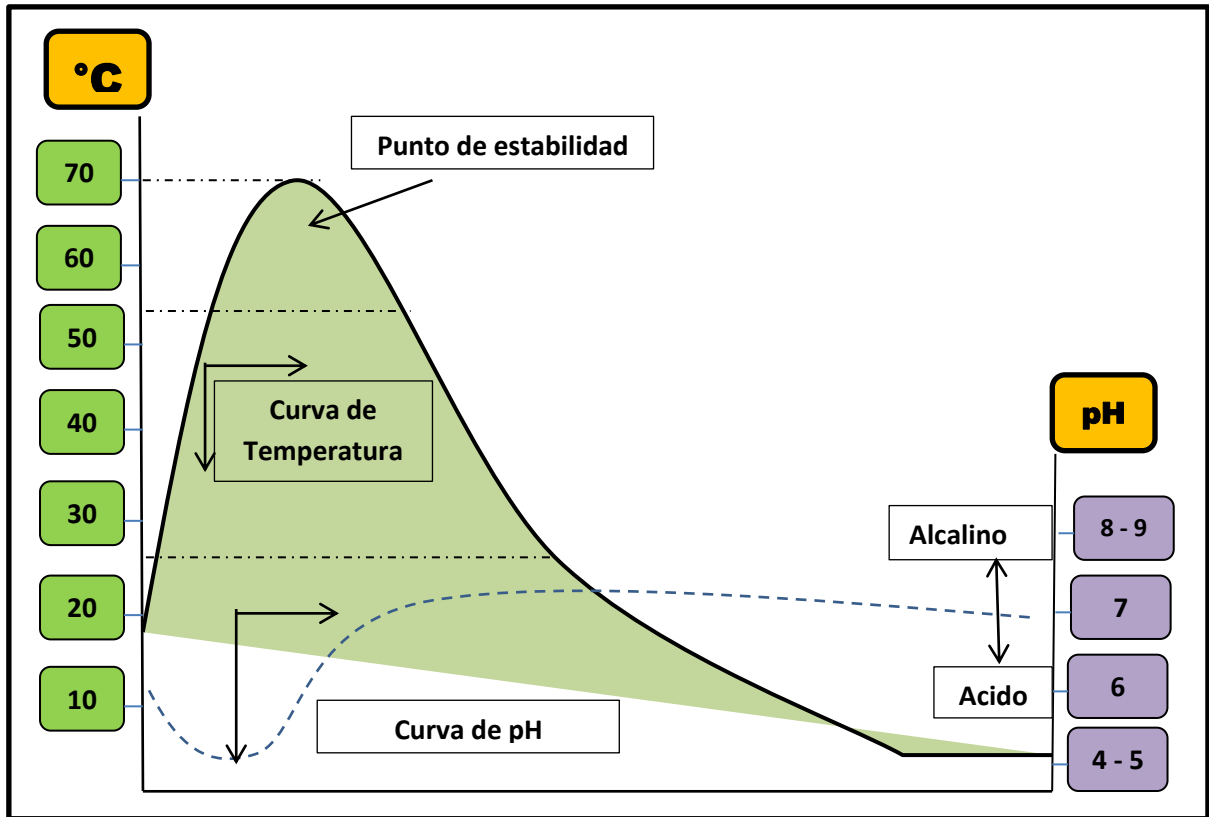
Parámetros de humedad óptimos			
% de humedad	Problema		Soluciones
<45%	<b>Humedad insuficiente</b>	Puede detener el proceso de compostaje por falta de agua para los microorganismos.	Se debe regular la humedad, ya sea proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de frutas y verduras, césped, etc.)
<b>45% - 60% rango ideal</b>			
>60%	<b>Oxigeno insuficiente</b>	Material muy húmedo, el oxígeno queda despasado. Puede dar lugar a zonas de anaerobiosis	Volteo de la mezcla y/o adición de materiales con bajo contenido de humedad y con alto valor en carbono como aserrines, paja, etc.

## La humedad en el proceso de compostaje y tamizado



Para que los microorganismos puedan transformar la materia orgánica en compost, necesitan de un ambiente cálido. La temperatura es el resultado de la adecuada humedad, aireación y actividad microbiológica. La temperatura ideal es de 50-55°C en las primeras semanas del proceso de descomposición; posteriormente, en la etapa de maduración la temperatura ideal es de 45-50°C, bajando a 30-35°C en el producto final. Durante la etapa de descomposición debe garantizarse la higienización de la mezcla, bajo la cual se produce la muerte de microorganismos dañinos y las semillas de plantas esporádicas; este se da manteniendo la mezcla unas horas a 60°C o unos días a 55°C. Temperaturas superiores a 70°C inhiben la actividad microbiana por lo que es importante la aireación del compost para disminuir la temperatura y evitar la muerte de los microorganismos benéficos. Durante estos cambios de temperatura las poblaciones bacterianas se van sucediendo unas a otras. Este ciclo se mantiene hasta el agotamiento de nutrientes, disminuyendo los microorganismos y la temperatura. La figura siguiente presenta en forma gráfica lo descrito anteriormente.

### Variación de la temperatura y pH en el proceso de compostaje



Parámetros de Temperatura óptimos			
Temperatura °C	Causas asociadas		soluciones
Bajo Temperaturas (T° ambiente < 35°C)	Humedad insuficiente	Las bajas temperaturas pueden darse por varios factores, como la falta de humedad, por lo que los microorganismos disminuyen la actividad metabólica y por tanto la temperatura baja	Humedecer el material o añadir material fresco con mayor porcentaje de humedad (restos de frutas y verdad, etc.)
	Material insuficiente	Insuficiente material o la formación de la pila inadecuada para que alcance una temperatura adecuada	Añadir más material a la pila de compostaje
	Deficit de nitrógeno o bajo C/N	El material tiene una alta relación C/N y por lo tanto los microorganismos no tienen el N suficiente para generar enzimas y proteínas, disminuyen	Añadir material con alto contenido de nitrógeno materia verde o estiércol.
Altas temperaturas (T° ambiente >70°C)	Ventilación y humedad insuficiente	La temperatura es demasiado alta y se inhibe el proceso de descomposición, se mantiene actividad microbiana pero no lo suficiente para activar a los microorganismos mesofilicos y facilitar la terminación del proceso	Volteo y verificación de la humedad (55-60%) adición de material con alto contenido de carbono de lenta degradación para el proceso.

#### 4.4.5. PH (Potencial de Hidrógeno)

El pH es una medida que indica cómo avanza el proceso de descomposición de los materiales. Al inicio se tiene un pH ácido de 5 a 6.5 que es un proceso normal. Conforme va transcurriendo el tiempo el pH tiende a subir siendo este ligeramente alcalino 7.5 a 8.5, en la etapa de maduración el pH se estabiliza el valor entre 7 y 8, lo que permite la descomposición y la maduración. Un valor superior a 8 provoca pérdidas de nitrógeno en forma de amoníaco.

El pH del compostaje depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso (desde 4.5 a 8.5). En los primeros estadios del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoníaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente Estabilizarse en valores cercanos al neutro.

El pH define la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene pH óptimos de crecimiento y multiplicación. La mayor actividad bacteriana se produce a pH 6,0-7,5, mientras que la mayor actividad fúngica se produce a pH 5,5-8,0. El rango ideal es de 5,8 a 7,2.

Parámetros de pH Óptimos			
pH	Causas Asociadas		Soluciones
<4,5	Exceso de ácidos orgánicos	Los materiales vegetales, como restos de cocina, liberan ácidos orgánicos y tienden a acidificar el medio	Adición de materiales rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C/N.
<b>4,5 – 8,5 Rango Ideal</b>			
>8,5	Exceso de Nitrógeno	Cuando hay un exceso de nitrógeno en el material de origen, con una deficiente relación C/N asociada a humedad y altas temperaturas, se produce amoníaco alcalinizando el medio.	Adición de materiales más secos y con mayor contenido en carbono (restos de poda hojas secas y aserrín)

#### 4.4.6. Tamaño de partícula

La actividad microbiana está relacionada con el tamaño de la partícula, esto es, con la facilidad de acceso al sustrato. Si las partículas son pequeñas, hay una mayor superficie específica, lo cual facilita el acceso al sustrato. El tamaño ideal de los materiales para comenzar el compostaje es de 5 a 20 cm.

La densidad del material, y por lo tanto la aireación de la pila o la retención de humedad, están estrechamente relacionados con el tamaño de la partícula, siendo la densidad aproximadamente 150 - 250 kg/m<sup>3</sup>, conforme avanza el proceso de

compostaje, el tamaño disminuye y por tanto, la densidad aumenta, 500 - 600 kg/m<sup>3</sup>.

<b>Control del tamaño de partículas</b>			
<b>Tamaño de las partículas (cm)</b>	<b>Problemas</b>		<b>Soluciones</b>
>30 cm	Exceso de aireación	Los materiales de gran tamaño crean canales de aireación que hacen bajar la temperatura y desaceleran el proceso	Pical el material hasta conseguir un tamaño medio de 10 – 20 cm
<b>5 – 30 Rango ideal</b>			
<5 cm	Compactación	Las partículas demasiado finas crean poros pequeños que se llenan de agua, facilitando la compactación del material y un flujo restringido del aire, produciéndose en un metabolismo anaeróbico.	Voltear y añadir material de mayor tamaño y realizar una homogenización de todo el material

#### **4.4.7. Condiciones climáticas**

Las condiciones climáticas también influyen de manera directa en el proceso de compostaje, como la temperatura, el viento y la lluvia, fundamentalmente cuando este proceso se realiza a la intemperie.

El viento fuerte tiene doble efecto sobre el proceso; baja la temperatura y aumenta la evaporación, y consecuentemente el secado del material. La lluvia no tiene un efecto importante en el proceso siempre y cuando las pilas sean confirmadas en forma piramidal para permitir que el agua escurra por la superficie y el terreno tenga un drenaje y pendiente apropiados (pendiente de 2 a 3%). Si las lluvias son muy densas acompañadas de fuertes vientos logran penetrar de 30 a 40 cm en el material, pero este efecto adverso se vence por medio de las vueltas sucesivas. Sin embargo no se considera conveniente efectuar el volteo en un momento de lluvia por que el material se humedecerá demasiado, y afectará la aireación.

La temperatura exterior muy baja, puede enlentecer un poco el proceso en la fase de inicio; de todas formas, es importante destacar que los microorganismos dentro de los residuos orgánicos generan calor suficiente para alcanzar las condiciones de temperatura ideales independientemente de la temperatura exterior.

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de las condiciones más adecuadas para la obtención del compost.



<b>PARÁMETROS REFERENCIALES PARA EL PROCESO DE COMPOSTAJE</b>			
<b>Parámetro</b>	<b>Valor inicial</b>	<b>Proceso</b>	<b>Producto final</b>
Humedad	55 – 70%	50 – 55% en descomposición 40 – 45% en maduración < a 30% para el Tamizado	Menor a 30%
Temperatura	Temperatura Ambiente	<b>Fase de descomposición</b> 45 – 55°C Fase Mesófila 55 – 65°C Fase Termófila <b>Fase de maduración</b> 40 - 45°C fase de estabilización	Menor a 25°C
Porosidad	30% - 35%		
Relación C/N	35/1		13/1

## 5. Fertilización.

El compost contiene elementos fertilizantes para las plantas, aunque en forma orgánica y en menor proporción que los fertilizantes minerales de síntesis. Una de las mayores ventajas del uso de compost como aporte de materia orgánica es que en él se encuentran presentes nutrientes tanto disponibles como de lenta liberación, útiles para la nutrición de las plantas. Por otra parte, el compost presenta un alto contenido de materia orgánica con las ventajas que ello conlleva

Se recomienda, antes de hacer aplicaciones tanto de compost o materia orgánica, como de fertilizantes minerales, realizar un análisis de suelo para controlar los niveles de nutrientes y ajustar la fertilización en función de la liberación que se produzca y de las necesidades del cultivo.

Los nutrientes necesarios para el crecimiento de la planta provienen del aire, del agua y del suelo, siendo la solución del suelo el medio de transporte de los nutrientes.

Los nutrientes en el suelo, se dividen en macro- y micro- nutrientes, en función de las cantidades que la planta necesite. Los macronutrientes primarios son Nitrógeno, Fósforo y Potasio, y los secundarios son Magnesio, Azufre y Calcio. Los micronutrientes son requeridos en cantidades muy pequeñas, pero generalmente son importantes para el metabolismo vegetal y animal. Estos son el hierro, el zinc, el manganeso, el boro, el cobre, el molibdeno y el cloro.

El Nitrógeno, N (1%-4% del extracto seco de la planta) es el motor del crecimiento de la planta ya que está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas. Un buen aporte de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes.

El Fósforo, P (0,1% - 0,4% del extracto seco de la planta) juega un papel importante en la transferencia de energía, por lo que es esencial en la eficiencia de la fotosíntesis. El fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas o donde el pH limita su disponibilidad, favoreciendo la fijación.

El Potasio, K (1%-4% del extracto seco de la planta) juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas, y por ende en la estructura de la planta. El potasio mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades.

## **MANUAL DE FUNCIONES DEL PERSONAL OPERATIVO DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE DEL MUNICIPIO DE VILLAZÓN**

### **ORGANIGRAMA**

En el organigrama se detalla la cantidad mínima del personal operativo que se requiere para operación y funcionamiento de la planta de compostaje, del Municipio de Villazón

#### **I. FUNCIONES DEL PERSONAL OPERATIVO**

##### **1.1. INGENIERO RESPONSABLE:**

###### **1. Nombre del Cargo:**

- Responsable de la planta de Compostaje.

###### **2. Nivel Jerárquico:**

- Técnico

###### **3. Dependencia:**

- Director General E.M.A.VI.

###### **4. Coordinación:**

- Supervisor de Recolección y transporte
- Operador y/o Maquinista
- Choferes
- Responsable de balanza
- Manuales
- Portero

###### **5. Relaciones Intra Institucionales:**

- Con todas las unidades las Secretarías y Direcciones del Gobierno Autónomo Municipal de Villazón

###### **6. Relaciones Inter Institucionales:**

- Ministerio de Medio Ambiente y Aguas
- Mercados de Abasto
- Unidades Educativas.
- Universidades
- Organizaciones de la Sociedad Civil (Distritos, Juntas Vecinales y OTBs)
- Organizaciones No Gubernamentales
- Otras instituciones relacionadas.

###### **7. Objetivo:**

Administrar la eficiente prestación del servicio de aprovechamiento de aprovechamiento de residuos orgánicos biodegradables.

### **8. Funciones y Atribuciones:**

- Definir, Conducir, Organizar y Supervisar la Administración de la planta de compostaje "UTRO" Villazón
- Planificar, Organizar, Coordinar y Supervisar actividades referentes al manejo de residuos orgánicos y la funcionalidad de la planta de compostaje
- Llevar un control estadístico de los materiales que ingresan a la planta de compostaje (materia verde y seca).
- Coadyuvar al Director General E.M.A.VI, la Coordinación con los mercados de abasto, unidades Educativas, Juntas vecinales Hospitales.
- Diseñar e implementar trabajos de forestación del Relleno Sanitario con la aplicación de compost y producción de especies forestales dentro del vivero
- Coordinar las actividades de "EMAVI" con las otras dependencias y empresas municipales para la Gestión Integral de Residuos Sólidos **GIRS** en el área de aprovechamiento.
- Participar activamente en la elaboración del Plan de Desarrollo Municipal, Programa Operativo y Presupuesto Anual de la Entidad.
- Planificar en coordinación con el supervisor de recolección y transporte, los horarios de para el traslado de los residuos orgánicos hasta la planta de compostaje.
- Evaluar al personal y recomendar cursos de capacitación para los mismos.
- Hacer el seguimiento Administrativo para el manejo de los Recursos Asignados
- Otras que le sean asignadas por la Autoridad Superior MAE y Director General de EMAVI.

### **9. Requisitos:**

#### **Grado de Instrucción o Educación:**

- Poseer título de Licenciado en las carreras de Ingeniería Civil, Agronómica, Medio Ambiente u otras a fines.

#### **Experiencia de Trabajo:**

- Experiencia mínima de 2 años en Instituciones Públicas y/o privadas en Gestión Integral de Residuos Sólidos.
- Conocimiento de Sistemas de Aseo Urbano
- Conocimiento Norma Básica 742 – 760
- Conocimiento en el manejo de residuos sólidos vasado en la GIRS

- Conocimiento de Aprovechamiento de residuos orgánicos.
- Conocimiento de la ley 1333.
- Conocimiento en manual de programas Municipales de Gestión Integral de Residuos Sólidos – MMAyA.
- Educación Ambiental GIRS – MMAyA.
- Post-grado en Gestión Integral de Residuos Sólidos o medio ambiente.

**Cualidades Personales:**

- Visión Empresarial
- Competitividad
- Carácter positivista y progresista.
- Relaciones públicas y humanas.
- Preparación intelectual.
- Discernimiento y discreción.
- Disciplina.
- Autoridad de Mando.
- Dinamismos y rapidez.

**Conocimientos Complementarios:**

- Ley N° 1178 de Administración y Control Gubernamental, disposiciones legales que la reglamentan y la norma Responsabilidad por la Función Pública.
- Conocimientos de la normatividad emitida por la Contraloría General de la República.
- Conocimientos del sistema legal relacionado a la Administración Pública
- Conocimientos de disposiciones legales Reglamentación de la Ley 1333 del Medio Ambiente.
- Conocimientos de Procesos de Recolección y Disposición de Residuos Sólidos SAU.
- Conocimientos básicos sobre el sistema estructural organizativo y disposiciones legales internas.
- Dominio sobre ética profesional y otras afines a su función específica.

**10. Designación y Ratificación:**

- Examen de Competencia
- Designación a través de documento correspondiente (memorándum).
- Ratificación transcurrida el periodo legal establecido a través de documento correspondiente (memorándum).

**1. Nombre del Cargo:**

- OPERADOR DE MAQUINARIA (Mini Cargador)

**2. Nivel Jerárquico:**

- Operativo

**3. Dependencia:**

- Director General E.M.A.VI.
- responsable de la planta de Compostaje

**4. Supervisión:**

- Director General E.M.A.VI.
- Jefe Relleno Sanitario

**5. Relaciones Intra Institucionales:**

- Con todas las unidades Organizacionales del Gobierno Autónomo Municipal.

**6. Objetivo:**

Conducir y operara la maquinaria (Mini cargador y Chipeadora) para los trabajos en la planta de compostaje en las diferentes áreas (de recepción, descomposición, maduración, tamizado y almacenamiento) y colaborar con actividades que sean solicitadas por otras Direcciones.

**7. Funciones y Atribuciones:**

- Ingresar en el horario establecido y de acuerdo al turno asignado por la Entidad para las labores de trabajo diarias.
- No ingresar al trabajo con tufo alcohólico o en estado de ebriedad.
- Ingresar a la jornada de trabajo con el equipo de seguridad industrial que la Entidad lo otorgo (casco o sombrero, overol, mascarilla o barbijo, guantes, polera y botines) en época de lluvia llevar el pantalón y sacón impermeables con las botas de goma. Todo el equipo debe estar en condiciones limpias.
- Portar la licencia de Conducir.
- Recibir las instrucciones de trabajos del responsable o jefe inmediato antes de empezar la jornada de trabajo y cumplir esta labor eficientemente.
- No abandonar el área de trabajo asignada sin permiso del responsable o jefe inmediato.
- Realizar una inspección ocular general antes de encender la maquinaria a fin de identificar algún estado inconveniente e informar inmediatamente al responsable o jefe inmediato.
- Realizar una inspección conjuntamente el mecánico en lo que se refiere al motor, nivel de aceite, agua en el radiador, frenos y otros que involucran el funcionamiento eficaz de la maquinaria.

- Cumplir con el programa de mantenimiento asignado al equipo en el taller mecánico e informar al responsable.
- Informar al responsable o jefe inmediato de cualquier falla mecánica de la maquinaria (Mini cargador y chipeadora) por el tenga que ingresar al taller mecánico.
- Se prohíbe portar radios en el equipo pesado a fin de evitar que el operador se distraiga y sufra un accidente.
- Durante la jornada de trabajo identificar algún ruido anormal en el equipo pesado e informar al Responsable o mecánicos.
- Informar al responsable y mecánicos de cualquier desgaste en el equipo pesado y que el mismo pueda causar algún problema mayúsculo en su reparación o cause un accidente.
- Mantener limpia la cabina durante la jornada de trabajo.
- Registrar en el libro de novedades de Maquinaria y horometro tanto al inicio y final del turno de trabajo.
- Registrar en el libro de novedades todas las fallas mecánicas que se presenten durante la jornada de trabajo y otras novedades que existan.
- Registrar en el libro de novedades de Maquinaria que trabajos mecánicos se realizaron.
- Durante la jornada de trabajo el operador de equipo pesado debe realizar los trabajos con criterio precautelando el buen funcionamiento de la maquinaria.
- Al concluir la jornada de trabajo el operador debe limpiar la cabina de equipo pesado (Mini cargador)
- En el momento del cargue de combustible verificar la cantidad exacta que se le está proveyendo para su registro.

#### **8. Requisitos:**

##### **Grado de Instrucción o Educación:**

- Haber concluido el nivel de Primaria y licencia de conducir para equipo pesado.
- Certificación de antecedentes otorgado por la Unidad Operativa de Tránsito.

##### **Experiencia de Trabajo:**

- Experiencia mínima de 2 años en trabajos similares.
- Certificación de antecedentes otorgado por la Unidad Operativa de Tránsito.

##### **Cualidades Personales:**

- Carácter positivista y progresista.

- Relaciones públicas y humanas.
- Preparación intelectual.
- Discernimiento y discreción.
- Don de mando

**Conocimientos Complementarios:**

- Ley N° 1178 de Administración y Control Gubernamental, y la norma Responsabilidad por la Función Pública.
- Conocimientos básicos sobre el sistema estructural organizativo y disposiciones legales internas.
- Conocimientos Básicos de mecánica de equipo pesado.
- Dominio sobre ética profesional y otras afines a su función específica.
- Conocimiento de Gestión Integral de Residuos Sólidos

**Designación y Ratificación:**

- Designación a través de documento correspondiente (memorándum).
- Ratificación transcurrida el periodo legal establecido a través de documento correspondiente (memorándum).



**1. Nombre del Cargo:**

- Manuales

**2. Nivel Jerárquico:**

- Operativo

**3. Dependencia:**

- Director General E.M.A.VI.
- Responsable de la Planta de Compostaje

**4. Relaciones Intra Institucionales:**

- Con todas las unidades del Gobierno Autónomo Municipal Villazón.

**5. Relaciones Inter Institucionales:**

- Otras instituciones relacionadas.

**6. Objetivo:**

- Realizar los trabajos designados en el área de compostaje dentro del Relleno Sanitario.

**7. Funciones y Atribuciones:**

- Ingresar en el horario establecido y de acuerdo al turno asignado por la empresa para las labores de trabajo diarias.
- No ingresar al turno de trabajo con tufo alcohólico o en estado de ebriedad.
- Ingresar a la jornada de trabajo con el equipo de seguridad industrial que la Entidad le doto, (casco o sombrero, overol, mascarilla o barbijo, guantes, polera y botines) en época de lluvia llevar el pantalón y sacón impermeables con las botas de goma. Todo el equipo debe estar en condiciones limpias.
- Llevar para los trabajos asignados las herramientas necesarias para cumplir eficientemente la labor. (Rastrillos, Pala, picotas y otras que se requieran)
- Recibir las instrucciones de trabajos del responsable o jefe inmediato antes de empezar la jornada de trabajo y cumplir esta labor eficientemente.
- No abandonar el área de trabajo asignada sin permiso del responsable o jefe inmediato.
- Mantener el casillero asignado en condiciones limpias, con su respectivo nombre y su candado de seguridad.
- Realizar una inspección por el área de trabajo asignada e identificar posibles riesgos para su persona e informar al responsable
- Informar al responsable o jefe inmediato de cualquier accidente que sufra durante la jornada de trabajo.

- Consultar con el responsable cualquier duda que tenga sobre el trabajo asignado.
- Realizar un trabajo responsable y eficiente en cada jornada de trabajo diaria.
- Cuidar las herramientas de trabajo durante la jornada de trabajo e informar al responsable de cualquier rotura o pérdida de la herramienta que se le asigne.
- Realizar una limpieza por el área de trabajo asignada, a fin de evitar que el lugar se vea abandonado y sucio.
- Al concluir la jornada de trabajo, en la planta de compostaje el personal debe entregar las herramientas de trabajo en condiciones limpias.
- Una vez concluida la jornada de trabajo, en la planta de compostaje el manual debe informar sobre los avances y novedades del trabajo que se le asigno.
- Todo el personal debe ducharse al concluir el turno de trabajo, para luego servirse el almuerzo.
- Durante el traslado del personal en el bus, deben mantener la disciplina y el respeto entre compañeros de trabajo, ya que aún se encuentran bajo la responsabilidad de la Entidad E.M.A.VI.

## **8. Requisitos:**

### **Grado de Instrucción o Educación:**

- Saber Leer y Escribir.

### **Experiencia de Trabajo:**

- Experiencia en manejo de Residuos Sólidos.

### **Cualidades Personales:**

- Carácter positivista y progresista.
- Relaciones públicas y humanas.
- Dinamismos y rapidez.

### **Conocimientos Complementarios:**

- Ley N° 1178 de Administración y Control Gubernamental, y la norma Responsabilidad por la Función Pública
- Conocimientos básicos sobre el sistema estructural organizativo y disposiciones legales internas.
- Conocimientos en carácter de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

### **Designación y Ratificación:**

- Designación a través de documento correspondiente (memorándum).
- Ratificación transcurrida el periodo legal establecido a través de documento correspondiente (memorándum).

**Planilla de registro del proceso de compostaje**

Nº DE LOTE						NOMBRE					
preparación			fecha			CANTIDAD TOTAL		Nº	EQUIVALE	Tn	
material adicional			M.O.	M.S.	A.B.			M.O.			
proporción								M.S.			
cantidad								A.B.			
observaciones						Humedad	Trabajo	Personas	Horas	Total	
						%					
1º volteo		fecha				4º volteo		fecha			
humedad	trabajo		observación/nota			humedad	trabajo		observación/nota		
% total	personas					% total	personas				
	horas										
2º volteo		fecha				5º volteo		fecha			
humedad	trabajo		observación/nota			humedad	trabajo		observación/nota		
% total	personas					% total	personas				
	horas										
3º volteo		fecha				6º volteo		fecha			
humedad	trabajo		observación/nota			humedad	trabajo		observación/nota		
% total	personas					% total	personas				
	horas										
Cosecha		Fecha				Cantidad/Carretilla				Equivale	Kg
Prueba de Maduración			Trabajo				Observaciones/Nota				
Fecha de Prueba		Resultado		Personas							
				Horas							
				Total							

