

Compostaje de residuos orgánicos

MSc. Ing. Agr. Lorena A. Barbaro

INTA Ediciones

Colección
**INVESTIGACIÓN, DESARROLLO
E INNOVACIÓN**

Cartilla N° 34

COMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS

MSc. Ing. Agr. Lorena A. Barbaro

2022

INTA – ESTACIÓN EXPERIMENTAL AGROPECUARIA CERRO AZUL

E.E.A Cerro Azul — INTA. Cartilla N° 34

E.E.A. Cerro Azul – INTA. Dirección: Ruta Nacional 14. Km. 836

3313 – Cerro Azul- Misiones, Argentina

Teléfono: (0376) 449 4740, (0376) 449 4741

DIRECTOR: Ing. Agr. Horacio BABI

COMISIÓN ASESORA DE PUBLICACIONES

Dr. Alejandro TORO

MSc. Emiliano LYSIAK

Dr. Lucas MORETTI (Presidente)

MSc. Diego GUERRERO

Dra. Sandra MOLINA

MSc. Verónica LAMAS

Diseño y Maquetación

MSc Fernando Alvarenga

MSc. Ing. Agr. Lorena Barbaro 2022. Compostaje de residuos orgánicos.

Cerro Azul. E.E.A INTA Cerro Azul. Cartilla N° 4

COMPOSTAJE DE RESIDUOS ORGÁNICOS

MSc. Ing. Agr. Lorena A. Barbaro.

INTA - EEA Cerro Azul. Ruta Nacional 14. Km. 836 (3313), Cerro Azul, Misiones, Argentina.

En esta cartilla se describe el concepto de compost y compostaje. Además, se detallan los principales aspectos a tener en cuenta para lograr un proceso de compostaje adecuado, con la finalidad de obtener un compost de residuos orgánicos estable y maduro.

COMPOST

Es un producto higienizado, estable y maduro que resulta del proceso de compostaje. Está constituido, mayormente, por materia orgánica que presenta poco parecido físico a la materia prima que le dio origen.

COMPOSTAJE

Es una alternativa de tratamiento para los residuos orgánicos. Es un proceso biológico aeróbico que, bajo condiciones de ventilación, humedad y temperatura controladas, transforma los residuos orgánicos degradables en un material estable e higienizado.

Durante el proceso intervienen diversos microorganismos aerobios que requieren de materia orgánica, oxígeno, agua y nutrientes para obtener energía y cumplir con su ciclo de vida.

Estos microorganismos actúan de manera sucesiva sobre la materia orgánica produciendo elevadas temperaturas, dióxido de carbono y humificación (Figura 1).



Figura 1. Factores intervinientes en el proceso de compostaje.

FASES DEL COMPOSTAJE

Por acción microbiana, durante el proceso de compostaje ocurren diferentes fases (Figura 2):

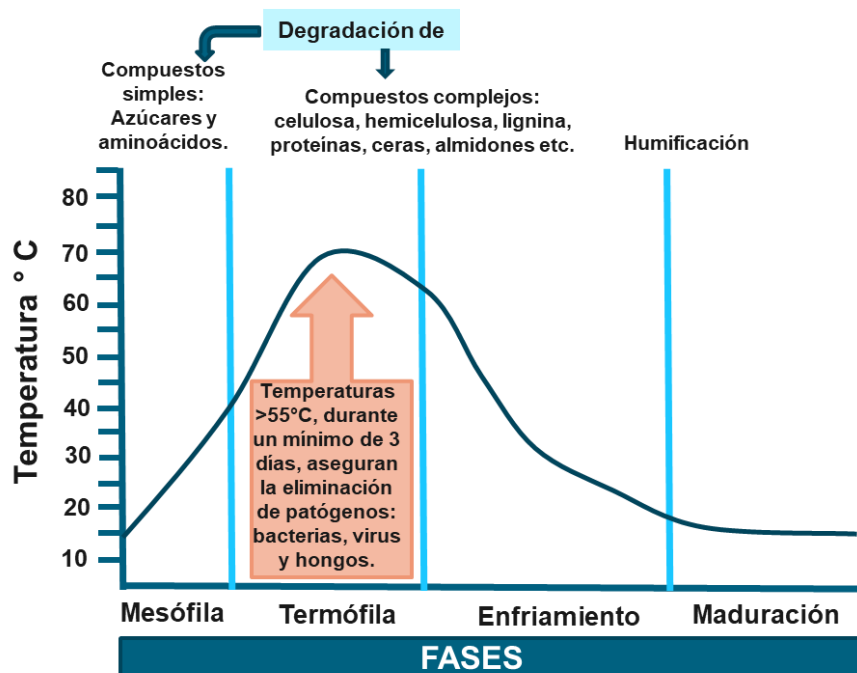


Figura 2. Fases del proceso de compostaje.

- **Fase mesófila:** durante esta fase se incrementa rápidamente la temperatura llegando hasta los 40°C, predominan especies bacterianas con respecto a las fúngicas y se degradan los compuestos orgánicos más simples.
- **Fase termófila:** en esta etapa la temperatura aumenta hasta aproximadamente 70°C, la tasa de degradación es elevada y predominan microorganismos termotolerantes y termófilos como actinomicetos, *Bacillus sp.* y bacterias gram negativas.
- **Fase de enfriamiento y maduración:** se destaca por el crecimiento de una nueva comunidad mesófila diferente a la inicial, predominando hongos y actinomicetos que degradan compuestos complejos. Con el avance de la maduración se suman otros organismos como protozoos, nemátodos y miriápodos que contribuyen a la degradación y estabilización final de la materia orgánica.

PRINCIPALES PARÁMETROS A TENER EN CUENTA PARA UN COMPOSTAJE ADECUADO

El proceso de compostaje se basa en la actividad microbiana y, para que los microorganismos puedan vivir y cumplir con la función de descomponer la materia orgánica, son necesarias condiciones óptimas de temperatura, humedad, aireación, nutrientes, relación carbono-nitrógeno (C/N) y pH.

Temperatura: La evolución de la temperatura representa al proceso de compostaje, donde se transitan las diferentes fases (Figura 2), por lo cual, es un indicador de funcionamiento. La

actividad microbiana genera gran cantidad de calor que es liberado por la oxidación del carbono a dióxido de carbono (combustión exotérmica).

Entre las fases mencionadas se destaca la termófila, donde la temperatura alcanza entre 55-70°C, cuando la masa de la pila de compost es lo suficientemente grande. Esta fase es muy importante debido a que contribuye a erradicar patógenos, nemátodos (Tabla 1) y semillas (Tabla 2), asegurando la higienización del compost resultante.

Tabla 1. Temperaturas mínimas necesarias para la eliminación de algunos de patógenos vegetales y humanos (*Fuente: Casco & Bernat, 2008*).

Grupo	Patógeno	Microorganismo	Temperatura (°C)	Tiempo (minutos)
Hongos	Vegetal	<i>Phytophthora cinnamoni</i>	40-50	
	Vegetal	<i>Pythium irregulare</i>	40-50	
	Vegetal	<i>Rhizoctonia solani</i>	40-60	
	Vegetal	<i>Botrytis allii</i>	60	
	Vegetal	<i>Fusarium solani</i>	55	
	Vegetal	<i>Verticillium spp.</i>	40-60	
Bacterias	Vegetal	<i>Erwinia amylovora</i>	40	
	Vegetal	<i>Erwinia chrysanthemi</i>	40-50	
	Vegetal	<i>Ralstonia solanacearum</i>	52	
	Humano	<i>Salmonella typhi</i>	55-60	30
	Humano	<i>Echerichia coli</i>	55	60
	Humano	<i>Brucella abortus</i>	61	3
Virus	Humano	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	67	20
	Vegetal	<i>Cucumber Green Mottle</i>	72	
	Vegetal	<i>Mosaic Virus</i>	55	
	Vegetal	<i>Tomato Mosaic Virus</i>	47-92	
	Vegetal	<i>Tobacco Necrosis Virus</i>	50	
Nemátodos y/o parásitos	Vegetal	<i>Tomato Spotted Wilt Virus</i>	60	
	Vegetal	<i>Heterodera schachtii</i>	52	
	Vegetal	<i>Meloidogyne incognita</i>	52-57	
	Humano	<i>Taenia saginata</i>	71	5
	Humano	<i>Trichinella</i>	62	60

Tabla 2. Número estimado de horas necesarias para matar el 90% de las semillas (Fuente: Dahlquist et al., 2007).

Semillas de:	Temperatura (°C)			
	60	50	46	42
	Tiempo requerido para mortandad del 90% (Horas)			
Diente de León (<i>Sonchus oleraceus</i>)	<1,0	2,1	13,,3	46,5
Capin (<i>Echinochloa</i>)	<1,0	5,4	12,6	No afectado
Mostacilla (<i>Sisymbrium irio</i>)	<1,0	4,0	21,4	83,1
Verdolaga (<i>Portulaca oleracea</i>)	1,3	18,8	No afectado	No afectado
Hierba mora (<i>Solanum nigrum</i>)	2,9	62,0	196,6	340,6
Amaranto (<i>Amaranthus albus</i>)	1,1	107,0	268,5	No afectado

Humedad: La presencia de agua es indispensable para las necesidades fisiológicas de los microorganismos, ya que es el medio de transporte de las sustancias solubles que sirven de alimento a las células y de los productos de desecho. La humedad óptima para el crecimiento microbiano es entre 50 a 60%. Si disminuye por debajo del 30% la actividad microbiana decrece considerablemente y, por encima del 70%, el agua desplaza el aire reduciendo la transferencia de oxígeno y se produce una anaerobiosis. Por lo tanto, los poros del material a compostar no deben estar ocupados totalmente por agua, para permitir una adecuada circulación de oxígeno y otros gases, como el dióxido de carbono.

Un método sencillo para controlar la humedad es el del “puño”, que consiste en tomar un puñado del material (usando guantes) y apretarlo. Si caen más de 10 gotas de agua, la humedad es alta (>70%). Si no gotea y al abrir la mano se dispersa el material, la humedad es baja (< 40%). Si solo caen unas gotas de agua (2-5) y al abrir la mano se forma una “masa compacta”, la humedad es la adecuada (50-60%) (Figura 3).



Figura 3. Método del puño (para 50%-60% de humedad). A. Tomar con el puño una muestra del material. B. Apretar, caen 2 a 5 gotas. C. Abrir el puño, la muestra esta compacta.

Aireación: Indispensable para los microorganismos, ya que estos son aerobios. La aireación insuficiente provoca sustitución de microorganismos aerobios por anaerobios y, en consecuencia, retardo de la descomposición y aparición de sulfuro de hidrógeno y malos olores. En cambio, el exceso de ventilación podría enfriar y desecar el material reduciendo la actividad microbiana. Tener en cuenta que en las pilas de compostaje el oxígeno disminuye desde la parte externa hacia la interna del material, mientras que el dióxido de carbono se incrementa.

La provisión de oxígeno se puede producir por diversos sistemas de aireación, manuales o mecánicos, los cuales también favorecen la homogenización del material, redistribución de los microorganismos y exposición de nuevas superficies para degradar. Estimativamente y manteniendo un porcentaje de humedad correcto, el primer volteo se realiza al tercer día, el segundo entre el día 10 y 12, y los siguientes más espaciados.

pH: es un parámetro que tiene influencia sobre la dinámica de los procesos microbianos. Mediante su seguimiento se puede obtener una medida indirecta del control de la aireación

del material, ya que si hubiera condiciones de anaerobiosis se liberarían ácidos orgánicos que provocarían un descenso del pH.

Por otro lado, según varios autores la evolución del pH en el compostaje presenta tres etapas (Figura 4): En la primera (Mesófitas inicial), hay una disminución del pH debido a la liberación de ácidos orgánicos proveniente de la descomposición de materia orgánica más lábil. En la segunda, se produce una progresiva alcalinización del medio, debido a la pérdida de los ácidos orgánicos y generación de amoníaco procedente de la descomposición de las proteínas. En la tercera, el pH tiende a la neutralidad debido a la formación de compuestos húmicos.

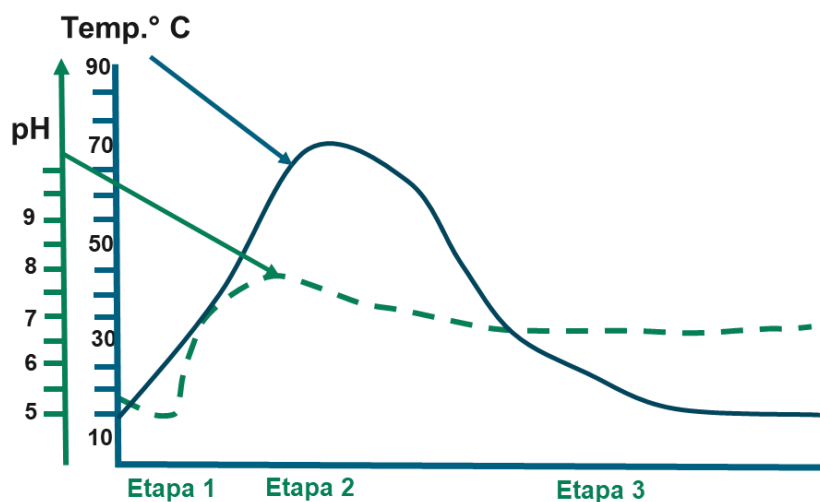


Figura 4. Evolución del pH durante el proceso de compostaje.

Tamaño de partícula: El tamaño inicial de las partículas que componen el material a compostar debe ser pequeño para proporcionar la mayor superficie expuesta al ataque microbiano. Pero a la vez, no debe limitar la difusión de oxígeno hacia el interior y del dióxido de carbono al exterior, lo cual restringiría la proliferación microbiana. Las dimensiones consideradas óptimas, según diferentes autores, son entre 1 a 5 cm.

En el caso de que el material a compostar no tenga suficiente volumen de poros, debe acondicionarse con un material estructurante, por ejemplo, material leñoso chipiado (Figura 5).



Figura 5. Restos de poda chipiado.

Relación carbono/nitrógeno (C/N): Teniendo en cuenta que los microorganismos utilizan 30 partes de C por cada parte de N, se considera que la relación C/N teórica adecuada es de 30/1. El carbono es utilizado como componente celular y para generar energía, mientras que el nitrógeno es necesario para la síntesis de proteínas.

Si la relación es mayor a 40, la actividad microbiana disminuye debido a que los microorganismos deberán oxidar el exceso de carbono ralentizando el proceso. Además, por la deficiente disponibilidad de nitrógeno deberán aparecer sucesivas y diversas especies microbianas, las cuales consumirán el nitrógeno de aquellos microorganismos que ya murieron hasta que el material se estabilice a un valor de C/N adecuado.

Por otro lado, si el valor de C/N es muy bajo el compostaje es rápido pero el exceso de nitrógeno se pierde en forma amoniacal, debido a una autorregulación de la relación C/N en el proceso.

Por lo tanto, con una relación C/N inicial entre 30/1 y 40/1 hay poca pérdida de nitrógeno y la proporción de nutrientes es mejor utilizada por los microorganismos, favoreciendo un

compostaje apropiado, siempre y cuando la aireación (aporte de oxígeno) y la humedad sean óptimas.

Al finalizar el proceso de compostaje la relación C/N desciende a valores menores a 20.

Para lograr los valores de C/N iniciales mencionados y que a la vez el material a compostar tenga una porosidad adecuada, es conveniente mezclar diferentes componentes. Por ejemplo, un material con relación C/N baja (estiércoles de gallina, pollo, cerdos, oveja, etc.) con un material de relación C/N alta (paja de trigo, chip de poda, viruta de madera, etc).

En la tabla 3 se presenta a modo orientativo, una lista de residuos orgánicos con el valor de C/N de cada uno. Tener en cuenta que lo mejor es realizar el análisis de los materiales a compostar en un laboratorio, ya que todos los materiales difieren por más que sea el mismo tipo de residuo.

Tabla 3. Relación de C/N de algunos residuos orgánicos (*Crespo et al., 2013*).

Material	N (%)	C/N
Aserrín nuevo	0,11	511
Aserrín descompuesto	0,25	208
Basura orgánica fresca	2,15	25
Cortes de pasto fresco	4,00	12
Estiércol de caballo	2,30	18
Estiércol de cerdo	3,75	16
Estiércol de pollo	6,30	11
Estiércol vacuno	1,70	32
Paja de trigo	0,30	128
Paja de avena	1,05	48
Hollejos de uva	1,80	28
Viruta de madera	0,10	500
Cartón	0,10	500
Restos de comida	2,50	15

TÉCNICA DE COMPOSTAJE: PILAS CON VOLTEO

Esta técnica es un sistema abierto, de los más sencillos y económicos. Consiste en remover (voltear) periódicamente la pila, a fin de homogeneizar la mezcla y la temperatura para

eliminar el exceso de calor, controlar la humedad y aumentar la porosidad, optimizando la ventilación. El volteo se puede realizar en forma manual o mecánica.

Las dimensiones de la pila varían según el material a compostar. A modo orientativo se recomienda una altura máxima de 1,2 a 1,8 m (para evitar compactación) y un ancho de 1,5 m, mientras que el largo dependerá de la forma de volteo (Figura 6).



A



B

Figura 6. A. Pilas de restos de poda con volteo manual. B. Pilas de corteza de pino con volteo mecánico.

ESTABILIDAD Y MADUREZ

Estabilidad: está relacionada con la disminución del carbono degradable y actividad microbiana. A mayor estabilidad hay menor degradación y actividad microbiana.

Los indicadores de estabilidad se relacionan con determinaciones de materia orgánica lábil, materia orgánica estable o intensidad de la actividad microbiana. Los indicadores más básicos son: la disminución de la temperatura de todo material compostado a valores de temperatura ambiente; el cambio de olor a un aroma semejante a la tierra mojada; y el cambio de color hacia un marrón oscuro o negro. Por ejemplo, en la figura 7 se observa como la corteza de pino al compostarse, pasó de tener una coloración de tonos marrones

claros y rojizos a marrones oscuros y negros. Además, se visualiza la reducción del tamaño de las partículas debido a la degradación biológica.



Figura 7. Evolución de la corteza de pino desde el inicio del compostaje hasta el final.

Madurez: se refiere a la finalización efectiva del proceso de compostaje en un producto sin sustancias fitotóxicas que puedan afectar el crecimiento vegetal.

Los indicadores de madurez más recomendados son la concentración de amonio, la relación amonio/nitratos y los ensayos de germinación.

NORMATIVA VIGENTE

Actualmente se encuentra vigente el marco normativo para la producción, registro y aplicación de compost (Resolución Conjunta 1/19, 2019), cuyo alcance es para los compost confeccionados con las materias primas separadas en origen y recolectadas de manera diferenciada. El marco normativo establece requisitos sanitarios donde determina valores límites de niveles de *Coliformes fecales*, *Salmonella sp.* y *Ascaris lumbricoides* y presenta los indicadores de estabilidad y madurez que deben ser medidos con sus respectivos valores límites. También, se diferencian dos clases de compost (A y B) según los límites establecidos de diferentes parámetros: pH, conductividad eléctrica, humedad, relación C/N, materia orgánica, cadmio, cobre, cromo, mercurio, níquel, plomo, zinc y arsénico. El compost clase A, sería un producto que no presenta restricciones de uso ni de aplicación, en cambio, el

compost clase B sí presentaría restricciones de aplicación detalladas en la norma. La norma se encuentra disponible en:

<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-1-2019-318692/texto>

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Casco, J.M., & Bernat, S.M. 2008. Microbiología y bioquímica del proceso de compostaje. *Compostaje*, 112-39.
- Crespo, D., Rizzo P., Riera N., Della Torre V. 2013. Bases teóricas y prácticas de compostaje y lombricultura. Laboratorio de transformación de residuos. IMYZA, CYCVyA, INTA. 44 p.
- Dahlquist, R.M., Prather, T.S., & Stapleton, J.J. 2007. Time and temperature requirements for weed seed thermal death. *Weed Science*, 55 (6): 619-625.
- Marco Normativo para la Producción, Registro y Aplicación de Compost (Resolución Conjunta 1/19). 2019.

Esta cartilla se elaboró en el marco de los siguientes proyectos del INTA:

Proyecto Local: Fortalecimiento de los sistemas hortícolas familiares diversificados para abastecimiento de los mercados de la Provincia de Misiones.

Proyecto disciplinario: Estudio del impacto ambiental, gestión y tratamiento de residuos y efluentes sobre sistemas agropecuarios y agroindustriales para su valorización agronómica.

Proyecto estructural: Intensificación sostenible de los sistemas de producción bajo cubierta (hortalizas, flores y ornamentales).

Año:2022

El Compostaje es una alternativa de tratamiento para los residuos orgánicos. Es un proceso biológico aeróbico que, bajo condiciones de ventilación, humedad y temperatura controladas, transforma los residuos orgánicos degradables en un material estable e higienizado.

Durante el proceso intervienen diversos microorganismos aerobios que requieren de materia orgánica, oxígeno, agua y nutrientes para obtener energía y cumplir con su ciclo de vida. Estos microorganismos actúan de manera sucesiva sobre la materia orgánica produciendo elevadas temperaturas, dióxido de carbono y humificación.



Cartilla N° 34



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación