**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**

**ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

****

**Compostaje de residuos vegetales de la UAAAN U.L.**

**POR**

**LILIA MACHADO HERRERA**

**MONOGRAFIA**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA**

**OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES**

**TORREÓN, COAHUILA DICIEMBRE DE 2015**

****

****

**AGRADECIMIENTOS**

Principalmente a DIOS y a la VIRGEN DE GUADALUPE por permitirme terminar mi carrera profesional y acompañarme en todo este trayecto de mi vida llenándome siempre de grandes bendiciones.

A mi ALMA TERRA MATER Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por haberme dado dentro de muchas cosas, lo más importante mi formación académica, que representa parte de mi vida.

Al Dr. Miguel Ángel Urbina Martínez por su amistad, sus regaños y sobre todo por darme su apoyo y no haberme cerrado las puertas ya que me apoyo para concluir mi formación académica.

Al Dr. José Luis Reyes Carrillo por su amistad, apoyo, tiempo y paciencia que me tuvo desde que lo conocí.

I.Q. Rubì Muñoz soto por su comprensión y brindarme el apoyo como asesora y maestra.

M.C. Natalia Belem Ortega Morales por su comprensión y brindarme el apoyo para mi aprendizaje así como también por apoyarme en mi etapa final.

Tec. Ac. J. Silverio Alvarez Valadez, le agradezco por su amistad, sus consejos, su apoyo desde que lo conocí y su apoyo en laboratorio.

Al Departamento de Biología y todos los profesores que en ello laboran por transmitirme sus conocimientos durante la carrera.

**DEDICATORIAS**

Esta dedicatoria es para una persona especial en mi vida que desde el primer momento de mi vida a estado conmigo, que a pesar de los malos momentos que tuvimos me enseño hacer fuerte, ahora en esta etapa de mi vida que fue la Universidad me demostró que el amor que tiene hacia a mi es inmenso y maravilloso, gracias a esta persona soy profesionista gracias a su apoyo incondicional, por sus palabras de aliento, sus regaños, y este título no solo es mío sino también de ella, sin ella no sería nada muchas gracias mama.

**FLORINA HERRERA RODRIGUEZ**

**A mis hermanos,** Ana Silvia Machado Herrera y Luis Antonio Machado Herrera por ser parte de mi familia y darme su apoyo incondicional.

**A mis sobrinos**, José Manuel Castañeda, Ana Karen Castañeda, Romina Machado, Kevin Machado, Dilan Machado porque siempre obtuve un abrazo y una sonrisa de ellos.

**A mi novio,** Joel Peralta Castañeda por ser parte de mi vida, por darme su ayuda incondicional en cualquier momento y por ayudarme hacer fuerte.

**A mi familia,** a cada persona que forma parte de mi familia muchas gracias por esas palabras de aliento y por cada apoyo recibido.

**INDICE**

[1 INTRODUCCIÓN 1](#_Toc436849064)

[2 REVISIÓN DE LITERATURA 3](#_Toc436849065)

[2.1 Reforestación en México 3](#_Toc436849066)

[2.2 Áreas verdes 4](#_Toc436849067)

[2.3 Problemática de los residuos solidos 5](#_Toc436849068)

[2.4 Residuos solidos 5](#_Toc436849069)

[2.5 Gestión de los residuos 6](#_Toc436849070)

[2.6 Educación ambiental 7](#_Toc436849071)

[2.6.1 Importancia de la educación ambiental 7](#_Toc436849072)

[2.6.2 Basura 8](#_Toc436849073)

[2.6.3 Reciclaje y Reutilización 8](#_Toc436849074)

[2.6.4 Manejo integral de los residuos 8](#_Toc436849075)

[2.7 Normatividad y leyes de disposición final de los residuos solidos 9](#_Toc436849076)

[2.8 Composta 10](#_Toc436849077)

[2.9 Humedad 10](#_Toc436849078)

[2.10 La aireación 11](#_Toc436849079)

[2.11 Tamaño de la partícula 11](#_Toc436849080)

[2.12 Nutrientes 12](#_Toc436849081)

[2.13 Ventajas del compostaje 13](#_Toc436849082)

[2.14 Proceso del compostaje 14](#_Toc436849083)

[2.15 Sistemas de compostaje 15](#_Toc436849084)

[2.16 Control del proceso 16](#_Toc436849085)

[2.17 Microorganismos y c/n 17](#_Toc436849086)

[2.18 Suelo 18](#_Toc436849087)

[2.18.1 Características del suelo 18](#_Toc436849088)

[2.18.2 Materia orgánica 19](#_Toc436849089)

[2.18.3 Potencial de hidrogeno pH 19](#_Toc436849090)

[2.18.4 Conductividad Eléctrica 20](#_Toc436849091)

[2.19 Manejo de Residuos 21](#_Toc436849092)

[2.19.1 Recolección 21](#_Toc436849093)

[2.19.2 Descomposición de la materia orgánica 21](#_Toc436849094)

[2.19.3 Nutrientes 22](#_Toc436849095)

[2.19.4 Mineralización de materia Orgánica 22](#_Toc436849096)

[2.19.5 Aplicaciones para mejoramiento 22](#_Toc436849097)

[2.20 SISTEMA DE COMPOSTAJE 23](#_Toc436849098)

[2.20.1 Compostaje en pilas 23](#_Toc436849099)

[2.20.2 Realización de la pila 24](#_Toc436849100)

[2.20.3 El proceso del compostaje en cuatro periodos 25](#_Toc436849101)

[2.20.4 Factores del compostaje 27](#_Toc436849102)

[2.20.5 Oxigeno 28](#_Toc436849103)

[2.20.6 Abono Orgánico 29](#_Toc436849104)

[2.21 Composta terminada 29](#_Toc436849105)

[2.21.1 Utilización 29](#_Toc436849106)

[2.22 Fertilizantes químicos 30](#_Toc436849107)

[2.22.1 Efectos negativos de la fertilización química 31](#_Toc436849108)

[3 CONCLUSIÒN 33](#_Toc436849109)

[4 Bibliografía 34](#_Toc436849110)

**INDICE DE IMÁGENES**

Ilustración 1. Capas que constituye una composta 24

**RESUMEN**

La presente monografía tuvo como objetivo realizar un estudio sobre una alternativa para darle un tratamiento a los residuos vegetales que se obtienen cada vez que los encargados de jardinería podan la vegetación de la Universidad para un mejor aspecto a la Universidad, ya que estos residuos solo son depositados en lugares inapropiados, a estos no se les da un tratamiento adecuado debido a esto ahí consecuencias como malos olores, riesgo de incendio, posibilidad de contaminación de aguas superficiales y subterráneas, facilitan la presencia de roedores e insectos portadores de enfermedades y dándole el tratamiento de compostaje se obtienen beneficios como evitar la contaminación, daños a la salud y beneficios económicos para la Universidad.

**Palabras clave:** flujo de residuos, aprovechamiento, residuos, compostaje y biorresiduos.

#

# INTRODUCCIÓN

Desde principios de la década de los 70 en México, reciclaje orgánico se ha considerado una parte importante de la solución a los problemas de gestión de residuos sólidos municipales (RSM). En rápido crecimiento, las zonas urbanas con más del 40 por ciento del flujo de residuos formados por productos orgánicos, el compostaje parecía ser la solución ambiental lógica. Presupuestos operativos municipales comenzaron a incluir la construcción de instalaciones de reciclaje. Sorprendentemente, sin embargo, la falta de una planificación adecuada y apoyo técnico en el proceso de toma de decisión causó que los proyectos fracasaran ([Gonzales y Morales, 2002](#_ENREF_12)).

Se estima que en México, cada habitante genera alrededor de 900 gr. de residuos al día, generación que va desde 400 gr. en zonas rurales, hasta cerca de 1.5 kg en zonas metropolitanas. De esta forma, se calcula que en el país se producen cerca de 100,800 toneladas de “basura” al día, lo que significa cerca de 37 millones de toneladas de residuos al año. En la composición de estos residuos, se estima que el 53% son residuos orgánicos biodegradables. Durante su proceso de descomposición generan mal olor y proliferación de fauna nociva (roedores, insectos y otros), además que su descomposición genera gas metano, un poderoso gas de efecto invernadero ([SEMARNAT, 2010a](#_ENREF_38)).

De los residuos sólidos municipales (RSM), los biorresiduos son la fracción más alta y de mayor potencial de contaminación; el compostaje permite disminuir el impacto ocasionado por su manejo y contribuye con la sostenibilidad de la producción agrícola. Aspectos como el alto grado de contaminación de la materia prima, el uso de tecnologías inadecuadas, mínimas actividades operativas y de control del proceso, baja calidad del producto y la poca comercialización y mercadeo del mismo, han limitado la implementación del compostaje en mayor escala en países en desarrollo ([Ocaña *et al.*, 2012](#_ENREF_24)).

Los residuos orgánicos tienen varios beneficios entre ellos están: los sistemas de energía distribuida y soluciones para la gestión de residuos locales como la digestión anaeróbica y compostaje modular pueden contrarrestar estos aspectos negativos, mientras que proporciona mayores beneficios. El biogás se puede utilizar para la electricidad, el calor o incluso combustible para vehículos de mantenimiento. El compostaje puede servir como una gran fuente de nutrientes el campo y jardines de la comunidad y promover un excelente drenaje en los campos de juego. Para áreas que se están rehabilitando a su estado natural, el compostaje puede ayudar al crecimiento de la vegetación natural mientras que el controla la erosión y la escorrentía, conserva la tierra vegetal, importantes nutrientes y agua. Y, por supuesto, estos productos útiles se hacen en el sitio a partir de los residuos que de otro modo tienen que ser transportados en camiones a los sitios de eliminación lejanos ([Lowell, 2014](#_ENREF_19))

# REVISIÓN DE LITERATURA

## Reforestación en México

México es uno de los países con mayor diversidad biológica y posee una gran riqueza forestal: cuenta con más especies de pinos, magueyes, cactus y encinos que ningún otro país. Es una riqueza que tiene su origen en la gran diversidad de climas y en el relieve montañoso de buena parte del territorio nacional. La variedad en recursos forestales coloca a México entre los diez primeros países del mundo por su biodiversidad. Aun así, nuestro país enfrenta procesos crecientes de deforestación, pérdida y degradación de los ecosistemas, generalmente relacionados con los avances de las fronteras agrícola y pecuaria. A través de los años la demanda de terrenos para la agricultura, ganadería, desarrollos urbanos y turísticos ha destruido totalmente o más degradado grandes superficies forestales, hoy convertidas en inmensos problemas ecológicos. Como consecuencia de estos procesos de degradación, existen grandes áreas en las que los disturbios han sido tan intensos y recurrentes que se ha eliminado de manera total cualquier posibilidad de que la vegetación recupera su estado original por medios naturales y, por lo mismo, es necesario intervenir para facilitar la estabilización de las condiciones actuales del ambiente y promover su mejoramiento a través de diversas prácticas y actividades entre las que sobresalen la forestación, la reforestación y las prácticas de conservación ([SEMARNAT, 2010b](#_ENREF_39)).

La reforestación en México es una actividad forestal de gran importancia para restaurar y volver productivas las áreas deforestadas y degradadas. A pesar de todos los esfuerzos por parte de los sectores públicos y privados, los resultados no han sido del todo alentadores. A nivel nacional solo un 40% de las áreas reforestadas cuentan con un nivel aceptable de supervivencia y calidad. Debido a la importancia de la calidad de la planta, se deben usar técnicas adecuadas en los viveros como semilla mejorada, producción y uso de abonos orgánicos locales y uso adecuado de agroquímicos ([Wightman y Cruz, 2009](#_ENREF_51)).

## Áreas verdes

La creciente concentración de habitantes den las ciudades presenta enormes retos a los planificadores urbanos para satisfacer la demanda de infraestructura. El crecimiento de la población y las altas concentraciones de habitantes pueden causar serios daños en los frágiles recursos ambientales y naturales de una ciudad. Esta situación es evidente en los países en desarrollo que cuentan con asentamientos de pobladores pobres con deficientes servicios sociales y limitados recursos financieros. Las áreas verdes también tienen el potencial para proveer a los ciudadanos beneficios económicos directos a través de la agricultura y forestación urbana. Adicionalmente , la preservación de sistemas de áreas con vegetación puede mejorar la calidad de vida al prevenir desastres naturales en las poblaciones marginales y proporcionar a la población lugares naturales para salvaguardar la calidad de preciados recursos como el aire y el agua y el proveer lugares de recreación. Sin embargo, ninguno de estos beneficios ocurre accidentalmente ([Sorensen *et al.*, 1998](#_ENREF_47)).

Los planificadores urbanos necesitan la participación comunitaria en el proceso de toma de decisiones ya que los espacios verdes son, en definitiva, para el gozo y beneficio de todos los ciudadanos. Esto significa involucrar al público en aspectos que varían desde la selección de sitios y diseño de los espacios verdes, hasta establecer por rango de prioridades los beneficios ambientales deseados y desarrollar estrategias factibles para mantener estos beneficios. La comunidad local es la más beneficiada por un proyecto de manejo de áreas verdes urbanas y de ella depende el éxito final del mismo ([Sorensen *et al.*, 1998](#_ENREF_47)).

Poda mal realizada es común en la ciudad el corte severo de los árboles, dejando muñones sin ramas laterales grandes como para asumir el papel terminal (práctica conocida como desmoche). Muchos árboles son dejados con heridas múltiples, la mayoría de ellas, severas. Asimismo, hay una alta incidencia de plagas y enfermedades en los árboles, derivado de un muy pobre trabajo de poda y mantenimiento. Asimismo, existe una gran discrecionalidad en el otorgamiento de permisos y autorizaciones para poda y derribo, ignorando el posible daño ambiental. Estudios demuestran que existe una percepción exagerada de los daños que pueden hacer los árboles, sobre todo en relación a la infraestructura urbana, en el sentido de que bloquean anuncios, rompen banquetas e interfieren con líneas de transmisión de electricidad ([PAOT, 2003](#_ENREF_28)).

## Problemática de los residuos solidos

El impacto producido en el ambiente debido a las actividades propias de la actuación del hombre se ha hecho cada vez más evidente y preocupante. La problemática ambiental presenta dentro de sus múltiples facetas dos vertientes importantes: el manejo irracional de los recursos naturales y un manejo inadecuado de los residuos generados por los diferentes procesos antrópicos ([Gordillo *et al.*, 2010](#_ENREF_14)).

En varias ciudades capitales del país se han tomado distintas medidas de tipo técnico, político y educativo con el fin de minimizar el impacto negativo que genera en el medioambiente la generación de residuos sólidos domiciliarios (RSD). Sin embargo, esas acciones se han ejecutado de una manera muy lenta y han mostrado tímidos avances en la buena gestión de los RSD. Las causas de estos tímidos avances van desde el aumento de la población y la acelerada cultura del consumismo, hasta los altos costos que implica una recolección selectiva de residuos sólidos reciclables en áreas urbanas. Sumado a esto, persiste la falta de conciencia ambiental en los ciudadanos debido a la coexistencia de dos factores: el primero tiene que ver con la falta de una educación dirigida de forma constante a la formación de una ciudadanía responsable con el medioambiente El segundo tiene que ver con las restricciones que desmotivan e impiden a los ciudadanos poner en práctica o formar efectivamente una conducta orientada a la buena gestión de los residuos sólidos, especialmente en el ámbito doméstico. ([Varon, 2010](#_ENREF_50))

## Residuos solidos

La denominación Residuos Sólidos Urbanos hace referencia, en términos generales, a los residuos generados por cualquier actividad en los centros urbanos y en sus zonas de influencia. Los residuos urbanos, son aquellos residuos donde el componente orgánico predomina, estos son: residuos sólidos domiciliarios, residuos provenientes de la limpieza y barrido de áreas públicas, residuos del mantenimiento de arbolado, áreas verdes, recreativas públicas y privadas. Residuos sólidos domiciliarios Son todos aquellos residuos sólidos generados en las actividades que se realizan en un domicilio particular ([Sztern y Pravia, 2009](#_ENREF_48)).

Los desechos sólidos incluyen principalmente los desechos domésticos (basura doméstica), a veces con la adición de los desechos comerciales recogidos en una zona determinada, ya sea en estado sólido o semisólido. El término desechos residuales se refiere a los desechos que quedan de las fuentes de materiales que contienen los hogares que no han sido separados o enviados para su reprocesamiento ([Bustos, 2009](#_ENREF_4)).

## Gestión de los residuos

La problemática de la gestión de residuos resulta un problema complejo en el cual se integran conceptos ambientales, económicos, institucionales y sociales. Nos parece apropiado comenzar por definir a la gestión integral de los residuos sólidos urbanos como el conjunto de componentes y/o etapas desde la generación de los residuos por parte de cada uno de nosotros, su recolección (por contenedores, puerta a puerta), su transporte (para aquellas ciudades donde existen Plantas de Transferencia), los diferentes tratamientos (ej: plantas de separación y acondicionamiento de reciclables) y la disposición final ([Rollandi, 2010](#_ENREF_31)).

La gestión integral de los residuos sólidos toma en cuenta a los actores que participan en ella, a los propios sistemas de manejo de desechos (recolección, tratamiento, disposición final) y las condiciones locales desde donde se implementa el sistema, incluyendo los aspectos técnicos apropiados, la situación ambiental, financiera, sociocultural, institucional y política para diseñar y articular soluciones eficientes, efectivas e igualitarias. Se reconoce la dificultad al implementar dicho enfoque, pero en diversos trabajos se afirma que es la propuesta más adecuada y exhaustiva para concretar un correcto manejo de los desechos ([Guzmàn y Himilce, 2012](#_ENREF_15)) .

## Educación ambiental

### Importancia de la educación ambiental

La sustentabilidad de México es uno de los mayores desafíos de nuestra generación. Ante un panorama de cambio climático global y de degradación ambiental, que lastima por la escasez del agua, la progresiva desaparición de los bosques y las 22selvas, pérdida de la biodiversidad terrestre y marina, la contaminación y el crecimiento urbano, entre muchos otros problemas, lo que hace evidente la necesidad de lograr que los habitantes de nuestra nación estén preparados con los conocimientos y herramientas para enfrentar estos retos y encontrar soluciones viables a corto y mediano plazos. Es notable el avance del conocimiento científico y el desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación que permiten conocer la situación prevaleciente en el planeta casi de manera instantánea. Sin embargo, estos avances no han sido suficientemente utilizados para crear una conciencia ambiental, ni han logrado solucionar los problemas que amenazan la supervivencia del ser humano. Por consiguiente, el papel de los educadores ambientales, en un marco de cooperación con los distintos sectores, es indispensable para impulsar la educación para la sustentabilidad dirigida a niños, jóvenes, cultores, empresarios y comunicadores, quienes en conjunto compartimos la responsabilidad y el compromiso de entregar a las generaciones futuras un país con las condiciones ambientales que les permitan aspirar a una calidad de vida digna ([SEMARNAT, 2006](#_ENREF_37)).

La educación ambiental debe extender sus propósitos y estrategias al contexto, incorporando las relaciones entre los sujetos, la naturaleza y los demás seres humanos, vinculando lo local con lo global. Esta ampliación del ámbito de la educación ambiental la ubica como una como una alternativa de replanteamiento de las relaciones del individuo con la biosfera, a la vez que la convierte en un instrumento de transformación social y empoderamiento de sectores socialmente desfavorecidos, todo ello con la meta final de conseguir sociedades más armónicas, sustentables y equitativas ([SEP, 2012](#_ENREF_41)).

### Basura

La basura es todo aquello que consideramos como desecho y por lo mismo requerimos deshacernos de ello. La basura es un producto de las actividades humanas al cual se le considera sin valor, repugnante e indeseable por lo cual normalmente se le incinera o se le coloca en lugares predestinados para la recolección para ser canalizada a tiraderos, rellenos sanitarios u otro lugar. Término informal empleado para denominar los datos que sólo ocupan capacidad, que son indeseables e innecesarios ([CICENA, 2003](#_ENREF_8)).

### Reciclaje y Reutilización

El reciclaje se puede definir como la acción de devolver al ciclo de consumo los materiales que ya fueron desechados, y que son aptos para elaborar otros productos. Dentro del enfoque de aprovechamiento conservacionista y energético, se pueden clasificar las diversas formas de aprovechamiento de residuos de acuerdo con la mayor o menor recuperación de cada proceso adoptado ([CICENA, 2003](#_ENREF_8)).

### Manejo integral de los residuos

El manejo integral y sustentable de los residuos sólidos combina flujos de residuos, métodos de recolección y procesamiento, de lo cual derivan beneficios ambientales, optimización económica y aceptación social en un sistema de manejo práctico para cualquier región. Esto se puede lograr combinando opciones de manejo que incluyen esfuerzos de reusó y reciclaje, tratamientos que involucran compostaje, biogasificación, incineración con recuperación de energía, así como la disposición final en rellenos sanitarios. El punto clave no es cuántas opciones de tratamiento se utilicen, o si se aplican todas al mismo tiempo, sino que sean parte de una estrategia que responda a las necesidades y contextos locales o regionales, así como a los principios básicos de las políticas ambientales en la materia ([Cortinas *et al.*, 1999](#_ENREF_10)).

## Normatividad y leyes de disposición final de los residuos solidos

NOM-052-SEMARNAT-2005 Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y listado de los residuos peligrosos ([Ardavin, 2006](#_ENREF_2))

Ley General para la Prevención Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) fue publicado el 8 de octubre de 2003 en el Diario Oficial de la Federación. Esta ley establece una clasificación de los residuos en residuos peligrosos (RP) residuos de manejo especial (RME) y residuos sólidos urbanos (RSU). Tiene por objeto regular la generación, el aprovechamiento del valor y la gestión integral de los residuos, prevenir la contaminación de suelos con estos residuos y llevar a cabo su remediación. Así mismo, establece el principio de valorización de los residuos. Este principio se refiere a efectuar las acciones necesarios para brindar un valor a los residuos y permitir que estos reingresen a las cadenas productivas, disminuyendo así la cantidad de residuos que se disponen en el medio ambiente natural y, a su vez, los impactos derivados de esta disposición final ([Fox Quesada, 2003](#_ENREF_11)).

Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, esta ley establece, la distribución de competencias federal, estatal y municipal, de igual manera la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) establece que los municipios, tienen a su cargo las funciones del manejo integral de residuos sólidos urbanos, el cual incluye la recolección, traslado, tratamiento y disposición final ([LGEEPA, 1988](#_ENREF_17)).

La NOM-083-SEMARNAT-2003 define al relleno sanitario como la obra de infraestructura que involucra métodos y obras de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos urbanos y manejo especial, con el fin de controlar a través de la compactación e infraestructura adicionales los impactos ambientales. También establece las especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, monitoreo, clausura de los residuos ([SEMARNAT, 2013](#_ENREF_40)).

Autoridades Federales con injerencia en el Manejo de Residuos Sólidos. Tienen participación en la gestión y manejo de residuos sólidos urbanos las siguientes autoridades: SEMARNAT, instituto nacional de Ecología, dependiente de esta última, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), secretaria de economía, secretaria de agricultura, Ganadería y Desarrollo rural pesca y Alimentación (SAGARPA) Secretaria de Desarrollo Social (SEDESOL), Secretaria de Gobernación (SG) Secretaria de Trabajo y Prevención Social (STPS), Y Secretaria de Salud (SS).

## Composta

La composta es el materia orgánico que se obtiene como producto de la acción microbiana controlada sobre residuos orgánicos tales como hojas, rastrojos, zacates, cáscaras, basuras orgánicas caseras, subproductos maderables (aserrín y virutas), ramas, estiércoles, y residuos industriales de origen orgánico; con estos residuos, en forma separada o bien mezclados, se forman pilas o montones, que por acción de los microorganismos dan origen a un materia (materia orgánica) de gran utilidad para los suelos agrícolas ya que mejora la estructura y la fertilidad de estos ([SAGARPA](#_ENREF_36)).

## Humedad

La actividad biológica disminuye cuando el contenido de humedad es menor de 12%; si existe un exceso de humedad, hay descenso en la temperatura y producción de olores desagradables; cuando la circulación de oxígeno es limitada y los contenidos de humedad son del orden del 60% la actividad microbiana disminuye; la humedad óptima se encuentra en el rango de 50 a 70%. Una deficiencia de humedad en las pilas, provoca una sensible disminución de la actividad microbiana, lo que produce que la fermentación se detenga y descienda la temperatura; un exceso de humedad, dificulta la circulación de oxígeno y provoca fermentaciones anaerobias. El mayor nivel de humedad se requiere durante la fase inicial del proceso de descomposición ([SAGARPA](#_ENREF_35))

## La aireación

En el proceso de composteo, el oxígeno se requiere para el metabolismo aeróbico, ligado a la oxidación de moléculas orgánicas presentes en el material por descomponer. Por ello, generalmente se requiere incrementar la aireación por medio de volteos periódicos de las pilas; con estas acciones, además de suministrarse oxígeno, se disipa el calor producido dentro de la pila. Para determinar algunos intervalos en días, óptimos para realizar los volteos se consideran factores como la temperatura y la humedad; así han surgido algunas recomendaciones como la de realizar el primer volteo a los 22 días y posteriormente cada 7 ò cada 15 días; sin embargo, en la práctica esta actividad se realiza cuando la temperatura es cercana a los 70°C o la humedad es mayor de 60% ([SAGARPA](#_ENREF_35)).

## Tamaño de la partícula

El tamaño inicial de las partículas que componen la masa a compostar es una importante variable para la optimación del proceso, ya que cuanto mayor sea la superficie expuesta al ataque microbiano por unidad de masa, más rápida y completa será la reacción. Por lo tanto, el desmenuzamiento del material facilita el ataque de los microorganismos y aumenta la velocidad del proceso. Se ha descrito en una experiencia con residuos agroindustriales que la velocidad del proceso se duplicaba al moler el material. Pero aunque un pequeño tamaño de partícula provoca una gran superficie de contacto para el ataque microbiano, también se reduce el espacio entre partículas y aumenta las fuerzas de fricción esto limita la difusión de oxígeno hacia el interior y de dióxido de carbono hacia el exterior, lo cual restringe la proliferación microbiana y puede dar lugar a un colapso microbiano al ser imposible la aireación por convección natural. Por otra parte, un producto muy fino no es aconsejable por riesgos de compactación ([Bueno *et al.*, 2008](#_ENREF_3)).

## Nutrientes

La característica química más importante de los sustratos es su composición elemental. La utilidad agronómica de los residuos con posibilidad de ser compostados está en función de la disponibilidad de los elementos nutritivos que posean. Los microorganismos sólo pueden aprovechar compuestos simples, por lo que las moléculas más complejas se rompen en otras más sencillas (por ejemplo las proteínas en aminoácidos y estos en amoníaco) para poder ser asimiladas. Entre los elementos que componen el sustrato destacan el C, N, y P, que son macronutrientes fundamentales para el desarrollo microbiano. El carbono es necesario en la síntesis celular para la formación del protoplasma, así como la de los lípidos, grasas y carbohidratos; durante el metabolismo se oxida para producir energía y anhídrido carbónico; es el elemento que debe estar presente en mayor cantidad puesto que constituye el 50% de las células de los microorganismos y el 25% del anhídrido carbónico que se desprende en la respiración. El nitrógeno es un elemento esencial para la reproducción celular debido a la naturaleza proteica del protoplasma; se ha demostrado que la calidad de un compost como fertilizante está directamente relacionada con su contenido de N. El fósforo desempeña un papel fundamental en la formación de compuestos celulares ricos en energía, siendo necesario para el metabolismo microbiano. Se comprueba que, en general, entre el inicio y el final de la incubación se produce un aumento de las concentraciones de los distintos nutrientes, debido a la pérdida de materia orgánica de la masa a compostar ([Olivares *et al.*, 2012](#_ENREF_25)).

## Ventajas del compostaje

El compostaje presenta numerosas ventajas, tanto el realizado en planta industrial, como el realizado a nivel doméstico. Estas ventajas son principalmente de tipo ambiental: Cierre del ciclo de la materia orgánica Recuperación y reciclaje de recursos naturales, Reducción de la cantidad de residuos sólidos urbanos destinados a vertedero e incineración, evitando así problemas de contaminación de suelos por lixiviados orgánicos y emisiones provenientes de la descomposición en vertederos y la quema en incineradora. El compost fruto de este proceso favorece la productividad de la tierra sin contaminarla con químicos dañinos para los ecosistemas que acaban incorporándose a nuestra cadena alimentaria. Se trata de un fertilizante natural, corrector de la estructura del suelo, protector contra la erosión y sustrato de cultivo, También se puede utilizar en las zonas ajardinadas y de recreo para proteger y mejorar sus necesidades de fertilización, El compost inmaduro o triturado de restos de poda también se puede utilizar como acolchado en plazas municipales, alcorques, etc., dotando al municipio de espacios más en consonancia con la naturaleza ([Olivares *et al.*, 2012](#_ENREF_25)).

Dentro de los efectos positivos de las compostas y vermicompostas en el suelo se citan: incremento en la actividad de la fauna del suelo, reducción de microorganismos patógenos, efecto positivo en la densidad aparente, estabilización del pH, incremento de la capacidad de intercambio catiónico, disminución del lavado de nitratos, eliminación de patógenos y semillas de malezas por las altas temperaturas generadas por la actividad microbiana y degradación de residuos de plaguicidas. Además de estos efectos, el compostaje como proceso ofrece ventajas en términos operativos porque disminuye la cantidad de biomasa a aplicar debido a la pérdida de carbono y agua del material, durante el proceso de descomposición, lo cual representa un ahorro de dinero ([Hernandez *et al.*, 2009](#_ENREF_16))

Los residuos orgánicos pueden ser transformados en un recurso de alto valor para la producción agrícola y la restauración de ecosistemas degradados. Su valor como enmienda contribuye a mantener y recuperar la materia orgánica del suelo y por lo tanto, la estructura, dinámica del agua, actividad biológica, provisión de nutrientes y control de la erosión. La valorización agrícola de residuos orgánicos también contribuye a disminuir el costo de construcción y mantenimiento de vertederos y a disminuir gases de efecto invernadero y contaminación con lixiviados. Sin embargo, tienen que ser utilizados de acuerdo a las necesidades de los cultivos o de restauración de ambientes degradados, teniendo en cuenta criterios precautorios que eviten la contaminación de suelos y aguas. ([Mazzarino, 2012b](#_ENREF_21))

## Proceso del compostaje

La agricultura actual está evolucionando a nuevas prácticas orientadas a la obtención de productos más sanos con menos aplicación de productos fitosanitarios, y que sea respetuosa con el entorno y el medio ambiente. La elaboración de compost con restos vegetales, producto de las cosechas y de poda, es una práctica agrícola que tiene un doble objetivo: Eliminar los restos de poda de las parcelas, que en muchos casos, son hospederos e inóculos de enfermedades y plagas. Aprovechar estos restos vegetales mediante el reciclaje y la transformación, con el fin de obtener una materia orgánica de calidad que incorporada al terreno mejora la estructura y la biología del suelo del cultivo ([Palmero, 2010](#_ENREF_27)).

Los residuos sólidos orgánicos de rápida degradación (biorresiduos) constituyen una fracción importante de los residuos sólidos municipales (RSM). Su manejo reviste mucha importancia tanto por su cantidad como por los impactos sanitarios y ambientales de su disposición, como la generación de lixiviados y de gases efecto invernadero (GEI). Para su disminución, en eventos de alcance mundial se ha adoptado una jerarquía para la gestión de los RSM que estimula la reducción de la disposición final de los biorresiduos y su aprovechamiento por medio de opciones de tratamiento biológico como el compostaje. El compostaje es un bioproceso aeróbico que permite la recuperación de los residuos orgánicos heterogéneos, convirtiéndolos en un producto homogéneo de gran calidad llamado Compost. La aplicación de este producto a los suelos, permite incrementar la población microbiana existente, aumentando la fertilidad de los mismos ([Varnero *et al.*, 2011](#_ENREF_49)).

Vermicomposta es el resultado de la biotransformación de materia orgánica (de origen animal y vegetal) a través del tubo digestivo de la lombriz, obteniendo un fertilizante orgánico por excelencia la cual se utiliza como abono natural, y enmienda orgánica ([Oviedo *et al.*, 2012](#_ENREF_26)).

## Sistemas de compostaje

Existen numerosos métodos para transformar materiales orgánicos mediante el compostaje, casi todos ellos se basan en el control de la aireación ya que su mayor control acelera el proceso. En pilas o montones dinámicos. El material se dispone en largas pilas o montones de 2 a 4 metros de altura, que pueden estar cubiertas o no. La aireación se lleva a cabo por convección natural ayudada por volteos periódicos. La frecuencia de los volteos depende de la humedad, textura y estabilidad de la mezcla y se realiza para controlar la aireación. Estos volteos se realizan con varios objetivos: control del olor, mayor velocidad de transformación y control de insectos. Es el método más económico en cuanto a consumo de energía. En pilas estáticas aireadas por insuflación (static pile system) Es un sistema donde la pila de compost permanece estática a lo largo del proceso de compostaje. El aire se introduce a través de un sistema situado en el suelo bajo la pila. La forma en la cual se desarrolla el proceso de compostaje depende de diferentes variables, tanto físicas (tamaño de partícula, espacio poroso o huecos entre el material, dimensiones del sistema de compostaje, aireación, temperatura y humedad del material) como químicas (relación carbono-nitrógeno, contenido de oxígeno y acidez o alcalinidad del medio, pH). Los valores deseados de las variables físicas y químicas, que permite el compostaje aerobio adecuado son tamaño de partícula 1 a 2 cm, temperatura en la etapa termófila 40 a 65˚C, Humedad del material 40 al 60%, oxigeno 15 a 21% en el aire, relación C:N 30:1 y PH 6.5 A 8.5 ([Longoria *et al.*, 2014](#_ENREF_18)).

Uno de los tratamientos de residuos orgánicos más recomendado es el compostaje, ya que asegura la reducción de patógenos y semillas de malezas y la estabilización de la materia orgánica. Para certificar un compostaje efectivo son necesarios controles de proceso y de calidad, existiendo varios indicadores de fácil determinación en laboratorios de rutina. El aprovechamiento de residuos orgánicos de cualquier origen requiere un marco legal que facilite su valorización y desaliente el uso sin controles. La falta de normas y las exigencias excesivas son igual de perjudiciales ([Mazzarino, 2012a](#_ENREF_20))

## Control del proceso

El contenido en humedad de la masa a transformar determina el tipo, cantidad y eficacia de los microorganismos. La medición de la temperatura de los montones en compostaje se puede llevar a cabo con un termómetro digital situado en el extremo de una lanza de 1 a 1,5 m de longitud que permita obtener sus valores en diferentes lugares y profundidades de las pilas o montones de forma rápida y eficaz. Algunos modelos comerciales acompañan a estos termómetros dispositivos para la medición de la humedad. Es conveniente llevar al día un registro donde se guarden los valores obtenidos de las mediciones de forma a poder visualizar la evolución en el tiempo de la temperatura. De esta forma se pueden observar las subidas y bajadas de la misma e incorporar los volteos en los momentos precisos. Estos se sitúan al inicio de la bajada de la temperatura tras haberse logrado los máximos durante la fase termófila (sin sobrepasar los 65˚C). Se puede lograr de este modo alargar los periodos de temperatura elevada asegurando así la optimización del proceso de compostaje y una buena higienización del producto final obtenido. Este hecho viene obligado por la normativa en el caso que se hayan incorporado estiércoles en la mezcla inicial. Al trabajar con ellos se está obligado a controlar que los patógenos existentes en los mismos hayan desaparecido al finalizar el proceso ([Sepulveda *et al.*, 2010](#_ENREF_42)).

## Microorganismos y c/n

Una de las primeras tareas para desarrollar con éxito una actividad de compostaje es lograr la correcta combinación de los ingredientes iniciales. Dos parámetros son particularmente importantes en este aspecto: el contenido de humedad (H) y la relación Carbono Nitrógeno (C/N). La humedad ha sido reconocida como uno de los aspectos críticos para lograr la optimización del compostaje. Siendo el compostaje un proceso biológico de descomposición de la materia orgánica, la presencia de agua es imprescindible para las necesidades fisiológicas de los microorganismos que intervienen en este proceso. Esto es se debe a que el agua es el medio de transporte de las substancias solubles que sirven de alimento a las células así como de los productos de desecho de esta reacción. La humedad óptima para el crecimiento microbiano se encuentra entre el 50-70%. La actividad biológica decrece mucho cuando la humedad está por debajo del 30%. Por encima el 70% el agua desplaza al aire en los espacios libres existentes entre las partículas, se reduce por tanto la transferencia de oxígeno produciéndose la anaerobiosis. Cuando se entra en condiciones anaerobias, se originan malos olores disminuye la velocidad del proceso. El exceso de humedad se corrige con el incremento de la aireación y su defecto mediante el riego o incorporación de agua. Instrumento para calificar la madurez del compost. De los muchos elementos requeridos para la descomposición a través de microorganismos, el carbono y el nitrógeno son los dos más importantes y los que más frecuentemente resultan tener el carácter de ser un factor limitante. El carbono tiene dos funciones. Por una parte es una fuente de energía y por otra conforma sobre el 50% de la masa de las células microbianas como su elemento estructural básico. El nitrógeno es un componente decisivo de las proteínas. Las bacterias, cuya biomasa está formada en un 50% por proteínas, necesitan mucho Nitrógeno para su rápido desarrollo. Cuando hay poco Nitrógeno, la población de microorganismos no crecerá a su tamaño óptimo y el proceso de compostaje ralentizará. Por otro lado, si existe demasiado Nitrógeno se permite un crecimiento microbiano rápido y se acelera la descomposición, pero se pueden crear serios problemas olores al disminuir el Oxígeno y producirse condiciones anaerobias. ([Sepulveda *et al.*, 2010](#_ENREF_42)).

## Suelo

### Características del suelo

El suelo proviene de la roca madre que está compuesta por diversos minerales a distintas proporciones. Aunque el origen del suelo siempre influye fuertemente en su contenido de elementos, en realidad pueden existir deferencias notables en esas posibles correlaciones, pues si el suelo es antiguo, la composición del suelo es muy diferente al del material que dio origen a su formación. Los elementos que conforma el suelo pueden encontrarse en diferentes formas, que dependen de muchos factores como el clima, el agua y la presión, entre otros, que influyen determinantemente en todo lo que ocurre con los elementos que componen el suelo, y principalmente en su dinámica. En climas húmedos donde existen fuertes precipitaciones que dominan a la evaporación, existe una lixiviación o lavado de minerales desde la superficie hacia el interior del suelo. Esto hace que en esa superficie hacia el interior del suelo. Esto hace que en esa superficie los coloides y las bases disminuyan. La vegetación ejerce una acción contraria, es decir extrae del interior a los elementos que necesita y los lleva a la superficie. En el caso de climas secos el proceso es inverso al interior la dinámica del agua en el suelo en este caso es hacia arriba, arrastrando los materiales solubles a la superficie. Un aspecto que afecta al suelo y lo contamina es la acumulación de elementos en un espacio dado. Este efecto se puede dar de dos formas: por procesos naturales y otro provocado por la acción del hombre. En el primer caso, por una parte los elementos son transportados por el agua y en lugares de clima seco el agua del suelo asciende y se puede acumular cal o material salino en la superficie. Por otra, se pueden depositar óxidos de hierro, arcillas o humus en profundidad ([Cisneros, 2008](#_ENREF_9)).

El suelo constituye un recurso esencial para el desarrollo económico social y es el sostén físico y químico de todos los ecosistemas terrestres. Su degradación es definida como la pérdida a largo plazo en la función y productividad de los ecosistemas, causada por alteraciones, a partir de las cuales el suelo no puede recuperarse sin ayuda ([Gonzales *et al.*, 2009](#_ENREF_13)).

### Materia orgánica

La materia orgánica del suelo es el conjunto de residuos vegetales y animales de todas las clases, más o menos descompuestos y transformados por la acción de los microorganismos. Los principales microorganismos que se encuentran son bacterias, hongos y algas. Bajo la acción de estos microorganismos los residuos se van descomponiendo y transformando más o menos lentamente, en compuestos orgánicos variados ([Sepulveda *et al.*, 2010](#_ENREF_42)).

Los organismos del suelo (biota), incluyendo los microorganismos, usan los residuos de las plantas y los animales y los derivados de la materia orgánica como alimentos. A medida que descomponen los residuos y la materia orgánica, los nutrientes en exceso (nitrógeno, fósforo y azufre) son liberados dentro del suelo en formas que pueden ser usadas por las plantas (disponibilidad de nutrientes). Los productos de deshecho producidos por los microorganismos contribuyen a la formación de la materia orgánica del suelo. Los materiales de desecho son más difíciles de descomponer que el material original de las plantas y los animales, pero pueden ser usados por un gran número de organismos ([Moldenke, 2007](#_ENREF_22)).

### Potencial de hidrogeno pH

El pH de la masa durante el proceso de maduración también sufre una variación similar en casi todos los sustratos. El descenso inicial en el pH coincide con el paso de la fase mesofílica a la fase termofílica. Esta fase se denomina acidogénica. Se da una gran producción de CO y liberación de ácidos orgánicos. El descenso de pH 2 favorece el crecimiento de hongos (cuyo crecimiento se da en el intervalo de pH 5,5-8) y el ataque a lignina y celulosa. Durante la fase termofílica se pasa a una liberación de amoniaco como consecuencia de la degradación de aminas procedentes de proteínas y bases nitrogenadas y una liberación de bases incluidas en la materia orgánica, resultado de estos procesos se da una subida en el pH y retoman su actividad las bacterias a pH 6-7,5 (Fase de alcalinización). Tras este incremento del pH se da una liberación de nitrógeno por el mecanismo anteriormente citado y que es aprovechado por los microorganismos para su crecimiento, dando paso a la siguiente fase de maduración. Finalmente se da una fase estacionaria de pH próximo a la neutralidad en la que se estabiliza la materia orgánica y se dan reacciones lentas de poli condensación. ([Alvarez, 2007](#_ENREF_1)).

### Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica de un compost está determinada por la naturaleza y composición del material de partida, fundamentalmente por su concentración de sales y en menor grado por la presencia de iones amonio o nitrato formados durante el proceso. La CE tiende generalmente a aumentar durante el proceso de compostaje debido a la mineralización de la materia orgánica, hecho que produce un aumento de la concentración de nutrientes. Ocurre a veces un descenso de la CE durante el proceso, lo que puede deberse a fenómenos de lixiviación en la masa, provocados por una humectación excesiva de la misma. La dosis de compost que puede añadirse a un suelo debe ser proporcional a la CE del compost. Un exceso de salinidad en la solución del suelo dificulta la absorción de agua por las raíces de las plantas, de modo que en algunos casos, en esas condiciones, sólo prosperan las especies resistentes ([Bueno *et al.*, 2008](#_ENREF_3)).

## Manejo de Residuos

### Recolección

Consiste en el traslado de los residuos separados en diversas fuentes de generación al sitio de tratamiento, sea éste una pila en el jardín o huerto, una compostadora o una planta de composta. Cuando se trata de una operación doméstica o de pequeña escala, generalmente hay sólo una o dos fuentes de generación (la cocina y el jardín, por ejemplo), y el traslado es a una distancia pequeña y puede realizarse a mano o con una carretilla. Cuando se trata de operaciones intermedias o grandes, existen muchas fuentes (hogares, establecimientos, etc.); las distancias son mayores y suele requerirse de vehículos para su transportación. A medianas y grandes escalas, la eficiencia de la recolección está íntimamente asociada a una correcta separación. El equipo y los vehículos de recolección deben ser adecuados y suficientes para los volúmenes recolectados. Asimismo, las frecuencias de recolección y las rutas deben ser bien planeadas y bien comunicadas a los usuarios. Debido al mayor número de actores en un programa de gran escala, el control de la calidad en la separación requiere de mayor seguimiento (atención), esto puede lograrse con una efectiva campaña de educación para la separación ([Rodrìguez y Còrdova, 2006](#_ENREF_30))

### Descomposición de la materia orgánica

La descomposición de la materia orgánica es un proceso biológico que ocurre naturalmente. Su velocidad es determinada por tres factores principales: la composición de los organismos del suelo, el entorno físico (oxígeno, humedad y temperatura) y la calidad de la materia orgánica. Los organismos y las interacciones entre ellos estructuran la red alimenticia del suelo. La energía necesaria para todas las redes alimenticias es generada por los productores primarios: plantas, líquenes, musgos, bacterias fotosintéticas y algas que usan la luz del sol para transformar el dióxido de carbono (CO) de la atmósfera en carbohidratos. La mayor parte de los organismos dependen de los productores primarios para obtener su energía y nutrientes: son los llamados consumidores ([Moldenke, 2007](#_ENREF_22)).

### Nutrientes

Entre los elementos que componen el sustrato destacan el C, N, y P, que son macronutrientes fundamentales para el desarrollo microbiano. El carbono es necesario en la síntesis celular para la formación del protoplasma, así como la de los lípidos, grasas y carbohidratos; durante el metabolismo se oxida para producir energía y anhídrido carbónico; es el elemento que debe estar presente en mayor cantidad puesto que constituye el 50% de las células de los microorganismos y el 25% del anhídrido carbónico que se desprende en la respiración. El nitrógeno es un elemento esencial para la reproducción celular debido a la naturaleza proteica del protoplasma; se ha demostrado que la calidad de un compost como fertilizante está directamente relacionada con su contenido de N. El fósforo desempeña un papel fundamental en la formación de compuestos celulares ricos en energía, siendo necesario para el metabolismo microbiano ([Bueno *et al.*, 2008](#_ENREF_3)).

### Mineralización de materia Orgánica

La mineralización de la MO puede proveer cantidades significativas de N para el crecimiento del cultivo aún en suelos con cantidades relativamente menores de carbono (C) orgánico ([Cabrera, 2007](#_ENREF_5)).

### Aplicaciones para mejoramiento

Antiguamente, debido a las cantidades generadas de residuos y a la necesidad de aprovechar al máximo los nutrientes que contenían, los sistemas de recogida eran simples y cuando los residuos no eran aplicados directamente al suelo se conservaban en montones que acostumbraban a responder al nombre de “estercoleros”. Se conocía bien cómo almacenarlos, tratarlos y aplicarlos para conservar los nutrientes, lo que unido a las escasas cantidades generadas, evitaba la aparición de problemas de contaminación. El compostaje puede considerarse una de las técnicas más antiguas relacionadas con la agricultura; ha sido un tratamiento de residuos orgánicos (RO) con una trayectoria pendular a lo largo de las distintas

## SISTEMA DE COMPOSTAJE

### Compostaje en pilas

El compostaje en pilas es el sistema más antiguo y más sencillo. La operación de este sistema es muy fácil. Después de haber separado todo material foráneo (materiales no biodegradables) de la basura biodegradable que llega al relleno, el material se coloca en pilas triangulares. El tamaño de las pilas es muy importante para el proceso de compostaje. No debe superar in cierto máximo, y tampoco debe quedarse bajo un volumen mínimo. Para asegurar la proliferación de los microorganismos que realizan el compostaje, se necesita una "masa crítica" mínima de 50 - 100 kg de basura biodegradable. Con esa masa, ya se puede prender y mantener durante un tiempo suficiente la reacción exóterma del proceso aeróbico que asegura las temperaturas necesarias para la higienización del material. Esta "masa crítica mínima" es especialmente importante para el compostaje individual. Para la aplicación por municipios, es más importante no superar el tamaño máximo de una pila. Si las pilas son más altas que 1.50 m, el aireación natural se impide y pueden ocurrir condiciones anaeróbicas ([Roben, 2002](#_ENREF_29)).



Ilustración 1. Capas que constituye una composta

([SAGARPA](#_ENREF_34))

### Realización de la pila

Localización: emplazamiento preferentemente sombreado, protegido del viento y la lluvia excesiva, fácil acceso y con disponibilidad de agua de riego. Dimensiones: 1,60 m de base por 1,50 m de altura y longitud variable. De forma trapezoidal o pirámide truncada. Conformación de la pila: La pila se confecciona en capas o mezclando los materiales en la proporción de tres partes de materiales secos y leñosos y una parte de fresco y/o estiércol reciente. Cubierta de la pila: se cubrirá la pila con plástico negro perforado o malla anti-raíz, para. Temperatura: Evitar temperaturas superiores a 70°C (el compost se quema). En las primeras semanas proceder al control diario de temperatura. Cuando la temperatura baje a 35°C activar el compost mediante volteado y si fuera necesario regar. Volteado: Con carácter general una vez al mes (si no fuera preciso antes) para activar y airear el compost. En el volteado las capas externas del montón inicial deben quedar en el centro o en la parte interior de la pila, Humedad: Periódicamente como mínimo una vez en semana controlar el estado de humedad del compost (aspecto y prueba del puño). Si estuviera muy húmedo desecar mediante esparcido de los materiales y recomponer el montón. Si el compost estuviera seco o deshidratado (aspecto blanquecino por micelios y polvoriento) regar hasta drenaje por la base de la pila. Fin de proceso: Aproximadamente a los 3-4 meses, cuando el compost se mantenga a temperatura ambiente. Almacenar en lugar fresco, aireado y protegido de la radiación solar ([Palmero, 2010](#_ENREF_27)).

Localiza un lugar donde puedas disponer de agua. Puede ser un sitio ventilado, con media sombra de preferencia. Evita un sitio frío, lejano y oscuro, sobre la tierra extiende una capa de varas o ramas o abre la tierra un poco con un pico. Esto facilita la entrada de aire y microorganismos del suelo, coloca un tubo o palos en el centro de la pila. Elabórala y agrega materia orgánica, coloca una capa de 30 cm de altura de materia orgánica, como hojas, paja o pasto podado y mójala poco, encima coloca otra capa de 5 cm de estiércol; puede ser de borrego, caballo, res o conejo, aplica una capa delgada de tierra de apenas un centímetro sobre el estiércol. Que sea tierra negra de la mejor calidad. También puedes usar tierra del lugar, Agrega agua. Trata de humedecer la pila en forma pareja para fomentar la descomposición. Siguientes pasos, continúa con esa secuencia (pasos 4 a 7) hasta hacer una pila con una altura máxima de 1.75 cm, que llegue a un volumen de un metro cúbico, al final remueve el tubo o los palos colocados en las primeras capas para dejar una columna de aire, termina la pila con una capa de tierra y paja (opcional) y cúbrela con una lona o plástico para evitar que la lluvia la empape y el sol la seque, en las horas siguientes la pila se debe calentar (hasta 60 grados centígrados) y después de unos días que baje la temperatura de la pila, hay que traspalearla, agregando agua y colocando las partes externas de la pila en el centro y las partes del centro por afuera del nuevo montón ([CDI, 2009](#_ENREF_7)).

### El proceso del compostaje en cuatro periodos

Etapa de latencia: es la etapa inicial, considerada desde la conformación de la pila hasta que se constatan incrementos de temperatura, con respecto a la temperatura del material inicial. Esta etapa, es notoria cuando el material ingresa fresco al compostaje. Si el material tiene ya un tiempo de acopio puede pasar inadvertida. La duración de esta etapa es muy variable, dependiendo de numerosos factores. Si son correctos: el balance C/N, el pH y la concentración parcial de Oxígeno, entonces la temperatura ambiente y fundamentalmente la carga de biomasa microbiana que contiene el material, son los dos factores que definen la duración de esta etapa. Con temperatura ambiente entre los 10 y 12 ºC, en pilas adecuadamente conformadas, esta etapa puede durar de 24 a 72 hs ([Sztern y Pravia, 2009](#_ENREF_48)).

Etapa mesotérmica 1 (10-40ºC): en esta etapa, se destacan las fermentaciones facultativas de la microflora mesófila, en concomitancia con oxidaciones aeróbicas (respiración aeróbica). Mientras se mantienen las condiciones de aerobiosis actúan Euactinomicetos (aerobios estrictos), de importancia por su capacidad de producir antibióticos. Se dan también procesos de nitrificación y oxidación de compuestos reducidos de Azufre, Fósforo, etc. La participación de hongos se da al inicio de esta etapa y al final del proceso, en áreas muy específicas de los camellones de compostaje. La etapa mesotérmica es particularmente sensible al binomio óptimo humedad-aireación. La actividad metabólica incrementa paulatinamente la temperatura. La falta de disipación del calor produce un incremento aún mayor y favorece el desarrollo de la microflora termófila que se encuentra en estado latente en los residuos ([Sztern y Pravia, 2009](#_ENREF_48)).

Etapa termogénica (40-75ºC): la microflora mesófila es sustituida por la termófila debido a la acción de Bacilos y Actinomicetos termófilos, entre los que también se establecen relaciones del tipo sintróficas. Normalmente en esta etapa, se eliminan todos los mesófilos patógenos, hongos, esporas, semillas y elementos biológicos indeseables. Si la compactación y ventilación son adecuadas, se producen visibles emanaciones de vapor de agua. El CO2 se produce en volúmenes importantes que difunden desde el núcleo a la corteza. Este gas, juega un papel fundamental en el control de larvas de insectos. La corteza y más en aquellos materiales ricos en proteínas, es una zona donde se produce la puesta de insectos. La concentración de CO2 alcanzada resulta letal para las larvas. Conforme el ambiente se hace totalmente anaerobio, los grupos termófilos intervinientes, entran en fase de muerte. Como esta etapa es de gran interés para la higienización del material, es conveniente su prolongación hasta el agotamiento de nutrientes([Sztern y Pravia, 2009](#_ENREF_48)).

Etapa mesotérmica 2 con el agotamiento de los nutrientes, y la desaparición de los termófilos, comienza el descenso de la temperatura. Cuando la misma se sitúa aproximadamente a temperaturas iguales o inferiores a los 40ºC se desarrollan nuevamente los microorganismos mesófilos que utilizarán como nutrientes los materiales más resistentes a la biodegradación, tales como la celulosa y lignina restante en las parvas. Esta etapa se la conoce generalmente como etapa de maduración. Su duración depende de numerosos factores. La temperatura descenderá paulatinamente hasta presentarse en valores muy cercanos a la temperatura ambiente. En estos momentos se dice que el material se presenta estable biológicamente y se da por culminado el proceso ([Sztern y Pravia, 2009](#_ENREF_48)).

### Factores del compostaje

Para el crecimiento microbiano en la pila de compost, es necesario que haya un balance entre carbono y nitrógeno que son los macronutrientes más importantes, los materiales ricos en carbono son color café y seco y los ricos en nitrógeno son verdes y húmedos. Los micronutrientes son el manganeso, cobre, magnesio y cobalto y hay una categoría intermedia entre micro y macro nutrientes donde están el fósforo, potasio y calcio. Los microbios usan el carbono para su oxidación metabólica, parte lo convierten en bióxido de carbono y parte lo combinan con nitrógeno para sus células, cuando el carbono está en lignina o celulosa cuesta biodegradarlo y hay que reciclarlo varias veces en una pila de compost. Cuando el carbono se quema es cuando se eleva la temperatura de la pila y a eso se debe que se reduzca el volumen de la pila durante el compostaje. El nitrógeno es necesario para el crecimiento de las células, cuando hay exceso del mismo se libera como amoniaco y cuando hay escasez se retarda el compostaje ([Navarro, 2005](#_ENREF_23)).

Los ingredientes principales son materia orgánica, tierra, agua y aire. En las áreas rurales deben contener estiércol. Las herramientas que se necesitan son bieldo, pala, cubetas o manguera, plástico para cubrir y un arenero para el terminado final. Si se pica o se corta en pedazos pequeños el material que va a compontearse, la descomposición se acelera. Por ello un molino o una trituradora ahorran meses de composteo. De preferencia no utilices hojas de eucalipto, o en poca cantidad, pues sus aceites no permiten el desarrollo de algunas bacterias y hongos encargados de la degradación. Si cuentas con una gran cantidad podrías considerar hacer una composta solo de hojas de eucalipto con tierra y no ocupar esta composta en hortalizas, sino en las orillas con especies de árboles y arbustos. Si vas a utilizar viruta o cascarilla de madera, asegúrate que no haya sido tratada con insecticida, diesel o pegamento. Procura no usar cal. La cal oxida la materia orgánica y las bacterias de la tierra mueren ([CDI, 2009](#_ENREF_7)).

### Oxigeno

El compostaje es un proceso aerobio y se debe mantener una aireación adecuada para permitir la respiración de los microorganismos, liberando a su vez, dióxido de carbono (CO2) a la atmosfera. Así mismo, la aireación evita que el material se compacte o se encharque. Las necesidades de oxígeno varían durante el proceso, alcanzando la mayor tasa de consumo durante la fase termofílica. La saturación de oxígeno en el medio no debe bajar del 5%, siendo el nivel óptimo el 10%. Un exceso de aireación provocaría el descenso de temperatura y una mayor pérdida de la humedad por evaporación, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua. Las células de los microorganismos se deshidratan, algunos producen esporas y se detiene la actividad enzimática encargada de la degradación de los diferentes compuestos. Por el contrario, una baja aireación, impide la suficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis. Se producen entonces malos olores y acidez por la presencia de compuestos como el ácido acético, ácido sulfhídrico (H2S) o metano (CH4) en exceso ([Roman *et al.*, 2013](#_ENREF_32)).

El consumo de oxígeno es directamente proporcional a la actividad microbiana; por ello existe una relación directamente proporcional entre el oxígeno consumido y la temperatura. La mayor cantidad de oxígeno se requiere durante la fase inicial de la descomposición, debido al crecimiento de la población microbiana, el incremento en la temperatura y la gran actividad bioquímica; durante la fase de estabilización, la demanda de oxígeno decrece ([SAGARPA](#_ENREF_36)).

### Abono Orgánico

Los abonos orgánicos son todos aquellos residuos de origen animal o vegetal de los que las plantan pueden obtener importantes cantidades de nutrimentos; el suelo, con la descomposición de estos abonos, se ve enriqueciendo con carbono orgánico y mejora sus características físicas, químicas y biológicas. Entre los abonos orgánicos se incluyen los estiércoles, compostas, vermicomposta, abonos verdes, residuos de las cosechas, residuos orgánicos industriales, aguas negras y sedimentos orgánicos ([SAGARPA](#_ENREF_35)).

La composta es utilizada como abono es importante considerar que la disponibilidad de nutrientes varía mucho dependiendo de la materia prima utilizada, el método de compostaje y el grado de madurez del producto final. La velocidad con que las compostas liberan los nutrientes es una medida indirecta de la disponibilidad de ellos, ya que estos pueden ser liberados, ya sea por volatilización y/o lixiviación; sin embargo, la determinación de la cantidad de nutrientes retenidos en la composta permite estimar su efecto residual ([Hernandez *et al.*, 2009](#_ENREF_16)).

## Composta terminada

### Utilización

El producto final del compostaje es un material parecido al humus del suelo, denominado compost, fácil de almacenar y transportar, que tiene un interesante valor agronómico, principalmente por su contenido en materia orgánica y en elementos fertilizantes y que se utiliza en distintas actividades agrícolas: frutales, viñas, cítricos, olivos, cultivos hortícolas, floricultura y jardinería, entre otros. Además también se emplea para mejorar los suelos, ya que da cuerpo a las tierras ligeras, disgrega a las compactas y evita la formación de costras y airea las raíces, regulando la permeabilidad y el drenaje de los mismos. En consecuencia, más que un sistema de tratamiento de residuos, puede ser contemplado como un procedimiento de obtención de un material útil a partir de una materia prima calificada como residuo. Todo ello hace que el compostaje se plantee en la actualidad como una de las mejores alternativas para la gestión de residuos de naturaleza orgánica, incluidos los residuos sólidos urbanos ([Solans *et al.*, 2008](#_ENREF_45)).

A finales del siglo XIX se utilizó, principalmente en Estados Unidos, como una manera de tratar los residuos humanos en aquellas poblaciones que no disponían de sistema de alcantarillado, y fue en la primera mitad del siglo XX que Albert Howard sistematizó el compostaje (sistema Indore) y lo valoró como una técnica higiénica de tratar residuos sin olvidar la producción de compost ([Soliva *et al.*, 2008](#_ENREF_46)).

## Fertilizantes químicos

Las plantas para su metabolismo necesitan del Nitrógeno, el Fósforo y el potasio, y en menor extensión de Azufre (S), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg). Además, necesita pequeñas cantidades de los siguientes nutrientes, denominados elementos traza: Hierro (Fe), cobre (Cu), Zinc (Zn), Boro (B), Manganeso (Mn) Cloro (Cl) y molibdeno

(Mo). Los fertilizantes son sustancias generalmente mezclas químicas artificiales que se aplican al suelo o a las plantas para hacerlo más fértil. Estos aportan al suelo los nutrientes necesarios para proveer a la planta un desarrollo óptimo y por ende un alto rendimiento en la producción de cosechas ([Campos, 2012](#_ENREF_6)).

Los fertilizantes proveen nutrientes que los cultivos necesitan. Con los fertilizantes se pueden producir más alimentos y cultivos comerciales, y de mejor calidad. Con los fertilizantes se puede mejorar la baja fertilidad de los suelos que han sido sobreexplotados. Todo esto promoverá el bienestar de su pueblo, de su comunidad y de su país ([Serrato, 2009](#_ENREF_43))

La utilización eficiente de los fertilizantes posee un sin número de ventajas, las cuales dependen de variados factores que establecen el modo en que los agricultores aplican y utilizan los fertilizantes. Para ello es muy necesaria la cooperación de los entes públicos y privados, la existencia de mejores sistemas de distribución ([Silva, 2010](#_ENREF_44))

### Efectos negativos de la fertilización química

Para la agricultura, se ha vuelto necesaria la adición de fertilizantes y plaguicidas para obtener una mayor producción en la siembre. La adición de fertilizantes y agroquímicos, además de implicar un gasto adicional para los productores, ha ocasionado problemas de contaminación al suelo, a los cuerpos de agua y a la salud. Esto ocurre cuando llueve y estas sustancias son llevadas por las corrientes a los cuerpos de agua o se infiltran al subsuelo ([Rubinoff, 2010](#_ENREF_33)).

El consumo de los fertilizantes es uno de los indicadores claves de la intensificación de la agricultura y del desarrollo agrícola, donde el nutriente más utilizado es el nitrógeno, ya que éste afecta directamente los rendimientos y la calidad de los productos. Cabe observar con preocupación el efecto del nitrógeno sobre el medio ambiente, ya que puede causar la eutrofización de las aguas, el crecimiento excesivo de algas, la acidificación del suelo y la destrucción de los hábitats naturales con bajo contenido en nutrientes ([Silva, 2010](#_ENREF_44)).

Se ha establecido que como consecuencia de las actividades antrópicas destinadas a obtener incrementos en rendimiento de las cosechas, se ha contaminado el suelo con una serie de productos altamente resistentes y acumulativos, como herbicidas y metales pesados, además de otros contaminantes, que, sin ser acumulativos (como es el caso de los nitratos), se lixivian fácilmente y contaminan otros medios más sensibles e indefensos como el acuático ([Silva, 2010](#_ENREF_44))

# CONCLUSIÒN

En la Universidad Autónoma agraria Antonio Narro se encuentran diferentes áreas de jardines por lo cual a diario se tiene que estar podando para un mejor aspecto, por lo cual se obtiene 3 toneladas diarias de residuos vegetales, a lo cual estos son vaciados a lugares inapropiados causando contaminación, por lo cual existe una alternativa para el manejo de estos como el proceso del compostaje ya que esto ayuda para disminuir la contaminación y obtener un provecho económico.

# Bibliografía

Alvarez, J. 2007. (en linea) manual de compostaje para agricultura ecològica. consejeria de agricultura y pesca (http://www.Cienciasmarinas.uvigo. es/ bibliografia\_ambiental/agricultura\_ecoloxica/Manual%20compostaxe.pdf 18/mayo/2015).

Ardavin, J. 2006. (en linea) norma oficial mexicana (<http://www.inb.unam.mx/stecnica/nom052_semarnat.pdf> 020/mayo/2015).

Bueno, P., M. Diaz y F. Cabrera. 2008. (en linea) factores que afectan al proceso de compostaje.(<http://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/10263/Factores%10220que%10220afectan%10220al%10220proceso%10220de%10220compostaje.pdf> 10220/mayo/12015).

Bustos, C. 2009. La problemàtica de los desechos sòlidos. Economìa121.

Cabrera, M. 2007. (en linea) mineralizacion y nitrificacion: Procesos claves en el cilo del nitrògeno. International plant nutriont institute (http://www.ipni .net/publication/ia-lacs.nsf/0/77FA8167A2170897852579 9500785679/$FILE/Cabrera-IA21708978525799500785634.pdf 21708978525799500785618/mayo/21708978525799500782015).

Campos, D. 2012. Fertilizantes quimicos <http://ilovemyplanet123.blogspot.mx/2012/11/que-es-un-fertilizante-las-plantas-para.html>.

CDI. 2009. Como se hace una composta, Comision Nacional Para el Desarrollo de los Pueblos Indigenas.

CICENA. 2003. (en linea) reciclaje de residuos solidos. . (<http://www.ciceana.org.mx/recursos/Reciclaje%20de%20residuos%20solidos.pdf> 20/mayo/2015).

Cisneros, B. 2008. (en linea) contaminaciòn del suelo. (<http://www.ciceana.org.mx/recursos/Contaminacion%20del%20suelo.pdf> 20/mayo/2015).

Cortinas, C., Y. Ordaz, I. Jimenez, J. Medina, I. Aguirre y A. Cebrian. 1999. (en linea) minimizacion y menejo ambiental de los residuos solidos. (<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/download/133.pdf> 120/mayo/2015).

Fox Quesada, V. 2003. Ley general para la prevencion y gestion integral de los residuos. (<http://www.metro.df.gob.mx/transparencia/imagenes/fr1/normaplicable/2014/2011/lgeepa14012014.pdf> 14012020/mayo/14012015).

Gonzales, C. y J. Morales. 2002. Hard times or promising future for composting in mexico? BIOCYCLE INTERNATIONAL74-75.

Gonzales, O., C. Iglesias y M. Herrera. 2009. Analisis de los factores que provocan compactaciòn del suelo. Revista Ciencias Tècnicas Agropecuarias 181.

Gordillo, A., R. Cabrera, M. Hernandez, E. Galindo, E. Otazo y F. Prieto. 2010. (en linea) evaluacion regional del impacto antropogenico sobre aire, agua y suelo. Caso: Huasteca hidalguense, mexico. ([www.revistas.unam.mx/index.php/rica/article/view/20460](http://www.revistas.unam.mx/index.php/rica/article/view/20460) 20420/mayo/22015).

Guzmàn, M. y C. Himilce. 2012. El manejo de los residuos sòllidos municipales: Un enfoque antropològico. Estudios Sociales 20.

Hernandez, A., D. Ojeda, C. Vences y Chavez, C. . 2009. (en linea) situacion actual del recurso suelo y la incorporacion de abonos organicos como estrategia de conservacion (<http://www.uach.mx/extension_y_difusion/synthesis/2009/2008/2020/situacion_actual_del_recurso_suelo.pdf> 20/mayo2015).

LGEEPA. 1988. (en linea). (<http://www.metro.df.gob.mx/transparencia/imagenes/fr1/normaplicable/2014/2011/lgeepa14012014.pdf> 14012020/mayo/14012015).

Longoria, R., M. Olive, J. Torres, J. Gonzalez y M. Mendez. 2014. Diseño, construccion y prueba de un prototipo automatico para compostaje. Fac. Ing. Univ. Antioquia. (70): 185-196.

Lowell, E. 2014. Why waste. Operations62-64.

Mazzarino, M. 2012a. De residuos a recursos: El otro camino de los desechos orgánicos urbanos. 1Conferencia. Memorias IV Congreso Internacional de Ingeniería Civil.

Mazzarino, M. 2012b. (en linea) de residuos a recursos: El otro camino de los desechos organicos urbanos. . (<http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/DPGC/file/Mazzarino-Conferencia%20Tunja-2012%2020%2281%2029.pdf> 2020/mayo/2015).

Moldenke, A. 2007. (en linea) materia organica y actividad biològica. conservaciòn de los recursos naturales para una agricultura sostenible(http://www.fao.org/ag/ca/training\_materials/cd27spanish/ba/organic\_matter.pdf 20/mayo/2015).

Navarro, R. 2005. (en linea) manual para hacer composta aeròbica. Cesta(<http://latinamericacaribbean.recpnet.org/uploads/resource/cc1bd87a29c857c262b2655a94510754.pdf> 94510712/mayo/94512015).

Ocaña, R., L. Marmolejo y P. Torres. 2012. Perspectivas de aplicaciòn del compostaje de biorresiduos provenientes de residuos solidos municipales. Revista Ingenierías Universidad de Medellín 1167-75.

Olivares, M., A. Hernandez, C. Vences, L. Jaquez y D. Ojeda. 2012. (en linea) lombricomposta y composta de estiercol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo (<http://www.universidadyciencia.ujat.mx/sistema/documentos/volumenes/28-21-2012/2013--2624.pdf> 2020/mayo/2015).

Oviedo, R., L. Marmolejo y P. Torres. 2012. (en linea) perspectivas de aplicacion del compostaje de biorresiduos provenientes de residuos solidos municipales. . (<http://revistas.udem.edu.co/index.php/ingenierias/article/view/647> 620/mayo/2015).

Palmero, R. 2010. (en linea) elaboracion de compost con restos vegetales por el sistema tradicional en pilas o montones. (<http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/sost_257_L_sost_ela_compost.pdf> 220/mayo/2015).

PAOT. 2003. (en linea) manejo y conservacion de areas verdes. (<http://www.lomasdezamora.gov.ar/attachments/article/1354/Manejo%1320y%1320Conservacion%1320Areas%1320Verdes.pdf> 1320/mayo/2015).

Roben, E. 2002. (en linea) manual de compostaje para municipios. (<http://www.resol.com.br/Cartilha7/ManualCompostajeparaMunicipios.pdf> 13/mayo/2015).

Rodrìguez, M. y A. Còrdova. 2006. (en linea) tratamiento de residuos sòlidos urbanos. Instituto nacional de ecologìa(<http://www2.gtz.de/dokumente/bib/07-0108.pdf> 0115/mayo/2015).

Rollandi, R. 2010. (en linea)problematica de la gestion de residuos solidos urbanos en las megaciudades. . (<http://www.ic-latinoamerica.com/descargas/pdf/articulos_interes/2012-2004_problematica_de_la_gestion.pdf> 2020/mayo/2015).

Roman, P., M. Martinez y A. Pantoja. 2013. (en linea) manual de compostaje del agricultor. organizacion de las naciones unidas para la alimentaciòn y la agricultura(<http://www.fao.org/docrep/019/i3388s/i3388s.pdf> 3310/mayo/2015).

Rubinoff, P. 2010. Que es la composta y cuales son sus beneficios. conservacion de los ecosistemas costeros criticos3.

SAGARPA. Elaboracion de composta. SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA, DESARROLLO RURAL PESCA Y ALIMENTACION.

SAGARPA. (en linea) abonos organicos. subsecretaria de desarrollo rural(

SAGARPA. (en linea) elaboracion de composta. Subsecretaria de desarrollo rural(<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Elaboraci%C3%B3n%20de%20Composta.pdf> 20/mayo/2015).

SEMARNAT. 2006. (en linea) estrategia de educacion ambiental para la sustentabilidad en mexico. . ([http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/educacionambiental/publicaciones/Estrategia%20de%20Educaci%C23%B23n%20Ambiental%20para%20la%20Sustentabilidad%20-%20SEMARNAT%202006.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/educacionambiental/publicaciones/Estrategia%20de%20Educaci%EF%BF%BD3%EF%BF%BD3n%20Ambiental%20para%20la%20Sustentabilidad%20-%20SEMARNAT%202006.pdf) 202020/mayo/202015).

SEMARNAT. 2010a. Directorio de centros de acopio de materiales provenientes de residuos en méxico. GOBIERNO FEDERAL.

SEMARNAT. 2010b. (en linea) directorio de centros de acopio de materiales provenientes de residuos en méxico. (<http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/transparencia/transparenciafocalizada/residuos/Documents/directorio_residuos.pdf> 20/mayo/2015).

SEMARNAT. 2013. (en linea) lineamientos para el otorgamiento de apoyos de la semarnat para proyectos de residuos solidos urbanos y de manejo especial. . (<http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1306/1301/nom-1083-semarnat-2003.pdf> 1320/mayo/2015).

SEP. 2012. Educacion ambiental para la sustentabilidad. Secretaria de Educacion Publica2.

Sepulveda, F., F. Tapia y S. Ardiles. 2010. (en linea) beneficios de la materia orgànica en los suelos. (<http://platina.inia.cl/ururi/docs/Informativo_INIA-URURI_23.pdf> 20/mayo/2015).

Serrato, J. 2009. Los fertilizantes y su uso. ifa1.

Silva, C. 2010. Agricultura limpia y la necesidad del uso racional de los fertilizantes IDESIA 285.

Solans, X., E. Gadena y A. Mensilla. 2008. (en linea) residuos sòlidos urbanos: Riesgos laborales en plantas de compostaje. insituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo([http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/786a820/NTP-805%720web.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/786a820/NTP-805r0web.pdf) 705/mayo/2015).

Soliva, M., M. Lopez y O. Huerta. 2008. (en linea)pasado, presente y futuro del compost. (<http://upcommons.upc.edu/e-prints/bitstream/2117/9557/2111/Soliva%202008%202020futuro%202020compost.pdf> 202020/mayo/202015).

Sorensen, M., V. Barzetti, K. Keipi y J. Williams. 1998. (en linea) manejo de las areas veredes urbanas. (<http://services.iadb.org/wmsfiles/products/Publications/1441394.pdf> 1441320/1441305/1442015).

Sztern, D. y M. Pravia. 2009. (en linea) manual para la elaboracion de compost bases conceptuales y procedimientos. . (<http://www.bvsops.org.uy/pdf/compost.pdf> 20/mayo/2015).

Varnero, M., K. Galleguillos y R. Rojas. 2011. Sistemas de compostaje para el tratamiento de alperujo Informacion tecnologica 22(5): 49-56.

Varon, L. 2010. Aspectos arquitectonicos para la gestion de residuos solidos domiciliarios en el area metropolitana del valle de aburra. produccion limpia 5(2): 37-38.

Wightman, K. y S. Cruz. 2009. La cadena de la reforestaciòn y la importamcia en la calidad de las plantas. Foresta Veracruzana 545.