

Bases técnicas para la p

M. Cecilia Céspedes L.
Ingeniera Agrónoma, M.S.
ccespede@quilamapu.inia.cl
INIA Quilamapu

En la producción agrícola existe una tendencia creciente a utilizar tecnologías que permitan generar productos libres de contaminantes químicos y eviten la degradación de los recursos naturales, buscando una adecuada rentabilidad en armonía con la sustentabilidad de los recursos y la recuperación del agroecosistema. La agricultura sustentable incluye sistemas agrícolas integrados y orgánicos, que buscan satisfacer indefinidamente las necesidades de consumo de una población, sin degradar los recursos naturales que la hacen posible. La reducción o eliminación del uso de fertilizantes químicos y pesticidas deben ir junto con el desarrollo de nuevas

técnicas que permitan la viabilidad de los sistemas sustentables, proveyendo de niveles adecuados de nutrientes y reduciendo la presencia de plagas, patógenos y malezas, con el objetivo de alcanzar el potencial máximo de producción de los cultivos y, a la vez, conservar los recursos naturales. La aplicación de enmiendas orgánicas incentiva la actividad biológica en el suelo, debido al aporte de nutrientes requeridos por los microorganismos, e indirectamente incrementa la disponibilidad de nutrientes para los cultivos. También mejora las características físicas del suelo al aumentar la agregación y, con ello, la capacidad de retención de humedad, infiltración, penetración de raíces, entre

otros efectos. Además, reduce la incidencia de enfermedades, mediante varios mecanismos biológicos.

Una de las formas más eficientes de uso de residuos orgánicos es la fabricación de compost. Este proceso posibilita reciclar cantidades importantes de residuos vegetales y animales, cualquiera sea su origen, lo que permite aplicar grandes volúmenes de materia orgánica al suelo, a la vez que disminuir la contaminación con residuos.

Qué es el compost

El compost es resultante de la fermentación aeróbica de una mezcla de materias primas orgánicas en condiciones específicas de humedad y temperatura.



Proceso de volteo de una pila de compost, lo que permite incorporar el oxígeno necesario para la actividad de los microorganismos.

Producción de Compost

RELACIÓN CARBONO NITRÓGENO

RELACIÓN CARBONO NITRÓGENO

La relación carbono:nitrógeno (C:N) expresa las unidades de carbono por unidad de nitrógeno que contiene una materia prima o la mezcla de varias materias primas. Con la siguiente ecuación es posible determinarla:

$$C = (Q1 * C1) + (Q2 * C2) + \dots + (Qn * Cn)$$

$$N = (Q1 * N1) + (Q2 * N2) + \dots + (Qn * Nn)$$

C = % carbono orgánico

N = % nitrógeno orgánico

Q = peso fresco (kg o ton)

1, 2, ..., n = materias primas a utilizar

Los residuos de origen animal, como el estiércol, contienen menos carbono que los de origen vegetal. Por ejemplo, el estiércol bovino tiene una relación C:N entre 17 y 24, y la paja de cereales entre 40 y 80. Así, una paja de trigo con una C:N de 79, aporta 79 unidades de C por cada unidad de nitrógeno que contiene.

Este producto está constituido principalmente por materia orgánica estabilizada, donde no se reconoce su origen, libre de patógenos y semillas de plantas. Al ser aplicado al suelo mejora sus características físicas, químicas y biológicas.

La fabricación de compost es una técnica practicada hace milenios, recuperada y perfeccionada por los agricultores orgánicos. Éstos ven a los productos químicos que la agricultura convencional usa con el fin de mejorar la fertilidad del suelo y controlar plagas y enfermedades, como causante de efectos negativos sobre la salud del hombre y el ambiente.

El compostaje disminuye los niveles de fitotoxicidad de algunas sustancias, y descompone los residuos ricos en lignina, hemicelulosa y celulosa. El alza térmica producida en lo que se conoce como "fase termófila" provoca la muerte y destrucción de organismos mesófilos, en su mayoría patógenos, y gran cantidad de semillas de malezas. Además, el hecho de poder

agregar al suelo materiales de lenta descomposición, permite un mejor aprovechamiento de los nutrientes por los microorganismos y las plantas, ya que se produce una sincronización entre los requerimientos y su disponibilidad.

Fabricación del compost

El proceso de compostaje comienza con la recolección de residuos vegetales y animales. Luego se apilan y mezclan con pequeñas cantidades de suelo. Los hongos y bacterias que se encuentran en él en forma natural, al encontrar un medio favorable, comienzan el proceso de descomposición. Estos organismos durante su crecimiento utilizan el carbono (C), nitrógeno (N) y otros nutrientes disponibles en los residuos. Es importante otorgar un ambiente favorable para el desarrollo de los microorganismos que, a través de la sucesión de actividades enzimáticas, degradan los materiales orgánicos originales y sintetizan sustancias húmicas. Los factores a considerar para tener un proceso eficiente son: temperatura, humedad, relación C:N, acidez (pH) y aireación de la mezcla.

La actividad microbiana se inicia a temperatura ambiental. La temperatura aumenta en la medida que la actividad de los microorganismos se incrementa. La humedad óptima está entre 45 y 60%, por lo cual es importante mojar la pila en períodos secos y tajarla en períodos con precipitaciones. El pH neutro facilita la acción de los microorganismos que descomponen la materia orgánica, por lo tanto siempre son recomendables las mezclas de materias primas, para evitar la utilización de solo un residuo que pudiese tener valores extremos de pH. La aireación de la pila se maneja volteándola

GLOSARIO

Agregados: unión de partículas minerales y orgánicas del suelo.

Fermentación aeróbica: fermentación que ocurre en presencia de aire.

Fitotoxicidad: toxicidad para las plantas.

Mesófilo: microorganismo cuyo óptimo crecimiento ocurre entre los 20 y 45°C.

Patógeno: elemento u organismo que origina y desarrolla una enfermedad.

Sustancia húmica: fracción estable de la materia orgánica del suelo.

Termófilo: microorganismo cuyo óptimo crecimiento ocurre sobre los 45°C

periódicamente. En cada volteo la pila tiende a elevar su temperatura debido al incremento de la actividad microbiana. Transcurrido un tiempo la temperatura disminuye hasta llegar a valores cercanos a los del ambiente. Se recomienda, entonces, realizar el volteo, con el cual las temperaturas vuelven a elevarse. La relación C:N de la mezcla de materias primas idealmente debería estar entre 25 y 35 (ver recuadro). Cuando hay menos carbono, es decir con una relación C:N más baja, el nitrógeno se pierde como amoníaco y causa malos olores, pues los microorganismos descomponedores no tienen carbono en suficiente cantidad para utilizar todo el nitrógeno disponible. Por otra parte, si la relación es más alta, es decir el carbono está disponible en mayores cantidades, se requiere más tiempo para completar el proceso, haciéndolo ineficiente.

El proceso de compostaje puede dividirse en cuatro fases: mesófila, termófila, de enfriamiento y de maduración.

Sigue en página 41 →

ALGUNAS PREGUNTAS RECURRENTES SOBRE EL TEMA DEL COMPOST



Cecilia Céspedes: el valor más importante del compost no es el aporte de nutrientes, sino los efectos sobre las características físicas del suelo y la activación de los microorganismos.

Aunque la idea de los beneficios del compost está ampliamente extendida, entre los agricultores normalmente surge una serie de preguntas. Tierra Adentro las transmitió a la especialista Cecilia Céspedes, de INIA Quilamapu.

• **¿Por qué se recalca que “no se reconoce el origen” del compost?**

• Se refiere a que no es posible distinguir cuáles fueron las materias primas que sirvieron de base al compost. Esto constituye un indicador de que el material está suficientemente descompuesto para su uso como enmienda de suelos.

• **¿En qué sentido el compost ofrece una mejor sincronización de la disponibilidad con las necesidades de nutrientes?**

• Los nutrientes son utilizados a medida que las plantas y microorganismos los requieren, es decir en la medida que se desarrollan o multiplican. Los nutrientes altamente disponibles presentes en los fertilizantes químicos se aplican al inicio del cultivo o en dos parcialidades, pero no en forma permanente, de acuerdo a las necesidades diarias del cultivo. Entonces sucede que parte de ellos se lixivian o volatiliza debido a que no pueden ser utilizados instantáneamente en su totalidad. A diferencia de esto, la mineralización que ocurre en el compost aumenta con las temperaturas en

primavera, por el efecto de la actividad de los microorganismos, y coincide con el incremento de las demandas de las plantas a medida que avanza su desarrollo.

• **¿Cuánto cuesta producir compost?**

• Depende del método y de los volúmenes. Si los volteos se hacen con pala es más barato en términos de inversión que si se ocupa maquinaria, pero la rentabilidad debiera calcularse en relación al volumen de material. Una máquina compostera en Chile vale cerca de 5 millones de pesos y se demora 5 minutos en voltear 20 m³, mientras que un hombre a pala puede demorar unas 4 horas. Para el cálculo económico se debe considerar entre 16 y 24 volteos en todo el periodo de producción de compost. Por otra parte, hay que tomar en cuenta si los residuos están en el predio, si existe un costo por eliminarlos, o si, por el contrario, se tiene la necesidad de comprar estiércol u otros insumos para generar compost. La relación costo/beneficio puede variar mucho.

• **¿Es posible dar dosis de uso por hectárea?**

• No es posible pensar en hacer un análisis de suelos y determinar la dosis por balance de los requerimientos, ya que el compost además de tener niveles bajos de nutrientes (la norma exige un 0,5% de nitrógeno, por ejemplo) los entrega en forma muy lenta. Las dosis recomendada en términos generales es de 20 ton/ha, valor difícil de llevar a la práctica, por su costo. En todo caso para “mantener” la materia orgánica de un terreno que está siendo labrado, se debería aplicar más de 6 ton de materia seca/ha en suelos pobres y sobre estos valores en suelos más fértiles.

• **¿Se considera económicamente viable comprar materia orgánica (guano u otra) para producir compost?**

• Sí, muchas veces es necesario comprar guano para lograr las mezclas óptimas.

• **Dado que el compost no entrega el 100% de los nutrientes requeridos por los cultivos, ¿se recomienda complementar con fertilizantes?**

• Sí, con fertilizantes en sistemas de producción limpia y con otras prácticas en sistemas orgánicos; por ejemplo, abonos verdes, incorporación de leguminosas en la rotación (por la fijación de

nitrógeno), fertilizantes de baja solubilidad, como roca fosfórica, etc.

• **¿Cuánto es el ahorro en fertilizantes?**

• La idea no es simplemente ahorrar fertilizantes. El compost no puede ser visto como un fertilizante convencional. Su valor más importante no es el aporte de nutrientes, sino los efectos sobre las características físicas del suelo y la activación de los microorganismos allí presentes. El aporte de algunos nutrientes es una ventaja adicional.

• **Si se usa sólo compost, ¿es posible obtener rendimientos competitivos?**

• Depende de los niveles de extracción del cultivo y de la fertilidad del suelo. En Suiza producen uva para vino orgánico con la sola aplicación de compost. Sin embargo en la 7ª Región de Chile no basta, siendo la extracción de nutrientes muy similar, porque el suelo es menos fértil. En general en el corto plazo es difícil basar el manejo del suelo en la aplicación de compost, aunque en el largo plazo es más posible cuando ya el suelo ha recuperado sus características. En suelos muy pobres o con cultivos altamente extractivos es desaconsejable basar el manejo sólo en la aplicación de compost, y siempre va a ser recomendable la aplicación de compost acompañada de un programa de manejo del suelo, por los efectos positivos ya señalados.

• **¿Hay alguna prevención respecto de su uso?**

• Sí. No debiera aplicarse en tal exceso que la mineralización provocara un excedente de nitrógeno disponible, lo que contaminaría las napas freáticas con nitratos. En la práctica eso no ocurre, por los costos de aplicar grandes cantidades. Respecto a su fabricación, no debe dejarse al descubierto en periodos de lluvias, para evitar la pérdida del nitrógeno por lixiviación y la consecuente contaminación de las napas.

• **¿Cuánto compost se obtiene por volumen o peso de materia orgánica original?**

• Aproximadamente el volumen se reduce a la mitad.

• **¿Hay diferencias de valor nutricional de compost según la materia orgánica que sirvió para darle origen?**

• Estamos estudiando ese tema.

Fase mesófila: los microorganismos mesófilos se desarrollan mejor entre 10 y 45°C. Son quienes colonizan los materiales orgánicos e inician el compostaje. En esta fase se produce una intensa actividad de los microorganismos, provocando la descomposición de los materiales más fácilmente utilizables por los microorganismos. Se libera energía por el metabolismo de los microorganismos y la temperatura sube rápidamente.

Fase termófila: los microorganismos mesófilos son reemplazados por termófilos, que actúan sobre los 45°C. Al igual que en la fase anterior, se genera calor debido a la mineralización del carbono. En algunos casos se llega hasta los 70°C (foto en esta página). Aquí se produce la descomposición de polímeros de celulosa y lignina. Las temperaturas matan los patógenos y las semillas de malezas, y descomponen los compuestos fitotóxicos. Las temperaturas bajan en la medida que los microorganismos consumen el oxígeno. Éste es el motivo por el que la pila debe airearse periódicamente mediante volteos, idealmente con equipos desarrollados para estos efectos (foto en página 38). Sin embargo, pueden hacerse con pala cuando los volúmenes son pequeños.

Fase de enfriamiento: las temperaturas descienden de manera gradual hasta bordear los 40°C, a pesar de efectuar volteos, y la tasa de descomposición decrece.

Fase de maduración: los microorganismos mesófilos recolonizan la pila y el compost entra en la etapa de maduración, donde se produce una colonización de la fauna del suelo y es posible ver lombrices, por ejemplo. Los materiales orgánicos continúan descomponiéndose y son convertidos en sustancias húmicas biológicamente estables.

Compost inmaduros pueden tener altos niveles de ácidos orgánicos, relación C:N alta, valores de pH extremos o contenidos

altos de sales. Todas estas características pueden dañar o matar las plantas al mezclarlo con el suelo. Para evitar daños, el compost inmaduro sólo puede ser aplicado como enmienda de suelo varios meses antes de establecer un cultivo.

Cuando el calor del centro de la pila vuelve a valores cercanos a la temperatura ambiente, sin elevarse a pesar de realizar nuevos volteos, es recomendable efectuar análisis que determinarán si el compost está listo para su uso (cuadro 1). El proceso demora entre 100 y 200 días aproximadamente, dependiendo de las materias primas y la época del año. En invierno es más lento porque las bajas temperaturas afectan la actividad de los microorganismos.

Beneficios del compost

Según se indicó, la aplicación de compost como enmienda de suelos, además de reciclar residuos orgánicos, mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Asimismo mejora su estructura al favorecer la formación y estabilización de agregados que protegen de procesos erosivos; modifica el espacio poroso del suelo, favoreciendo la retención de humedad, el movimiento del agua, del aire y la penetración de las raíces; incrementa los niveles de materia orgánica, particularmente en suelos arenosos; acrecienta el contenido total de nutrientes y su disponibilidad. Sin embargo el compost en general no cubre todos los requerimientos nutricionales de los cultivos. Para asegurar buenos rendimientos es necesario complementar su aplicación con otras prácticas adecuadas al sistema productivo. Tiene un efecto buffer en suelos ácidos y alcalinos (es decir regula el pH hacia valores neutros); aumenta la actividad de los organismos del suelo, estimula la competencia con los patógenos y reduce, indirectamente, la incidencia de enfermedades.

INIA Quilmapu, en un proyecto conjunto con Profish S.A., financiado por INNOVA

Bío Bío, inició una investigación tendiente a desarrollar y evaluar un activador del proceso de compostaje, que permita obtener un producto de alta calidad en un menor período de tiempo. Las evaluaciones agronómicas de dicho producto se están realizando en el Campo Experimental Santa Rosa, en Chillán. 

Pila de compost.



Cuadro 1

Requisitos del compost

Clase	pH	Conductividad	Materia	Nitrógeno	
		eléctrica (dS/m)	orgánica (%)	Relación C:N	total (%)
A	5 - 8,5	≤ 3	≥ 20	≤ 25	≥ 0,5
B	5 - 8,5	≤ 8	≥ 20	≤ 30	≥ 0,5

Fuente: Norma Chilena de producción de compost, 2004.

MÉTODO INDORE PARA FABRICAR UNA PILA DE COMPOST

Figura 1. Pila de compost del método Indore



Este método asegura buenas proporciones de cada tipo de materia prima. Es especialmente útil cuando no se utiliza una máquina revoladora, ya que permite partir con los materiales distribuidos uniformemente en la pila. Las dimensiones recomendadas son aproximadamente: 1,5 m de ancho; 1,2 m de alto y el largo esta determinado por la cantidad de material disponible.

Al terminar la elaboración de la pila, el madero se saca para una mejor aireación.