

La Escoba

Boletín de opciones para dejar de hacer basura

Número 2 - Septiembre 2022



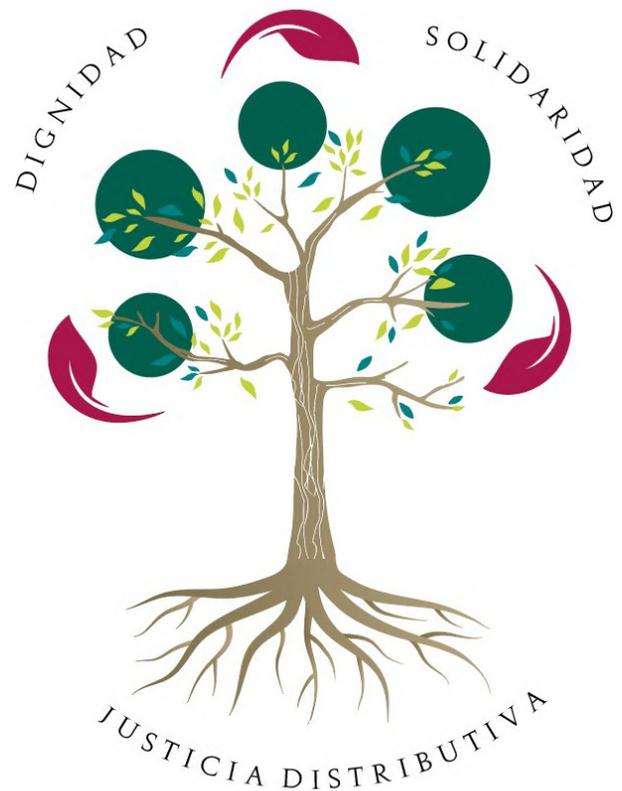
**GOBIERNO DE
MÉXICO**



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología



Los centros municipales de compostaje para la gestión integral de residuos sólidos urbanos en el nuevo paradigma de economía circular



Mtro. Francisco Martínez Tlapa

Mtra. Angélica Renée Euán Canché

Dra. Elizabeth Gordillo Cruz

La mayoría de los municipios mexicanos no cuenta con una adecuada gestión de los residuos sólidos, pues para abordar la problemática de 'la basura' se requiere más que sólo construir sitios de disposición final. Uno de los elementos centrales para un cambio de paradigma en la manera en que manejamos los residuos es la sensibilización de los sectores educativos, sociales y productivos, pues estos sectores en conjunto son los generadores de los mismos.

La sensibilización es importante en dos líneas, una dirigida hacia la reducción de residuos y la otra hacia la separación desde el origen, pues por una parte es importante que tanto los ciudadanos como el sector productivo tomen conciencia y realicen un cambio en las formas insostenibles de producir y consumir, y por otra parte es crucial promover la revalorización de los residuos bajo la premisa de que la basura no es basura hasta que los residuos se revuelven, pues todo aquel residuo susceptible de retornar al ciclo productivo, ya sea orgánico o inorgánico, tiene más posibilidades de hacerlo si no se encuentra contaminado. En las siguientes páginas, veremos las bondades de reciclar los residuos orgánicos.

Siglas y abreviaturas

- CMC** - Centros Municipales de Compostaje
- CMC-Xalapa** - Centro Municipal de Compostaje de Xalapa
- CML** - Centro Municipal de Lombricompostaje
- CML-Teocelo** - Centro Municipal de Lombricompostaje de Teocelo
- DBGIR** - Diagnóstico Básico de Gestión Integral de Residuos
- EC** - Economía Circular
- FORSU** - Fracción Orgánica de Residuos Sólidos Urbanos
- FIRSU** - Fracción Inorgánica de Residuos Sólidos Urbanos
- GIRSU** - Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos
- IAP** - Investigación Acción Participativa
- RSU** - Residuos Sólidos Urbanos



Momentos históricos de la fracción orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos

Desde que la agricultura se inventó, hace aproximadamente 12,000 años, en el Neolítico, los campesinos aseguraban la fertilidad de sus campos mediante la descomposición de los residuos orgánicos animales y vegetales de sus granjas. Esta técnica estaba basada en lo que ocurría en la naturaleza sin la ayuda del ser humano, donde la materia orgánica de plantas y animales se mezclaba en el suelo, descomponiéndose y aportando sus nutrientes a la tierra de la que se alimentaban de nuevo las plantas (Cubero, 2018).

En el caso específico de la cultura del valle de México, sus pobladores tenían una visión de la creación y la regeneración tanto de la vida como de sus residuos, y para ello la reutilización era parte del equilibrio. Los mexicas practicaban el



Figura 1. La diosa Tlazoltéotl representada en el Códice Boturini. Lleva colgando pieles humanas, una vestimenta habitual entre las deidades náhuas (Tannhauser-Cabaret, 2013).

reúso de residuos orgánicos. Estaba integrado a sus prácticas agrícola, religiosas y culturales. Se tenían los conceptos de renovación y transformación con la diosa Tlazoltéotl (**Figura 1**), cuyo nombre en español significa “comedora de inmundicias”. Efectivamente, comía desechos y excrementos, en relación con la necesidad de abono por parte de la tierra para dar frutos. La tierra necesita alimento para regenerarse, para cambiar de piel y revestirse de una nueva.

En este sentido, los mexicas tenían un conocimiento amplio del medio ambiente, ya que era indispensable prever la fuente de alimentación de los habitantes de Tenochtitlán. Este pueblo desarrolló sistemas de irrigación ingeniosos alrededor de las chinampas y concibió maneras para abonar orgánicamente la tierra (Giasson, 2001; Sánchez, 2022).

Para los mexicas, el manejo de los residuos orgánicos fue una actividad especializada que operaba sobre bases regionales. Los Cuitlahuacas eran recolectores de residuos sólidos, que eran sacados en canastos desde Tlatelolco y Tenochtitlán (**Figura 2**). Los transportaban en canoas hasta las zonas pantanosas del sureste del valle de México, donde eran “composteados” para su uso como fertilizante agrícola. Una fracción era tratada parcialmente para convertirla en antorchas con el objetivo de alumbrar algunas áreas de la ciudad (Ezcurra, 1999).



Figura 2. Ruta que seguían los Cuitlahuacas para llevar los residuos a Cuitláhuac (Gaceta de Iztapalapa, 2017).

Para los **mexicas**, el manejo de los residuos orgánicos fue una **actividad especializada** que operaba sobre bases regionales.

Los residuos orgánicos del valle de Anáhuac se trataban en un área llamada Cuitláhuac, palabra traducida del náhuatl como: “rodeada de residuos”. El nombre del área fue simplificado por los españoles y ahora lo conocemos como Tláhuac. La materia fértil (especie de composta) proveniente de ahí era indispensable para formar suelos y fertilizar las chinampas de las zonas vecinas de Iztapalapa, Xochimilco y Chalco (**Figura 3**).

La actividad de manejo de los recursos y la disposición tradicional de los desechos recolectados fueron violentamente interrumpidos debido a la conquista española. El equilibrio ambiental de la cuenca del Valle de México se colapsó y el manejo de residuos sólidos se perdió. Esto sucedió asimismo con la administración milenaria de aguas, suelos y bosques. Las unidades sociales básicas, llamadas *calpullis*, fueron paulatinamente transformadas para usar a sus pobladores como mano de obra en encomiendas y repartimientos. Los consejos comunitarios fueron sustituidos por cacicazgos. El mercantilismo provocó un afán desmedido de extracción de recursos naturales (López Austin, 1996; Mazari et al, 2001).

Gradualmente, se olvidaron las formas existentes de colaboración humana con el ciclo natural, a tal grado que las propias calles se convirtieron en tiraderos de desperdicios, donde se arrojaban excretas y orines por las ventanas.



Figura 3. Práctica de la agricultura en chinampas (Hodge, 1998).

En la actualidad, esas costumbres indiferentes con el impacto en el entorno fueron heredadas, por ejemplo, al arrojar basura en calles, terrenos baldíos, ríos y barrancas, siendo estas actitudes hijas de aquellas licencias de comportamiento que ignoraron y normalizaron la insalubridad.

Por esto resulta importante reflexionar sobre nuestro comportamiento actual ante la generación y el manejo de residuos. Situándonos específicamente en la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (FORSU), debemos analizar si estamos haciendo buen uso de estos recursos, o si únicamente estamos desperdiciando la materia prima que podría regresarle fertilidad a la tierra, esa tierra que tanto nos brinda para la subsistencia y el desarrollo de la especie humana.

El equilibrio ambiental de la cuenca del Valle de México se colapsó y el manejo de residuos sólidos se perdió.

¿Qué pasa en la actualidad con la fracción orgánica de Residuos Sólidos Urbanos?

El desarrollo de cualquier actividad económica, para la satisfacción de las necesidades del ser humano, como la producción y el consumo de bienes y servicios, genera residuos, los cuales, si no son gestionados adecuadamente pueden tener un impacto negativo en el ambiente y por ende en la salud humana (SEMARNAT, 2019). Además de atender las problemáticas señaladas, la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU), basada en el paradigma de la Economía Circular (EC), procura reducir la generación de estos y gestionar su adecuada disposición final en sitios que procuren su retorno al ciclo productivo, con la intención de minimizar la extracción de recursos (evitando su agotamiento) como el agua o la energía, entre otros, así como la emisión de gases de efecto invernadero.

La revalorización de los residuos contribuye a minimizar los problemas que origina la inadecuada GIRSU, ya que al disminuir la cantidad de los residuos que se disponen en un relleno sanitario bajo la lógica de la economía lineal tradicional de consumir – desechar, se logra la obtención de subproductos útiles a partir de la transformación de residuos tanto de la FORSU, como de la fracción inorgánica de Residuos Sólidos Urbanos (FIRSU).

Situándonos específicamente en el aprovechamiento de la FORSU, la revalorización se puede dar a través de diferentes métodos como compostaje, lombricultura, digestión anaerobia, biocombustibles, gasificación, resultando en subproductos como composta, vermicomposta, biogás, biosólido, biodiesel,

entre otros, lo cual impacta positivamente tanto en el medio ambiente, como en la economía y en las dinámicas socioculturales.

En la **Figura 4** se muestra el Diagnóstico Básico de Gestión Integral de Residuos (DBGIR) realizado por SEMARNAT (2020), en el cual se observa la cantidad de FORSU generada en México. En los municipios entre 30 mil y 40 mil habitantes se genera un 40.32% de residuos orgánicos, y en las localidades inferiores a 10 mil habitantes se produce 53.46%, por lo que el promedio nacional de generación de FORSU se ubica en el 46.42%.

Son diversos factores los que influyen en el porcentaje FORSU que pueden ser regresados al ciclo productivo en cada uno de los municipios. Tomando en cuenta que el promedio nacional de generación es de 46.42%, podemos apreciar la gran área de oportunidad que existe para revalorizar los residuos orgánicos.

El artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos deposita la responsabilidad de una serie de funciones y servicios públicos en los municipios de la nación, entre ellos los de limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos (DOF, 2021). Por ello, la profesionalización del sector público y la implementación de planificación estratégica resultan esenciales para abordar temas prioritarios de servicios básicos como lo es la GRSU, pues a través de los instrumentos jurídicos y normativos se debe sustentar el diseño e implementación de sitios de disposición final dotados de una infraestructura y una capacidad técnica e interdisciplinaria capaz de solucionar, o al menos en una primera etapa minimizar, las diversas problemáticas que la generación desmedida de residuos ocasiona.

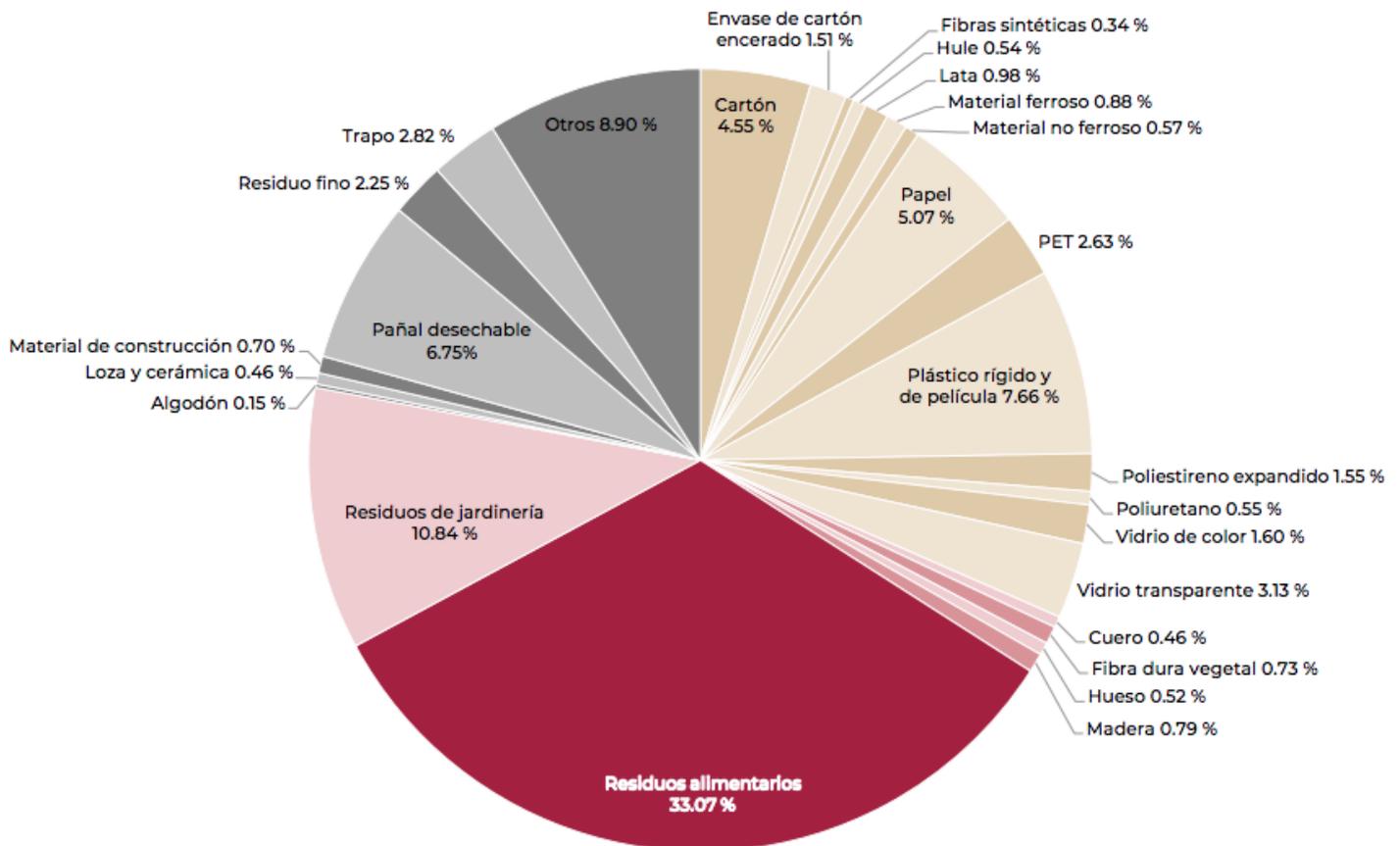


Figura 4. Composición porcentual promedio de los residuos. SEMARNAT, 2020.

Compostaje y compost

Con excepción de los componentes plásticos, de goma y de cuero, la fracción orgánica de la mayoría de los residuos sólidos urbanos se puede considerar compuesta por proteínas, aminoácidos, lípidos, hidratos de carbono, celulosa, lignina y ceniza. Si se someten estos materiales orgánicos a descomposición aerobia microbacteriana, el producto final que queda después de cesar casi toda la actividad microbiológica es un material de humus comúnmente conocido como compost. El proceso de formación de compost se conoce como compostaje. Cuando se añade compost al suelo, se sueltan los suelos compactos, se mejora la textura de los suelos arenosos, y se incrementa la capacidad de retención de agua en la mayoría de los suelos. Es por ello que pueden reemplazar ventajosamente a muchos abonos de origen químico.

Virginio Bettini, El ciclo de los desechos en la ciudad, en *Elementos de ecología urbana*. Editorial Trotta, 1998.

Una de las propuestas en las líneas de acción de los municipios para GIRSU de la FORSU, consiste en el diseño y establecimiento de Centros Municipales de Compostaje (CMC) a través de los cuales se transforman los residuos orgánicos en abono orgánico de alta calidad, obteniendo de un 10% a un 20% de abono orgánico a partir del aprovechamiento de la FORSU de residuos domiciliarios y grandes generadores. Los casos de éxito (los cuales se detallarán más adelante) han mostrado grandes resultados en el ámbito ambiental, productivo-económico, sociocultural y político administrativo al vincular la política pública ambiental con la política pública social, pues la producción del abono orgánico se ha utilizado para propiciar la seguridad alimentaria, la producción agroecológica y el embellecimiento de los espacios públicos de los municipios que cuentan con su CMC o Centro Municipal de Lombricompostaje (CML), así como con la política pública de salud, pues han impactado en la producción de alimentos sanos y en el mantenimiento de espacios higiénicos para el manejo de alimentos, así como en los espacios públicos. Todo esto coadyuva a mejorar la salud tanto de los trabajadores de los sitios de gran generación como de los ciudadanos en

La producción del abono orgánico se ha utilizado para propiciar la **seguridad alimentaria, la producción agroecológica y el embellecimiento de los espacios públicos.**

Una oportunidad para el aprovechamiento de la fracción orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos

La mayoría de los municipios mexicanos no cuenta con una adecuada gestión de los residuos sólidos, pues para abordar la problemática de ‘la basura’ se requiere más que sólo construir sitios de disposición final. Uno de los elementos centrales para un cambio de paradigma en la manera en que manejamos los residuos es la sensibilización de los sectores educativos, sociales y productivos, pues estos sectores en conjunto son los generadores de los mismos.

La sensibilización es importante en dos líneas, una dirigida hacia la reducción de residuos y la otra hacia la separación desde el origen, pues por una parte es importante que tanto los ciudadanos como el sector productivo tomen conciencia y realicen un cambio en las formas insostenibles de producir y consumir, y por otra parte es crucial promover la revalorización de los residuos bajo la premisa de que la basura no es basura hasta que los residuos se revuelven, pues todo aquel residuo susceptible de retornar al ciclo productivo, ya sea orgánico o inorgánico, tiene más posibilidades de hacerlo si no se encuentra contaminado.

Los residuos generados en hogares o comercios pueden parecer pocos si se consideran individualmente, pero si analizamos los que se generan todos los días en millones de hogares y comercios, las cantidades son sorprendentes. De acuerdo con estimaciones de SEMARNAT (2020), en México se generan 120, 128 toneladas de RSU al día, y aquellos que no son separados desde el origen resultan más difíciles de gestionar. Es por ello que el planteamiento de GIRSU involucra la sensibilización para realizar la separación de los residuos desde el origen, así como caracterizar a los

generadores de residuos, para a partir de ello elaborar diagnósticos que coadyuven a la planificación estratégica de los municipios.



Figura 5. Clasificación de los residuos según su origen.



La importancia de la caracterización y análisis de generación de residuos radica en que el tratamiento de los residuos es diferente de acuerdo con su origen (Figura 5), por ello desde el diagnóstico es prioritario identificar cuáles son residuos domiciliarios y cuales son de grandes generadores, ya que esa información influirá en las propuestas de establecimiento de sitios de disposición final.

Es prioritario que los gobiernos locales impulsen programas que favorezcan la reducción y aprovechamiento de los residuos para la elaboración de subproductos, los cuales a su vez tengan impactos positivos regionales a partir de la recuperación de suelos, el embellecimiento de espacios públicos y la cobertura de seguridad alimentaria en poblaciones vulnerables.

Lo menos deseable es que estos residuos orgánicos susceptibles de revalorización sean desaprovechados y enterrados en los rellenos sanitarios (Figura 6; CCA, 2017).

¿Cómo es un Centro Municipal de Compostaje en el sentido técnico?

Un CMC es un sistema de tratamiento de residuos orgánicos biodegradables basado en una actividad microbiológica, realizada en condiciones controladas (siempre aeróbicas y mayoritariamente termófilas). Los parámetros de seguimiento en un CMC son los siguientes.

Temperatura

En los CMC, el material que se compostea se coloca en pilas; si las condiciones son las adecuadas, comienza la actividad microbiana. Inicialmente todo el material está a la misma temperatura, pero al crecer los microorganismos se genera calor aumentando la temperatura. El síntoma más claro de la actividad microbiana es el incremento de la temperatura de la masa que está compostando, por lo que la temperatura ha sido considerada tradicionalmente como una variable fundamental en el control del compostaje (Miyatake y col., 2006).



Figura 6. Jerarquía de la recuperación de los residuos orgánicos. CCA, 2017.

El pH es la medida del grado de acidez o alcalinidad de una sustancia o una solución. El pH se mide en una escala de 0 a 14. En esta escala, un valor pH de 7 es neutro, lo que significa que la sustancia o solución no es ácida ni alcalina.

Humedad

En el proceso biológico de descomposición de la materia orgánica, la presencia de agua es imprescindible para las necesidades fisiológicas de los microorganismos, ya que es el medio de transporte de las sustancias solubles que sirven de alimento a las células y de los productos de desecho de las reacciones que tienen lugar durante dicho proceso (Madejón y col, 2002). La humedad de la masa de compostaje debe ser la adecuada para que el agua no llegue a ocupar totalmente los poros de dicha masa (Miyatake y col., 2006), para que permita la circulación tanto del oxígeno (ya que el proceso debe desarrollarse en condiciones aerobias), como la de otros gases producidos en la reacción.

La humedad óptima para el crecimiento microbiano está entre el 50-70%; la actividad biológica disminuye mucho cuando la humedad está por debajo del 30%; por encima del 70% el agua desplaza al aire en los espacios libres existentes entre las partículas, reduciendo la transferencia de oxígeno y produciéndose una anaerobiosis. Cuando las condiciones se hacen anaerobias se originan malos olores y disminuye la velocidad del proceso. Esto debe ser considerado en los CMC, con una etapa de desecación.

pH

En el compostaje el pH influye debido a su acción sobre la dinámica de los procesos microbianos. Sin embargo, su medida, la cual se realiza en el laboratorio sobre el

extracto acuoso de las muestras tomadas en las pilas, es sólo una aproximación del pH "in situ" (Sundberg y col, 2004). Mediante el seguimiento del pH se puede obtener una medida indirecta del control de la aireación de la mezcla, ya que si en algún momento se crean condiciones anaeróbicas se liberan ácidos orgánicos que provocan el descenso del pH.

Aireación

Para el compostaje es importante la presencia de oxígeno que aporta el aire, debido a que los microorganismos que en él intervienen son aerobios. Las pilas de compostaje presentan porcentajes variables de oxígeno en el aire: la parte más externa contiene casi tanto oxígeno como el aire (18-20%); hacia el interior el contenido de oxígeno va disminuyendo, mientras que el de dióxido de carbono va aumentando, hasta el punto de que a una profundidad mayor de 60 cm el contenido de oxígeno puede estar entre 0.5 y 2% (Ekinci y col, 2004).

Una aireación insuficiente provoca una sustitución de los microorganismos aerobios por anaerobios, con el consiguiente retardo en la descomposición, la aparición de sulfuro de hidrógeno y por lo tanto malos olores (Bidlingmaier, 1996). El exceso de ventilación podría provocar el enfriamiento de la masa y una alta desecación con la consiguiente reducción de la actividad metabólica de los microorganismos (Zhu, 2006).

Una vez que se cumplan estas condiciones se favorecerá la actividad de los

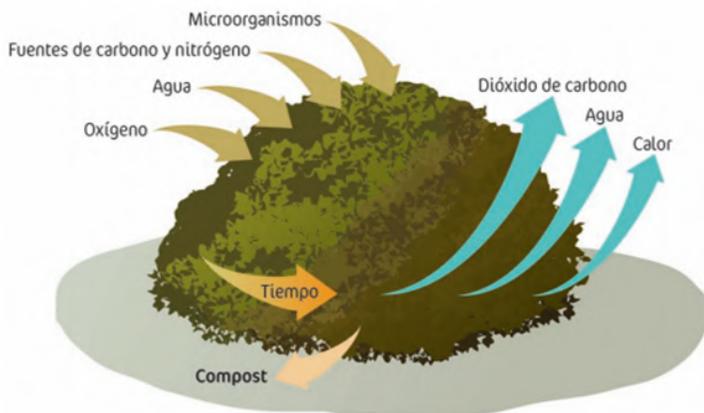


Figura 7. Condiciones para favorecer la actividad de los microorganismos. Agencia de Residuos de Cataluña, 2016.

microorganismos, haciendo, por ejemplo, que la mezcla de residuos sea esponjosa (**Figura 7**), que permita una retención de agua correcta y una porosidad suficiente para facilitar la circulación de aire, además de cantidad suficiente de humedad, temperatura adecuada y un óptimo equilibrio de nutrientes, en una relación adecuada de Carbono/Nitrógeno.

Con estas condiciones los microorganismos generan calor y un sustrato sólido, con menos C y N. Al descomponer el C, el N y toda la materia orgánica inicial, los microorganismos desprenden calor medible a través de las variaciones de temperatura a lo largo del tiempo. Según la temperatura generada durante el proceso, se reconocen tres etapas principales (**Figura 8**) en un compostaje, además de una etapa de maduración de duración variable. Las diferentes fases del compostaje se dividen según la temperatura (Roman, 2013).

1. Fase Mesófila. El material comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente. En pocos días, la temperatura incrementa hasta los 45°C. Es el periodo de aclimatación de los microorganismos al medio y el inicio de la multiplicación y colonización. Este aumento de temperatura es debido a la actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar hasta cerca de 4.0 o 4.5. Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho).

2. Fase Termófila. Dependiendo del material de partida y de las condiciones ambientales, el proceso puede durar entre una semana, en sistemas acelerados, y uno o dos meses, en sistemas de fermentación lenta. Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, entre 50-70°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina.

Estos microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco, por lo que el pH del medio asciende incluso hasta valores de 8. En especial, a partir de los 60°C aparecen las bacterias que producen esporas y actinobacterias, que son las encargadas de descomponer las ceras, hemicelulosas y otros

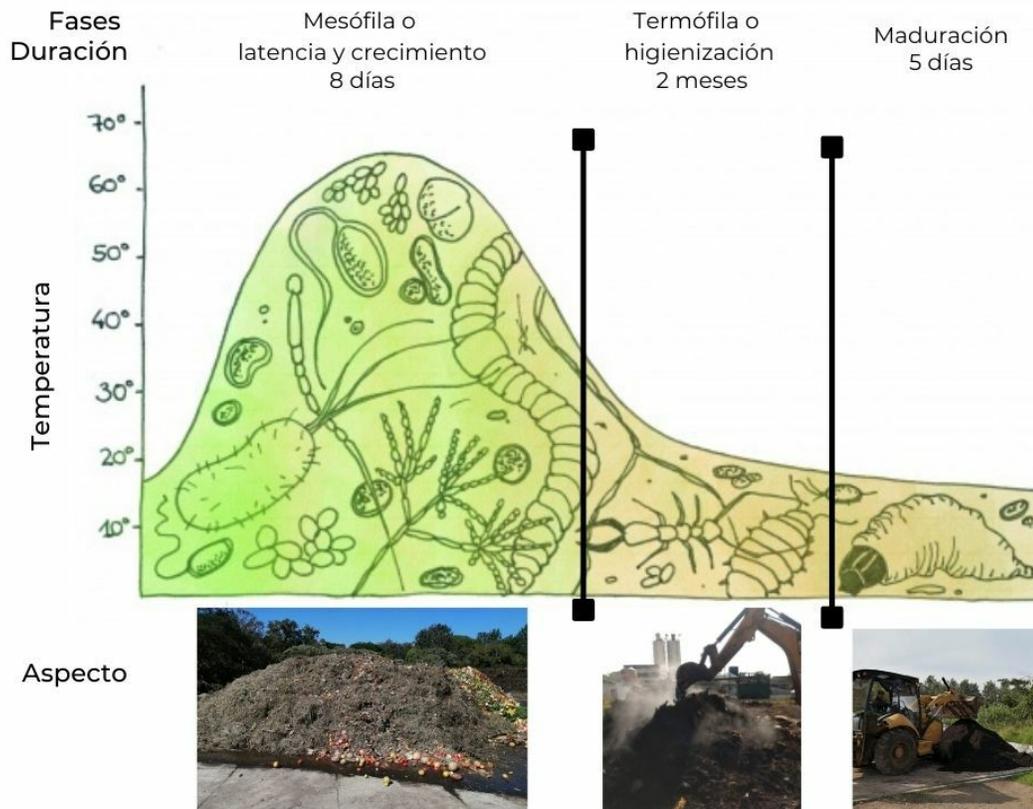


Figura 8. Las tres fases del compostaje.

compuestos de C complejos. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida y las condiciones climáticas y geográficas, entre otros factores.

Esta fase también recibe el nombre de fase de higienización, ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella spp.* Esta fase es importante pues las temperaturas por encima de los 55°C eliminan los quistes y huevos de helminto, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas que pueden encontrarse en el material de partida, dando lugar a un producto higienizado.

3. Fase de maduración. Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Es un período de fermentación lenta, en el que la parte menos biodegradable (la más resistente) de la materia orgánica se va degradando. Durante esta fase se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos.

Las **áreas** que se encontrarán en los **centros de compostaje** son:

- Recepción, reclasificación y salida de impropios.
- Preparación de la materia orgánica.
- Fases de procesos de compostaje:
 - Deseccación.
 - Mesófila.
 - Termófila.
 - Maduración.
- Recolección de lixiviados.
- Tamizado, salida de impropios y balance de masas.
- Análisis por lote y del producto final.
- Empaque.
- Distribución de los abonos orgánicos.
- Recepción de visitas al módulo educativo.

Impactos ambientales de los residuos orgánicos y soberanía alimentaria

Al descomponerse la materia orgánica en los rellenos sanitarios, se generan gases de efecto invernadero (GEI), dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄), que contribuyen a la crisis climática que se vive en la actualidad. Además, estas emisiones también afectan la calidad del aire en las ciudades que pueden estar relacionadas con la salud pública.

En contraste, la gestión integral de estos desechos puede aportar beneficios económicos y ambientales, entre los que figuran la generación de energía renovable, la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, además de mejores condiciones de los recursos hídricos y el suelo.



La actual modalidad de consumo y producción está causando daños al medio ambiente que podrían ser irreversibles.

Los objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) se definieron como parte de la Agenda 2030. En ella se establecen acciones con una visión transformadora hacia la sostenibilidad de los 193 Estados miembros que la suscribieron.

La agenda 2030 promueve en los países la planificación a nivel nacional y local. En el caso particular de México, se puso en marcha la estrategia nacional, plan de acción conjunto para lograr personas con las siguientes características (SEMARNAT, 2020):

- Libres, sanas y seguras.
- Comprometidas con la comunidad, la naturaleza y el entorno.
- Preparadas, productivas e innovadoras.
- Que propugnen por la igualdad.

El tema de residuos dentro de esta estrategia nacional se ubica en el objetivo 12. La actual modalidad de consumo y producción está causando daños al medio ambiente que podrían ser irreversibles. Por lo que el propósito de este objetivo es garantizar las modalidades de producción y de consumo sostenibles. La meta en el tema de residuos es la siguiente: Disminuir de manera sustancial la generación de desechos mediante políticas de prevención, reducción, reciclaje y reutilización. En el caso particular de los residuos orgánicos, en México se han llevado a cabo algunas iniciativas.

En 2005, se lanzó un Proyecto Estratégico de Seguridad Alimentaria en colaboración con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), que buscaba aumentar la seguridad alimentaria y generar ingresos en comunidades marginadas en México.

En la actualidad en CONACyT existe un Programa Nacional Estratégico de Soberanía Alimentaria que se propone modificar el sistema agroalimentario para contribuir al bienestar de la población mexicana. Es de suma importancia este esfuerzo debido a que existe una alta concentración demográfica en las ciudades. Se presenta un desafío para lograr la sustentabilidad sin perder de vista los ejes económicos, políticos, sociales y culturales.

En la actualidad en CONACyT existe un Programa Nacional Estratégico de **Soberanía Alimentaria que se propone modificar el sistema agroalimentario para contribuir al bienestar de la población mexicana.**

El crecimiento de la población, el aumento de la producción alimentaria, la competencia por los recursos de tierra y agua y el impacto del cambio climático han hecho que nuestros suelos estén sometidos a mucha presión. No utilizar cerca de un tercio de los alimentos producidos en el mundo significa que nuestros recursos naturales (incluidos los suelos) se usan innecesariamente de forma indebida. La disminución de la salud del suelo conduce a un mayor uso de insumos sintéticos que, en exceso, pueden causar contaminación y en última instancia, pérdida de la biodiversidad y de la tierra cultivable. Es devolverle la materia orgánica al suelo por medio del ciclo de materia orgánica (**Figura 9**), que mejorará la calidad del suelo, evitando la erosión y protegiendo aún más el medio ambiente al captar y almacenar carbono.



Figura 9. Ciclo de materia orgánica.
Agencia de Residuos de Cataluña, 2016.

Municipios escuela en el estado de Veracruz

La generación de estrategias para abordar la necesidad de una Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos implica el análisis de elementos de éxito, los cuales sirven para generar bases en nuevos sitios de aplicación. Para el aprovechamiento de la FORSU, se identifican dos casos de éxito puntuales en los municipios de Teocelo y Xalapa del estado de Veracruz.

El municipio de Teocelo realizó separación primaria de los residuos sólidos urbanos desde 2001, y a partir de la separación se identificó que el 69% corresponde a la FORSU. Merece la pena enfatizar que en este lugar existe un Centro Municipal de Lombricompostaje (el cual en ese tiempo era llamado 'Planta de Lombricompostaje'). Además del espacio e infraestructura necesaria para los procesos de lombricomposta, este sitio cuenta con áreas verdes remozadas, un módulo educativo y grandes espacios para el esparcimiento familiar, en los cuales se realizan actividades recreativas como parte de los procesos de sensibilización tanto para el sector educativo, como para el sector social y productivo, con el fin de que conozcan el valor social, económico y ambiental que el Centro Municipal de Lombricompostaje representa para la comunidad. A partir de cursos, pláticas y talleres se tejió un sistema social que fortaleció la participación comunitaria en conjunto con las autoridades municipales (**Figura 10**).



Figura 10. Procesos de sensibilización con el sector educativo, social y productivo en Teocelo, Ver.

En el Centro Municipal de Lombricompostaje se dispone la FORSU generada en el municipio y se transforma en abono orgánico, un subproducto útil, comercializable y adecuado para actividades agrícolas. Este municipio ha logrado avances significativos en lo que respecta al manejo de RSU, obteniendo reconocimiento nacional y estatal. En el año 2002, debido a la implementación del Programa Integral de Separación, Manejo, Educación, Proceso y Aprovechamiento de los Residuos Sólidos, recibió el Premio Estatal de Medio Ambiente y el Premio Nacional Gobierno y Gestión, este último otorgado por el Centro de Investigación y Docencia Económica (CIDE), como uno de los programas municipales de mayor beneficio a nivel nacional en temas de residuos. Posteriormente en el año 2009 recibió un tercer premio, denominado Limpiemos Nuestro México, impulsado por TV Azteca. El Programa de Teocelo constituyó un ejemplo importante para otros municipios del país.

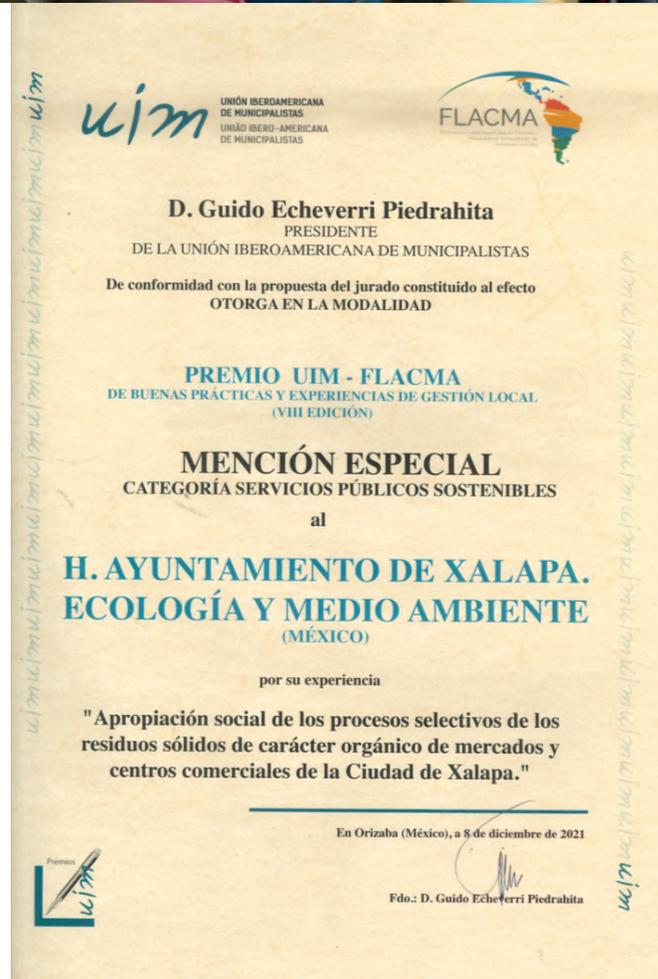


Figura 11. Premio otorgado al municipio de Xalapa, Ver. por la implementación de un exitoso programa de Gestión Integral de Residuos.

Otro ejemplo importante es el municipio de Xalapa, Ver., con el Centro Municipal de Compostaje de Xalapa (CMC-Xalapa), el cual se implementó en el periodo 2018-2021 como parte de la política pública ambiental del municipio, que consistió en un programa de trabajo integral de liderazgo efectivo de la autoridad local, más el involucramiento activo de los sectores académico, educativo, social y productivo en la gestión de los RSU, contemplados para la disposición final de la FIRSU en el relleno sanitario 'El Tronconal', y de la FORSU en el CMC-Xalapa.

Este enfoque incluye aspectos socioculturales, ambientales, económicos y político-administrativos. Son varias las etapas que se llevan a cabo durante años de trabajo. Algunas las enumeramos aquí: selección del sitio para el establecimiento del centro de compostaje, desarrollo de diferentes líneas de investigación e identificación de los diferentes actores sociales, establecimiento del CMC-Xalapa, sensibilización y capacitación de los sectores de la sociedad involucrados, etc. Por lo anterior, en el año 2021 se entregó un reconocimiento por la apropiación social de los procesos selectivos de FORSU de mercados y centros comerciales de la ciudad de Xalapa, por parte de la Unión Iberoamericana de Municipalistas (UIM) (Figuras 11, 12 y 13).



Figura 13. Separación desde el origen en la Central de Abastos de Xalapa, recolección diferenciada y disposición final en el Centro Municipal de Compostaje de Xalapa.



Figura 12. Entrega de reconocimiento al municipio de Xalapa, Veracruz, por parte de la Unión Iberoamericana de Municipalistas.

Aprovechar la FORSU en estos municipios significó transformar en abono orgánico para uso del sector productivo y social aquellos residuos que pudieron ser simplemente desechados y enterrados en un relleno sanitario. Esta dinámica de retorno al ciclo productivo favorece la implementación del nuevo paradigma de Economía Circular, por una parte, disminuyendo la cantidad de recursos únicamente desechados —como comúnmente se practica en la economía lineal de consumir-desechar—, y, por otra, aprovechando estos residuos como subproductos de alta calidad que son considerados como materia prima. En la **Figura 14** se puede visualizar la cantidad de abono producido en el Centro de Lombricompostaje de Teocelo y en el Centro Municipal de Compostaje de Xalapa.

PERIODO	FORSU DE RESIDUOS DOMICILIARIOS TRATADOS EN TEOCELO, VER. 2001-2022	FORSU DE RESIDUOS DE GRANDES GENERADORES TRATADOS EN XALAPA, VER. 2018-2021
DIARIO	2.5 TONELADAS	40 TONELADAS
SEMANAL	12.5 TONELADAS	240 TONELADAS
MENSUAL	50 TONELADAS	960 TONELADAS
ANUAL	600 TONELADAS	11, 520 TONELADAS
4 AÑOS	2, 400 TONELADAS	46, 080 TONELADAS
21 AÑOS	12, 600 TONELADAS	----

Figura 14. Estimación de abono orgánico obtenido a partir del aprovechamiento de la FORSU de residuos domiciliarios y grandes generadores.

ELEMENTOS DETONANTES DE APROPIACIÓN CIUDADANA DE LA POLÍTICA PÚBLICA	TEOCELO, VER.	XALAPA, VER.
PERCEPCIÓN DE QUE LA ACCIÓN ES FÁCIL DE LLEVAR A CABO	✓	✓
PERCEPCIÓN DE QUE LA ACCIÓN ES POSITIVA Y TIENE UNA FINALIDAD	✓	✓
PERCEPCIÓN DE CONTINUIDAD Y CONGRUENCIA POR PARTE DE LAS AUTORIDADES MUNICIPALES	✓	✓
PERCEPCIÓN DE PRESTIGIO AL SER PARTICIPANTE ACTIVO DE LA PP	✓	✓
CREACIÓN DE UN CONSEJO CONSULTIVO PARA LA TOMA DE DECISIONES Y SEGUIMIENTO DEL CMC	✓	

Figura 15. Elementos detonantes para la apropiación ciudadana de la política pública.

En Teocelo, Veracruz, se ha recuperado un estimado del 20% de abono orgánico de la FORSU tratada en 21 años, mientras que en Xalapa, Veracruz, se ha obtenido un aproximado del 10%. Algunos de los elementos clave que propiciaron el éxito de dichas políticas públicas ambientales se detallan en la **Figura 15**.

Reflexiones finales

La gestión eficaz de los RSU en los municipios resulta esencial para lograr ciudades saludables y competitivas. Para lograrlo, la política pública debe construirse desde procesos participativos con influencia ciudadana, asociaciones civiles y sector privado. La indagación en la dinámica del sector específico de ejecución de la política pública generará conocimiento empírico aplicable al mismo sector, con sus respectivas modificaciones regionales, lo cual es metodológicamente enriquecedor para la planeación estratégica, y socioculturalmente provechoso para el fortalecimiento del impulso de un nuevo sistema de valores basado en una economía circular y solidaria.

De igual manera, es necesario profesionalizar la administración pública, y crear equipos multidisciplinarios que aborden la GRSU desde diferentes perspectivas y experiencias, uniendo saberes y reforzando cambios estructurales.

Con gusto de que tú, lector, hayas llegado hasta aquí, acompáñanos a reflexionar la siguiente frase poderosa: 'si buscas resultados distintos, no hagas siempre lo mismo'. - Albert Einstein.



La Escoba es una publicación del proyecto *Estrategia transdisciplinaria de investigación y resolución en la problemática nacional de los residuos sólidos urbanos, aplicada en seis ciudades mexicanas* (CONACYT).

Consejo Editorial

Raúl García Barrios

Hipólito Rodríguez Herrero

Nancy Merary Jiménez Martínez

Carolina Armijo de Vega

Jorge Sánchez Gómez

Juan Angel Torres Rechy



Correo web: comunicacionresiduos@gmail.com

Alfonso Reyes escribe **La basura**

Los Caballeros de la Basura, escoba en ristre, desfilan al son de una campanita, como el Viático en España, acompañando ese monumento, ese carro alegórico donde van juntando los desperdicios de la ciudad. La muchedumbre famularia —mujeres con aire de códice azteca— sale por todas partes, acarreando su tributo en cestas y en botes. Hay un alboroto, un rumor de charla desordenada y hasta un aire carnavalesco. Todos, parece, están alegres; tal vez por la hora matinal, fresca y prometedora; tal vez por el afán del aseo, que comunica a los ánimos el contento de la virtud.

Por la basura se deshace el mundo y se vuelve a hacer. La inmensa Penélope teje y desteje su velo de átomos, polvo de la Creación. Un barrendero se detiene, extático. Lo ha entendido todo, o de repente se han apoderado de él los ángeles y, sin que él lo sepa, sin que nadie se percate más que yo, abre la boca irresponsablemente como el mascarón de la fuente, y se le sale por la boca, a chorro continuo, algo como un poema de Lucrecio sobre la naturaleza de las cosas, de las cosas hechas con la basura, con el desperdicio y el polvo de sí mismas. El mundo se muerde la cola y empieza donde acaba.

Allá va, calle arriba, el carro alegórico de la mañana, juntando las reliquias del mundo para comenzar otro día. Allá, escoba en ristre, van los Caballeros de la Basura. Suena la campanita del Viático. Debiéramos arrodillarnos todos.

14 de agosto de 1959

Obras completas XXII, FCE, México, 1989, pág. 842.

Referencias

Agencia de Residuos de Cataluña. (2016). Guía Práctica para el Diseño y la Explotación de Plantas de Compostaje. Recuperado de:

https://residus.gencat.cat/web/content/home/lagencia/publicacions/form/GuiaPC_web_ES.pdf

Bidlingmaier, W. (1996). Odour emissions from composting plants. En: De Bertoldi, M.; Sequi, P.; Lemmes, B., Papi, T. (Eds.). *The Science of Composting*, Vol I, pp. 71-79. Blackie Academic & Professional, London.

CCA (2017), Caracterización y gestión de la pérdida y el desperdicio de alimentos en América del Norte, informe sintético, Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal.

Cubero, J. I. (2018). *Historia general de la agricultura*. Córdoba: Guadalmazán.

DOF (2021a). *Diario Oficial de la Federación. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. Recuperado de:

http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf_mov/Constitucion_Politica.pdf

Ekinci, K., Keener, H.M., Elwell, D.L. (2004). Effects of aeration strategies on the composting process: Part I. Experimental studies. *Trans. ASAE*, , 47 (5): 1697-1708.

Ezcurra, E., Mazari-Hiriart, M., Pisanty, I., & Aguilar, A. G. (1999). The basin of Mexico: critical environmental issues and sustainability.

Gaceta de Iztapalapa. (2017). En Iztapalapa surge una alternativa. Recuperado de:

<https://gacetadeiztapalapa.wordpress.com/tag/delegacion-2/>

Giasson, P. (2001). Tlazoltéotl, deidad del abono, una propuesta. *Estudios de cultura Náhuatl*, 32.

Hodge, M. G. (1998). Archaeological Views of Aztec Culture. *Journal Of Archaeological Research*, 6 (3), 197-238.

López Austin, A. y López Lujan, L., (1996) *El Pasado Indígena, México: Fondo de Cultura Económica- El Colegio de México*.

Madejón, E., Díaz, M.J., López, R., Cabrera, F. (2002). New approaches to establish optimum moisture content for compostable materials. *Biores. Technol.*, 85: 73-78.

Miyatake F., Iwabuchi K. (2006). Effect of compost temperature on oxygen uptake rate, specific growth rate and enzymatic activity of microorganisms in dairy cattle manure. *Biores. Technol.*, 97: 961-965.

Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor: experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Sánchez, G. Jorge, 2022. Historia del manejo de los RS en México, Diplomado en Gestión de Residuos sólidos urbanos, Proyecto Conacyt.

Sundberg, C., Smars, S., Jonsson, H. (2004). Low pH as an inhibiting factor in the transition from mesophilic to thermophilic phase in composting. *Biores. Technol.*, 95 (2): 145-150.

Silbert Voldman, V., & Olivia, A. (2018). Manual de buenas prácticas para producir compost hogareño. Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). Argentina, 39-40.

SEMARNAT (2019). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Visión Nacional hacia una Gestión Sustentable: Cero Residuos. Ciudad de México: SEMARNAT. Recuperado de:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/435917/Vision_Nacional_Cero_Residuos_6_FEB_2019.pdf

SEMARNAT (2020). Secretaría de Medioambiente y Recursos Naturales Diagnostico Básico para Gestión Integral Residuos. Ciudad de México: SEMARNAT. Recuperado de:

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554385/DBGIR-15-mayo-2020.pdf>

Tannhauser-Cabaret. (2013). Anotación escueta sobre la diosa Tlazoltéotl y una conversación derivada. Recuperado de:

<https://www.mmfilesi.com/tcabaret/tlazolteotl/>

Zhu, N.W. (2006). Composting of high moisture content swine manure with corncob in a pilot-scale aerated static bin system. *Biores. Technol.* 97 (15): 1870-1875.



**GOBIERNO DE
MÉXICO**

