

BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS PARA LA REDUCCIÓN DE GEI

PROYECTO ECONOMÍA CIRCULAR



**ESCUELA UNIVERSITARIA DE
INGENIERÍA AGRÍCOLA INEA**

El curso de “BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS PARA LA REDUCCIÓN DE GEI” ha sido elaborado dentro del proyecto “AUMENTO DE FIJACIÓN DE CO₂ EN LA AGRICULTURA CON PRÁCTICAS DE ECONOMÍA CIRCULAR EN HUERTOS ECOLÓGICOS” concedido a INEA en la convocatoria de subvenciones para proyectos de fomento de Economía Circular, Ecoinnovación y Ecodiseño en el municipio de Valladolid en el año 2021 concedidas por parte de la Agencia de Innovación y Desarrollo Económico del Ayuntamiento de Valladolid.

Contenido

1.	Compostaje.....	3
2.1.	¿Qué es el compost?.....	3
2.2.	La importancia de los microorganismos	5
2.3.	El control de parámetros en el proceso de compostaje.....	6
1.3.1.	La temperatura como mejor indicador del proceso	7
1.3.2.	La aireación en el compostaje	8
1.3.3.	La humedad en el compostaje	10
1.3.4.	El pH en el proceso de compostaje	10
2.4.	¿Qué podemos compostar?.....	11
1.4.1.	Elaboración de mezclas para el compostaje: ajuste de la relación C/N y otros aspectos nutricionales.	13
1.4.2.	El tamaño de la partícula	14
2.5.	¿Cómo podemos compostar?.....	15
2.6.	Beneficios del compostaje	15
2.7.	Criterios de calidad del compost	16
2.8.	Uso de compost	17
2.9.	Aplicación de compost en la agricultura ecológica	18
2.	Bibliografía y material complementario.....	21

1. Compostaje

2.1. ¿Qué es el compost?

El compostaje simula el proceso de descomposición de la materia orgánica en la naturaleza pero realizado de forma controlada y optimizada. Es una biotecnología de bajo coste que permite transformar residuos y subproductos orgánicos en materiales biológicamente estables que pueden utilizarse como enmendantes y/o abonos del suelo y como sustratos para cultivo sin suelo, disminuyendo el impacto ambiental de los mismos y posibilitando el aprovechamiento de los recursos que contienen. Se define como un proceso biooxidativo controlado, que se desarrolla sobre sustratos orgánicos heterogéneos en estado sólido, donde se produce una transformación de la materia orgánica debido a la actividad secuencial de una gran diversidad de organismos (principalmente microorganismos) presentes inicialmente en los propios sustratos. Implica el desarrollo de una fase termófila y generación de dióxido de carbono, vapor de agua, minerales y una materia orgánica estabilizada denominada COMPOST, con ciertas características húmicas y libre de compuestos fitotóxicos, microorganismos patógenos y malas hierbas.

- Es un proceso biológico, donde los microorganismos presentes en los propios residuos son los principales descomponedores de la materia orgánica. No son los únicos actores biológicos, ya que asociados a estos también se pueden desarrollar otros organismos creando una red trófica similar a la del suelo.
- Es un proceso biooxidativo, por tanto biológico, lo que diferencia al compostaje de otros tratamientos de tipo físico o químico, desarrollándose una actividad eminentemente aeróbica.
- Es un proceso controlado, lo que indica la necesidad de una monitorización y control de parámetros durante el desarrollo del mismo, diferenciándolo de los procesos naturales no controlados. Parámetros tales como la temperatura, humedad y oxigenación, junto a la definición previa de la composición del sustrato, inciden enormemente en el desarrollo del proceso.
- Tiene lugar sobre sustratos orgánicos en fase sólida, generalmente heterogéneos, que actúan como soporte físico y matriz de intercambio,

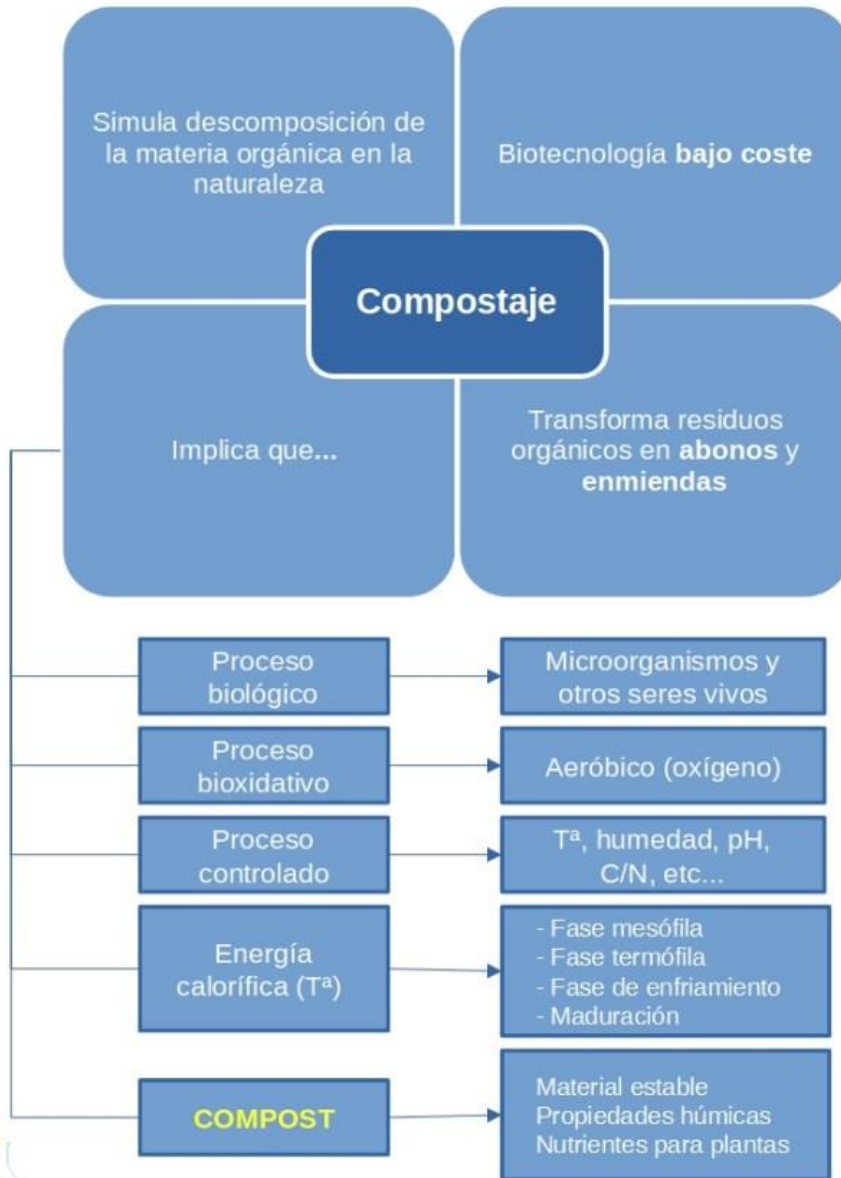
fuentes de nutrientes y agua necesarios para el metabolismo microbiano, aporta microorganismos endógenos, retiene los residuos metabólicos generados durante su desarrollo y actúa como aislante térmico del sistema.

- Se desarrolla a través de una fase termofílica, en la que se registra una fuerte liberación de energía calorífica que eleva la temperatura, principal indicador de la dinámica del proceso, de forma que una lenta o escasa elevación de la misma debe interpretarse como un desarrollo no favorable de éste y/o un deficiente control de los factores que lo rigen. Estas temperaturas termofílicas, superiores a 40°C, que se producen en las primeras etapas del compostaje, disminuyen posteriormente durante la llamada fase de estabilización.
- Genera temporalmente sustancias fitotóxicas, siendo la producción generalmente menor y menos duradera con sustratos heterogéneos y bajo condiciones claramente aeróbicas. Una fitotoxicidad persistente durante el compostaje, indica un deficiente desarrollo del proceso, generalmente atribuible a insuficiente oxigenación.
- Libera dióxido de carbono y agua a la vez que se generan sustancias minerales, como principales productos de la biodegradación. Idealmente, los productos finales de un sistema de compostaje bien manejado son dióxido de carbono, vapor de agua, calor, materia orgánica estabilizada y amoníaco, aunque la proporción de éstos varía con la disponibilidad de carbono y nitrógeno en el residuo y con las condiciones en que se desarrolla el proceso en cada etapa del mismo.



¿Qué es el compost?

Fuente: www.compostadociencia.com



2.2. La importancia de los microorganismos

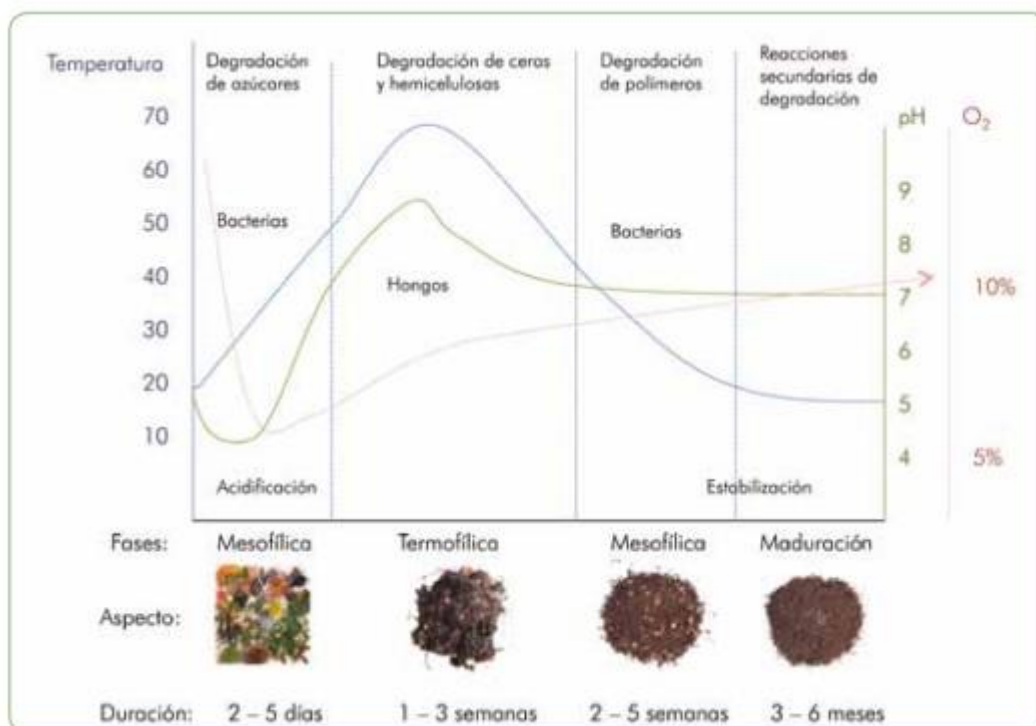
El compostaje es un proceso biológico controlado y optimizado, basado en el proceso natural de degradación de la materia orgánica en la naturaleza para la formación de humus por parte de los microorganismos presentes en los suelos.

Un concepto fundamental es que es un proceso biológico, es decir, es un “sistema vivo”. Cualquier condicionante que afecte a los microorganismos presentes en los sustratos de compostaje, afectará al proceso: falta de agua, nutrientes, oxígeno, etc.

La microbiología del proceso es muy compleja al ser muchos los microbios que intervienen (bacterias, actinomicetos, hongos, etc.). Los hay específicos que solo degradan azúcares y carbohidratos, otros que degradan la lignina, las ceras o grasas, etc., todos actuando de forma conjunta y combinada. Hay muchos que son beneficiosos para la agricultura o para las plantas, y otros que son patógenos (sobre todo si usamos materiales fecales como estiércoles).

2.3.El control de parámetros en el proceso de compostaje

Los parámetros más importantes que se deben controlar en el proceso son: temperatura, humedad, oxígeno y pH. En la siguiente figura puede verse datos característicos de cada fase del proceso referentes a la temperatura, pH y oxígeno.



Fuente: P. Roman, FAO

En cuanto a las características durante el proceso, en la siguiente tabla pueden verse todos los parámetros que deben controlarse y su desarrollo a lo largo del proceso.

Parámetro	Rango ideal al comienzo (2-5 días)	Rango ideal para compost en fase termofílica II (2-5 semanas)	Rango ideal de compost maduro (3-6 meses)
C:N	25:1 – 35:1	15/20	10:1 – 15:1
Humedad	50% - 60%	45%-55%	30% - 40%
Concentración de oxígeno	~10%	~10%	~10%
Tamaño de partícula	<25 cm	~15 cm	< 1,6 cm
pH	6,5 – 8,0	6,0-8,5	6,5 – 8,5
Temperatura	45 – 60°C	45°C-Temperatura ambiente	Temperatura ambiente
Densidad	250-400 kg/m ³	<700 kg/m ³	<700 kg/m ³
Materia orgánica (Base seca)	50%-70%	>20%	>20%
Nitrógeno Total (Base seca)	2,5-3%	1-2%	~1%

1.3.1. La temperatura como mejor indicador del proceso

Fruto de la actividad metabólica de los microorganismos durante la degradación de la materia orgánica se produce un incremento considerable de la temperatura. La evolución de este parámetro da pie a la clasificación de las cuatro fases del proceso del compostaje:

1. Mesófila: de temperatura ambiente hasta 40°C, dura menos de una semana
2. Termófila: 40-65°C, dura varios meses
3. Enfriamiento (o segunda mesófila): 65°C-temperatura ambiente, dura varias semanas
4. Maduración: temperatura ambiente, indefinidamente

Cada una de las fases tiene su papel, pero la más importante en la fase biooxidativa (mesófila + termófila). Durante estas fases se produce la mayor transformación de la materia orgánica e incluso, donde se produce la eliminación de los microorganismos no deseables (patógenos).

Temperatura (°C)	Causas asociadas		Soluciones
Bajas temperaturas (T° ambiente < 35°C)	Humedad insuficiente.	Las bajas temperaturas pueden darse por varios factores, como la falta de humedad, por lo que los microorganismos disminuyen la actividad metabólica y por tanto, la temperatura baja.	Humedecer el material o añadir material fresco con mayor porcentaje de humedad (restos de fruta y verduras, u otros)
	Material Insuficiente.	Insuficiente material o forma de la pila inadecuada para que alcance una temperatura adecuada.	Añadir más material a la pila de compostaje.
	Déficit de nitrógeno o baja C:N.	El material tiene una alta relación C:N y por lo tanto, los microorganismos no tienen el N suficiente para generar enzimas y proteínas y disminuyen o ralentizan su actividad. La pila demora en incrementar la temperatura mas de una semana.	Añadir material con alto contenido en nitrógeno como estiércol.
Altas temperaturas (T ambiente >70°C)	Ventilación y humedad insuficiente	La temperatura es demasiado alta y se inhibe el proceso de descomposición. Se mantiene actividad microbiana pero no la suficiente para activar a los microorganismos mesofílicos y facilitar la terminación del proceso.	Volteo y verificación de la humedad (55-60%). Adición de material con alto contenido en carbono de lenta degradación (madera, o pasto seco) para que ralentice el proceso.

Temperatura necesaria para la eliminación de algunos patógenos.

Microorganismo	Temperatura	Tiempo de exposición
<i>Salmonella spp</i>	55°C	1 hora
	65°C	15-20 minutos
<i>Escherichia coli</i>	55°C	1 hora
	65°C	15-20 minutos
<i>Brucella abortus</i>	55°C	1 hora
	62°C	3 minutos
<i>Parvovirus bovino</i>	55°C	1 hora
Huevos de <i>Ascaris lumbricoides</i>	55°C	3 días

Fuente: Jones and Martin, 2003

1.3.2. La aireación en el compostaje

El compostaje es un proceso aerobio y se debe mantener una aireación adecuada para permitir la respiración de los microorganismos, liberando a su vez, dióxido de carbono (CO₂) a la atmosfera. Así mismo, la aireación evita que el material se compacte o se encharque. Las necesidades de oxígeno varían durante el proceso, alcanzando la mayor tasa de consumo durante la fase termofílica.

La saturación de oxígeno en el medio no debe bajar del 5%, siendo el nivel óptimo el 10%. Un exceso de aireación provocaría el descenso de temperatura y una mayor pérdida de la humedad por evaporación,

haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua. Las células de los microorganismos se deshidratan, algunos producen esporas y se detiene la actividad enzimática encargada de la degradación de los diferentes compuestos. Por el contrario, una baja aireación, impide la suficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis. Se producen entonces malos olores y acidez por la presencia de compuestos como el ácido acético, ácido sulfhídrico (H₂S) o metano (CH₄) en exceso.

Porcentaje de aireación	Problema		Soluciones
<5%	Baja aireación	Insuficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis	Volteo de la mezcla y/o adición de material estructurante que permita la aireación .
5% - 15% Rango ideal			
> 15%	Exceso de aireación	Descenso de temperatura y evaporación del agua, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua.	Picado del material a fin de reducir el tamaño de poro y así reducir la aireación. Se debe regular la humedad, bien proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de fruta y verduras, césped, purines u otros)

FAO

Como en todo proceso aerobio o aeróbico, ya sea en el compostaje o aun en la respiración humana, el oxígeno sirve para transformar (oxidar) el C presente en las materias primas (substrato o alimentos) en combustible. A través del proceso de oxidación, el C se transforma en biomasa (más microorganismos) y dióxido de carbono (CO₂), o gas producido por la respiración, que es fuente de carbono para las plantas y otros organismos que hacen fotosíntesis. Sin embargo, el CO₂ también es un gas de efecto invernadero, es decir, contribuye al cambio climático.

Durante el compostaje, el CO₂ se libera por acción de la respiración de los microorganismos y, por tanto, la concentración varía con la actividad microbiana y con la materia prima utilizada como sustrato. En general, pueden generarse 2 a 3 kg de CO₂ por cada tonelada, diariamente. El CO₂ producido durante el proceso de compostaje, en general es considerado de bajo impacto ambiental, por cuanto es capturado por las plantas para realizar fotosíntesis.

1.3.3. La humedad en el compostaje

La humedad es un parámetro estrechamente vinculado a los microorganismos, ya que, como todos los seres vivos, usan el agua como medio de transporte de los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular.

La humedad óptima para el compost se sitúa alrededor del 55%, aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas, así como del sistema empleado para realizar el compostaje (ver sección sobre Tamaño de Partícula). Si la humedad baja por debajo de 45%, disminuye la actividad microbiana, sin dar tiempo a que se completen todas las fases de degradación, causando que el producto obtenido sea biológicamente inestable. Si la humedad es demasiado alta (>60%) el agua saturará los poros e interferirá la oxigenación del material.

En procesos en que los principales componentes sean substratos tales como aserrín, astillas de madera, paja y hojas secas, la necesidad de riego durante el compostaje es mayor que en los materiales más húmedos, como residuos de cocina, hortalizas, frutas y cortes de césped.

El rango óptimo de humedad para compostaje es del 45% al 60% de agua en peso de material base.

Porcentaje de humedad	Problema		Soluciones
<45%	Humedad insuficiente	Puede detener el proceso de compostaje por falta de agua para los microorganismos	Se debe regular la humedad, ya sea proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de fruta y verduras, césped, purines u otros)
45% - 60% Rango ideal			
>60%	Oxígeno insuficiente	Material muy húmedo, el oxígeno queda desplazado. Puede dar lugar a zonas de anaerobiosis.	Volteo de la mezcla y/o adición de material con bajo contenido de humedad y con alto valor en carbono, como serrines, paja u hojas secas.

1.3.4. El pH en el proceso de compostaje

El pH del compostaje depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso (desde 4.5 a 8.5). En los primeros estadios del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoniaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro. El pH define la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene pH óptimos de crecimiento y multiplicación. La mayor actividad bacteriana se produce a pH 6,0- 7,5, mientras que la mayor actividad fúngica se produce a pH 5,5-8,0. El rango ideal es de 5,8 a 7,2.

pH	Causas asociadas		Soluciones
<4,5	Exceso de ácidos orgánicos	Los materiales vegetales como restos de cocina, frutas , liberan muchos ácidos orgánicos y tienden a acidificar el medio.	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C:N.
4,5 – 8,5 Rango ideal			
>8,5	Exceso de nitrógeno	Cuando hay un exceso de nitrógeno en el material de origen, con una deficiente relación C:N, asociado a humedad y altas temperaturas, se produce amoniaco alcalinizando el medio.	Adición de material mas seco y con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

2.4.¿Qué podemos compostar?

Cualquier sustrato o material de naturaleza orgánica es susceptible de ser compostado. Los materiales inorgánicos (yeso, sulfato de calcio, roca fosfórica, etc.) no son compostables, aunque pueden usarse para mejorar algunos aspectos del proceso como el control del pH. En el compostaje se suelen utilizar residuos orgánicos agrícolas o agroindustriales, materiales que necesitan un proceso de estabilización biológica al ser por sí mismos muy contaminantes.

La gran mayoría de los materiales orgánicos son compostables. En la siguiente lista se hace una extensa relación de materiales que se pueden compostar:

- Restos de cosecha, plantas del huerto o jardín. Ramas trituradas o troceadas procedentes de podas, hojas caídas de árboles y arbustos. Heno y hierba segada. Césped o pasto (preferiblemente en capas finas y previamente desecado).
- Estiércol de porcino, vacuno, caprino y ovino, y sus camas de corral.

- Restos orgánicos de cocina en general (frutas y hortalizas). Alimentos estropeados o caducados. Cáscaras de huevo (preferible trituradas). Restos de café. Restos de té e infusiones. Cáscaras de frutos secos. Cáscaras de naranja, cítricos o piña (pocos y troceadas). Papas estropeadas, podridas o germinadas.
- Aceites y grasas comestibles (muy esparcidas y en pequeña cantidad).
- Virutas de serrín (en capas finas).
- Servilletas, pañuelos de papel, papel y cartón (no impresos ni coloreados, ni mezclados con plástico).
- Cortes de pelo (no teñido), residuos de esquilado de animales.

No se deben incluir materiales inertes, tóxicos o nocivos tales como:

- Residuos químicos-sintéticos, pegamentos, solventes, gasolina, petróleo, aceite de vehículos, pinturas.
- Materiales no degradables (vidrio, metales, plásticos).
- Aglomerados o contrachapados de madera (ni sus virutas o serrín).
- Tabaco, ya que contiene un biocida potente como la nicotina y diversos tóxicos.
- Detergentes, productos clorados, antibióticos, residuos de medicamentos.
- Animales muertos (estos deben ser incinerados en condiciones especiales, o pueden ser compostados en pilas especiales).
- Restos de alimentos cocinados, carne.
- Plantas o material vegetal con enfermedades u hongos.

En el caso de compostar material vegetal con enfermedades, en especial con hongos, se corre el riesgo de que estos se reactiven cuando el compost sea depositado en el campo para abonar los cultivos provocando enfermedades en las plantas.

A la hora de seleccionar el material a compostar, también hay que tener en cuenta varias propiedades importantes: la relación C/N y el tamaño de la partícula.

¿Qué podemos compostar?

App COMPOST CALCULATOR
<http://agrocompostaje.edu.umh.es>



- Desarrollada por la Universidad Miguel Hernández (UMH) (España)



1.4.1. Elaboración de mezclas para el compostaje: ajuste de la relación C/N y otros aspectos nutricionales.

En el compostaje, los microorganismos usan la materia orgánica como fuente de energía para crecer y desarrollarse. Para que este proceso ocurra de forma espontánea, se necesitan algunos requisitos nutricionales fundamentales, siendo el más limitante la relación entre el carbono orgánico y el nitrógeno disponible (relación C/N). Ambos elementos químicos son básicos en todos los seres vivos ya que son necesarios para biomoléculas esenciales como los carbohidratos, las proteínas o el ADN. Se conoce experimentalmente que para que los microorganismos crezcan, los valores de esta relación deben estar entre 25-35, es decir, 25-35 átomos de carbono por cada átomo de nitrógeno. Si tenemos sustratos con valores de relación C/N de 40-50, habrá mucho carbono y será un material muy difícil de degradar. Por el contrario, sustratos con valores de 2-10 contienen mucho nitrógeno y será necesario mezclarlos con otro sustrato carbonado.

Por lo tanto, cualquier mezcla de residuos orgánicos no vale. Tenemos conseguir mezclas lo más cercano a valores de 25-35 de esta relación.

C:N	Causas Asociadas		Soluciones
>35:1	Exceso de Carbono	Existe en la mezcla una gran cantidad de materiales ricos en carbono. El proceso tiende a enfriarse y a ralentizarse	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C:N.
15:1 – 35:1 Rango ideal			
<15:1	Exceso de Nitrógeno	En la mezcla hay una mayor cantidad de material rico en nitrógeno, el proceso tiende a calentarse en exceso y se generan malos olores por el amoníaco liberado.	Adición de material con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

Nivel alto de nitrógeno 1:1 – 24:1		C:N equilibrado 25:1 – 40:1		Nivel alto de carbono 41:1 – 1000:1	
Material	C:N	Material	C:N	Material	C:N
Purines frescos	5	Estiércol vacuno	25:1	Hierba recién cortada	43:1
Gallinaza pura	7:1	Hojas de frijol	27:1	Hojas de árbol	47:1
Estiércol porcino	10:1	Crotalaria	27:1	Paja de caña de azúcar	49:1
Desperdicios de cocina	14:1	Pulpa de café	29:1	Basura urbana fresca	61:1
Gallinaza camada	18:1	Estiércol ovino/caprino	32:1	Cascarilla de arroz	66:1
		Hojas de plátano	32:1	Paja de arroz	77:1
		Restos de hortalizas	37:1	Hierba seca (gramíneas)	81:1
		Hojas de café	38:1	Bagazo de caña de azúcar	104:1
		Restos de poda	44:1	Mazorca de maíz	117:1
				Paja de maíz	312:1
				Aserrín	638:1

Fuente: Adaptado de PNUD-INFAT (2002)

1.4.2. El tamaño de la partícula

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

La densidad del material, y por lo tanto la aireación de la pila o la retención de humedad, están estrechamente relacionados con el tamaño de la partícula, siendo la densidad aproximadamente 150 -250 kg/m³, conforme avanza el proceso de compostaje, el tamaño disminuye y por tanto, la densidad aumenta, 600-700 kg/m³.

Tamaño de las partículas (cm)	Problema		Soluciones
>30 cm	Exceso de aireación	Los materiales de gran tamaño crean canales de aireación que hacen bajar la temperatura y desaceleran el proceso.	Picar el material hasta conseguir un tamaño medio de 10-20 cm
5 – 30 cm Rango ideal			
<5 cm	Compactación	Las partículas demasiado finas crean poros pequeños que se llenan de agua, facilitando la compactación del material y un flujo restringido del aire, produciéndose anaerobiosis.	Volcar y/o añadir material de tamaño mayor y volteos para homogenizar

2.5. ¿Cómo podemos compostar?

El compostaje es un método sencillo y fácil de implantar tecnológicamente hablando. Aun así, existen muchas técnicas de compostaje que van desde las más sencillas (a escala doméstica) a las más tecnificadas (plantas de tratamiento de residuos urbanos). En términos generales, se clasifican en función de tres factores:

- En función de su estructura: Sistemas abiertos (al aire libre) y cerrados (donde las pilas están confinadas en un recinto controlado).
- En función de la homogenización: Estáticos (las pilas no se voltean) y dinámicos (las pilas se voltean periódicamente).
- En función del sistema de aireación: Volteos mecánicos y ventilación forzada.

Todas las combinaciones de estos tres factores son posibles generando sistemas híbridos. El uso de uno u otro sistema dependerá de la cantidad de residuos a tratar fundamentalmente.

2.6. Beneficios del compostaje

Los aportes de materia orgánica al suelo proporcionan los siguientes beneficios:

Mejora las propiedades físicas:

- Estabilidad estructural
- Mejora de porosidad

- Control de la temperatura y radiación
- Color
- Consistencia
- Densidad aparente
- Almacenamiento de agua (retención)
- Textura (complejo arcillo-húmico)

Mejora las propiedades químicas:

- Capacidad de intercambio catiónico
- Fuente de nutrientes
- Capacidad tampón (cantidad de ácido o base necesaria para modificar una unidad de pH)
- Procesos redox (reducción-oxidación)

Mejora las propiedades biológicas:

- Soporte de la vida en el suelo
- Mejora de la biodiversidad



2.7. Criterios de calidad del compost

Estabilidad y madurez:

- Presencia de compuestos fácilmente degradables
- Actividad microbiana
- Pérdida de potencial fitotóxico

Higienización:

- Presencia de microorganismo patógenos

Tóxicos e impurezas:

- Materiales iniciales de partida
- Contenido en metales pesados

Contenido de materia orgánica, sustancias húmicas y nutrientes.

Carecer de semillas de malas hierbas.

Real decreto 999/2017, de 24 de noviembre sobre productos fertilizantes y sus posteriores modificaciones.

2.8. Uso de compost

El compost debe poseer una elevada calidad y madurez, especialmente cuando se emplea en la preparación de sustratos para cultivos de modo que sus propiedades químicas, físicas y biológicas, así como los índices de madurez deben ser considerados, evaluados y estandarizados. En estos usos el compost debe estar formado por una elevada fracción de materia orgánica estable, mantener un volumen constante, una porosidad adecuada, alta capacidad de cambio catiónico, suficiente capacidad tampón, ser estable frente a la descomposición, mostrar baja salinidad, no ser fitotóxico y carecer de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas.

Su empleo en agricultura permite una reducción en el uso de fertilizantes minerales y también se ha destacado en numerosos trabajos el papel beneficioso que la materia orgánica del compost ejerce sobre las poblaciones microbianas del suelo y la fertilidad biológica. Así, es conocido que las sustancias orgánicas del compost pueden ejercer un efecto beneficioso sobre el número y funciones de fijadores de nitrógeno heterótrofos y micorrizas o también el papel favorable que puede ejercer el compost sobre los microorganismos asociados a la rizosfera y sobre el desarrollo de las raíces.

El compost puede ser empleado en la lucha contra la degradación del suelo, en su recuperación y prevención, como demuestra la mejora de la

calidad de suelos degradados con la aplicación de residuos urbanos, compostados y frescos, residuos agrícolas, etc.

2.9. Aplicación de compost en la agricultura ecológica

El compost contiene elementos fertilizantes para las plantas, aunque en forma orgánica y en menor proporción que los fertilizantes minerales de síntesis. Una de las mayores ventajas del uso de compost como aporte de materia orgánica es que en él se encuentran presentes nutrientes tanto disponibles como de lenta liberación, útiles para la nutrición de las plantas. Por otra parte, el compost presenta un alto contenido de materia orgánica con las ventajas que ello conlleva. Se recomienda, antes de hacer aplicaciones tanto de compost o materia orgánica, como de fertilizantes minerales, realizar un análisis de suelo para controlar los niveles de nutrientes y ajustar la fertilización en función de la liberación que se produzca y de las necesidades del cultivo.

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

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

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

El Fósforo, P (0,1% - 0,4% del extracto seco de la planta) juega un papel importante en la transferencia de energía, por lo que es esencial en la eficiencia de la fotosíntesis.

El fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas o donde el pH limita su disponibilidad, favoreciendo la fijación.

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

El contenido en nutrientes del compost tiene una gran variabilidad al depender de los materiales de origen. El contenido habitual de N, P y K en el compost suele oscilar entre los siguientes porcentajes:

Nutriente	% en compost
Nitrógeno	0,3% – 1,5% (3g a 15g por Kg de compost)
Fósforo	0,1% – 1,0% (1g a 10g por Kg de compost)
Potasio	0,3% – 1,0% (3g a 10g por Kg de compost)

Fuente: Jacob, 1961, Martínez, 2013

Ante la duda sobre las dosis de compost que podemos aplicar en nuestros cultivos, la respuesta dependerá de su contenido en nitrógeno y del tipo de agricultura que tengamos. El nitrógeno es el factor limitante y esto es así debido a la problemática actual relacionada con la contaminación por nitratos de aguas por exceso de fertilización. Esto es un gran problema en muchos lugares del mundo, en especial en Europa y cada vez más son los lugares catalogados como zonas vulnerables a la contaminación por nitratos.

El caso concreto de la agricultura ecológica regida en Europa se basa en la siguiente legislación:

Según dicha legislación, el límite estaría en 170 kg de nitrógeno por hectárea y año de cultivo. Aunque este valor se debe fundamentalmente a los estiércoles, también se aplica a todos los abonos orgánicos autorizados o incluso a los compost. Esto se debe fundamentalmente a que se hace la suposición de que todo el nitrógeno es capaz de liberarse al degradarse la materia orgánica, es decir, que podría estar todo disponible para la planta y no se perdería nada por lixiviación.

Por lo tanto, para saber cuánto compost podemos aplicar, tenemos que hacer cálculos de la superficie cultivada efectiva (es decir, de la superficie que ocupan los cultivos o de la densidad de plantación) y la cantidad de nitrógeno del compost que utilicemos (que suele oscilar entre un 0.3% y un 1,5% incluso un 2% en el mejor de los casos).

Veamos el siguiente ejemplo: Tenemos un cultivo de una hectárea (10 000 metros cuadrados) de olivo ecológico, por lo que podremos añadir 170 kg de nitrógeno en total. Disponemos de un compost de alperujo con una media del 2% de contenido en nitrógeno.

Por lo tanto, lo equivalente a 170 kg de nitrógeno serían 8 500 kg de compost de alperujo con un 2% de nitrógeno ($8\ 500 \times 2/100 = 170$), es decir, 8 500 kg por hectárea de cultivo. Una simple división entre el número de árboles plantados y los 8 500 kg nos daría la cantidad de compost a aplicar por árbol.

Si tenemos 400 árboles, sería 21 kg por árbol.

Cada cultivo necesita una cantidad específica de nutrientes, y esta cantidad depende en parte del rendimiento esperado del cultivo. Para calcular el requerimiento real de fertilizantes se debe tener en cuenta otros factores tales como las reservas de nutrientes del suelo, y la inmovilización o pérdida del nutriente cuando se aplica, ya sea por fijación o lixiviación.

En la siguiente tabla, pueden verse las extracciones del suelo de N de los principales nutrientes para los cultivos hortícolas y el contenido aproximado de los mismos en los residuos de cosecha para las producciones señaladas

	Producción comercial (t/ha)	Absorción de N		N en residuos de cosecha ⁽¹⁾ (kg/ha)
		por produc. comerc. (kg/t)	por superficie (kg/ha)	
Alcachofa	17	11-15	190-260	80-150 ⁽¹⁾
Apio	70	2,8-4,1	200-290	60-90
Berenjena	60	3,5-5,2	210-310	100-160
Brócoli	17	12-18	200-310	150-230
Calabacín	25	3-4	75-100	20-30
Cebolla	65	2,1-2,5	140-160	20-40
Col	50	3,8-4,2	190-210	90-120
Col china	65	2,7-3,5	180-230	80-110
Coliflor	30	7,5-8,5	220-250	120-150
Espinaca	25	4,5-5,2	110-130	20-50
Guisantes	4	25-30	100-120	60-80
Judías verdes	14	8-12	110-170	30-60
Lechuga	35	2,2-2,7	80-100	15-30
Melón	35	3,2-4	110-140	30-40
Pepino	30	2,8-3,5	80-110	20-30
Pimiento	60	3-4,5	180-270	110-160
Puerro	30	3,3-5	100-150	10-30
Rábano	25	2,3-3,2	60-80	5-10
Sandía	50	2,2-2,6	110-130	30-40
Tomate	60	2,5-3,5	150-210	45-60
Zanahoria	65	2,4-3	160-200	60-110

*La extracción de nutrientes del campo se calcula restando de la absorción el contenido de nutrientes en los residuos de cosecha.

*Estos valores son orientativos y pueden variar en función de la cantidad de residuos que queden en el campo

El compost se puede aplicar semimaduro (en fase mesófila) o ya maduro. El compost semimaduro tiene una elevada actividad biológica y el porcentaje de nutrientes fácilmente asimilables por las plantas es mayor que en el compost maduro.

Por otro lado, al tener un pH no estable aún (tendiendo a la acidez), puede afectar negativamente a la germinación, por lo que este compost no se usa para germinar semillas, ni en plantas delicadas.

La aplicación en horticultura del compost semimaduro es normalmente una aplicación de primavera de 4 – 5 kg/m² en el terreno previamente labrado.

El compost maduro se usa en gran medida para plántulas, jardineras y macetas. Se suele mezclar (20%-50%) con tierra y otros materiales como turba.

2. Bibliografía y material complementario

<https://www.fao.org/3/i3388s/I3388S.pdf>

[https://www.ipcc.ch/srccl/ ... su Informe Especial sobre Cambio Climático y Tierras](https://www.ipcc.ch/srccl/...su%20Informe%20Especial%20sobre%20Cambio%20Clim%C3%A1tico%20y%20Tierras)

<https://www.ipcc.ch/srccl/chapter/summary-for-policymakers/>

<https://www.lgseeds.es/media/guia-practica-fertilizacion-cultivos-ii.pdf>

[https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/default/files/eip-agri factsheet moving from source to sink in arable farming 2019 es.pdf](https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/default/files/eip-agri_factsheet_moving_from_source_to_sink_in_arable_farming_2019_es.pdf)

<https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mecanismos-de-flexibilidad-y-sumideros/sumideros-de-carbono/>

<https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/news/protecting-soil-organic-carbon-poland>

https://youtu.be/jM_oXAbC01E

[Doc: eip-](#)

[agri fg carbon storage in arable farming final report 2019 en.en.es](#)

<https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/publications/eip-agri-brochure-soil-organic-matter-matters>

<https://soil4youth.soilweb.ca/home-page/resources/activities/>

[http://clacs.org/presentaciones/5-](http://clacs.org/presentaciones/5-SimposioCarbono/Simposio%20C%20Ronald%20Vargas.pdf)

[SimposioCarbono/Simposio%20C%20Ronald%20Vargas.pdf](#)

<https://youtu.be/AY9YVwJZDvw>

<https://educaclima.com/que-es-el-cambio-climatico-21/>

<https://agroambient.gva.es/documents/20550103/170625582/Experimentos+para+trabajar+en+el+aula+diversos+aspectos+del+cambio+clim%C3%A1tico.+Fichas+de+trabajo/ae0b14a9-a845-47a1-b989-86dad58f08e1>

<https://youtu.be/hh7o9xt95gE> El Mapa Global de Carbono Orgánico del Suelo V1.0

http://www.valladolidadelante.es/sites/default/files/Climate_Plan.pdf

<http://www.compostandociencia.com>

<https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mecanismos-de-flexibilidad-y-sumideros/sumideros-de-carbono/>

<https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/definicion-difusos.aspx>

<https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/about>

<https://www.fao.org/global-soil-partnership/en/>

<https://www.fao.org/global-soil-partnership/areas-of-work/awareness-raising/en/>

<https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/focus-groups/moving-source-sink-arable-farming>

<https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/news/protecting-soil-organic-carbon-poland>

<https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/publications/eip-agri-brochure-soil-organic-matter-matters>

[https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/default/files/eip-](https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/default/files/eip-agri_fg_carbon_storage_in_arable_farming_final_report_2019_en.pdf)

[agri fg carbon storage in arable farming final report 2019 en.pdf](#)

