



DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS

NORMA MEXICANA

NMX-AA-180-SCFI-2018

QUE ESTABLECE LOS MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS PARA EL TRATAMIENTO AEROBIO DE LA FRACCIÓN ORGÁNICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS Y DE MANEJO ESPECIAL, ASÍ COMO LA INFORMACIÓN COMERCIAL Y DE SUS PARÁMETROS DE CALIDAD DE LOS PRODUCTOS FINALES.

ESTABLISHING METHODS AND PROCEDURES FOR THE AEROBIC TREATMENT OF THE ORGANIC FRACTION OF SOLID URBAN WASTE AND SPECIAL HANDLING, AS WELL AS THE COMMERCIAL INFORMATION AND ITS PARAMETERS OF QUALITY OF THE FINAL PRODUCTS.

PREFACIO

En la elaboración de la presente Norma Mexicana a cargo del Comité Técnico de Normalización Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales (COTEMARNAT) participaron las siguientes empresas e instituciones:

- ALDEA VERDE, S. C. DE R. L.
- ASOCIACIÓN MEXICANA DE INGENIERÍA, CIENCIA Y GESTIÓN AMBIENTAL, A. C.
- ASOCIACIÓN MEXICANA DE EMPRESAS AMBIENTALES, A. C.
- INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo
- COMISIÓN FEDERAL PARA LA PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS SANITARIOS.
Subdirección Ejecutiva de Licencias Sanitarias.
Subdirección Ejecutiva de Plaguicidas y Nutrientes Vegetales.
Dirección Ejecutiva de Autorización de Productos y Establecimientos.
- COMISIÓN NACIONAL FORESTAL
- COMPOSTAMEX, S. A. DE C. V.
- CONSULTORIA ESPECIALIZADA EN IMPACTO AMBIENTAL, S. A. DE C. V.
- INCREMITECH DE MÉXICO, S. A. DE C. V.
- INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMATICO.
Dirección de Investigación sobre Contaminantes, Sustancias, Residuos y Bioseguridad.
- SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN.

Dirección General de Productividad y Desarrollo Tecnológico.

Dirección de Insumos para la Producción.

- SECRETARÍA DE ECONOMÍA.
Dirección General de Normas

- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental
Dirección General de Fomento Ambiental Urbano y Turístico

- TIJUANA CALIDAD VIDA, A. C.

- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Facultad de Ingeniería
Instituto de Geología
Programa Universitario de Estrategias para la Sustentabilidad

ÍNDICE DEL CONTENIDO

0. Introducción	1
1. Objetivo	3
2. Campo de aplicación	3
3. Referencias normativas	3
4. Términos y definiciones	4
5. Símbolos abreviados	13
6. Disposiciones generales	13
7. Cierre del sitio de tratamiento aerobio	31
8. Procedimiento para la evaluación de la conformidad	32
9. Observancia	34
10. Concordancia con Normas Internacionales	34
Apéndice A (Normativo) Pesos volumétricos de residuos	35
Apéndice B (Normativo) Bitácora	35
Apéndice C (Normativo) Metodología para la determinación del parámetro de estabilidad ..	37
Apéndice D (Normativo) Aspectos técnicos a verificar	41
 Tablas	
Tabla 1 - Categorías de plantas de compostaje o lombricompostaje	13
Tabla 2 - Distancias mínimas requeridas para la ubicación de los sitios de tratamiento de la fracción orgánica de los RSU y de RME	14
Tabla 3 - Áreas mínimas de distribución	18
Tabla 4 - Relación de temperatura, tiempo y frecuencia del monitoreo para garantizar la inocuidad del producto final, por técnica de compostaje.....	22
Tabla 5 - Especificaciones para la composta terminada	25
Tabla 6 - Especificaciones por tipo de composta terminada	25
Tabla 7 - Especificación para medir estabilidad	27
Tabla 8 - Elementos traza, concentraciones máximas en mg/kg en base seca.....	27
Tabla 9 - Especificaciones microbiológicas	27
Tabla 10 - Máximos permitidos de impurezas, en % de MS para partículas mayores a 5 mm ...	28
Tabla 11 - Especificaciones de calidad de la lombricomposta	28
Tabla 12 - Grados de calidad de la lombricomposta	28
Tabla 13 - Cantidad de muestras y muestras simples en función del volumen de los lotes.....	30
Tabla 14 - Frecuencia medición y análisis del producto final y organismo que los realiza.....	31
 11. Bibliografía	 46
Transitorios	48

NORMA MEXICANA

NMX-AA-180-SCFI-2018

Que establece los métodos y procedimientos para el tratamiento aerobio de la fracción orgánica de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial, así como la información comercial y de sus parámetros de calidad de los productos finales.

Establishing methods and procedures for the aerobic treatment of the organic fraction of Solid Urban Waste and Special Handling, as well as the commercial information and its parameters of quality of the final products.

0. Introducción

El Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos 2012 indica que, en la composición de los residuos sólidos urbanos (RSU), la fracción orgánica representa un 38 % del total, constituida por 0.51 % de cuero, 0.67 % de fibra dura vegetal, 25.57 % de residuos alimenticios, 0.59 % de hueso, 9.38 % de residuos de jardinería y 1.25 % de madera, más el resto de los residuos orgánicos provenientes de corrientes de residuos de manejo especial (RME), producidos por grandes generadores, así como de residuos orgánicos provenientes de actividades pesqueras, avícolas, agrícolas, silvícolas, forestales, ganaderas, etc. Se estima conveniente y de interés general, normar los lineamientos para el tratamiento aerobio de la fracción orgánica de los RSU y RME, así como sus parámetros de calidad.

Si se consideran únicamente las cantidades de la fracción orgánica de los RSU del Diagnóstico Básico señalado, México genera un total de 39,100 toneladas al día, es decir, 14,271,536 toneladas al año. Esta cantidad es el volumen potencial de residuos orgánicos que se puede tratar, si no en su totalidad, cuando menos en un porcentaje superior al 70 %, en condiciones de eficiencia de separación en fuente, sin considerar que a dicha cantidad se puede sumar una cantidad 4 a 5 veces mayor de residuos orgánicos en forma de estiércol, entre otros.

Actualmente, son pocas las plantas de compostaje y tratamiento de residuos orgánicos en el país, tanto públicas como privadas. Su capacidad de procesamiento va desde plantas muy pequeñas de 12 toneladas al día o incluso menos, hasta las 2,000 toneladas al día, en el caso de la planta de composta de la Ciudad de México. Por lo anterior, se considera importante promover el tratamiento aerobio de la fracción orgánica de los RSU y RME a nivel municipal, estatal y regional, en esquemas tanto públicos como privados, con la finalidad de disminuir la cantidad de residuos que son enviados a disposición final, y con ello valorizar, en su mayor expresión posible, la materia orgánica en los sitios en donde ésta se genera. Esta acción contribuye a reducir la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), prolongar el tiempo de vida útil de los rellenos sanitarios, disminuir el gasto público en disposición final, entre muchos otros beneficios; y obtener como resultado productos finales como compostas y lombricompostas de buena calidad que, al ser aplicados correctamente, nos permitan alcanzar múltiples beneficios sociales, económicos y ambientales,

como pueden ser los siguientes: la recuperación de suelos erosionados y aumentar su fertilidad, con el fin de incrementar su productividad y lograr una mayor captura de carbono; mejorar el estado de las áreas verdes públicas, al disminuir el uso de fertilizantes sintéticos, promocionar su uso en huertos familiares o de traspatio; aumentar el éxito de los programas de reforestación, disminuir la extracción de sustratos en los bosques, entre muchos otros.

Con base en las atribuciones que les otorga la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), Ley General de Salud (LGS) a los Municipios y Entidades Federativas de la República Mexicana, así como a los imperativos de la Ley General de Cambio Climático (LGCC), los tres niveles de gobierno precisan con urgencia, del tratamiento de la fracción orgánica de los residuos orgánicos que generan como resultado de sus actividades de consumo, ya sea por conducto propio o a través de prestación de servicios, a efecto de cumplir con las disposiciones legales que inciden en la conservación del ambiente, la mitigación de los impactos de la contaminación al aire, suelo y agua y el cambio climático, y la gestión integral de los RSU y RME.

La fracción orgánica tiene un potencial de aprovechamiento muy importante mediante los distintos tipos de tratamientos que existen y que normalmente se aplican en diversos lugares del mundo. Uno de ellos es el tratamiento aerobio; es decir, la reducción, la minimización y la degradación de la materia orgánica mediante la presencia de microorganismos que precisan de oxígeno molecular libre para subsistir. Este método reduce, de manera significativa el peso y volumen de la materia orgánica, principalmente por el alto contenido de agua que tiene, y puede derivar, como resultado del mismo, en distintos productos como abonos, compostas, fertilizantes foliares, entre otros, que enriquecen y alimentan los suelos degradados o erosionados, y representan una opción útil en la conservación de áreas verdes públicas, bosques y actividades de jardinería y agricultura, entre otros.

El tratamiento aerobio representa una alternativa para aprovechar la fracción orgánica de los RSU y RME que comúnmente terminan en rellenos sanitarios, sitios controlados o tiraderos a cielo abierto. En estos últimos, dicha disposición deriva en un alto impacto ambiental debido a la descomposición de esta fracción en presencia de otros residuos. De tal condición, se generan escurrimientos que percolan desde la superficie de depósito y generan, junto con el resto de los residuos, lixiviados que, en caso de no ser contenidos y tratados, son un vector de infiltración y contaminación del subsuelo y los mantos freáticos. Asimismo, la exposición de esta fracción y su degradación en ausencia de oxígeno representan una contribución muy importante en la emisión de metano a la atmósfera. En suma, el no tratar adecuadamente los residuos orgánicos repercute en la contaminación al medio ambiente y vulnera el derecho humano de vivir en un medio ambiente limpio y sano.

Por ende, tratar la fracción orgánica, de forma separada de los RSU y RME, brinda la posibilidad de tener beneficios ambientales, productivos y económicos importantes, además de que alarga la vida útil de los rellenos sanitarios, al reducir el volumen de residuos recibido. En este sentido, la presente Norma Mexicana busca establecer la gestión integral y valorización de la fracción orgánica, para lograr el aprovechamiento con base en su tratamiento adecuado bajo condiciones controladas, y obteniendo de ello productos de buena calidad, cuyo uso se pueda diversificar, en particular para su

aplicación al fomento de prácticas de agricultura ecológica, conservación y mejoramiento de suelos, jardinería y paisajismo. Esto permite desincentivar la extracción de tierra de los edafosistemas forestales naturales ubicados en suelo de conservación, los cuales representan un beneficio insustituible al medio ambiente, toda vez que contribuyen a la disminución de emisiones de CO₂ a la atmósfera, y a la recarga de los acuíferos. Se espera, por tanto, que el fomento y la multiplicación del uso de los productos resultantes del tratamiento de la fracción orgánica, como son las compostas entre otros, generen beneficios ambientales en las actividades agrícolas y de jardinería, incidan en el uso racional del agua y de los fertilizantes químicos y en la prevención de la desertificación. Se concluye, por lo antes expuesto, que el manejo y el tratamiento adecuado de la fracción orgánica de los RSU y RME se convierte en un recurso potencialmente aprovechable para la conservación del ambiente, los recursos naturales y la salud humana.

1. Objetivo

La presente Norma Mexicana establece los métodos y procedimientos para el tratamiento aerobio de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (RSU) y residuos de manejo especial (RME), así como la información comercial y de sus parámetros de calidad de los productos finales.

2. Campo de aplicación

Esta Norma Mexicana es aplicable a las actividades realizadas por las entidades públicas y privadas que operen procesos de tratamiento aerobio de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (RSU) y residuos de manejo especial (RME), así como de productores y comercializadores de los productos y subproductos derivados, descritos en la misma.

3. Referencias normativas

Para la correcta aplicación de esta Norma Mexicana, se deben consultar las siguientes Normas vigentes o las que las sustituyan:

- 3.1** Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección ambiental - Lodos y biosólidos.-Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. Publicada en el Diario Oficial de la Federación 2003-08-15.
- 3.2** Norma Oficial Mexicana NOM-050-SCFI-2004, Información comercial - Etiquetado general de productos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación 2004-06-01.

- 3.3** Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación 2006-06-23.
- 3.4** Norma Oficial Mexicana NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad - Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo. Publicada en el Diario Oficial de la Federación 2010-12-09.
- 3.5** Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Publicada en el Diario Oficial de la Federación 2002-12-31.
- 3.6** Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-001-RNAT-2012, Que establece los requisitos y especificaciones técnicas que deben cumplir las personas físicas, morales de carácter público o privado, autoridades, y en general todos aquellos que realicen poda, derribo, trasplante y restitución de árboles en el Distrito Federal. Publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal 2014-02-14.
- 3.7** Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-002-RNAT-2002, Que establece las condiciones para la agricultura ecológica en el suelo de conservación del Distrito Federal. Publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal 2003-12-18.
- 3.8** Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011, Que establece los requerimientos mínimos para la producción de composta a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, agrícolas, pecuarios y forestales, así como las especificaciones mínimas de calidad de la composta producida o distribuida en el Distrito Federal. Publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal 2012-11-30.
- 3.9** Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-006-SMA-RS-2006, Que establece los requisitos para la producción de los mejoradores de suelos elaborados a partir de residuos orgánicos. Publicada en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado Libre y Soberano de México 2006-10-09.

4. Términos y definiciones

Para fines de la aplicación de la presente Norma Mexicana, además de las definiciones previstas en las Normas Oficiales Mexicanas referidas en el capítulo 3 que antecede, se entiende por:

4.1

acta circunstanciada

documento expedido por la Unidad de Verificación (UV) después de toda visita, dicha acta debe contar con al menos lo dispuesto en los artículos 97 y 98 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

4.2

aireación

introducción de aire al material en proceso de compostaje por medio de métodos mecánicos o manuales. Los métodos de aireación son: volteo mecánico o manual, inyección de aire positiva o negativa o a través de la colocación de ductos de ventilación por convección (aireación pasiva).

4.3

análisis

pruebas físicas, químicas o microbiológicas con las que se evalúan cuantitativamente algunas propiedades o parámetros del suelo, agua, residuos y productos sintéticos.

4.4

área de laboratorio

sitio dentro de la planta de compostaje o lombricompostaje que cuenta con las condiciones y el equipo necesario para realizar al menos los análisis de humedad, pH, conductividad eléctrica, y temperatura.

4.5

autoridad competente

autoridad federal, de entidades federales y municipales a las que se les otorguen facultades expresas en esta Norma Mexicana.

4.6

biorreactor

técnica utilizada en el proceso de compostaje, el cual se lleva a cabo en condiciones total o parcialmente cerradas y las condiciones ambientales pueden ser controladas.

4.7

cama o lecho de flujo

sitio designado y procedente para la crianza de lombrices.

4.8

capacidad de intercambio catiónico (CIC)

cantidad total de cargas negativas que están disponibles sobre la superficie de las partículas en el sistema coloidal del suelo.

4.9

carta del producto

documento que contiene la información de las características de la composta o lombricomposta, que el productor entrega al comprador cuando son comercializados de forma a granel.

4.10

COFEPRIS

Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios.

4.11

composta

producto orgánico estable, inocuo, libre de sustancias fitotóxicas, derivado del terminado del proceso de biodegradación de los residuos orgánicos, en el que su grado de madurez, no se reconoce su origen, puesto que sus componentes se han degradado en partículas finas.

4.12

compostaje

es el proceso de mineralización y transformación de la materia orgánica por microorganismos aerobios. Como resultado de este proceso se genera mayoritariamente, además de la composta, dióxido de carbono y vapor de agua. El proceso considera cuatro etapas; la primera mesofílica, la segunda termofílica, la tercera de enfriamiento y la cuarta de maduración.

4.13

condiciones anaerobias

situación en la cual el sustrato en descomposición se encuentra en un entorno pobre o privado de oxígeno, lo que ocasiona la prevalencia de organismos adaptados a ese ambiente, cuyas vías metabólicas producen metano, bióxido de carbono.

4.14

dictamen de verificación

documento emitido por la Unidad de Verificación (UV) que se entrega al término de la verificación al representante legal de la planta de compostaje y lombricompostaje.

4.15

dictamen técnico

documento emitido por la Unidad de Verificación (UV) que contiene las acciones correctivas encontradas después de cada visita de verificación.

4.16

envase

cualquier recipiente o envoltura en el cual está contenido el producto final para su venta al consumidor.

4.17

escurrimiento

flujo de agua que se origina por lluvia o riego de las pilas de compostaje o lombricompostaje corriente aguas arriba y que se acumula sin que el suelo o material pueda absorberlo.

4.18

estabilidad

etapa del proceso de compostaje en la que la actividad biológica presente ha disminuido a tal grado que la temperatura no se incrementa después de aplicar aireación.

4.19

etapa mesófila

inicio del proceso de compostaje correspondiente a la etapa en la que los microorganismos se reproducen y colonizan la superficie del sustrato iniciando su degradación. A partir de esta etapa la actividad biológica se incrementa y produce un aumento de temperatura, que alcanza valores hasta de 40 °C.

4.20

etapa termófila

fase del compostaje donde la temperatura alcanza de 40 °C a 70 °C, debido al calor producido por el metabolismo de microorganismos mesófilos que han sido reemplazados por bacterias termófilas capaces de vivir a esas temperaturas. Durante esta etapa ocurre la destrucción de patógenos.

4.21

etapas de enfriamiento y maduración

son las fases finales del proceso, donde la actividad biológica disminuye paulatinamente al agotarse los compuestos fácilmente degradables por lo que se reduce la temperatura. Se produce un segundo reemplazo de los microorganismos por otros capaces de degradar sustancias más resistentes como la lignina (residuos leñosos) y suberina.

4.22

etiqueta

cualquier rótulo, marbete, inscripción, imagen u otra materia descriptiva o gráfica, escrita, impresa, estarcida, marcada, grabada en alto o bajo relieve, adherida, sobrepuesta o fijada al producto, a su envase o, cuando no sea posible por las características del producto final o su envase, al embalaje.

4.23

fitotoxicidad

presencia de sustancias que influyen negativamente en el desarrollo y crecimiento vegetal.

4.24

fracción orgánica

componente de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial en los que el carbono es el elemento fundamental, derivado de las células, tejidos y órganos de los seres vivos potencialmente putrescibles o biodegradables.

4.25

generador

persona física o moral que produce residuos, a través del desarrollo de procesos productivos o de consumo.

4.26

humus

sustancias de composición química compleja, órgano-mineral, de alto peso molecular, muy estables, cuyo color puede ir del marrón o pardo oscuro al negro, con propiedades coloidales e hidrofílicas, que se forman durante el proceso de transformación de la materia orgánica.

4.27

impurezas

sustancias o materiales que no sufren transformaciones o modificaciones físicas, químicas ni biológicas como resultado del proceso de compostaje o lombricompostaje. Incluye material rocoso, arenas, vidrio, plásticos de todo tipo y fragmentos de metales.

4.28

insumos

fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial susceptible de ser transformada aeróbicamente, reconocida como la materia prima para la elaboración de composta y lombricomposta.

4.29

laboratorio acreditado

organismo que cuenta con el reconocimiento de la competencia técnica y confiabilidad de una entidad de acreditación.

4.30

licencia sanitaria

acto administrativo mediante el cual la autoridad sanitaria competente permite a una persona pública o privada, la realización de actividades relacionadas con la salud humana, en los casos y con los requisitos y modalidades que determine la Ley General de Salud y demás disposiciones generales aplicables.

4.31

lombricomposta o humus de lombriz

producto resultante de la transformación de la materia orgánica que, por vía digestiva y metabólica, realiza la lombriz de tierra nativa comúnmente presente en el suelo, o por la introducción y crianza sistemática de este anélido, denominada lombricultura, donde la lombriz actúa como generador de este producto que fundamentalmente se utiliza como mejorador, recuperador o enmienda orgánica de suelos, abono orgánico, inoculante microbiano, enraizador, germinador, sustrato de crecimiento, entre otros usos. Clasificado con fines de registro dentro del grupo de insumos de nutrición vegetal.

4.32

lombricompostaje

proceso de descomposición, similar al compostaje, en el que el material orgánico, es transformado por el aparato digestivo de las lombrices teniendo, además la participación de los microorganismos (hongos, bacterias, actinomicetos, levaduras) existentes en el medio natural. Por medio de éste

proceso, también conocido como vermicompostaje, se obtiene el humus de lombriz, el cual posee las características de un mejorador de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, tales como la permeabilidad, retención de humedad o intercambio catiónico.

4.33

macronutrientes

aquellos minerales que la planta requiere en mayor proporción para cubrir sus necesidades fisiológicas y completar su ciclo de vida. Se consideran macronutrientes básicos: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K); y macronutrientes secundarios: calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S).

4.34

madurez

característica de la composta, en la que ha alcanzado estabilidad, es decir, continúa la descomposición, pero muy lenta con una baja demanda de oxígeno.

4.35

materia seca

(MS)

remanente de un volumen conocido de composta o lombricomposta tras haberle extraído o eliminado toda el agua posible a través de un calentamiento generado en condiciones de laboratorio o por efecto de la energía solar.

4.36

material mineral extraño

todo aquel material que se adiciona o añade al producto y que no proviene de la descomposición natural de la materia orgánica procesada.

4.37

mejorador de suelo orgánico

insumos de nutrición vegetal elaborados con base en productos orgánicos o microorganismos, que modifican favorablemente las condiciones físicas, químicas o biológicas del suelo para el mejor desarrollo de las plantas.

4.38

muestra compuesta

es la muestra representativa que se toma después de haber mezclado las muestras individuales o muestras simples, es decir, representa un promedio de la composición de un lote o pila.

4.39

muestra final

muestra de composta madura que se envía para ser analizada, equivale a la muestra compuesta o representativa de un lote.

4.40

**número más probable
(NMP)**

cantidad estimada de microorganismos o población más probable presente en cien centímetros cúbicos (100 cm³) de agua.

4.41

nutriente vegetal o insumo de nutrición vegetal

cualquier sustancia o mezcla de sustancias que contenga elementos útiles para la nutrición y desarrollo de las plantas, reguladores de crecimiento, mejoradores de suelo, inoculantes y humectantes de suelo.

4.42

periodo de degradación

está integrado por las etapas mesófilas y termófila del proceso de compostaje.

4.43

pila dinámica

técnica utilizada en el proceso de compostaje basado en el volteo frecuente del material en proceso, lo que permite lograr la aireación necesaria y asimismo una mezcla entre el material exterior con el que se encuentra al interior de la pila.

4.44

pila estática aireada o celda estática aireada

técnicas utilizadas en el proceso de compostaje que permiten un control más preciso de la aireación así como de otras variables importantes del proceso como son: la temperatura y la humedad. Generalmente se utiliza un sistema de tuberías perforadas conectada a una bomba que permite succionar e introducir artificialmente aire a la pila o celda. Los términos pila y celda son utilizados también para identificar un volumen determinado de materiales orgánicos sometidos a compostaje en cualquiera de las dos formas.

4.45

plan de contingencia

documento que reúne el conjunto de procedimientos que atiende los temas de incendio, desastres naturales y primeros auxilios y que permite mantener el funcionamiento de la instalación por algún incidente interno o externo.

4.46

plan de trabajo

documento elaborado por la Unidad de Verificación (UV) en el cual se establecen los aspectos técnicos de la Norma Mexicana a verificar, así como el número de visitas y el alcance de cada una de ellas.

4.47

planta de compostaje

instalación para el tratamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

4.48

proceso activo

se refiere a las etapas mesófila y termófila del proceso de compostaje, donde se da la mayor reducción de volumen del material en el procesamiento.

4.49

producto final

composta y lombricomposta productos del tratamiento aerobio de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

4.50

prueba respirométrica

técnica para medir estabilidad que consiste en la medición del oxígeno consumido o el bióxido de carbono producido por los microorganismos heterótrofos aerobios presentes en la composta o lombricomposta.

4.51

residuos de manejo especial

(RME)

son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos.

4.52

residuos orgánicos

residuos de origen vegetal o animal, compuestos fundamentalmente de carbono, hidrogeno, oxígeno y nitrógeno.

4.53

residuos potencialmente putrescibles

materia cuyo proceso natural de descomposición genera malos olores y fauna nociva, por procesos oxidativos no controlados.

4.54

residuos sólidos urbanos

(RSU)

los generados en las casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de

las vías y lugares públicos, siempre que no sean considerados por la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos como residuos de otra índole.

4.55

SEMARNAT

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

4.56

semillas viables

toda semilla que contando con las condiciones ideales (humedad, temperatura, luz), puede germinar. Para efectos de esta Norma Mexicana se refiere a la presencia posible de semillas viables de plantas o malezas indeseables y que sobreviven al proceso de compostaje y transformación orgánica o que se incorporan al producto antes de su empaque final o uso.

4.57

sitio de tratamiento aerobio

área geográfica en la cual se encuentra la infraestructura necesaria para el procesamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

4.58

suelo

cuerpo natural producto de la alteración de las capas superiores de la corteza terrestre, debido a la acción del intemperismo físico, físico-químico y biológico determinantes de los intercambios de energía que en ella se generan. Presenta, horizontes o capas, que se diferencian del material de origen como resultado de adiciones, pérdidas, migraciones, y transformaciones de la materia. Se compone de sólidos minerales no consolidados de tamaño de partícula variable (arcillas, limos, arenas y gravas) y materia orgánica en constante biodegradación (desde hojarasca hasta humus). Los suelos son el soporte y medio natural para el desarrollo de las plantas, de los microorganismos y macroorganismos que le dan el carácter de hábitat biológicamente dinámico.

4.59

sustrato

todo material, natural o sintético, mineral u orgánico, de forma pura o mezclado, cuya función principal es servir como medio de crecimiento y desarrollo a las plantas, permitiendo su anclaje y soporte a través del sistema radicular, favoreciendo el suministro de agua, nutrientes y oxígeno.

4.60

tratamiento aerobio

procedimientos biológicos, mediante los cuales se cambian las características de la fracción orgánica de los residuos y se reduce su volumen; con la presencia del oxígeno y la participación de los microorganismos.

4.61

unidad de verificación

(UV)

persona física o moral que realiza actos de verificación, acreditada, para la evaluación de la conformidad de la presente Norma Mexicana en los términos establecidos en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento.

5. Símbolos abreviados

cm/m ²	Centímetros/metros cuadrados
cm/s	Centímetro/segundo
CO ₂	Bióxido de Carbono
dS/m	deciSiemens/metro
IG	Índice de Germinación
mg/kg	miligramo/kilogramo
MS/h	Masa Seca/hora
MS	Masa Seca

6. Disposiciones generales

6.1 Categorización de las plantas de compostaje o lombricompostaje

La categorización de las plantas de compostaje o lombricompostaje, se establece en función de la capacidad de recepción en toneladas diarias de residuos de la fracción orgánica a las plantas, como se muestra en la Tabla 1

Tabla 1 - Categorías de plantas de compostaje o lombricompostaje

Categorías	Recepción de residuos de la fracción orgánica toneladas/día (t/d)
A	Mayor de 100
B	Mayor de 10 y hasta 100
C	Mayor de 1 y hasta de 10
D	Menor o igual a 1

Las plantas de compostaje o lombricompostaje debe tener la capacidad de recepción y producción eficiente en función de que los sitios destinados a estos procesos se mantengan dinámicos y cumplan con los ciclos de producción, con base en el uso público o privado para el que fueron diseñados, a fin de que estos no se conviertan en depósitos de materia orgánica sin el adecuado procesamiento.

6.2 Infraestructura

Además de los requisitos sanitarios que para obtener la licencia sanitaria ha establecido la COFEPRIS, el sitio destinado al tratamiento aerobio de residuos orgánicos debe reunir los requisitos mínimos que se detallan a continuación:

6.2.1 Ubicación, autorizaciones y características del sitio

Para instalar un sitio de tratamiento aerobio de residuos orgánicos ya sea planta de compostaje o lombricompostaje o ambas, debe considerarse la cercanía de la fuente generadora que lo haga económicamente factible. Asimismo, la ubicación debe considerar, en medida de lo posible, el mismo criterio hacia los posibles usuarios de los productos derivados.

Las plantas de compostaje o lombricompostaje deben cumplir con las disposiciones normativas y legales aplicables en materia ambiental y de uso de suelo, así como lo considerado en los Planes de Desarrollo Urbano y Programas de Ordenamiento aplicables, asimismo debe contar con la licencia sanitaria emitida por la COFEPRIS previo al inicio de operaciones.

Además de cumplir con las disposiciones normativas y legales aplicables, las restricciones de ubicación con las que debe cumplir un sitio de tratamiento de la fracción orgánica de los RSU y de RME son las siguientes (ver Tabla 2).

Tabla 2 - Distancias mínimas requeridas para la ubicación de los sitios de tratamiento de la fracción orgánica de los RSU y de RME

Restricción de distancia a:	Distancia mínima metros (m)
Límite de la propiedad	5
Residencias permanentes	150
Cuerpos superficiales de agua	100
Aeropuertos	2,000

Para el caso de zonas con precipitación pluvial alta, la planta de compostaje o lombricompostaje debe contar con la infraestructura necesaria (como se indica en los numerales 6.2.3.3.1 y 6.2.3.3.2 de la presente Norma Mexicana), para que la precipitación no propicie riesgo de inundación que afecte la estabilidad física de las obras y materiales de la planta y que la operación no se vea comprometida.

Si la planta de compostaje o lombricompostaje es instalada en minas de materiales clausuradas o en función, debe contar con la infraestructura necesaria (como se indica en el numeral 6.2.3 de la presente Norma Mexicana) para contener lixiviaciones al subsuelo y al mismo tiempo contar con pendientes, conductores y receptores adecuados para el manejo del agua de contacto (pluvial) y de los lixiviados que en sus procesos se generen.

No es admisible instalar plantas de compostaje o lombricompostaje debajo o encima de las líneas de conducción eléctrica y de ductos de conducción de hidrocarburos.

6.2.2 Accesibilidad y delimitación

El sitio de tratamiento aerobio a saber, planta de compostaje o lombricompostaje, debe contar con caminos transitables durante todo el año para facilitar el ingreso de la materia prima y las salidas de los productos.

El sitio de tratamiento aerobio debe disponer de control y restricción de acceso por parte del operador, estar delimitado, para lo cual puede utilizarse muros, paredes, malla ciclónica o cualquier otro elemento limítrofe, los cuales deben contar con una altura mínima de 2.4 m considerando el nivel del suelo y que con ello se impida el acceso a personas no autorizadas y la entrada de animales que puedan convertirse en fauna nociva.

Se deben establecer rutas que faciliten el acceso al establecimiento, con señalamientos visuales, tanto para el personal que labora en el sitio, como para el transporte de los insumos y productos. Estos deben facilitar la inspección y vigilancia del lugar.

6.2.3 Áreas de distribución

El sitio de tratamiento aerobio sea planta de compostaje o lombricompostaje de acuerdo a sus propios procesos, debe contar como mínimo con los siguientes espacios:

6.2.3.1 Área de control de recepción de materia prima

El espacio de recepción de la materia prima debe permitir flujos ordenados de entrada, salida y acumulación temporal, a fin de que la descarga no obstaculice el tránsito de los vehículos y facilite el máximo aprovechamiento de la fracción orgánica de los RSU y RME. Esta área debe ser dimensionada a partir de la carga recibida diariamente y cumplir con las especificaciones del numeral 6.2.3.3.1 de la presente Norma Mexicana para la captación y tratamiento de lixiviados.

El suelo del área o de las áreas destinadas para la recepción de la fracción orgánica en plantas de compostaje o lombricompostaje debe construirse de materiales impermeables con un coeficiente de conductividad hidráulica, de al menos 1×10^{-7} cm/s que impidan el paso del agua de contacto o lixiviados al subsuelo y mantos freáticos, pudiendo ser con barreras naturales o artificiales.

6.2.3.2 Área de trituración y formación de mezclas

Este espacio debe estar acondicionado para permitir las actividades de reducción de la fracción orgánica para acelerar el proceso e integrarla junto con otros residuos orgánicos que aporten carbono, u otros elementos que favorezcan la estabilización y la composición química, éstos materiales deben de ser manejados conforme a lo mencionado en numeral 6.3.3 de la presente Norma Mexicana.

6.2.3.3 Área de proceso activo y maduración

La superficie del terreno destinada al proceso activo y maduración, así como la maquinaria, deben estar calculada en función de la categoría de la planta de compostaje o lombricompostaje, el número de días necesarios para concluir su proceso de degradación hasta su maduración final o estabilidad (tiempo de residencia), previo a su almacenamiento o salida como producto final.

El área destinada como plataforma de compostaje o lombricompostaje destinada al proceso activo y maduración de la fracción orgánica que se manejen en plantas de categorías A y B, deben construirse de materiales impermeables con un coeficiente de conductividad hidráulica, de al menos 1×10^{-7} cm/s que impidan el paso de escurrimientos o lixiviados al subsuelo y mantos freáticos, pueden ser barreras naturales o artificiales.

Por lo anterior, la plataforma debe contar con la infraestructura necesaria para contener escurrimientos provenientes del exterior en su parte alta y contar con una pendiente mínima del 0.5 % y máxima del 3 % para que los escurrimientos del agua pluvial o lixiviado no produzcan encharcamientos. Los lixiviados generados en el interior de la plataforma deben de ser contenidos en la parte baja de esta y contar con un manejo adecuado que no comprometa al proceso de transformación o la inocuidad del producto final.

El área de maduración es necesaria sólo para aquellas técnicas de compostaje que así lo requieran y pueden tener, en caso de que resulte conveniente para las condiciones y variables de aplicación del producto, un espacio destinado al cribado final de la materia orgánica resultante (composta madura).

6.2.3.3.1 Captación y tratamiento de lixiviados

El sistema de captación y tratamiento de lixiviados debe contar con las líneas de conducción, bombeo, equipamiento e infraestructura necesarios y suficientes de acuerdo al volumen de residuos orgánicos que sean tratados por día, para evitar el riesgo de que los residuos líquidos salgan de control y aparezcan afloramientos en el sitio, sus inmediaciones o penetren al subsuelo.

Los posibles lixiviados procedentes de la fracción orgánica de los RSU y de RME antes de ser ingresados al proceso de compostaje o lombricompostaje pueden ser recirculados en función de los requerimientos de humedad en el material que se está procesando o bien ser tratado, o una combinación de ambas.

6.2.3.3.2 Captación y control de escurrimientos

El sistema de captación y control de aguas pluviales y el agua excedente de los trabajos de riego del material en proceso, debe contar con las líneas de conducción, almacenamiento, equipo e infraestructura necesarios y suficientes de acuerdo al volumen de agua pluvial, para evitar que estas penetren o modifique el tratamiento.

6.2.3.4 Área de proceso final y almacenamiento de producto final

El área de proceso final y de almacenamiento de producto final debe estar calculada, de acuerdo al volumen resultante derivado de cada etapa del proceso de compostaje o lombricompostaje y a la demanda de la composta o lombricomposta que se tengan previstas. Esta área debe ser únicamente de carácter temporal, en virtud de las previsiones de aplicación consideradas en la presente Norma Mexicana, pero sin menoscabo de dicha condición; debe ser suficiente para almacenar como mínimo 2 meses de producto final.

El área debe incluir los equipos y espacios al interior que considere necesarios para molido, cribado, envasado, pesaje y embalaje del producto final, de acuerdo a las condiciones de aplicación o comercialización que precise el operador de la instalación.

6.2.3.5 Área de cobertizo para resguardo y mantenimiento de maquinaria, equipo, vehículos y otros

Para los fines de mantenimiento, reparación y resguardo de maquinaria, equipos, partes, accesorios y componentes diversos inherentes al proceso productivo en la planta de compostaje o lombricompostaje, se debe contar con un área para que no exista una dispersión de los mismos en la instalación.

Esta área debe de contar con un sistema de captación, conducción, equipamiento e infraestructura necesarios y suficientes para asegurar que los residuos líquidos aquí generados no sean integrados al proceso de compostaje o lombricompostaje, a fin de evitar que afecten las áreas inmediatas al sitio o penetren al subsuelo, debido a que pueden contener grasas, aceites, combustibles u otros materiales indeseables para el proceso. Con base en esta lógica, los residuos peligrosos que se generen deben ser manejados conforme al marco normativo vigente aplicable.

6.2.3.6 Área para el almacenamiento temporal de residuos inorgánicos

La planta de compostaje o lombricompostaje debe contar con un espacio destinado para el almacenamiento temporal de residuos inorgánicos recuperados en cualquiera de las etapas de las diferentes técnicas de compostaje que se implementen en el sitio.

El almacenamiento debe calcularse en función de la capacidad de procesamiento y recepción diaria, los residuos inorgánicos deben ser almacenados en contenedores cerrados o con tapa.

6.2.3.7 Área administrativa (control de ingreso, vigilancia, instalaciones sanitarias, instalaciones accesorias)

Como parte del conjunto de las áreas al interior de la planta de compostaje o lombricompostaje, se debe contar con un espacio para tareas relacionadas con el registro y control de vehículos, la cual ofrezca también condiciones de vigilancia y seguridad, así como de reconocimiento de las personas que ingresen al sitio.

Para las labores propias del personal operativo, así como de usuarios y visitantes a la instalación, debe contarse con instalaciones sanitarias en concordancia con el número de trabajadores y

categoría de la misma y, adicionalmente, de acuerdo a sus necesidades con otras instalaciones accesorias como comedores, entre otras.

6.2.3.8 Área de laboratorio

Las plantas tipo A, deben contar con un área de laboratorio para el control del proceso que cuente con los equipos necesarios para el control del proceso.

Las plantas tipo B, C y D, deben contar con los instrumentos necesario para medir humedad, pH, conductividad eléctrica y temperatura para garantizar el control del proceso, sin necesariamente tener instalaciones especializadas.

En la Tabla 3, se indican las áreas mínimas de distribución, según la categoría de la planta de compostaje o lombricompostaje.

Tabla 3 - Áreas mínimas de distribución

Área	Categoría			
	A	B	C	D
Control de recepción de materia prima	Sí	Sí	Sí	Sí
Trituración y formación de mezclas	Sí	Sí	Si	Op
Proceso activo y maduración	Sí	Sí	Sí	Sí
Proceso final y almacenamiento de producto final	Sí	Sí	Sí	Sí
Cobertizo para resguardo, mantenimiento de maquinaria, equipos, vehículos y otros	Sí	Sí	Sí	Op
Depósito temporal de inorgánicos	Sí	Sí	Sí	Sí
Administrativa	Sí	Sí	Sí	Op
Área de laboratorio	Sí	Op	Op	Op

Sí = Requerida

Op= Optativo

6.3 Operación

Existen diversas técnicas de compostaje o lombricompostaje, como son: pilas con volteo mecánico, pilas estáticas con aireación forzada o pasiva, reactores de flujo vertical u horizontal, montículos, hileras, contenedores, trincheras, camas de digestión, trituración, astillados, entre otras. El proceso seleccionado, es válido siempre y cuando cumpla con las condiciones de seguridad ambiental y sanitaria aquí descritas, así como con la calidad del producto final, de acuerdo con lo establecido en el numeral 6.4.1 de la presente Norma Mexicana.

Las plantas de compostaje o lombricompostaje deben contar, al menos, con las siguientes etapas en la operación, que de manera enunciativa, más no limitativa, incluye las siguientes.

6.3.1 Registro de ingreso

Para el ingreso a la planta todo vehículo debe ser registrado con su número de placa, procedencia, número económico en caso de que lo tenga, capacidad de carga, volumen, hora de ingreso y salida.

Cuando se disponga de una báscula de pesaje, se debe tomar únicamente la lectura de la materia orgánica que traslade el vehículo, para lo cual se debe registrar el peso de este después de la descarga de los residuos a efecto de tener conocimiento y registro del peso que ingresa a la instalación. En caso de no tener báscula de pesaje se debe proceder con base en un cálculo volumétrico de acuerdo a la capacidad de carga del vehículo que ingresa multiplicado por el peso específico promedio de los residuos orgánicos que traslada con objeto de tener una estimación del ingreso. Cuando prevalezca este último método pueden utilizarse los datos del Apéndice A o, en su caso, los pesos volumétricos de residuos por metro cúbico obtenidos por experiencia propia. En cualquiera de los procedimientos de pesaje, invariablemente se debe llevar un registro.

6.3.2 Recepción de materia prima

La instalación debe aceptar la fracción orgánica de los RSU y RME que tengan un máximo de 10 % en peso de otro tipo de residuos inorgánicos no peligrosos los cuales, posterior a su segregación, deben pasar al área de almacenamiento temporal de inorgánicos. Esta condición sólo puede operar en porcentajes mayores cuando la instalación esté integrada a otro tipo de infraestructura de clasificación, separación o disposición final, que incluya un pretratamiento, de donde resulte materia orgánica limpia y apta para el tratamiento aerobio.

En el ingreso a la planta, los residuos potencialmente putrescibles, deben ser integrados al proceso activo en el mismo día. Aquellos residuos que por su composición son de bajo potencial de pudrición, pueden ser almacenados temporalmente, e incorporados en el proceso de compostaje o lombricompostaje conforme sean requeridos.

Los residuos inorgánicos que se segreguen como parte del proceso de limpieza de la materia recibida, deben ser trasladados al área de almacenamiento de residuos inorgánicos y deben ser manejados acorde con la legislación y normas vigentes. Los residuos deben permanecer en el área de almacenamiento temporal y no exceder: Plantas categoría A de 1 semana, plantas categoría B de 15 días y en plantas categorías C y D de 1 mes de acopio previo a su traslado final.

Se excluyen como materia prima aquellos residuos clasificados como peligrosos por la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y por la Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005 (ver 3.3 Referencias normativas).

6.3.3 Clasificación de la materia orgánica

Durante la descarga de la materia orgánica deben seguirse las indicaciones de los operadores de la planta, a fin de colocar el material en la misma en virtud del tipo de materia orgánica recibida.

Los materiales provenientes de podas, esquilmos, rastrojos y maderas (en general, materiales altos en carbono), que requieran triturarse o que hayan sido triturados previamente a ser mezclados con el resto de la fracción orgánica para ser procesados, deben administrarse bajo condiciones que aseguren que, por ser material combustible, no signifiquen un riesgo en caso de incendio; por ello, deben mantenerse aislados de la infraestructura, equipo u otros materiales del sitio, ya sea por barreras naturales o artificiales, y preferentemente bajo cubierta de algún tipo.

6.3.4 Reducción de volumen

Los residuos provenientes del mantenimiento de áreas verdes, con excepción de los pastos y hojarasca, deben ser sometidos a trituración o a un proceso equivalente en el sitio de trituración y formación de mezclas (ver 6.2.3.2), antes de incorporarlos al proceso para su degradación. Estos materiales, deben de administrarse bajo condiciones que aseguren que no son causantes de incendios; para este propósito, se deben mantener aislados de la infraestructura, equipo u otros materiales del sitio, ya sea por barreras naturales o artificiales, y preferentemente bajo cubierta de algún tipo.

6.3.5 Proceso y maduración

Esta etapa de operación, el área de compostaje debe permitir, en sus pasillos longitudinales o de interconexión, las maniobras de maquinaria y equipo que sean necesarias para el tratamiento aerobio, la rotación y, en su caso, la conformación de pilas, la aportación de líquidos a través del sistema de riego seleccionado, la toma de mediciones (monitoreo) y de muestras, entre otras actividades que faciliten la obtención de datos que permitan evaluar la calidad del producto final.

6.3.5.1 Relación Carbono/Nitrógeno

Los materiales sujetos a compostaje, deben combinarse de manera tal que se inicie con una relación Carbono/Nitrógeno (C/N) comprendida entre los valores de 20:1 y 40:1, siendo el óptimo de 25:1 a 30:1.

Para las plantas de lombricompostaje categorías A, B y C, se establece la misma relación C/N que en compostaje. En el caso de plantas categoría D puede haber mezclas con una relación C/N mayor o menor, considerando que esto puede resultar en una pérdida o reducción de la calidad del producto final.

6.3.5.2 Humedad inicial

Para el compostaje la mezcla de materiales se debe humedecer hasta tener un valor inicial comprendido en un intervalo de 50 % a 60 %. La mezcla resultante debe ser homogénea.

Durante las tres primeras semanas del proceso de compostaje, se debe llevar el registro diario de la temperatura y humedad y, posteriormente según se requiera; el registro se recomienda sea al menos 2 veces a la semana.

Para el lombricompostaje la humedad inicial de la mezcla puede variar toda vez que sea integrada al ambiente la lombriz como se indica en el numeral 6.3.5.3.

6.3.5.3 Humedad durante el proceso

Durante el compostaje, la humedad de la mezcla debe mantenerse en una escala de 40 % a 60 %, salvo casos excepcionales y específicos. No se permite rebasar el 70 % de humedad, con el objeto de evitar el escurrimiento de líquidos fermentados y la formación de condiciones anaerobias que pudieran generar olores desagradables.

En el lombricompostaje, los intervalos de humedad del material en proceso pueden variar del 60 % al 90 %, siendo lo óptimo del 70 % al 80 % con excepción de las camas de flujo continuo en donde la humedad puede ser de un mínimo del 50 % y máximo del 70 %. En cualquier sistema de lombricompostaje, se requiere no exceder los 60 cm de altura para evitar la presión al fondo del material, evitando que con la compactación del mismo se puedan crear zonas anaeróbicas, siendo 50 cm la altura máxima ideal y cuando los canteros tienen paredes laterales la altura máxima ideal es de 40 cm.

6.3.5.4 Temperatura

Al inicio de las actividades, se debe registrar la temperatura una vez al día durante los primeros 28 días como máximo. La temperatura alcanzada por el material en compostaje es un indicador de que el proceso se está llevando a cabo de forma apropiada. Las relaciones de temperatura – tiempo recomendadas para garantizar la inocuidad del producto final se establecen en la Tabla 4.

Tabla 4 - Relación de temperatura, tiempo y frecuencia del monitoreo para garantizar la inocuidad del producto final, por técnica de compostaje

Técnica de compostaje	Temperatura	Tiempo	Monitoreo
Pilas dinámicas (Volteo aeróbico dinámico)	55 °C o mayor	15 días con al menos 5 volteos en este periodo	Diario los primeros 28 días, 2 veces por semanas en los consecutivos
Biorreactor	55 °C o mayor	3 días consecutivos	Diario
Celdas o pilas estáticas aireadas	55 °C o mayor	3 días consecutivos	Diario

Con la finalidad de conservar las propiedades de la composta favorables al crecimiento vegetal, se deber evitar que el material en compostaje exceda los 65 °C por más de 24 horas.

Para el lombricompostaje la temperatura puede variar en un intervalo de 0 °C hasta 35 °C, siendo 25 °C la temperatura ideal.

6.3.5.5 pH

El intervalo de pH a lo largo del proceso de compostaje debe ser de 4 a 9.

En el lombricompostaje los valores de pH deben estar en un intervalo de 5 a 9, conociendo que los picos altos y bajos dentro de esta escala exponen la vida de la lombriz. Los valores ideales deben ir de 5.5 a 8 ya que, como la lombriz respira por su piel, rebasar estos límites puede causar la muerte o migración de las lombrices.

6.3.5.6 Aireación

Cualquiera que sea el método de compostaje empleado, se debe llevar a cabo un proceso de aireación eficiente, que permita mantener la relación CO₂ - temperatura, con el fin de evitar la formación de condiciones anaerobias al interior de la mezcla.

En el lombricompostaje, es importante mantener las condiciones aeróbicas del material en proceso, esta variante se resuelve apegándose a lo indicado en el numeral 6.3.5.3, en donde se menciona que los sistemas de lombricompostaje deben tener una altura máxima de 60 cm; del mismo modo, lo indicado en el numeral 6.3.5.7 referente a la densidad de población de lombrices.

6.3.5.7 Densidad de población de lombrices

Para el caso del lombricompostaje la densidad de población de lombrices por m² es un factor determinante para poder contar con un proceso acelerado y homogéneo en varios de los parámetros a controlar, asegurando con esto, la transformación de la mezcla, en el menor tiempo posible y de acuerdo al sistema de lombricompostaje que se esté utilizando.

La densidad de población inicial mínima requerida debe ser de 3 kg a 5 kg de lombrices por m². La densidad de población adecuada es de 9 kg a 18 kg de lombrices por m², para lograr un mejor proceso y evitar la futura formación de patógenos.

Para plantas categorías A, B y C; el residuo orgánico primeramente debe pasar por la etapa de precompostaje y una vez controlados todos los parámetros aplicables al compostaje, se puede tomar el material para alimento de la lombriz. Entendiendo a la etapa de precompostaje como aquella en la que se superan las máximas temperaturas de la etapa termófila y que ya comienza a reducir la temperatura del proceso, es necesario que este material se apegue a lo indicado en la Tabla 4 de esta Norma Mexicana antes de ser un alimento para lombrices adecuado. Las plantas categorías D pueden seguir esta indicación optativamente o adecuar otra, siempre y cuando el producto final logre la estabilidad, madurez y calidad suficientes para que no represente un riesgo durante su uso, de acuerdo a los parámetros indicados en el numeral 6.4 de esta Norma Mexicana.

6.3.6 Bitácora

Se deben identificar y documentar todos los procesos, considerando los parámetros esenciales que se realicen durante la producción de composta o lombricomposta, se debe llevar un control de cada uno de ellos a través de páginas foliadas. Esta debe estar a disposición de la autoridad competente y de la Unidad de Verificación en todo momento para su revisión y auditoría.

Para el control de proceso y operación de la planta, así como la comercialización de los productos obtenidos, se debe detallar con una bitácora de campo (ver Apéndice B) para el periodo de degradación, la etapa de maduración y la de salida del producto final con el uso de papel y tinta. Cada pila debe tener su hoja de registro y una vez concluida su estancia en la planta de compostaje dicha hoja debe estar con las firmas de los involucrados en el procesamiento de los residuos, el nombre de la persona que tomo los datos de campo y responsable o administrador de la planta.

6.3.7 Terminación del proceso y almacenamiento

Una vez que los parámetros de control establecidos en el numeral 6.4 (ver Tablas 5 y 11) de la presente Norma Mexicana, se indiquen que el proceso activo de compostaje o lombricompostaje concluyó, la composta o lombricomposta pueden tamizarse o mezclarse con otros componentes de acuerdo al propósito del uso final para su distribución o comercialización, considerando y cumpliendo con las especificaciones de los tipos de producto.

Se debe proceder al almacenamiento del producto final en caso de requerir un periodo de maduración complementario con el fin de alcanzar un grado mayor de calidad de acuerdo con las

categorías establecidas por esta Norma Mexicana (ver Tablas 5 y 11). Los materiales que no hayan terminado su degradación deben reincorporarse al proceso.

En cuanto al almacenamiento de composta terminada a granel a cielo abierto, se debe contemplar la figura de pilas piramidales con una proporción de la altura con respecto a la base de 1:2, no se permite exceder los 5 metros de base y los 2.5 metros de altura por condiciones de seguridad; deben ser de cresta y caras uniformes y con la longitud requerida. Para la época de lluvia se deben utilizar geotextiles especiales para compostaje para cubrir las pilas.

6.3.8 Manejo de lixiviados y riego

Las plantas de compostaje o lombricompostaje, deben contar con un manejo de los lixiviados producidos antes, durante o después del proceso. Dicha fracción líquida debe ser colectada y reincorporada en alguna fase del proceso o bien, tratada para su estabilización y posterior incorporación a preparados para nutrición vegetal o descarga, en cuyo caso, debe cumplir con las normas correspondientes y aplicables.

Los lixiviados producidos por la fracción orgánica de los RSU y RME, antes de iniciar el compostaje, deben colectarse y ser utilizados para riego del material sólo durante la primera fase del proceso, antes de alcanzar la temperatura máxima.

La instalación debe contar con un manejo de agua de lluvia y con un sistema que evite el escurrimiento desordenado y dañino de aguas pluviales hacia las áreas donde se lleve a cabo el proceso de compostaje o lombricompostaje.

El manejo de los lixiviados de la fracción orgánica de residuos generados por periodos largos de almacenamiento, debe apegarse a las especificaciones de los numerales 6.2.3.3.1 y 6.2.3.3.2.

6.3.9 Control de fauna nociva

Con el fin de garantizar la protección al ambiente y la salud de la población circundante, se debe contar con un programa permanente de prevención de plagas y fauna nociva. Se debe tener la evidencia documental emitida por los prestadores de servicios de control y exterminación de plagas que cuenten con licencia sanitaria.

Se debe mantener limpieza en las vialidades, así como evitar el almacenamiento de residuos orgánicos crudos con alto potencial de pudrición y olores, incorporándolos al proceso en el mismo día.

6.3.10 Medidas de seguridad

La planta de compostaje o lombricompostaje debe contar con un Plan de Contingencias que incluya procedimientos contra incendio, desastres naturales y primeros auxilios. Además de contar con equipos contra incendio acorde a la categoría de la planta (tomando como referencia la NOM-002-

STPS-2010), programa de capacitación (contra incendio, medidas de higiene y seguridad industrial, primeros auxilios, evacuación y simulacros), equipo básico de primeros auxilios y evacuación, con el objeto de evitar o reducir los efectos de los impactos de las emergencias y desastres.

6.4 Características de los productos finales

Se debe garantizar que la composta esté estabilizada y madura, lo cual se determina con los parámetros de la Tabla 5; y los requisitos por tipo de composta que deben cumplir, se especifican en las Tablas 6, 7, 8, 9 y 10.

6.4.1 Calidad y tipos de la composta

Para efectos de la presente Norma Mexicana, en la Tabla 5 se establecen los rangos de los parámetros con los que debe cumplir la composta terminada.

Tabla 5 - Especificaciones para la composta terminada

Parámetro	Valor
Humedad	25 % - 45 % en peso
pH	6.7 – 8.5
Conductividad eléctrica	0.5 dS/m - 12 dS/m
Materia orgánica	≥ 20 % MS
Carbono orgánico total	Mínimo 10 % ^a
Nitrógeno total	1 % – 3 % MS
Relación C/N	15 – 25
Granulometría	≤ 30 mm
Fitotoxicidad (Índice de Germinación, IG)	IG ≥ 80 %
Temperatura	25 °C – 50 °C
Color	Marrón o pardo oscuro. Similar al café o chocolate oscuro
Olor	Agradable a tierra húmeda de bosque (monte). Quedan excluidos: amoniacal, pudrición, H ₂ S (huevo podrido), ácidos grasos volátiles (vómito) y excremento
Adsorción de humedad	75 % - 200 %, Preferencial ≥ 100 %

^a Debe indicarse en la etiqueta el resultado del último análisis realizado.

Para efectos de la presente Norma Mexicana se establecen tres tipos de composta (Tipo I, Tipo II y Tipo III) y se definen con base a los valores de los parámetros presentados en la Tabla 6.

Tabla 6 - Especificaciones por tipo de composta terminada (1 de 2)

Parámetro	Tipo de composta		
	I	II	III
Humedad (% en peso)	25 % - 35 %		<35% - 45%

Tabla 6 - Especificaciones por tipo de composta terminada (2 de 2)

Parámetro	Tipo de composta		
	I	II	III
pH	6.7 – 8.5		
Conductividad eléctrica (deciSiemens/metro dS/m)	0.5 dS/m - ≤ 4 dS/m	4 dS/m - ≤8 dS/m	8 dS/m - ≤12 dS/m
Materia orgánica (% MS)	≥ 50 %	30 % - 50 %	20 % - 30 %
Carbono orgánico total	Mínimo 10 % Debe indicarse en la etiqueta el resultado del último análisis realizado		
Nitrógeno total (% MS)	3 %	2 %	1 %
Relación C/N	15 - < 20	20 ≤ 25	
Macronutrientes primarios (Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K) en (% MS)	De 1 % a 3 % en cualquiera de ellos y su suma ≤ 7 %: debe portar la leyenda “Composta - mejorador de suelo orgánico”. Si cualquiera excede 3 % o la suma es mayor a 7 % debe portar la leyenda “Fertilizante orgánico” y se debe indicar las cantidades para cada macronutriente.		
Granulometría	≤ 10 mm	10 mm ≤ 30 mm	
Fitotoxicidad (Índice de Germinación, IG)	IG > 90 %	IG 85 % a 90 %	IG 80 % a 85 %
Temperatura medida a una profundidad ≥ 50 cm	25 °C – 35 °C		36 °C – 50 °C

Para obtener los mejores resultados al aplicar y usar compostas se recomienda previamente realizar el análisis de suelos para conocer sus características iniciales y determinar las dosis y técnicas de aplicación a cada tipo de suelo y cultivo.

Los usos y aplicaciones en las actividades de jardinería, paisajismo y mantenimiento de todos los tipos de áreas verdes públicas y privadas se deben usar al menos en una proporción sustitutiva del 20 % del total de la tierra negra empleada en sus actividades o en la etapa de mantenimiento como una capa regenerativa anual de 1 cm/m² al año.

El uso de los productos derivados debe provenir de las plantas de composta o lombricomposta públicas y privadas empadronadas ante la autoridad correspondiente.

6.4.1.1 Método para medir estabilidad

Para evaluar la estabilidad de la composta o lombricomposta, se debe realizar la prueba Dewar de autocalentamiento (ver Apéndice C) y una prueba respirométrica para determinar al menos uno de los dos parámetros indicados en la Tabla 7.

Tabla 7 - Especificación para medir estabilidad

Parámetro	Tipo I	Tipo II	Tipo III
Consumo de oxígeno (mg/kg MS/h)	< 50	50 - 100	101 - 150
Emisión de CO ₂ (mg/kg MS/h)	< 30	30 - 60	61 - 120

6.4.1.2 Límites máximos permisibles de contaminantes e impurezas

6.4.1.2.1 Elementos traza

En la Tabla 8, se especifican tres niveles de concentración máxima permitida de elementos traza, para los tres tipos de composta descritos en la Tabla 6.

Tabla 8 - Elementos traza, concentraciones máximas en mg/kg en base seca

Nivel – Tipo	As	Cd	Cr total	Cr hexavalente	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Nivel 1 – Tipo I	0.1	0.7	70	0.5	70	0.4	25	45	200
Nivel 2 – Tipo II	0.7	1	70	0.5	150	0.7	60	120	500
Nivel 3 – Tipo III	2.0	2	250	0.5	300	1.5	90	150	500

NOTA: As=Arsénico; Cd= Cadmio; Cr total= Cromo Total; Cr hexavalente= Cromo Hexavalente, Cu=Cobre; Hg=Mercurio; Ni=Níquel; Pb=Plomo; y Zn=Zinc.

6.4.1.2.2 Especificaciones microbiológicas

La composta debe cumplir con las especificaciones microbiológicas conforme a la siguiente Tabla 9.

Tabla 9 - Especificaciones microbiológicas

Microorganismos	Valor máximo permisible
Coliformes fecales	< 1000 NMP/g (en base seca)
<i>Escherichia coli</i>	≤ 1000 NMP por g en base seca
<i>Salmonella sp.</i>	Ausente NMP en 25 g (en base seca)
Huevos de Helmintos viables	1 en 4 g (en base seca)

6.4.1.2.3 Impurezas

Los límites máximos permitidos de impurezas en los tres tipos de composta se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10 - Máximos permitidos de impurezas, en % de MS para partículas mayores a 5 mm

Tipo de Impureza	Tipo I	Tipo II	Tipo III ^a
Roca y arena	Ausente	< 3 %	< 5 % *
Plástico	Ausente	< 0.5 %	< 1 % *
Vidrio y fragmentos metálicos	Ausente	< 1 %	< 2 % *

^a La suma de los porcentajes de impurezas físicas debe ser menor al 5 %

6.4.2. Calidad y grados de lombricomposta

Para efectos de la presente Norma Mexicana, en la Tabla 11 se establecen los rangos de los parámetros con los que debe cumplir la lombricomposta terminada.

Tabla 11 - Especificaciones de calidad de la lombricomposta

Característica	Valor
Nitrógeno total	De 1 % a 4 % (base seca)
Materia orgánica	De 20 % a 50 % (base seca)
Relación C/N	≤ 20
Humedad	De 20 % a 40 % (sobre materia húmeda)
pH	de 5.5 a 8.53
Conductividad eléctrica	≤ 4 dS m ⁻¹
Capacidad de intercambio catiónico	> 40 cmol kg ⁻¹
Densidad aparente sobre materia seca (peso volumétrico)	0.40 g mL ⁻¹ a 0.90 g mL ⁻¹
Materiales adicionados	Ausente

Para efectos de la presente Norma Mexicana se establecen tres grados de calidad de la lombricomposta (Extra, Primera y Segunda) y se definen en función de sus atributos presentados en Tabla 12. Así mismo la lombricomposta debe cumplir con las especificaciones microbiológicas enunciadas en la Tabla 9.

Tabla 12 - Grados de calidad de la lombricomposta (1 de 2)

Atributos	Extra	Primera	Segunda
Material mineral extraño (% sobre materia seca p/p)	De 0.0 % a 2.0 %	De 2.01 % a 4.0 %	4.1 % a 6.0 %

Tabla 12 - Grados de calidad de la lombricomposta (2 de 2)

Atributos	Extra	Primera	Segunda
Material orgánico no digerido por las lombrices (% sobre materia seca p/p)	De 0.0 % a 3.0 %	De 3.1 % a 6.0 %	De 6.1 % a 10.0 %
Impurezas % Vidrio y fragmentos metálicos, plásticos, roca y arena)	< 0.5 %	De 0.51 % a 1.0 %	De 1.01 % a 2.0 %
Semillas viables (semillas L-1)	≤ 1	>1 - ≤ 1.5	> 1.5 - ≤ 2
Lombrices vivas (lombrices L-1)	< 0.2 (una por cada 5 L)	0.2 (una por cada 5 L)	0.4 (dos por cada 5 L)
Color	Todos los colores entre el negro a café oscuro, de acuerdo a la tabla de colores Munsell ^a		
Olor	Agradable a tierra húmeda de bosque (monte). Quedan excluidos: amoniacal, pudrición, H ₂ S (Huevo podrido), ácidos grasos volátiles (vómito) y excremento		

^a. Munsell Soil, 2000.

6.5 Información para el consumidor

6.5.1. Información Comercial

La información comercial indicada en la etiqueta del producto final debe cumplir con lo especificado en la Norma Oficial Mexicana NOM-050-SCFI-2004 (ver 3.2 Referencias normativas).

Para los productos envasados, además de lo establecido en dicha norma, debe indicarse:

- Tipo de composta en caso con base en los valores establecidos en las Tablas 5 y 6 de esta Norma Mexicana;
- Grado de lombricomposta con base en los valores establecidos en las Tablas 11 y 12 de esta Norma Mexicana;
- Porcentaje (%) de humedad a la fecha de envasado;
- pH;
- Conductividad eléctrica;
- Diferencial de temperatura con el ambiente a la fecha de envasado;
- Datos de materia orgánica, carbono total, nitrógeno total, relación C/N, elementos traza y de N, P y K referidos en porcentaje (%) o partes por millón (ppm).

Los productores de composta o lombricomposta deben utilizar cualquier sistema de registros que asegure el origen del producto. El registro debe incluir la materia prima utilizada por lote durante el proceso, la fecha de inicio y de término de elaboración del lote.

En el caso de la venta a granel el productor debe entregar al consumidor, la información estipulada en los incisos a) al g) de este numeral en forma de carta del producto final del lote.

6.6 Metodología de muestreo

Los laboratorios que realicen los muestreos y los análisis deben estar acreditados por una entidad de acreditación.

El muestreo se debe realizar en las pilas o lotes de producto final.

La toma de muestras simple debe hacerse en puntos equidistantes, horizontal y verticalmente, de modo que todas las alturas y profundidades en un lote, tengan la misma oportunidad de quedar representadas.

Una vez completado el número de muestras simples de acuerdo con la Tabla 13, cada muestra compuesta se debe obtener de la mezcla homogénea de 5 muestras simples. De esta mezcla se debe tomar 1 kg para constituir la muestra final que debe ser sometida a su análisis.

La muestra final debe guardarse en bolsas de polietileno con cierre hermético y etiquetarse con la siguiente información:

- Nombre del productor;
- Identificación de la muestra o lote;
- Fecha y hora de muestreo;
- Parámetros a medir;
- Nombre del responsable de la toma de muestra.

6.6.1 Número de muestras

La cantidad de muestras compuestas que deben tomarse para conformar la muestra final depende del volumen del producto final que se va a analizar, de acuerdo con la Tabla 13.

Tabla 13 - Cantidad de muestras y muestras simples en función del volumen de los lotes

Volumen del lote	Número de muestras	Muestras simples
1 a 10 m ³	3	5 por cada muestra (15)
Más de 10 a 100 m ³	10	5 por cada muestra (50)
Más de 100 m ³	Muestreo estadístico por laboratorio acreditado. Indicar método. a	

^a TMECC, 02.01.

6.6.2 Frecuencia del análisis y organismo que los realiza

El análisis de los productos terminados debe realizarse de rutina por el productor o comercializador, público o privado, un laboratorio acreditado ante una entidad de acreditación, de acuerdo con la Tabla 14.

La frecuencia de análisis debe estar en función de la categoría de la instalación, de acuerdo con la Tabla 14.

Tabla 14 - Frecuencia medición y análisis del producto final y organismo que los realiza

Parámetro	Tipo de instalación:				Organismo que realiza el análisis
	A	B	C	D	
Humedad	Por lote	Por lote	Por lote	Por lote	Productor o comercializador
pH					
Conductividad eléctrica					
Diferencia de temperatura con el ambiente					
Materia orgánica	Cada 3 meses	Cada 4 meses	Cada 6 meses	1 por año	Laboratorio acreditado
Carbono total					
Nitrógeno total					
Relación C/N					
Macronutrientes (N, P, K)	4 por año	3 por año	2 por año	1 por año	Laboratorio acreditado
Elementos traza					
Análisis microbiológicos					
Fitotoxicidad (Índice de Germinación IG)					

7. Cierre del sitio de tratamiento aerobio

7.1 Actividades previas al cierre del sitio de tratamiento aerobio

El representante legal de la planta de compostaje o lombricompostaje debe contar con un programa que considere las actividades indicadas en el numeral 7.2 de la presente Norma Mexicana.

Las plantas de compostaje o lombricompostaje deben dejar de recibir residuos orgánicos 120 días hábiles antes del cierre del sitio de tratamiento aerobio.

Las plantas de compostaje o lombricompostaje deben presentar el aviso de baja de la licencia sanitaria ante COFEPRIS en un máximo de 30 días hábiles posteriores al cierre o cambio de ubicación del sitio de tratamiento aerobio.

7.2 Actividades al cierre del sitio de tratamiento aerobio

7.2.1 El representante legal de la planta debe garantizar que el sitio quede libre de cualquier materia orgánica residual que no haya sido procesada y de material que haya sido procesado (composta o lombricomposta).

7.2.2 El sistema de control del lixiviado, no se acepta contener líquidos provenientes del proceso de composta o lombricomposta al cierre del sitio de tratamiento aerobio.

7.2.3 Las áreas de cobertizo utilizadas para resguardo y mantenimiento de maquinaria, equipo y vehículos, no se admite contener residuos de los materiales utilizados tales como combustibles, tambos, recipientes, estopas, filtros de aceite, trapos, llantas y otros derivados del mantenimiento de la maquinaria y equipo.

7.2.4 El área de laboratorio se debe abstener de dejar residuos de sustancias empleadas, equipo y muestras de residuos en su interior del área del laboratorio.

7.2.5 El área destinada al proceso debe quedar libre de materiales en proceso o productos finales.

8. Procedimiento para la evaluación de la conformidad

El presente Procedimiento para la evaluación de la conformidad tiene por objeto establecer la metodología para la determinación del grado de cumplimiento de los sujetos Regulados con esta Norma Mexicana.

8.1 Disposiciones generales

La evaluación de la conformidad debe ser a petición de parte y se debe realizar por las Unidades de Verificación (UV) acreditadas en términos de la Ley de Federal sobre Metrología y Normalización.

8.2 Evaluación de la conformidad

8.2.1 El responsable de la planta de compostaje o lombricompostaje o su representante legal puede solicitar la evaluación de la conformidad de la presente Norma Mexicana, a la UV de su preferencia, quien debe determinar el cumplimiento o no de la misma, durante la operación de la planta de compostaje o lombricompostaje y, en su caso, durante la etapa del cierre del sitio de tratamiento aerobio.

8.2.2 La UV que seleccione el representante legal debe abstenerse de tener relación comercial alguna ni ser empleado del propietario, ni del representante, ni del constructor, ni del proyectista de los sitios de disposición final.

8.2.3 La UV debe realizar una visita de verificación a petición del representante legal de la instalación, cuya finalidad es conocer la instalación, solicitar la documentación y elaborar el plan de trabajo en función a la etapa a verificar. El número de visitas de verificación debe estar en función del tamaño de la instalación las cuales fundamentan el cumplimiento o no de lo dispuesto en esta Norma Mexicana.

8.2.4 El representante legal puede formular observaciones en las visitas de verificación y ofrecer pruebas a la UV al momento o por escrito dentro del término de 5 días hábiles siguientes a la fecha en que se haya levantado el acta circunstanciada correspondiente, conforme a lo establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

8.2.5 Al término de la visita de verificación, la UV debe elaborar un dictamen técnico que en su caso, contenga las acciones correctivas, notificándose al representante legal de la instalación y a la autoridad correspondiente el resultado de la misma. El plazo máximo de cumplimiento es de 90 días naturales y este debe ser informado a la autoridad a través del dictamen técnico correspondiente.

8.2.6 Una vez que se hayan ejecutado las acciones correctivas, el representante legal debe solicitar una nueva y única visita de verificación, a partir de la cual se debe elaborar el dictamen de verificación correspondiente. En caso de incumplimiento, la autoridad competente debe imponer la sanción que se establece en la legislación ambiental correspondiente y en mutuo acuerdo entre la UV y el representante legal deben establecer el nuevo plazo para presentar las acciones correctivas.

8.2.7 En caso de que no se presenten acciones correctivas, al término de las visitas de verificación, la UV debe entregar el dictamen de verificación correspondiente.

8.2.8 Los trabajos de verificación concluyen con la entrega del dictamen de verificación de la UV.

8.3 Aspectos técnicos específicos a verificar

Los aspectos técnicos a verificar durante la evaluación de la conformidad de la presente Norma Mexicana, se deben realizar, según aplique, mediante la constatación física, revisión documental y registros, de conformidad con lo establecido en el Apéndice D.

8.4 Vigencia del Dictamen de Verificación

8.4.1. El dictamen de verificación de la UV debe ser entregado en original al representante legal de la planta de compostaje o lombricompostaje, y a las autoridades ambientales competentes para que en su caso ejecuten las acciones conducentes en el ámbito de sus atribuciones.

8.4.2 La vigencia del dictamen debe ser de 3 años para la operación del sitio.

8.5 Documentación

8.5.1 La UV debe entregar o enviar a la autoridad competente dentro de los primeros veinte días hábiles siguientes al vencimiento de cada trimestre del año calendario, un informe de los Dictámenes de Verificación emitidos en el periodo. En el caso de no haber emitido ningún dictamen durante el trimestre, debe notificarlo por escrito por el conducto y en el plazo antes citado.

8.5.2 La UV debe llevar registros de las solicitudes de servicio recibidas y de los contratos de servicios de verificación celebrados.

8.5.3 La UV debe conservar durante cinco años para aclaraciones y auditorías, los registros de los siguientes documentos que son evidencia objetiva, para fines administrativos y legales. De los cinco años que se hace referencia, los archivos deben mantenerse en archivo activo en el domicilio de la UV, como mínimo dos años a partir de su fecha de emisión, al término de los cuales se pueden enviar al archivo pasivo, manteniéndose en el mismo por tres años como mínimo, antes de proceder a su destrucción:

- Solicitud de servicios de verificación;
- Contratos de servicios de verificación;
- Actas circunstanciadas, informes técnicos; y
- Dictámenes de verificación.

9. Observancia

La vigilancia del cumplimiento de la presente Norma Mexicana, corresponde a la Secretaría de Economía, por conducto de la Procuraduría Federal del Consumidor.

10. Concordancia con Normas internacionales

La presente Norma Mexicana no es equivalente (NEQ), con alguna Norma Internacional, ya que, no reúnen los elementos y preceptos de orden técnico y jurídico que en esta Norma Mexicana se integran y complementan de manera coherente, con base en los fundamentos técnicos y científicos reconocidos internacionalmente.

Apéndice A

(Normativo)

Pesos volumétricos de residuos

Tabla A.1 - Pesos volumétricos de residuos

Tipo de residuo	Peso volumétrico (kg/m ³)
Hojarasca	300
Estiércol vacuno	700
Estiércol ovino	400
Gallinaza	400
Restos de hortícolas	900
Aserrín	200
Paja	100

Apéndice B

(Normativo)

Bitácora

La bitácora de campo para el control del periodo de degradación, etapa de maduración y salida del producto debe contener la siguiente información:

		Periodo de degradación ()			Folio		
Fecha Inicio				Fecha de Término	Municipio		
					Estado		
Volumen inicial, m ³				Volumen final, m ³	Lugar		
					Croquis distribución		
		Etapa de maduración y salida del producto final ()					
Fecha inicio				Fecha de término			
Volumen inicial, m ³				Volumen final, m ³			

Día				1	2	3	4	5	6	7
Tipo de Operación										
Procedencia de Residuos										
Cantidad de Residuos (peso (Ton) y/o Volumen (m ³))										
Nombre o Número Pila										
Fecha	Temp. 1 ^a	Temp.2 ^b	Temp.3 ^c	Temp. Promedio	Humedad	pH	Volteo	Riego	Observaciones	
		Responsable de Registro					Responsable de Planta			

NOTA 1: Tomar la medición del parámetro de temperatura siempre a la misma hora, antes del inicio de los volteos y si es posible registrar la temperatura ambiente. Se requiere realizar tres muestreos como se indica a continuación:

^a Temperatura 1. Realizar la medición a la mitad de la longitud de la pila,

^b Temperatura 2: Realizar la medición a los extremos de la pila descartando los primeros y últimos 5 metros.

^c Temperatura 3: Colocar la bayoneta del termómetro en el tercio medio del centro de la pila.

NOTA 2: Si el dato de temperatura no concuerda a la fase de la pila, se debe buscar otro punto cercano, esto sobre todo en etapas iniciales del proceso debido a la presencia de materiales en partículas grandes que pueden provocar lecturas muy discordantes conforme a la temperatura real del ambiente interno de la pila de compostaje.

NOTA 3: La temperatura promedio debe ser el valor representativo de la pila.

Apéndice C

(Normativo)

Metodología para la determinación del parámetro de estabilidad

Procedimiento estandarizado de autocalentamiento que permite a productores y usuarios de composta tener una medida confiable de la estabilidad de la composta que producen o adquieren.

Esta prueba Dewar de autocalentamiento fue introducida en Europa en 1982. Fue precisamente Bernd Jourdan, que trabajaba en el Instituto del Manejo de Aguas Residuales en la Universidad de Stuttgart quien primero utilizó este recipiente para medir auto-calentamiento en composta (Jourdan, 1982; 1988). Ésta fue adoptada como una norma oficial para estabilidad de composta por el Departamento Alemán del Medio Ambiente en 1984.

Es un método simple, requiere un termo pequeño y los datos que se obtienen son fáciles de entender y se expresan mediante la diferencia entre la temperatura ambiente y la temperatura máxima que alcanzó la composta dentro del termo después de varios días y se expresa en °C.

Este método Dewar es esencialmente un procedimiento estandarizado en el que se evalúa auto-calentamiento. Se fundamentó en investigaciones previas de auto-calentamiento en la naturaleza (Glathe, 1959; Niese, 1969). El auto-calentamiento es importante porque es parte del compostaje, además la presencia de calor en la composta es un signo de inestabilidad en ésta (Gallenkamper et al., 1993).

El nombre Dewar se refiere a un recipiente totalmente aislado mediante vacío inventado por Sir James Dewar en 1893 (Dewar, 1893). El recipiente rodeado con una pared que rodea al frasco totalmente al vacío, la que tiene por objeto mantener los materiales líquidos o sólidos en el interior del frasco fríos o calientes pero a temperatura constante.

C.1 Materiales y Métodos

- El equipo consiste de tres partes:
- Un frasco de 100 mm de diámetro interior de 1.8 litros de capacidad con una tapa de protección;
- Un termómetro digital con doble escala (interior/exterior) graduado con intervalos de ± 1 °C de 10 a 80 °C;
- Un termopar con una sonda de 30 cm y camisa de PVC para inserción en el recipiente.

Una muestra representativa de composta de la que debe probar su estabilidad, se enfría a temperatura ambiente y se rehumecece, en caso de ser necesario, antes de meterla al vaso Dewar. De preferencia la composta debe ser cribada para tener un tamaño de partícula de 2 a 20 mm. (Gallenkamper et al., 1993).

C.2 Cuidados para el frasco y termómetro

- No rayar el interior del frasco;
- No cubrir el frasco Dewar con la tapa u otras obstrucciones durante la prueba y no presionar la sonda del termopar al frasco.

C.3 Instrucciones

C.3.1 Recolección de una muestra representativa de la composta que se va a evaluar. Es conveniente tomar 10 submuestras de una pila, mezclarlas en una cubeta limpia y tomar 2 litros de la cubeta y ponerlos en el frasco Dewar.

C.3.2 Determinar la humedad adecuada de la muestra mediante una o varias pruebas:

C.3.2.1 La prueba de apachurrar la composta en la mano, si ésta suelta agua o se observa agua cuando la composta está en contacto con una toalla de papel, significa que está demasiado húmeda y los resultados de la prueba de humedad no son confiables;

C.3.2.2 Si la composta está demasiado seca, incluso con polvo y que se desmigaja se le debe agregar agua con precaución para evitar humedecerla en exceso;

C.3.2.3 Cuando la composta ligeramente humedece la mano en el momento en que se le aprieta y se mantiene homogénea, es la humedad adecuada para la prueba Dewar;

C.3.2.4 Si fuese posible determinar la humedad de la composta y su capacidad de retener agua, la muestra debe ajustarse a tener 50 % de la capacidad de retener agua (Water Holding Capacity);

C.3.2.5 Si se conoce el contenido de materia orgánica (sólidos volátiles) en base seca de la composta, se recomienda usar los valores de la Tabla C. 1. en la que se estima la cantidad correcta de agua en la muestra.

Tabla C. 1 - Humedad óptima de la composta

Materia orgánica (% bs)	Capacidad de retener agua (%)	Humedad óptima para la prueba (%)
20	44	22
30	52	26
40	57	29
60	66	33
70	69	34
80	71	36

bs = base seca

C.3.3 Agregar o quitar humedad, si el material está demasiado húmedo o seco.

C.3.3.1 Si fuese el primer caso, agregar agua con un asperjador, mezclando el material constantemente, sin que haya agua que escurra de la muestra y dejar que la composta se equilibre 2 horas antes de la prueba;

C.3.3.2 Si la muestra está húmeda, extender la muestra en una superficie limpia y plana durante una noche y confirmar al día siguiente que disminuyó la humedad a los niveles que aparecen en la Tabla C. 1.

C.3.4 Insertar la sonda del termopar en el frasco a una profundidad de 5 cm antes del fondo del frasco Dewar, sin tocar los lados del frasco.

C.3.5 Llenar el frasco con la muestra de composta ya ajustada la humedad y a temperatura ambiente, cuidadosamente agitar el frasco y pegar suavemente en una superficie plana el frasco para que la composta se acomode de acuerdo al tamaño de sus partículas. Si la composta está demasiado floja o densamente empacada en el frasco, la prueba se debe abstener de dar resultados fidedignos.

C.3.6 Registrar la temperatura máxima interior, manteniendo el frasco a temperatura ambiente entre 18 °C – 22 °C durante el tiempo que lleve la prueba. Utilizar la función de la memoria del termómetro para tener tanto la temperatura máxima de la composta como la temperatura máxima del ambiente en que estuvo el frasco y tomar la diferencia entre estas dos temperaturas, como se muestra en la Tabla C.2.

Tabla C.2 - Registro de las temperaturas del auto-calentamiento de composta en el frasco

Día	Fecha y hora	Temperatura del frasco (Tf) °C	Temperatura ambiente (Ta) °C	Tf-Ta °C
0				
1				
2 etc.				

La muestra debe llegar a la temperatura máxima en unos cuantos días. En algunos casos se requieren entre 5 y 10 días. Se debe continuar con las lecturas dos días después que alcanzó la temperatura más alta.

Las compostas pasan por tres estados: frío o curado, mesofílico y termofílico. Es termofílico cuando su temperatura es arriba de 45 °C. Un nivel de composta estable es cuando la muestra no presenta auto-calentamiento o estado mesofílico que implica inicio o terminación del proceso de compostaje. Esto aparece en la Tabla C.3.

Tabla C.3 - Interpretación de la prueba Dewar

Tf-Ta	Temperatura en el frasco	Estabilidad	Interpretación
0 °C - 5 °C	20 °C -25 °C	A	Composta madura o curada
5 °C - 25 °C	25 °C - 45 °C	B	Mesofílica, activa
25 °C - 50 °C	45 °C - 70 °C	C	Termofílica, muy activa

C.4 Prueba para confirmar que el frasco Dewar da lecturas correctas

La integridad del frasco Dewar se prueba de la siguiente manera:

- Llenar el frasco Dewar con agua fría, dejada una noche en el refrigerador;
- Insertar el termómetro en el frasco;
- Cubrir el frasco con la tapa;
- Esperar dos h a que la temperatura en el frasco se equilibre;
- Registrar las temperaturas del frasco y la temperatura del ambiente; y
- A las 24 h después, registrar las temperaturas del frasco y del ambiente.

El funcionamiento del frasco Dewar debe ser el adecuado cuando el aumento en la temperatura es menor que los valores que aparecen en la Tabla C.4. Un aumento mayor que el indicado en esta tabla sugiere que el frasco tiene alguna fractura.

Tabla C.4 - Lecturas prueba de integridad del frasco Dewar

Diferencia de temperaturas Ta-Tagua °C ^a	Aumento a las 24 h °C ^b
10	3.6 - 4.8
12	4.2 - 5.4
14	4.8 - 6.2
16	5.4 - 7.0
20	7.0 - 9.0

^a Diferencia de temperaturas ambiente menos la temperatura del agua fría tomada después de 2 h de equilibrar

^b Cambio en °C después de 24 h

Esta prueba puede dar falsos positivos cuando, por ejemplo, la muestra tiene un alto contenido de humedad, pH bajo o que la composta haya tenido una etapa termofílica en que la temperatura estuvo arriba de 70 °C.

El nivel de auto-calentamiento usado en esta prueba presenta correlación con pruebas de generación de CO₂, velocidad específica de absorción de oxígeno (Specific oxygen uptake rate) y la prueba de madurez.

Apéndice D

(Normativo)

Aspectos técnicos a verificar

Tabla D.1 - Aspectos técnicos a verificar durante el procedimiento para la Evaluación de la Conformidad (1 de 6)

Aspecto técnico	Tipo de evaluación	Criterio de aceptación
6.2.1	Documental	<ul style="list-style-type: none"> • Constancia de uso de suelo compatible con la actividad. • Licencia sanitaria emitida por COFEPRIS.
6.2.1	Física documental	<ul style="list-style-type: none"> • Medición que compruebe que el límite de la propiedad se encuentre a una distancia mínima de 5 m del área del proceso • Medición que compruebe que las residencias permanentes se encuentren a una distancia mínima de 150 m del predio de la planta • Medición que compruebe que los cuerpos superficiales de agua se encuentren a una distancia mínima de 100 m • Documento que compruebe que el aeropuerto más cercano se encuentre a una distancia mínima de 2,000 m (mapa, fotografía satelital, fotografía aérea, entre otros)
6.2.1	Física documental	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación visual que la planta de compostaje o lombricompostaje no se encuentre ubicada por debajo o encima de líneas de conducción eléctrica • Documento que compruebe que la planta de compostaje o lombricompostaje no se encuentre ubicada por debajo o encima de ductos de hidrocarburos (mapas, bases de datos, entre otros)
6.2.2	Física	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación visual que la planta cuente con caminos transitables para facilitar el ingreso de la materia prima y las salidas de los productos • Verificación visual que la planta disponga de control y restricción de acceso • Verificación visual que la planta debe estar delimitada mediante muros, paredes, malla ciclónica o cualquier otro elemento limítrofe con una altura mínima de 2.4 m a partir del nivel del suelo • Verificación visual que la planta cuente con señalamientos visuales que faciliten el acceso y tránsito interno
6.2.3.1	Física documental	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación visual y documental que compruebe que la planta cuente con un área de recepción de la materia prima construida con materiales impermeables con un coeficiente de conductividad hidráulica, de al menos 1×10^{-7} cm/s (mapa general de distribución de la planta, proyecto ejecutivo, entre otros)

Tabla D.1 - Aspectos técnicos a verificar durante el Procedimiento de Evaluación de la Conformidad (2 de 6)

Aspecto técnico	Tipo de evaluación	Criterio de aceptación
6.2.3.2	Física	<ul style="list-style-type: none"> Verificación visual que la planta cuente con un área de trituración y formulación de mezclas
6.2.3.3	Física documental	<ul style="list-style-type: none"> Verificación visual y documental que compruebe que la planta cuente con un área de proceso activo y maduración, la cual debe estar diseñada en función de su capacidad y su proceso (mapa general de distribución de la planta, proyecto ejecutivo, entre otros) Verificación visual y documental que las plantas de categoría A y B deben contar con un área de proceso activo y maduración construida con materiales con un coeficiente de conductividad hidráulica, de al menos 1×10^{-7} cm/s (mapa general de distribución de la planta, proyecto ejecutivo, entre otros) Documento que compruebe que el área de proceso activo y maduración debe tener una pendiente mínima de 0.5 % y máxima del 3 % (proyecto ejecutivo)
6.2.3.3.1	Física documental	<ul style="list-style-type: none"> Verificación visual y documental que compruebe que la planta debe contar con un sistema de captación y conducción de lixiviados (proyecto ejecutivo, planos, entre otros)
6.2.3.3.2	Física documental	<ul style="list-style-type: none"> Verificación visual y documental que compruebe que la planta debe contar con un sistema de captación y control de aguas pluviales y excedentes del proceso (proyecto ejecutivo)
6.2.3.4	Física documental	<ul style="list-style-type: none"> Verificación visual y documental que compruebe que la planta debe contar con un área del proceso final y almacenamiento del producto final la cual debe estar dimensionada a partir de las capacidades del proceso y que cuente con los equipos necesarios para molido, cribado, envasado, pesaje y embalaje (planos, proyecto ejecutivo, entre otros)

Tabla D.1 - Aspectos técnicos a verificar durante el Procedimiento de Evaluación de la Conformidad (3 de 6)

Aspecto técnico	Tipo de evaluación	Criterio de aceptación
6.2.3.5	Física documental	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación visual y documental que compruebe que la planta debe contar con un área de cobertizo para resguardo y mantenimiento de maquinaria, equipo, vehículos y otros, que cuente con un sistema de captación, conducción, equipamiento e infraestructura para asegurar el manejo adecuado de los residuos líquidos que ahí se generan (planos, proyecto ejecutivo, entre otros) • Documento que compruebe que el manejo de los residuos peligrosos generados en esta área deben ser manejados con base a la normatividad vigente aplicable (manifiestos de entrega-recepción de residuos peligrosos)
6.2.3.6	Física documental	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación visual y documental que compruebe que la planta debe contar con un espacio destinado para el almacenamiento temporal de residuos inorgánicos, el almacén debe estar calculado en función de la capacidad de procesamiento y recepción diaria, que los residuos deben estar almacenados en contenedores cerrados o con tapa (proyecto ejecutivo, planos, entre otros)
6.2.3.7	Física	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación visual que la planta debe contar con un área administrativa • Verificación visual que la planta debe contar con instalaciones sanitarias en concordancia con el número de trabajadores y categoría de la planta
6.2.3.8	Física	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación visual que la planta tipo A debe contar con un área de laboratorio • Verificación visual que las plantas tipo B, C y D cuenten con los instrumentos necesarios para medir humedad, pH, conductividad eléctrica, y temperatura para garantizar el control del proceso
6.3.1	Documental	<ul style="list-style-type: none"> • Documento que compruebe que la operación de la planta cuente con al menos un registro de ingreso de todos los vehículos y de la materia orgánica ingresada
6.3.2	Física documental	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación visual y documental que compruebe que la operación de la planta cuente con un sistema de control de calidad que evite que los residuos que ingresen a la planta tengan más del 10 % en peso de otro tipo de residuos inorgánicos (procedimiento, sistema, entre otros)

Tabla D.1 - Aspectos técnicos a verificar durante el Procedimiento de Evaluación de la Conformidad (4 de 6)

Aspecto técnico	Tipo de evaluación	Criterio de aceptación
6.3.3	Física documental	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación visual y documental que compruebe que la operación de la planta cuenta con un proceso de clasificación de la materia orgánica recibida con base al tipo de material (procedimiento, sistema, entre otros) • Verificación visual que la materia orgánica proveniente de podas, esquilmos, rastrojos y maderas se encuentren aislados para evitar incendios
6.3.4	Física documental	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación visual y documental que la operación de la planta cuenta con reducción de volumen proveniente de las áreas verdes con excepción de pastos y hojarasca (plano, proyecto ejecutivo, entre otros)
6.3.5	Física documental	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación visual y documental que compruebe que la operación de la planta cuenta con una etapa de proceso y maduración (plano, proyecto ejecutivo, entre otros) • Verificación visual y documental que compruebe que en el proceso de maduración se realice el monitoreo y control de la relación Carbono/Nitrógeno, humedad inicial, humedad durante el proceso, temperatura, pH, aireación y para el caso de lombricompostaje densidad de población de lombrices
6.3.6	Documental	<ul style="list-style-type: none"> • Documento que compruebe que la operación de la planta maneja una bitácora
6.3.7	Física	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación visual y documental que compruebe que la operación de la planta cuenta con una etapa de terminación del proceso y almacenamiento de productos finales (plano, proyecto ejecutivo, entre otros) • Verificación visual del almacenamiento de composta a granel se realice en pilas piramidales con una proporción de la altura con respecto a la base de 1:2 sin exceder los 5 m de base y los 2.5 m de altura

Tabla D.1 - Aspectos técnicos a verificar durante el Procedimiento de Evaluación de la Conformidad (5 de 6)

Aspecto técnico	Tipo de evaluación	Criterio de aceptación
6.3.8	Física documental	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación visual y documental que compruebe que la operación de la planta cuente con un sistema de captación, y en su caso tratamiento de lixiviados (plano, proyecto ejecutivo, entre otros) • Verificación visual y documental que compruebe que se cuente con un sistema de desvió y canalización de agua pluvial (plano, proyecto ejecutivo, entre otros)
6.3.9	Documental	<ul style="list-style-type: none"> • Documento que compruebe que la operación de la planta debe contar con un programa permanente de control de plagas y fauna nociva (constancia de fumigación, entre otros)
6.3.10	Documental	<ul style="list-style-type: none"> • Documento del Plan de Contingencias
6.4.1	Documental	<ul style="list-style-type: none"> • Documento que compruebe que la composta cuenta con los parámetros establecidos en la Tabla 5 y para un tipo de composta específico de la Tabla 6 de la presente Norma Mexicana (resultado de análisis de laboratorio)
6.4.1.1	Documental	<ul style="list-style-type: none"> • Documento que compruebe que la composta cumpla con los parámetros de estabilidad (resultado de análisis de laboratorio)
6.4.1.2.1	Documental	<ul style="list-style-type: none"> • Documento que compruebe que la composta cumpla con las concentraciones máximas de elementos traza (resultado de análisis de laboratorio)
6.4.1.2.2	Documental	<ul style="list-style-type: none"> • Documento que compruebe que la composta cumpla con las especificaciones microbiológicas (resultado de análisis de laboratorio)
6.4.1.2.3	Documental	<ul style="list-style-type: none"> • Documento que compruebe que la composta cumpla con los límites máximos permitidos de impurezas (resultado de análisis de laboratorio)
6.4.2	Documental	<ul style="list-style-type: none"> • Documento que compruebe que la lombricomposta cumpla con los parámetros establecidos en la Tablas 11 y 12 de la presente Norma Mexicana (resultado de análisis de laboratorio)
6.5.1	Física	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación visual que la información comercial indicada en la etiqueta del producto final debe cumplir con lo especificado en el numeral 6.5.1 de la presente Norma Mexicana

Tabla D.1 - Aspectos técnicos a verificar durante el Procedimiento de Evaluación de la Conformidad (6 de 6)

Aspecto técnico	Tipo de evaluación	Criterio de aceptación
6.6	Documental	<ul style="list-style-type: none"> • Documento que demuestre que los laboratorios que realicen los muestreos y los análisis deben estar acreditados por una entidad de acreditación • Documento que demuestre que la metodología de muestreo utilizada por el laboratorio sea la establecida en el numeral 6.6, 6.6.1 de la presente Norma Mexicana (informe de resultados de análisis)
6.6.2	Documental	<ul style="list-style-type: none"> • Documento que demuestre que la frecuencia de medición y análisis del producto final se realice con base al numeral 6.6.2 de la presente Norma Mexicana
7.1	Documental	<ul style="list-style-type: none"> • Programa que considere las actividades indicadas en el numeral 7.2 de la presente Norma Mexicana • Documento que demuestre que la planta cuenta con el aviso de baja de la licencia sanitaria.

11. Bibliografía

- 11.1** Barrón F.J., 2013. Optimización del proceso de composta producida a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos que se generan en la Ciudad de México. Tesis de Maestría en Ciencias, CIEMAD/IPN.
- 11.2** Brewer Linda, 2003. Maturity and Stability Evaluation of Composted Yard Trimmings, Oregon State University.
- 11.3** Brinton William F., 2000. Compost Quality Standards & Guidelines. Final Report. Prepared for: New York State Association of Recyclers
- 11.4** Cornell Waste Management Institute, 2004. Department of Crop and Soil Sciences, compost fact sheet #4
- 11.5** Dewar, Prof., 1893. Regarding Freezing Air into a Transparent Solid. British Royal Academy of Science, London
- 11.6** EPA, 1999. Cutting the Waste Stream in Half. Solid Waste and Emergency Response (5306W). EPA-530-F-99-017. Disponible en www.epa.gov/osw

- 11.7** FAO, 2013. Manual del Compostaje del Agricultor. Experiencias en América Latina. Autores: Pilar Román, María M. Martínez y Alberto Pantoja.
- 11.8** Gallenkamper, B., G. Becker, A. Kötter (1993), Criteria for judging the decomposition maturity of biowaste compost (Kriterien zur Beurteilung des Rottezustandes von Bioabfallkompost), in Bewertungskriterien für Qualität und Rottestadium von Bioabfallkompost unter Berücksichtigung der verschiedenen Anwendungsbereichen, conference report, Ministry for Research and Development (BMFT), 22-23 Nov.1993, Hamburg
- 11.9** Glathe, H., 1959. Die Selbsterhitzungsvorgänge in der Natur [Self-heating processes in nature], Zentralblatt für Bakteriologie, 113 (2):18-31.
- 11.10** GTZ, 2006. Manual de compostaje municipal. Tratamiento de residuos sólidos urbanos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Instituto Nacional de Ecología (INE). Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.
- 11.11** Jourdan, B, 1982. Standardizing Selected Methods for Determining the Degree of Maturity Decomposition of Municipal Composts. Abfall Wirtschaft Forschungsbericht. Univ. Stuttgart.
- 11.12** Jourdan, B., 1988. Zur Kennzeichnung des Rottegrads von Müll- und Müllklärschlammkompost. [Thesis to Establish Dewar Test]. Inst.
- 11.13** Munsell Soil, 2000. Munsell Soil Color Charts, Revised Washable Edition. GretagMacbeth. New Windsor, NY.
- 11.14** Niese, G., 1969. Die Bestimmung der Mikrobiellen Aktivität in Müll und Müllkomposten durch Messung der Sauerstoffaufnahme und der Wärmebildung, [Microbial Activity of Compost Determined by Oxygen Uptake and Heating] Dissertation, Institute for Agricultural Microbiology, Justus Liebig University, Giessen.
- 11.15** Norma Mexicana NMX-FF-109-SCFI-2008, Humus de lombriz (Lombricomposta) - especificaciones y métodos de prueba. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación 2008-06-10.
- 11.16** Paul John, Geesing Dieter, 2009. Compost Facility Operators Manual, Paul John, Geesing Dieter, Canada.
- 11.17** Román Pilar, 2013. Manual de compostaje del agricultor, experiencias en América Latina, Chile, 2013

- 11.18** SAGARPA. Elaboración de composta. Responsable de la ficha. Prof. Luis Torres Cedillo. Departamento de Suelos, UACH Carretera México-Texcoco, km 38.5 56230. Chapingo, Estado de México.
- 11.19** TMECC (Test Methods for Evaluation of Compost and Composting). 2001. The United States Composting Council. N.Y., USA.
- 11.20** USCC, 2013. US Composting Council Model Compost Rule Template. 5400 Grosvenor Lane. Bethesda, MD 20814. Version 1.1. April 4, 2013
- 11.21** Wastewater Management. Univ. of Stuttgart Germany [english translation by Urs Maier] Determination of the Degree of Decomposition for Waste and Waste/Sludge Derived Compost.

TRANSITORIOS

ÚNICO.- La presente Norma Mexicana entrará en vigor a los 60 días naturales posteriores a la publicación de su declaratoria de vigencia en el Diario Oficial de la Federación.

Ciudad de México, a 26 de septiembre de 2018

El Director General de Normas, Lic. Alberto Ulises Esteban Marina

RRM/TDFS/bvg