

MANUAL PARA LA ELABORACION DE COMPOSTA A PARTIR DE RESIDUOS AGROPECUARIOS

Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica
División de Ciencias Ambientales
Dr. Felipe Alatríste Mondragón
M. en C. Guillermo Vidriales Escobar
Ing. Bioprocesos Paola Vianey Portillo Lozano

El presente Manual fue elaborado como parte del subproyecto **“FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA CENTRALIZADA DE COMPOSTAJE A PARTIR DE RESIDUOS AGROPECUARIOS”** el cual formó parte del proyecto **“GENERACIÓN DE UN MODELO HOLÍSTICO PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DE CULTIVOS HORTÍCOLAS SEMI PROTEGIDOS Y PROTEGIDOS EN SAN LUIS POTOSÍ”** financiado por el Fondo Mixto SLP – CONACYT, clave FMSLP-2013-C01-209337.

El manual incluye explicaciones sencillas, accesibles a los agricultores acerca de los siguientes puntos: a) el procedimiento para calcular las proporciones en que se deben mezclar diferentes residuos para obtener relaciones C/N adecuadas para el proceso de compostaje; b) como implementar las pilas de compostaje y como mantenerlas aireadas; c) como determinar la frecuencia y volumen de agua para regar las pilas; d) como almacenar la composta madura, e) como calcular las dosis de aplicación en base al contenido de N y P de la composta y del suelo adonde se pretende usar la composta.

El manual está a disposición de cualquier persona a la que pueda serle útil. Si el manual se utiliza y se quiere citar en algún reporte o publicación utilice la liga correspondiente de donde descargo el manual.

Si tiene alguna duda o comentario favor de dirigirlos a cualquiera de los responsables técnicos del proceso de compostaje cuyos datos de contacto se encuentran disponibles al final de este manual.

a) Procedimiento para calcular las proporciones en que se deben mezclar diferentes residuos para obtener relaciones C/N adecuadas para el proceso de compostaje

Procedimiento para calcular la relación carbono/nitrógeno de la mezcla de composta:

Para obtener el valor final de la relación carbono/nitrógeno es necesario conocer los valores individuales de cada material y la aportación de cada uno a la mezcla final.

- 1.- Elija los materiales que utilizará para elaborar la mezcla de composta
- 2.- Identifique el contenido de Carbono y nitrógeno y la densidad de cada material
- 3.- Asigne a cada material un número decimal entre 0 y 1 tomando en cuenta que la suma de estos números debe ser igual a 1

Por Ejemplo:

Material	Carbono	Nitrógeno	Densidad	Fracción
Olote	0.588	0.006	0.33	0.4
Tronquillo	0.51	0.0055	0.28	0.3
Estiercol	0.48	0.03	0.87	0.2
Hojas	0.431	0.0254	0.058	0.1

Volumen total mezcla Suma:

- 4.- Calcule el volumen específico de cada material, para ello debe dividir la fracción entre la densidad para cada uno de los materiales

Por Ejemplo:

Material	Carbono	Nitrógeno	Densidad	Fracción	Vol. Especifico
Olote	0.588	0.006	0.33	0.4	0.132
Tronquillo	0.51	0.0055	0.28	0.3	0.084
Estiercol	0.48	0.03	0.87	0.2	0.174
Hojas	0.431	0.0254	0.058	0.1	0.006

$$\frac{0.4}{0.33} = 0.132$$

Volumen total mezcla Suma:

- 5.- Obtenga el volumen promedio de cada material de la mezcla, divida el vol. Especifico entre la suma del volumen específico

Por Ejemplo:

Material	Carbono	Nitrógeno	Densidad	Fracción	Vol. Especifico	Vol. Promedio
Olote	0.588	0.006	0.33	0.4	0.132	0.334
Tronquillo	0.51	0.0055	0.28	0.3	0.084	0.212
Estiercol	0.48	0.03	0.87	0.2	0.174	0.440
Hojas	0.431	0.0254	0.058	0.1	0.006	0.015

$$\frac{0.132}{0.3958} = 0.334$$

Volumen total mezcla Suma:

- 6.- Calcule el volumen real que colocará en la mezcla multiplicando el volumen total de la mezcla por el volumen promedio de cada material

Por Ejemplo:

Material	Carbono	Nitrógeno	Densidad	Fracción	Vol. Especifico	Vol. Promedio	Vol. Real
Olote	0.588	0.006	0.33	0.4	0.132	0.334	33.350
Tronquillo	0.51	0.0055	0.28	0.3	0.084	0.212	21.223
Estiercol	0.48	0.03	0.87	0.2	0.174	0.440	43.962
Hojas	0.431	0.0254	0.058	0.1	0.006	0.015	1.465

$$100 \times 0.334 = 33.35$$

Volumen total mezcla Suma:

7- Obtenga la masa de cada material multiplicando la densidad por el Vol. Real

Por Ejemplo:

Material	Carbono	Nitrógeno	Densidad	Fracción	Vol. Especifico	Vol. Promedio	Vol. Real	Masa
Olote	0.588	0.006	0.33	0.4	0.132	0.334	33.350	11.006
Tronquillo	0.51	0.0055	0.28	0.3	0.084	0.212	21.223	5.942
Estiercol	0.48	0.03	0.87	0.2	0.174	0.440	43.962	38.247
Hojas	0.431	0.0254	0.058	0.1	0.006	0.015	1.465	0.085

$0.33 \times 33.35 = 11.006$

Volumen total mezcla Suma:

8- Obtenga la cantidad de carbono y nitrógeno aportado por cada material a la mezcla multiplicando la fracción por la cantidad de carbono y por la cantidad de nitrógeno

Por Ejemplo:

Material	Carbono	Nitrógeno	Densidad	Fracción	Vol. Especifico	Vol. Promedio	Vol. Real	Masa	Carbono Mezcla	Nitrógeno Mezcla
Olote	0.588	0.006	0.33	0.4	0.132	0.334	33.350	11.006	0.235	0.002
Tronquillo	0.51	0.0055	0.28	0.3	0.084	0.212	21.223	5.942	0.153	0.002
Estiercol	0.48	0.03	0.87	0.2	0.174	0.440	43.962	38.247	0.096	0.006
Hojas	0.431	0.0254	0.058	0.1	0.006	0.015	1.465	0.085	0.043	0.003

$0.4 \times 0.588 = 0.235$
 $0.006 \times 0.4 = 0.002$

Volumen total mezcla Suma:

9- Determine la cantidad de carbono y nitrógeno presente en la mezcla, multiplique la suma del contenido de carbono por la suma de la masa y haga lo mismo con el nitrógeno. Finalmente divida el valor obtenido de carbono entre el valor obtenido de nitrógeno

Por Ejemplo:

Material	Carbono	Nitrógeno	Densidad	Fracción	Vol. Especifico	Vol. Promedio	Vol. Real	Masa	Carbono Mezcla	Nitrógeno Mezcla
Olote	0.588	0.006	0.33	0.4	0.132	0.334	33.350	11.006	0.235	0.002
Tronquillo	0.51	0.0055	0.28	0.3	0.084	0.212	21.223	5.942	0.153	0.002
Estiercol	0.48	0.03	0.87	0.2	0.174	0.440	43.962	38.247	0.096	0.006
Hojas	0.431	0.0254	0.058	0.1	0.006	0.015	1.465	0.085	0.043	0.003

Volumen total mezcla Suma:

$0.527 \times 55.28 = 29.149$
 $0.013 \times 55.28 = 0.696$

Relación C/N de la mezcla

$\frac{29.149}{0.696} = 41.882$

Alternativamente se puede emplear una hoja de Excel que puede ser proporcionada por los responsables de este subproyecto. Los datos telefónicos y de correo electrónico se proporcionan al final de este manual.

Los valores para el contenido de C, de N y la densidad de diversos materiales se proporciona en la Tabla 1. Estos valores se pueden emplear en el punto 2 del procedimiento descrito arriba, dependiendo de los materiales que se usen.

El valor decimal que se asigna a cada material en el punto 3 corresponde al por ciento en peso con que cada material se adicionara a la mezcla. Un valor de 0.4 indica que el 40% en peso de ese material estará presente en la mezcla. Estos valores decimales se ajustan de tal forma de obtener una relación C/N entre 25 y 40 (valores óptimos, Tabla 2). Si, por ejemplo, al formular una mezcla se obtiene una relación por debajo de 25, esto indica que habrá que adicionar un mayor porcentaje de materiales con contenidos de C altos (residuos herbáceos; ver opciones en la Tabla 1). Si por el contrario la relación C/N es mayor a 40 se deberán adicionar materiales con un contenido de N alto. Un material que es excelente para aumentar el contenido de N y disminuir la relación C/N es el estiércol de pollo ya que su contenido de N es muy alto (ver Tabla 1) y con pequeñas cantidades se puede lograr ajustar la relación C/N en el intervalo de 25 a 40. Aunque el estiércol de pollo tiene un contenido alto de C, no debe usarse para aumentar la cantidad de C en la mezcla, debido a su alto contenido de N, el cual incrementa el contenido de N en la mezcla, como ya se explicó anteriormente.

Tabla 1. Valores del contenido de C, N y densidad para diversos residuos

Material	% Carbono	% Nitrógeno	Densidad (kg/L)
Aserrín	45	0.24	0.24
Cáscara de arroz	36.3	0.3	0.12
Corte de hierba	57.8	3.4	0.47
Desechos de frutas	56	1.4	0.95
Desechos de papas	59.4	3.3	0.91
Estiércol caballo	29	1	0.87
Estiércol cabra	15	1	0.89
Estiércol cerdo	43.4	3.1	0.89
Estiércol pollo	51.6	7	0.83
Estiércol vaca	0.48	0.03	0.87
Fibra de coco	0.41	0.0051	0.053
Hierba (suelta)	57.8	3.4	0.18
Hojas húmedas	49.5	0.9	0.3
Hojas secas	49.5	0.9	0.18
Hojas tomate	0.431	0.0254	0.058
Lodo PTAR	0.42	0.0506	0.86
Mazorcas de maíz	59	0.6	0.33
Olote	0.58	0.006	0.33
Paja	52	1	
Residuos arbustos	49.6	3.1	0.77
Residuos vegetales	34.7	3.2	0.95
Residuos verdes	50	1	0.3
Tallos maíz	47	0.7	0.2
Tronquillo	0.51	0.0055	0.28
Vegetales	51.3	2.7	0.94
Viruta de madera	50	0.1	0.24

Además de la relación C/N se deben ajustar los parámetros indicados en la Tabla 2.

Tabla 2. Valores adecuados que debe tener la mezcla de residuos para implementar un proceso de compostaje

Condición	Rango	Excelente
Humedad	40-65	50-60
C:N	20:1- 60:1	25:1-40:1
Oxígeno	Mayor 5	Mayor a 10
Temperatura	45-71 °C	49-66 °C
pH	5.5-9.0	6.5-8.0
Tamaño de partícula	0.3-5.0 cm	
Densidad	0.7	0.45-0.6
Porosidad	40-60	50-60

Rango: se refiere a que es posible implementar el proceso de compostaje empleando los valores indicados. **Excelente:** se refiere a los valores óptimos para el proceso de compostaje

La densidad de la mezcla se mide por medio de una cubeta y una balanza de gancho. En primer término, la humedad de la mezcla se ajusta siguiendo el procedimiento descrito abajo, en el inciso b. Una vez ajustada la humedad se procede a llenar con la mezcla una cubeta de volumen conocido (en litros). Se llena hasta el tope y se procede a compactar la mezcla golpeando el fondo de la cubeta contra el piso. El espacio generado se llena nuevamente con mezcla. Se repite este procedimiento tres veces en total. Una vez realizado lo anterior se pesa la cubeta con una balanza de gancho (en kg). Se resta el peso de la cubeta, el cual fue determinado previamente. El peso corregido se divide entre el volumen de la cubeta. El resultado es la densidad de la mezcla en kg/L.

Si la densidad está por debajo de 0.45 se requiere adicionar materiales con una densidad alta. Si por el contrario está por arriba de 0.6 se necesita adicionar materiales con una densidad baja. Se puede utilizar la Tabla 1 para escoger los materiales que sean adecuados. Otra forma de aumentar la densidad de los materiales es triturando los materiales a un tamaño de partícula más pequeño, dentro del rango indicado en la Tabla 2. Este tamaño se puede controlar usando mallas de tamaño apropiado en la trituradora agrícola.

Los valores de porosidad indicados en la Tabla 2 usualmente se alcanzan cuando los valores de densidad indicados en la Tabla 2 se alcanzan.

El ajuste de la humedad se describe más abajo en el inciso c, mientras que el control de la temperatura se describe en el inciso d.

El pH de la mezcla generalmente está en el rango de 6.5 a 8 (Tabla 2), ya que los materiales son residuos biológicos con pH cercano a 7.

Finalmente, el oxígeno solo se puede medir usando instrumentación costosa. En la medida en que la densidad, y por lo tanto la porosidad, se encuentre en los valores recomendados, se asegurará

que el nivel de aireación sera suficiente para que haya una cantidad de oxígeno en los rangos recomendados.

b) Implementación de las pilas de compostaje y aireación

- Una vez seleccionados los materiales y ya que se conocen las cantidades de cada material, calculadas de acuerdo al inciso anterior, se procede a su mezclado.
- Para mezclar los materiales adecuadamente es conveniente reducirlos a un tamaño de partícula adecuado (ver Tabla 2). Los materiales leñosos se pueden pasar por una trituradora agrícola. Los materiales con un alto contenido de agua, como por ejemplo las hojas y tallos de la planta de tomate, se pueden triturar por medio de una pala. Alternativamente estos materiales se pueden secar al sol y pasarlos por una trituradora agrícola.
- Para medir los volúmenes de los materiales que se van a utilizar se pueden emplear cubetas y carretillas. Generalmente las cubetas tienen un volumen de 15 o 20 litros. Con una cubeta se pueden calcular aproximadamente cuantas cubetas pueden caber en una carretilla y de esta forma saber el volumen que puede contener una carretilla.
- Se pueden ir agregando cubetas o carretillas de cada uno de los materiales a la vez y agregar un poco de agua para irlos humedeciendo. Se va mezclando conforme se adicionan los materiales. Una vez que se ha agregado la totalidad de los materiales, se procede a verificar la humedad de la mezcla
- La humedad se estima aproximadamente empleando la técnica del “puño cerrado”. Esta consiste en tomar con la mano un puñado de mezcla y oprimirla con la mano hasta que se haga una pequeña bola compacta. Si durante el proceso de compactar la mezcla escurre agua a través del puño, esto indica que la humedad es de más del 60%. Si se forma la pequeña bola y con un golpe de un dedo se desmorona, esto indicará que la humedad es de menos del 40%. Si se forma la pequeña bola y al golpearla con un dedo la bola no se desmorona, esto indica que la humedad es 60% aproximadamente, la cual es el valor deseable.
- En el caso de que la mezcla tenga una humedad menor al 40% se adicionará más agua y se mezclará adecuadamente. Si la mezcla tiene una humedad mayor al 60%, entonces se adicionarán más materiales secos y se mezclarán adecuadamente. Se procede a medir la densidad de la mezcla siguiendo el procedimiento descrito anteriormente. En ambos casos, este procedimiento se repite hasta obtener un 60% de humedad.
- Los materiales ya mezclados y con la humedad y densidad correctas se proceden a apilar, ya sea en una estructura cilíndrica de malla de alambre con un diámetro de 1.5 metros y una altura de 0.9 metros. Alternativamente, se puede emplear una estructura cuadrada de madera, la cual medirá 1.5 metros por lado y una altura de 0.7 metros. Para que ambas estructuras tengan una aireación natural se deben de montar sobre tarimas de madera, lo cual facilita la aireación natural.



Estructura cilíndrica de malla de alambre



Estructura cuadrada de madera

c) Frecuencia de riego de las pilas

Cada dos días se tomarán varios puños del material de la pila, de diferentes partes de la misma, para verificar la humedad, siguiendo la técnica del puño descrita anteriormente. Se procederá a regar las pilas si la humedad es de menos del 40%. Al día siguiente del riego se verificará de nuevo si la humedad de la pila ya es del 60%. Si no es así se procederá a regar de nuevo. Este procedimiento se repite hasta que se logre ajustar la humedad al 60%.

d) Almacenaje de la composta madura

El tiempo que los materiales se deben de mantener en la pila de compostaje depende de la temperatura alcanzada. El criterio general es que una pila debe incrementar su temperatura cuando menos a 60°C durante 5 días. Una vez alcanzada esa temperatura se dejará que la pila equilibre su temperatura con el ambiente y se esperará una semana más después de esto. En total esto toma entre 2 y 3 semanas. Al final de este periodo, se deberán cernir los materiales para separar la composta de los materiales de abultamiento (residuos leñosos, rastrojos, u olote, por ejemplo). Los materiales de abultamiento se reusan en las siguientes pilas que se implementen. La fracción de composta se apilará de nuevo y se dejará por lo menos otro mes en la pila para lograr una buena estabilización. A este proceso se le llama curado. La composta es más estable entre mayor es el tiempo de curado ya que durante esta etapa se forman los materiales húmicos que le dan el olor y consistencia adecuadas a una composta para ser empleada en usos agrícolas.

Si la temperatura de la pila solo alcanza 50°C los criterios descritos serán los mismos. Sin embargo, en este caso el tiempo de curado debe ser mas de un mes antes de poder emplearla en usos agrícolas. Si la temperatura no alcanza los 50°C se deberá reformular la mezcla, tratando de adicionar una mayor cantidad de materiales fácilmente biodegradables como hojas, pasto, estiércol bovino, pero cuidando de no sobrepasar el valor de 40 para la relación C/N.

e) Estimación de la dosis de aplicación en base al contenido de N y P de la composta y del suelo adonde se pretende usar la composta.

La composta no es una fuente suficiente de N y P ya que el contenido de estos nutrientes es bajo en la composta. Los requerimientos de N y P para un suelo y un cultivo particulares se deberán determinar cómo usualmente lo hace el productor. Una parte de esos requerimientos se podrán suplementar con la adición de composta al suelo, considerando cuanto N y P puede aportar la composta. Para esto será necesario determinar el contenido de N y P en la composta. En base a ese contenido se puede decidir cuanta composta se puede aplicar para que proporcione un 20 a 30% del N y P requeridos. El resto se deberá adicionar en forma de los fertilizantes químicos que el productor usualmente emplea. Si el suelo ya está muy degradado, muy compactado o tiene una retención de agua muy pobre, se puede adicionar hasta un 50% del N y P en forma de composta y el resto en forma de fertilizante químico.

DATOS DE LOS RESPONSABLES TÉCNICOS DEL PROCESO DE COMPOSTAJE

Dr. Felipe Alatraste Mondragón

(444) 834-2000 ext. 2030

falatraste@ipicyt.edu.mx

M. en C. Guillermo Vidriales Escobar

(444) 834-2000 ext. 2027

gvidriales@ipicyt.edu.mx