

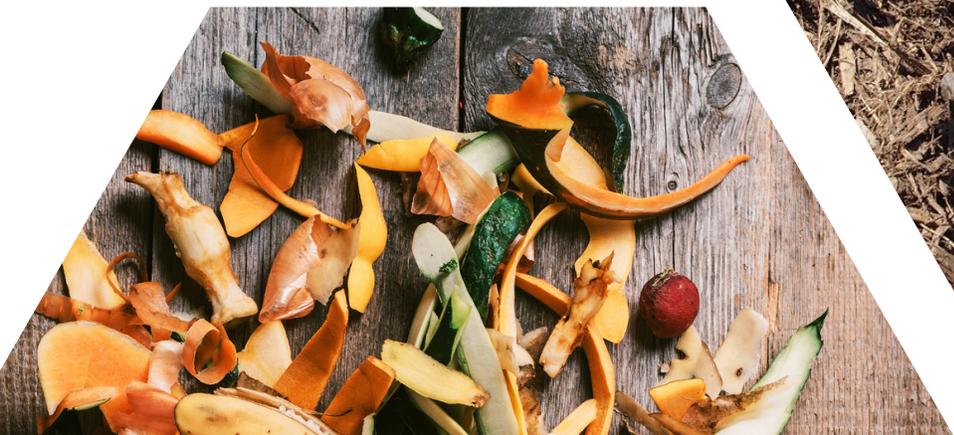


Por:
Laboratorios A-L de México S.A. de C.V.

COMPOSTAS

Evaluaciones de la calidad del producto

-Guía práctica para el
uso de compostas-



INDICE

Tema	Página
1.0 Introducción	3
2.0 Definición de composta	3
3.0 Parámetros de calidad en compostas	3
4.0 Materia orgánica en compostas	4
5.0 Carbono orgánico en compostas	5
6.0 Relación C/N en compostas	5
7.0 Salinidad / Conductividad eléctrica	6
8.0 Estabilidad de la composta	8
8.1 Tipos de Composta	9
9.0 Elementos Nutrientes	11
9.1 El Nitrógeno	11
9.2 Fósforo, Potasio y Elementos Secundarios	11
9.3 Los Micronutrientes	12
9.4 Las Cuatro fases del compostaje.....	13
10.0 Norma fisicoquímica para humus de lombriz	14
11.0 Minerales y materiales extraños	14
12.0 Norma oficial para biosólidos	15
13.0 En resumen	16
14.0 Formato del Reporte Analítico	17
15.0 Para obtener información adicional	18

1.0 Introducción

El suelo agrícola está constituido por una fracción mineral, una fracción orgánica, aire y agua. La fracción de 'materia orgánica' (MO) que contiene el suelo es un componente vital para asegurar la fertilidad de un suelo destinado a labores agrícolas. La materia orgánica está compuesta de plantas, animales y residuos microbianos en etapas de descomposición. La evaluación anual del contenido de MO del suelo es indispensable para poder corregir posibles carencias. Los niveles adecuados de MO benefician al suelo de muchas maneras: (1) mejora la condición física, (2) aumenta la infiltración de agua, (3) mejora la sujeción del suelo, (4) disminuye las pérdidas por erosión, y (5) suministra nutrientes a las plantas. La reutilización de rastrojo, estiércol y residuos orgánicos tiene como finalidad no solo evitar contaminaciones orgánicas sino, muy importante, aprovechar estas materias para mejorar la fertilidad del suelo. La incorporación al suelo puede ser en forma directa o bien - en forma más adecuada- como compostas, que son las enmiendas orgánicas del suelo. Cuando una composta se aplica a la superficie del suelo y no se incorpora, sirve como cubierta o mantillo protector. En su función de enmienda del suelo, las compostas mejoran la fertilidad y la labranza, mientras que como mantillos pueden reducir la erosión, conservar el agua, controlar las malas hierbas y las plagas.

Cuadro 1 RANGOS DE MATERIA ORGÁNICA EN SUELO AGRÍCOLA

Muy Bajo=0-1.7; Bajo=1.8-3.6; Medio=3.7-5.9; Alto=6.0-8.5; Muy Alto=> 8.6

Método LOI. (Lost on Ignition).

2.0 Definición de Composta

La composta se define como: "una materia orgánica que ha sido estabilizada hasta haberse transformado en un producto similar a las sustancias húmicas del suelo; libre de patógenos y de semillas de malas hierbas, que no atrae insectos o vectores, que puede ser manejada y almacenada sin peligro, y que es un insumo benéfico para el suelo y el crecimiento de las plantas". El uso final de la composta limita la gama de materias primas que se pueden utilizar. Estos materiales deben cumplir varios requisitos para poder obtener un producto de calidad. Se denomina "Humus de Lombriz", (Lombricomposta o Vermicompost) al producto resultante de la transformación digestiva y metabólica de la materia orgánica mediante la crianza sistemática de lombrices de tierra.

3.0 Parámetros de Calidad en Compostas

3.1 - El valor del pH en el producto final.

Los rangos típicos de variación para el pH de una composta y la concentración de los principales nutrientes y factores de control, para compostas hechas a partir de rastrojos, usualmente tienen valores más o menos similares a los que se muestran en la Tabla 3.1. Sin embargo, las variaciones en el valor del pH pueden ser muy amplias, en función del material de compostaje. Las compostas de bajo pH (es decir un pH ácido) en muchos casos no se logran curar, o "madurar", por completo. Esta falta de maduración significa que el producto

aún ácido usualmente contiene concentraciones elevadas de ácidos orgánicos; los cuales son un subproducto rutinario de la descomposición que se lleva a cabo al inicio del proceso de compostaje. Estos ácidos orgánicos son indeseables. Ya no deberían estar presentes en etapas posteriores, dado que pueden ser fitotóxicos. Por consiguiente, los valores bajos de pH no son aceptables en la composición final del producto comercial. El valor del pH para una composta de buena calidad, para ser utilizada sin problemas en la agricultura debe estar en un rango de pH de mínimos de 6.0 y máximos de 8.0. Nuestro laboratorio considera que este rango de valores es indicativo de estabilidad relativa. Los valores cercanos a 7,5 son algunos de los más típicos. La mayoría de las compostas son ligeramente alcalinas después del curado, pero otras en cambio pueden ser ligeramente ácidas (valores de 6.0-6.5) debido a las propiedades de las materias primas utilizadas. El nivel de acidez / alcalinidad de la composta afecta a la disponibilidad de nutrientes; a la solubilidad de los metales pesados y, también muy importante, a la actividad metabólica de los microorganismos.

Tabla 3.1.
VALORES TÍPICOS DE PARÁMETROS DE CALIDAD

Parámetro de Prueba	Rango Promedio
Valores del pH	6.2 - 7.3
Sales Solubles	0.44 - 0.94 dS/m
Nitrógeno	1.1 - 2.0 %
Fósforo	0.6 - 1.0 %
Potasio	0.2 - 0.6 %
Humedad	44.0 – 57.0 %
Materia orgánica	35.0 - 45.0 %
Relación C/N	17.2 – 30.3 %

Valores indicativos actualizados al año 2021. Datos internos en compostas a base de desechos agrícolas

La alteración del pH del suelo cuando se mezcla con la composta, depende del pH del mismo terreno y de su capacidad tampón ("*buffer*"); del pH de la composta, de la cantidad de composta aplicada, y de que tan íntimamente se logre mezclarla con el terreno. El pH final de la mezcla conviene determinarlo y guardarlo en el registro histórico del cultivo.

4.0 Materia Orgánica en Compostas

La materia orgánica juega un papel crítico en el establecimiento y mantenimiento tanto de la estructura como de la fertilidad del suelo. También cumple con un papel vital en el mantenimiento de una saludable ecología del suelo. Cuando los suelos están bajos en materia orgánica conviene la aplicación de una composta que tenga un buen contenido de MO. La mayoría de las compostas en el mercado contienen entre 30 y 70 % de materia orgánica. Las compostas que contienen grandes cantidades de materiales inertes, como tierra, sílice o ceniza, no proporcionan tantos beneficios como una composta rica en MO. Sin embargo, para las enmiendas a base de composta, nuestro laboratorio establece un límite máximo del 60 % de MO, ya que los productos con un mayor contenido de MO pueden no ser completamente estables. Este límite máximo puede ser un poco mayor para compostas que se destinan a coberturas. En estos casos, por lo general, las compostas

contienen una alta proporción de residuos celulósicos que se degradan lentamente en el suelo. Además, todas las compostas son menos reactivas con el suelo cuando se colocan encima (como mantillo) que cuando se incorporan al terreno. Los mínimos de MO usualmente se establecen en $MO > 25 \%$. La Norma Mexicana NMX-FF.-109-SCFI-2007, señala que, para el caso del Humus de Lombriz, el contenido de materia orgánica (base seca) debe de estar entre 20.0% - 50.0% .

5.0 Carbono Orgánico en Compostas

El carbono es la fuente de energía para los microorganismos que se consideran como heterótrofos, es decir aquellos que, a fin de poder asegurar su sobrevivencia, dependen directamente de las reservas de carbono existentes en la materia orgánica y no son capaces de utilizar el CO_2 de la atmósfera. El que este carbono sea biodegradable o no, dependerá de la clase de molécula en que se encuentre. Por ejemplo, el carbono contenido en el azúcar será más fácilmente descompuesto por muchos microorganismos; en cambio el carbono asociado con las ligninas presentes en el papel o en el aserrín puede ser descompuesto solamente por unos pocos microorganismos. Las formas de carbono más difíciles de descomponer formarán la matriz para la estructura física del producto final: la composta.

6.0 Relación C/N en Compostas

La relación Carbono Orgánico /Nitrógeno Total en composta se establece sobre la base del carbono biodegradable, o *Carbono Orgánico*, en relación con el contenido de nitrógeno total. Esta relación proporciona una indicación sobre el grado de maduración de la composta. Cuando los microbios del suelo descomponen una composta, utilizan su carbono (C) para obtener energía mientras inmovilizan algo de nitrógeno (N) para satisfacer sus propias necesidades. El N inmovilizado no está disponible temporalmente para las plantas hasta que esos microbios se descomponen. La relación carbono-nitrógeno (C:N) es aproximadamente proporcional al equilibrio entre la energía total contenida en la composta (que corresponde a su contenido de carbono) y el principal nutriente necesario para descomponerlo, el nitrógeno. La Relación se expresa como el cociente de la división entre el carbono "C", y el nitrógeno total "N". Las compostas con una relación C: N más alta generalmente inmovilizan más N durante períodos de tiempo más largos. La inmovilización es menos significativa en una composta estable, ya que los microbios del suelo metabolizarán lentamente el carbono en los compost estables.

Generalmente, las compostas que tienen relaciones de Carbono Orgánico / Nitrógeno Total mayores de 20 a 1, requerirán nitrógeno adicional cuando se incorporan al suelo, con el fin de que las plantas sigan creciendo. Cuanto más grande sea este cociente, mayor es la cantidad de nitrógeno necesario. En estos casos, el nitrógeno adicional es necesario agregarlo para permitir que los microorganismos del suelo se multipliquen rápidamente, sin tomar el nitrógeno del suelo y causar deficiencia de nitrógeno en la planta. Una relación igual o menor de 20 :1 (Carbono/nitrógeno) se considera ideal.

Los materiales no compostados que son inestables y que tienen una alta relación C: N son más propensos a plantear problemas, ya que el compostaje es un proceso estabilizador que elimina la mayor parte del carbono fácilmente disponible. Se puede esperar que las compostas con menor contenido de C: N (C: N < 20:1) mineralicen gradualmente el nitrógeno con poca o ninguna inmovilización. Los materiales de C: N más bajos (< 10:1) a menudo se componen de materias primas relativamente lábiles, como estiércol, biosólidos o desechos de alimentos. Debido a que los microbios descomponedores funcionan más rápidamente cuando hace calor, tanto la mineralización como la inmovilización del nitrógeno se aceleran durante el verano.

Una relación C: N más alta (> 20 :1) en una composta estable puede implicar la presencia de lignina que resiste la descomposición. Las coberturas o mantillos utilizados para controlar las malas hierbas y conservar el agua deben resistir la descomposición ya que se aplican sobre la superficie del suelo. La cobertura no se aplica normalmente como fuente de nitrógeno para las plantas, por lo que son aceptables proporciones C :N más altas para estos materiales. Proporciones aún más altas de C: N (>40:1) también limitan los nutrientes disponibles para las malezas. Las composta bajas en C: N son apropiados para su uso como enmiendas del suelo, que se mezclan en la zona de la raíz donde la disponibilidad de nutrientes es crucial para el éxito del cultivo. Los abonos de textura fina y bajo contenido de C:N funcionan bien como mantillo si lo que se pretende es fomentar una revegetación rápida para reducir la erosión, o en estructuras similares para protección del agua, pero por lo general no son deseables para su uso como mantillo agrícola ya que fomentan el desarrollo de malezas.

Cuadro 6.1
VALOR DE LA RELACIÓN C/N SEGÚN
SU USO FINAL

Utilización prevista	Valor ideal
Cobertura	≥ 15:1
Enmienda del suelo	≤ 20:1

7.0 Salinidad / Conductividad Eléctrica

La salinidad puede tener efectos tanto específicos como no específicos en el desarrollo de los cultivos. En un efecto inespecífico, los iones disueltos crean un gradiente osmótico que impide que las plantas obtengan los nutrientes y el agua que necesitan. Un efecto específico que es frecuente, aparece cuando la planta absorbe determinados iones particulares en exceso de su valor nutritivo. Este exceso puede ser tóxico por derecho propio, o puede también causar toxicidades en forma indirecta.

Cuadro 7.1
CONCENTRACIONES DE SALES

CONTENIDO DE SALES mmhos / cm	INTERPRETACIÓN DEL CONTENIDO
0.00 - 0.12	MUY BAJO: indica una baja aportación de nutrientes y un estado de nutrición deficiente; las semillas pueden germinar.
0.13 - 0.34	BAJO: rango que puede ser adecuado para algunas semillas y plantas muy sensibles. Los cultivos pueden crecer.
0.35 - 0.64	ÓPTIMO: Es el rango deseable para la mayoría de las plantas; un rango mayor puede ser demasiado alto para el cultivo.
0.65 - 0.89	ALTO: Rango superior al requerido por la mayoría de las plantas. Pérdida de vigor en los niveles más altos.
0.90 - 1.10	MUY ALTO: Crecimiento vegetal y vigor reducidos; marchitez y quemadura de la hoja.
1.10 +	EXCESIVO: Crecimiento vegetal seriamente impedido; las plantas por lo general se mueren.

La evidencia muestra que los cultivos funcionan mejor si los niveles de CE del suelo están por debajo de los umbrales de salinidad específicos del cultivo.

La conductividad eléctrica (CE) es un medio preciso e indirecto de medir la salinidad en los Suelos. Al documentar y gestionar las características del suelo, los productores y consultores suelen medir los niveles de salinidad del suelo (Tabla 7.1) como CE, es decir la conductividad eléctrica del extracto acuoso de la pasta saturada del suelo. La conductividad se mide en unidades de deciSiemens por metro (dS/m) o- también en miliSiemens por centímetro (mS/cm), lo cual es igual. En la literatura más antigua aparecen valores de CE expresados en milimhos por centímetro (mmhos/cm) que también es equivalente a DS/m o MS/cm.

Para determinar la salinidad se utiliza en el laboratorio una prueba o medición analítica denominada "Extracto de Pasta Saturada de Suelo" (CE). Este método representa con precisión la influencia de la salinidad en las raíces de la planta. En ocasiones, cuando es difícil ubicar puntos de saturación precisos en una composta, la salinidad de este producto se mide como CE5. Esto significa que se utilizan extractos de una mezcla de agua a composta con una relación 5:1.

Las compostas con valores elevados de CE pueden ser especialmente ricos en nutrientes, ya que los nutrientes son responsables de gran parte de la conductividad medida. Todos los iones cargados que ingresan a la solución del suelo contribuyen a las medidas de CE. Algunos, como el nitrato, el amonio y el potasio son macronutrientes importantes cuya presencia en el compost reduce la necesidad de fertilizantes adicionales. Otros iones, como el sodio y cloruro, representan una preocupación para la salud del suelo y las plantas si están presentes en concentraciones elevadas. Esto sugiere que los aumentos de salinidad que resultan del uso de compost son menos preocupantes que los aumentos de salinidad atribuibles a otros factores, como la calidad del agua de riego. Los experimentos han demostrado, sin embargo, que el efecto no específico de la salinidad del compost es similar en magnitud a los efectos no específicos de otras fuentes y que el uso de las tablas de CEe publicadas derivadas del agua de riego y el manejo del suelo también son apropiados para evaluar las mezclas de suelo y compost. Cabe señalar que los efectos de la salinidad no específicos generalmente se compensan con los beneficios del uso de compost.

Los valores EC5 del compost y CEe del suelo no son directamente comparables, aunque un valor EC5 será menor que el valor CEe correspondiente, en igualdad de condiciones. La estimación del impacto probable de un compost en el suelo CEe requiere información sobre la tasa de aplicación de la composta en tons/ha., junto con la textura del suelo, el contenido de MO y la EC5 previa al compostaje. Las estimaciones se pueden comparar con los umbrales de salinidad de los cultivos, como se muestra en la tabla 7.1

Cuadro 7.2.

UMBRALES DE SALINIDAD DEL SUELO

Cultivo establecido	Concentración (dS / m)
Aguacate	4.0 *
Lechuga	1.3
Jitomate	2.5
Fresa	1.0

* El valor de 4.0 representa el umbral de toxicidad

8.0 Estabilidad de la Composta

La estabilidad de una composta es el grado en que se ha disminuido o ralentizado su velocidad de descomposición. Los materiales de alimentación del compost están hechos de sustancias que se descomponen a diferentes velocidades. Durante el compostaje, se eliminan los materiales fácilmente descomponibles o "lábilés", dejando formas más estables de carbono presentes en el compost cuando se aplica. Materiales tales como desechos de alimentos, biosólidos o estiércol son ricos en grasas, azúcares, almidones y ceras. Los microbios del compost convierten rápidamente estos materiales lábilés en dióxido de carbono y agua, dejando materiales resistentes como la madera que contienen mezclas de celulosa y lignina. Es común que los materiales lábilés generen olores, retengan nitrógeno o liberen compuestos fitotóxicos a medida que se descomponen. Los productores de compost

eliminan los olores, las fitotoxinas y otros factores perjudiciales al permitir que sus productos se estabilicen o "curen" durante semanas o meses antes de enviarlos al mercado. Aunque la descomposición rápida asociada con compostas inestables puede suprimir ciertos patógenos de plantas transmitidos por el suelo, tenga en cuenta que las compostas inmaduras e insuficientemente curadas normalmente no son deseables. Un material insuficientemente curado continuará su rápida descomposición, generando fitotoxinas, emitiendo olores, y posiblemente atrapando nitrógeno valioso. Las compostas inestables pueden estabilizarse después de la incorporación al suelo, pero en tal caso, el productor podría tener que esperar varias semanas o meses entre la aplicación y la siembra. El medio más directo para evaluar en laboratorio la estabilidad de una composta es medir la velocidad a la que se produce CO₂ a medida que el material se descompone en condiciones de humedad y temperatura controladas. Un material que genera menos de 8 mg del CO₂ por gramo de materia orgánica por día durante la incubación a 135°F es suficientemente estable para uso agrícola. El fabricante puede evaluar en forma muy sencilla su composta: si el producto huele mal, "apesta", lo más seguro es que aún sea inestable y que necesite más tiempo de maduración o "curado". Una composta ya madura, estable, tiene un olor saludable olor terroso, a humus.

8.1. Tipos de Composta

Los productos denominados composta más comunes son:

-Composta de origen animal. - Elaboradas con huesos, piel, carne, sangre y cáscaras de huevo.

-Composta vegetal. - Hechas a base de restos forestales o agrícolas, restos de verduras y frutas con preferencia por los materiales leñosos. Suelen ser residuos con alto contenido en carbono. Como, por ejemplo, la composta de café, donde se recogen los restos de la producción del cafeto, especialmente la cascarilla que contiene muchos nutrientes debido a sus altas cantidades de nitrógeno, además de que no acidifica la tierra en el proceso. Asimismo, se puede realizar una composta con mezcla de origen animal y vegetal.

-Lombricomposta. - También conocida como humus de lombriz o vermicomposta, que es el resultante de la transformación digestiva y metabólica de la materia orgánica, mediante la crianza de lombrices de tierra. Normalmente, se añaden lombrices rojas o californianas, las cuales, ayudan a digerir los restos en descomposición de los residuos orgánicos y aportan su excremento, el cual es muy útil para las plantas.

-Lixiviado. - Llamado Composta líquida. Son los líquidos que se extraen y almacenan del proceso de transformación de los residuos orgánicos sólidos, en este caso el compostaje. Se puede aplicar foliarmente o en forma de riego en el área deseada.

-Composta a base de residuos urbanos e industriales. - Contienen una fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos. En este caso, deben proceder solo de desechos orgánicos, para evitar que vengan mezclados con otros residuos como vidrio, metal, alambre, plástico, caucho, cenizas frescas, fibras sintéticas y frutos con espinas; unos no son biodegradables y otros pueden dañar las manos. Residuos de la industria agroalimentaria, como, por ejemplo, los restos tras la extracción del aceite de oliva o del mosto (desecho de la uva) para la elaboración de vino.

-Otras compostas. - Se incluye además la llamada *Avicomposta* que es básicamente, el proceso de compostaje industrializado de la gallinaza, la cual tiene ciertas complejidades, pero que da como resultado una composta considerablemente buena.

Es importante mencionar que varias de las compostas antes mencionadas incluyen el uso tierra como materia prima. Añadir tierra inicialmente va a favorecer el proceso, ya que esta tierra aportará hongos, bacterias y otros microorganismos beneficiosos para empezar y acelerar el proceso de compostaje.

No obstante, no es necesaria y se puede empezar el proceso perfectamente sin ella, pues se debe considerar que también requiere bastante volumen y peso, cuando se tiene la composta ya terminada. En muchos casos, ocupa hasta una tercera parte o más, del volumen total de la composta elaborada.

Entre otros aportes, tiene la función de dar una mayor homogeneidad física y distribuir la humedad; con su volumen, aumenta el medio propicio para el desarrollo de la actividad microbiológica. Por otro lado, funciona como una esponja, al retener, filtrar y liberar gradualmente los nutrientes a las plantas de acuerdo con las necesidades de éstas. Dependiendo de su origen, la tierra, puede aportar varios tipos de arcillas, microorganismos y otros elementos minerales indispensables para el desarrollo normal de los vegetales.

En algunos casos, es conveniente cernir la tierra con la finalidad de liberarla de piedras, terrones y madera. Esta tierra puede ser obtenida de las orillas del terreno, de las vías internas de un predio, o de las orillas de carretera. Las mejores tierras para la elaboración de composta son fértiles, con origen arcilloso, porque las mismas facilitan la formación de complejos silicatos y arcillo húmicos, junto con la materia orgánica.

Sin embargo, el uso excesivo de tierra (arcillas), como materia prima, suele arrojar a la composta ya terminada, contenidos altos de hierro, aluminio y en ocasiones de sodio, elementos perjudiciales para muchos cultivos.

9.0 Elementos Nutrientes

El nitrógeno (N), el fósforo (P), el potasio (K), el calcio (Ca), el magnesio (Mg), y el azufre (S) se consideran los principales elementos nutrientes que aportan las compostas y las lombricompostas. Los micronutrientes principales son: manganeso, hierro, zinc, cobre, y boro. La unidad de expresión está en porcentajes para los macronutrientes y nutrientes secundarios; y en partes por millón (ppm), o mg/kg para los micronutrientes. Todos estos elementos nutrientes son importantes para el crecimiento de las plantas, pero desde luego, es obvio que los valores de macronutrientes y de nutrientes secundarios son de mayor interés por el volumen que consumen los cultivos.

9.1. El Nitrógeno

El compost puede suministrar una cantidad considerable de nitrógeno a los suelos. El amonio y el nitrato del compost están disponibles para que las plantas los absorban al aplicarse, mientras que el nitrógeno orgánico debe mineralizarse a amonio, o al menos descomponerse en formas orgánicas simples y solubles, antes de que sea absorbido. En general, las compostas con una proporción alta de C/ N suministran nitrógeno más fácilmente que las compostas con una baja C/ N, pero las tasas específicas de mineralización no se pueden predecir con precisión.

Usualmente el nitrógeno no es tóxico para los cultivos a niveles agronómicos. Los altos niveles de amonio pueden ser fitotóxicos, especialmente para las plántulas, aunque la susceptibilidad varía según la planta. El nitrato elevado en el suelo tiene el potencial de filtrarse como contaminante en las aguas subterráneas, o puede desnitrificarse en óxido nitroso, un potente gas de efecto invernadero. Debemos tener en cuenta que las pérdidas de nitrógeno al aire y al agua pueden aumentar significativamente si se aplican cantidades excesivas de fertilizantes nitrogenados junto con el compost. Se debe monitorear el estado de nitrógeno disponible en el suelo y se debe ajustar el uso de fertilizantes para tener en cuenta cualquier nitrógeno agregado con el compost. La composta bien curada contiene más nitrógeno como nitrato que como amonio, pero los compost ricos en amonio pueden usarse con bastante éxito, particularmente si se aplican varias semanas antes de la siembra.

9.2. Fósforo, Potasio y Elementos Secundarios

El fósforo y el potasio son también nutrientes muy importantes en la composta. Un alto porcentaje de estos dos nutrientes está generalmente disponible para la planta durante la primera etapa de crecimiento. Sin embargo, la disponibilidad puede depender de la clase de suelo, la humedad y la temperatura del suelo. La disponibilidad de fósforo de las compostas se compara favorablemente con la de los fertilizantes de fósforo convencionales. Sin embargo, los niveles elevados de fósforo en los suelos o mantillos pueden salir del campo y contaminar las aguas superficiales. Para proteger el medioambiente y ahorrar dinero en fertilizantes, los productores deben reducir sus aplicaciones de fertilizantes de fósforo en proporción a la cantidad de fósforo suministrada por la composta. Los elementos secundarios, calcio y magnesio se comportan en forma similar al fósforo y al potasio.

9.3. Los Micronutrientes

Los valores de micronutrientes encontrados en las compostas, y expresados en partes por millón (ppm), dependen, nuevamente, de las materias primas utilizadas. Valores muy altos de micronutrientes pueden en algunos casos ser tóxicos a las plantas. En los análisis de la compostase reporta aluminio que, aunque no es un nutriente, es un elemento muy tóxico para las plantas por lo que su presencia en compostas y fertilizantes debe verificarse al adquirir estos productos. Por ello mismo, en los programas de análisis de tejidos vegetales para el control del desarrollo de los cultivos, debe incluirse también en forma sistemática el análisis del contenido de aluminio en la planta. Principalmente en hojas, y raíces. Los dos micronutrientes potencialmente más tóxicos son el boro y el cobre. A continuación, se comenta en forma más detallada.

Boro. Este elemento es un micronutriente de importancia agrícola. En concentraciones elevadas puede ser fitotóxico, particularmente cuando los valores de pH y las concentraciones de nitrógeno son bajos, condiciones que son más comunes en compostas inmaduras. La toxicidad del boro se reduce por la presencia de materia orgánica en la composta, y las sales de boro se pueden manejar mediante lixiviación. Los niveles de boro en las compostas rara vez representan una amenaza de fitotoxicidad. Aún así, se ha comprobado que el aguacate, la lechuga y la uva son sensibles al boro. Los tres comparten un umbral de toxicidad de 0,5 ppm. El boro es menos disponible en suelos alcalinos: se ha descubierto que el 30 % del boro total puede estar disponible a pH 6, mientras que sólo el 10 % estará disponible a pH 7,6.

Cuando el boro sea motivo de preocupación debido a las altas concentraciones en el agua de riego, se deben considerar el uso de compostas con bajo contenido de boro. Como precaución adicional, los productores que utilizan mantillo en los cultivos deben buscar abonos estables con menos contenido de boro y un perfil de pH de neutro a ligeramente alcalino. Las concentraciones de boro en el suelo deben monitorearse y lixiviarse si el boro comienza a acumularse. Las tasas de carga serán mucho más altas para los mantillos de aguacate y uva, pero la influencia de estas coberturas en la química del suelo será mucho menor ya que están ubicados sobre el suelo. No se sabe en qué medida el boro en los mantillos se filtrará a los suelos debajo o en qué medida se verán afectadas las raíces de aguacate que crecen en los mantillos. Se ha establecido experimentalmente que el límite máximo de contenido de boro en las compostas no debería superar las 100 ppm. La toxicidad por boro debido al uso de compostas es bastante rara.

Cloruro. Aunque el cloro se considera como un micronutriente vital, es un elemento que puede ser tóxico en concentraciones elevadas. La toxicidad del cloruro generalmente resulta de concentraciones elevadas en el agua de riego combinadas con una lixiviación insuficiente. Los cultivares leñosos como la uva y el aguacate son los más susceptibles al daño. Los cultivos herbáceos como la lechuga y el tomate no lo son. Las fresas también son sensibles al cloruro. El estado del suelo normalmente se evalúa a partir de un extracto saturado y no es posible predecir con precisión la influencia del cloruro de compost en concentraciones del suelo. Los límites que se muestran en la tabla 8 se derivan en parte de la disponibilidad

del mercado, y los valores más bajos son los mejores. Muchos factores, incluido el manejo del agua y las condiciones del suelo, afectan las condiciones del cloruro. El uso de compost debe considerarse como parte de un plan general de gestión de la sal.

Sodio. El exceso de este elemento puede provocar problemas de sodicidad y fitotoxicidad. La sodicidad es la tendencia del sodio a dispersar las partículas del suelo de manera que se pierde la estructura del suelo. La toxicidad del sodio se produce cuando las plantas absorben el sodio del suelo, en lugar de otros nutrientes necesarios, lo que crea un desequilibrio nutricional. El compost es ampliamente recomendado para la remediación de suelos sódicos o salinos, pero los estudios de la influencia de compost sobre la sodicidad y la salinidad hasta el momento son limitados. Con agua de riego adecuada, se ha demostrado que el uso de composta en los suelos deja la sodicidad del suelo sin cambios o, inclusive, reduce la sodicidad del suelo.

9.4. Las cuatro Fases del Compostaje

El equilibrio entre nitrógeno y carbono es solo una de las claves del compostaje. Además de los dos elementos químicos que aporta la materia orgánica, el proceso se desarrolla en presencia de oxígeno y agua siguiendo cuatro fases bien diferenciadas, tal como señala la FAO:

1. Fase mesófila.

El proceso de compostaje se inicia a temperatura ambiente y poco a poco, con el paso de entre unas pocas horas y días, la temperatura de la mezcla va aumentando debido a la actividad de los microorganismos. Si los microorganismos no tienen oxígeno y humedad, dejan de actuar, la mezcla acaba enfriándose y el proceso de compostaje se frena. El objetivo es alcanzar entre 50 y 70 grados centígrados.

2. Fase termófila o de higienización.

Una vez superados los 45 grados, los organismos que se desarrollan a estas temperaturas, los llamados mesófilos, desaparecen y son reemplazados por microorganismos que soportan hasta 100 grados, los termófilos. Esta temperatura se mantiene mientras continúa el proceso de descomposición de la materia orgánica y puede durar meses. Las altas temperaturas contribuyen a la higienización de la mezcla, ya que destruyen cualquier tipo de contaminante biológico.

3. Fase mesófila o fase de enfriamiento.

Después de la fase termófila, vuelve a bajar la temperatura. En ese momento, debemos decidir si volteamos la mezcla para homogeneizarla y volver a elevar la temperatura o dejar que esta vaya bajando. En esta fase, más cercana a la temperatura ambiente, continúa la descomposición y los organismos mesófilos se reactivan.

4. Fase de maduración.

Tras un periodo de enfriamiento, una vez que la producción se ha completado, llega el momento de la maduración. Esta última fase del proceso se produce a temperatura

ambiente y permite la consolidación de nuevas moléculas. Durante varios meses, la composta madura y suma nuevas poblaciones microbianas, así como nuevos grupos de organismos como anélidos, ácaros o insectos que completan la transformación.

10. Norma fisicoquímica para humus de lombriz

La Norma Mexicana "NMX-FF.-109-SCFI-2007" establece que – en todos los grados de calidad - el humus de lombriz, lombricomposta o vermicomposta, objeto de esa norma, debe cumplir con las especificaciones fisicoquímicas que se detallan en el siguiente cuadro.

Cuadro 10.1
ESPECIFICACIONES FISICOQUÍMICAS

Característica	Valor
Nitrógeno total (%)	1.0 a 4.0
Materia orgánica. (%)	20 a 50
Relación C/N	≤20
Humedad (%)	20 a 40
Rango del pH	5,5 a 8,53
Conductividad eléctrica (CE)	≤ 4 dS m ⁻¹
Capacidad Intercambio Catiónico.	> 40 cmol kg ⁻¹
Densidad aparente	40 a 0,90 g mL ⁻¹
Material adicionado	Ausente

NOTA. El productor deberá también cumplir con las especificaciones sensoriales establecidas en la misma norma.

11.0 Minerales y Materiales Extraños

Las compostas pueden contener metales, vidrio, plástico y otros materiales inertes indeseables. El plástico, en particular, puede ensuciar el suelo y obstruir los sistemas de agua. El suelo está presente en la mayoría de las compostas, pero no se considera como impureza. El plástico no debería aparecer en una composta de calidad. Las impurezas plásticas pesan menos que el vidrio o el metal y los compradores deben usar su propio criterio para evaluar si el plástico está presente en niveles aceptables dentro de los productos de compostaje bajo consideración. Tanto los contaminantes de vidrio como los de plástico se acumularán en los suelos después de repetidas aplicaciones de composta. La norma para el Humus de Lombriz, NMX-FF.-109-SCFI-2007 establece los siguientes límites, tanto para minerales extraños como para materiales inertes:

Cuadro 11.1
RANGOS PARA MATERIALES MINERALES E INERTES EN 3 CALIDADES

Clase de humus	Extra	Primera	Segunda
Mineral extraño (%).	0.00 - 1.51	1.51 – 3.00	3.1 – 5.00
Material inerte (%).	< 0.50	0.51 - 1.00	1.01 – 1.50

12.0 Norma Oficial para Biosólidos

Para efectos de esta Norma Oficial Mexicana “NOM-OO4-SEMARNAT-2002. BIO-SOLIDOS”, estos productos comerciales se clasifican en función de su contenido tanto de metales pesados como de coliformes, patógenos y parásitos.

Cuadro 12.1.
METALES PESADOS. LÍMITES MÁXIMOS

Elemento	(mg/Kg)	
	Clase A	Clase B
Arsénico	41	75
Cadmio	39	85
Cromo	1200	3000
Cobre	1500	4300
Plomo	300	840
Mercurio	17	57
Níquel	420	420
Zinc	2800	7500

Cuadro 12.2
LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA PATOGENOS Y PARASITOS
Norma Oficial Mexicana NOM-OO4-SEMARNAT-2002.

CLASE DEL PRODUCTO	CONTAMINANTE	PATÓGENOS	PARÁSITOS
	Coliformes fecales	Salmonella spp	Huevos helmintos
	NMP/g en base seca	NMP/g base seca.	Helmintos/g base seca
A	Menor de 1 000	Menor de 3	Menor de 1
B	Menor de 1 000	Menor de 3	Menor de 10
C	Menor de 2 000 000	Menor de 300	Menor de 35

Donde NMP = Número Más Probable.

Huevos de helmintos viables

13. En Resumen

La calidad final obtenida en la elaboración de un lote de composta dependerá, en lo básico, del tipo de material orgánico utilizado y del proceso de compostaje. Es muy importante verificar la calidad de cada lote homogéneo de composta ya que puede haber variaciones importantes de uno a otro. La composta aporta materia orgánica a los suelos que ayuda no solo en la agregación de partículas, sino también, hasta cierto punto, en la mitigación de los posibles daños por el exceso de sodio, ya que puede mejorar la eficiencia de lixiviación de sodio y de otras sales. Las compostas usualmente contienen iones de calcio y magnesio, cuya presencia también ayuda a compensar el impacto del sodio en la estructura del suelo. Los requerimientos de calidad de la composta deberán dirigirse a obtener: Aspecto, olor y color aceptables; una higienización correcta; bajo nivel de impurezas y contaminantes. Buen nivel de elementos agrónomicamente útiles; uniformidad en las características físicas, químicas y biológicas.

En compostas a base de residuos vegetales, nuestro laboratorio propone los siguientes valores que, por experiencia, se consideran aceptables: para el Nitrógeno (N) de un 2.5% a 3.5% ; el fósforo (P) de 0.8% a 1.5% ; el potasio (K) de 2.5% a 3.0% ; el Calcio (Ca) de 2.5% a 4.0% ; el Magnesio (Mg) de 0.8% a 1.2% ; y el Azufre (S) de 0.7% a 1.0%. Otros elementos como los micronutrientes (Fe, Cu, Mn, Zn, y B) contenidos en la composta, no son en general factores limitantes.

La multifuncionalidad de los microorganismos posiblemente presentes en compostas o en los sistemas agrícolas, se expresa de acuerdo con una serie de factores bióticos, como la competencia con otros microorganismos, la biocenosis del suelo, el reconocimiento planta-microorganismo y viceversa. Igualmente influyen factores abióticos, como la climatología, las características físicas y químicas del suelo, que influyen directamente en el tipo de interacción de estos organismos y la expresión de los efectos benéficos o antagonicos, importantes en el desarrollo de las especies vegetales. La interacción de microorganismos de la rizósfera, como son los "Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares" (HFMA), los hongos del género "*Trichoderma*" y las bacterias del género "*Pseudomonas*", dependen de este tipo de factores para expresar sus efectos benéficos.

La aplicación de una composta comercial al suelo, que no reúna condiciones aceptables de calidad, (por ejemplo, inmadurez, contenido de patógenos, de elementos contaminantes, de inertes etc.) puede provocar efectos muy contraproducentes de daño directo al cultivo y deterioro o contaminación del medio ambiente.



14.0 Formato del reporte Analítico

ANÁLISIS DE COMPOSTA

Empresa:

Reporte N°
 Fecha de recepción:
 Fecha de entrega:
 Página:
 N° de Laboratorio:

Identificación de Muestra: # 1

PRUEBA	RESULTADO	APORTACIÓN EN KILOGRAMOS / TONELADA METRICA
		EN BASE A MUESTRA SECA SIN HUMEDAD
Nitrógeno, N%	0.74	7.4
Fósforo, P%	0.451	10.32 (P2O5)
Potasio, K%	0.121	1.45 (K2O)
Azufre, S%	0.497	4.97
Magnesio, Mg%	0.199	1.99
Calcio, Ca%	2.37	23.7
Sodio, Na ppm	1800	1.8
Hierro, Fe ppm	8900	8.9
Aluminio, Al ppm	8500	8.5
Manganeso, Mn ppm	370	0.37
Cobre, Cu ppm	30.2	0.03
Zinc, Zn ppm	114	0.114
Boro, B ppm	91.7	0.092

PRUEBAS ADICIONALES:

PRUEBA	RESULTADO
Humedad en la Muestra, %	24.4
Materia seca en la Muestra, %	75.6
Carbono Orgánico Total, %	20.7
Materia Orgánica (Combustión), %	35.1
Relación C:N	27.9
Relación C:P	45.8
Relación C:S	41.6
pH	7.14
Conductividad Eléctrica, mmhos/cm	2.97

Métodos de Referencia:
 RMMA Recommended Methods of Manure Analysis, Peters et al. 2002, In Press.
 SSSA Methods of Soil Analysis, Part 3 - Chemical Methods, 2nd Ed. Rev. Soil Science Society of America, Black, C.A et al. 1982, p. 1004-1005.
 SW USEPA, SW-846, Test Methods for Evaluating Solid Wastes, Physical/Chemical Methods, 3rd Ed. Current Revision.
 El resultado ampara solamente la muestra analizada.

15.0 Para obtener Información Adicional



LABORATORIOS A-L DE MÉXICO S.A. DE C.V.

Calle Esmeralda # 2847. Colonia Verde Valle.

www.laboratoriosaldemexico.com.mx

44550 Guadalajara, Jalisco.

Tel. 33 3123 1823 y 33 3121 7925.

Información adicional: kcalderon@allabs.com. WhatsApp 33 28 03 79 60.

Laboratorios de Agroecología con una visión social y solidaria.

VALORAMOS LA LIBERTAD DE INFORMACIÓN.

ESTE ARTÍCULO ES GRATUITO Y PUEDE SER REPRODUCIDO SIN NINGUNA LIMITANTE.



Notitia et Cognition