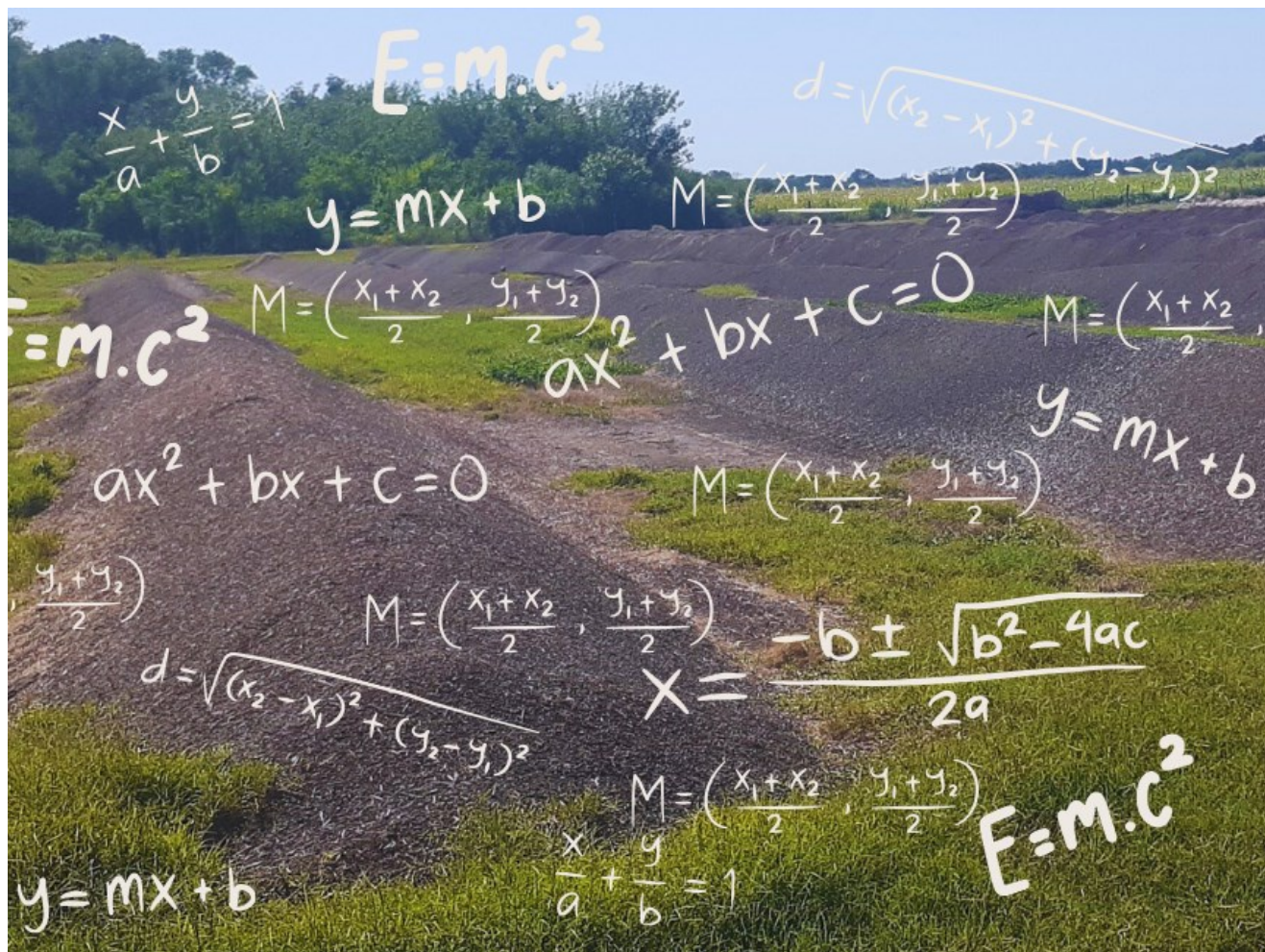




COMPOSTAJE

CÁLCULOS Y MEDICIONES ÚTILES



ALGUNAS CONSIDERACIONES

En el presente boletín no se proporcionan definiciones del proceso de compostaje ni formas de realizarlo, ya que se han comentado en boletines anteriores del Instituto Agrotécnico. La intención aquí es compartir distintas fórmulas que sirvan de apoyo a algunas de las tareas pertinentes al proceso de compostaje y a su utilización.

GLOSARIO

Nitrato, Nitrito y Amonio: formas minerales del nitrógeno (N). Fracción mineralizada del nitrógeno.

Nitrógeno Total: Suma de las formas minerales de nitrógeno, más la orgánica.

Nitrógeno Kjeldhal: Muchas veces, de manera errónea, se lo toma como el valor de Nitrógeno Total, pero solo incluye al amonio y al nitrógeno orgánico.

Fósforo Disponible: fracción del elemento fósforo (P) que está en la solución del suelo o compost, son los fosfato-monobásico y bibásicos.

Fósforo Total: P que está de manera extraíble, más el precipitado, el de los minerales y el orgánico.

Catión Acuosoluble: cationes potasio (K^+), calcio (Ca^{+2}), magnesio (Mg^{+2}) y sodio (Na^+), en la solución del suelo o del compost.

Catión Intercambiable: cualquiera de estos cationes unidos por fuerzas iónicas a los coloides o complejo de cambio (figura 1).

Catión Total: los anteriores más la fracción orgánica de los mismos.

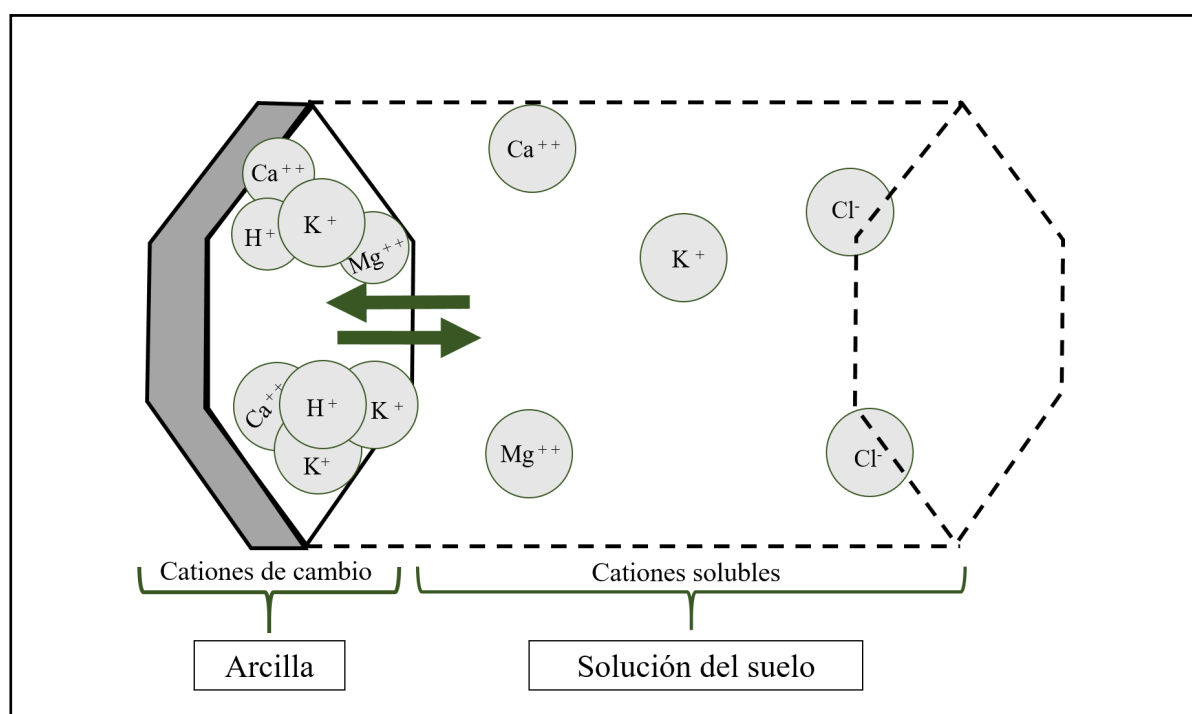


Figura 1. Intercambio de cationes entre la solución y el material sólido (arcilla).

Nota: es importante entender qué formas del nutriente mide cada metodología para una correcta interpretación de los resultados, ya que, tanto en suelos como en compost podemos encontrar cationes en solución, de intercambio, precipitados en forma de óxidos y retenidos en la fracción orgánica. Al conjunto de todas estas formas en las que pueden encontrarse los nutrientes podría llamarse el contenido total del mismo.

Unidades:

Partes por millón (ppm): una parte de un analito (por ejemplo, fósforo) en un millón de partes del total del compost. Utilizada para fósforo extraíble o nitratos.

Porcentaje (%): una parte de un analito en cien partes del total del compost. Utiliza las fracciones totales de los elementos (C, N, P, K, Ca, etc.).

Centimol de carga por Kg ($cmolc \cdot kg^{-1}$): unidad de concentración utilizada en los cationes de intercambio (K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} y Na^+).

Densidad aparente ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ o $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$): masa de compost seco en una determinada unidad de volumen, considerando su espacio poroso (sólidos + poros).

Equivalencias:

10.000 ppm ----- 1% ----- 1 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ----- 10 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$

1 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ----- 1000 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$

1 cmolc kg^{-1} ----- meq 100 g^{-1} suelo o compost

Ca: 1 cmolc kg^{-1} ----- 200,4 ppm

Mg: 1 cmolc kg^{-1} ----- 121,6 ppm

Na: 1 cmolc kg^{-1} ----- 230,0 ppm

K: 1 cmolc kg^{-1} ----- 391,0 ppm

CÁLCULOS

Algunos cálculos que pueden ayudar a llevar adelante el proceso de compostaje y luego utilizar el compost obtenido, son:

Cálculos

Contenido de humedad de la materia prima

Relación C/N

Corrección de la relación C/N de una pila

Superficie de la planta y dimensiones de las pilas

Cantidad de compost a utilizar

Cantidad de residuos según la demanda de compost

Dosis de compost en función de la superficie

Ajuste de dosis según humedad del compost

Suplemento de fertilización mineral

CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MATERIA PRIMA

Es importante calcular el contenido de humedad de la materia prima o residuos que se utilizan para compostar y de su mezcla, como del compost obtenido.

La humedad del residuo puede variar según el momento de recolección y sus características propias. Si, por ejemplo, se ocupa estiércol de feedlot con 50% de humedad, hay que tener en cuenta que, al agregar 100 kg de estiércol, la mitad (50%) será agua, por lo tanto, se agregarán solo 50 kg de dicho estiércol seco.

Se recomienda que la mezcla de residuos no tenga menos del 30% de humedad ya que los procesos microbianos que ocurren para transformarlos necesitan agua, a su vez, hay que cuidar que no exceda el 60% pues limitará la circulación de oxígeno, necesario para la respiración microbiana.

¿Cómo puedo conocer el contenido de humedad de los residuos o del compost obtenido?

Es necesario:

- Balanza: la que se disponga en la chacra.

- Recipientes: se recomienda utilizar bandejas y no baldes, ya que las mismas ayudan a evaporar más rápido la humedad.

Procedimiento (figura 2):

Colocar la balanza en una mesada que se encuentre nivelada para asegurar su buen funcionamiento.

Pesar el recipiente o bandeja sobre la que se pesará el residuo o compost y anotar peso, que es la tara (T).

Agregar sobre la bandeja el residuo o compost y anotar el peso (recomendamos utilizar entre 1 y 3 kilos de material, para que sea representativo). Corresponde al peso húmedo (PH) más T.

Dejar secar al sol o, si se cuenta con alguna estufa que alcance 70 a 100 °C, ponerlo durante 24 a 48 horas en dicha estufa cerrada. Cualquiera sea la forma de secado, lo importante es que al tacto uno note la pérdida de agua.

Pasado ese tiempo, pesar. Este es el peso seco (PS) más T.

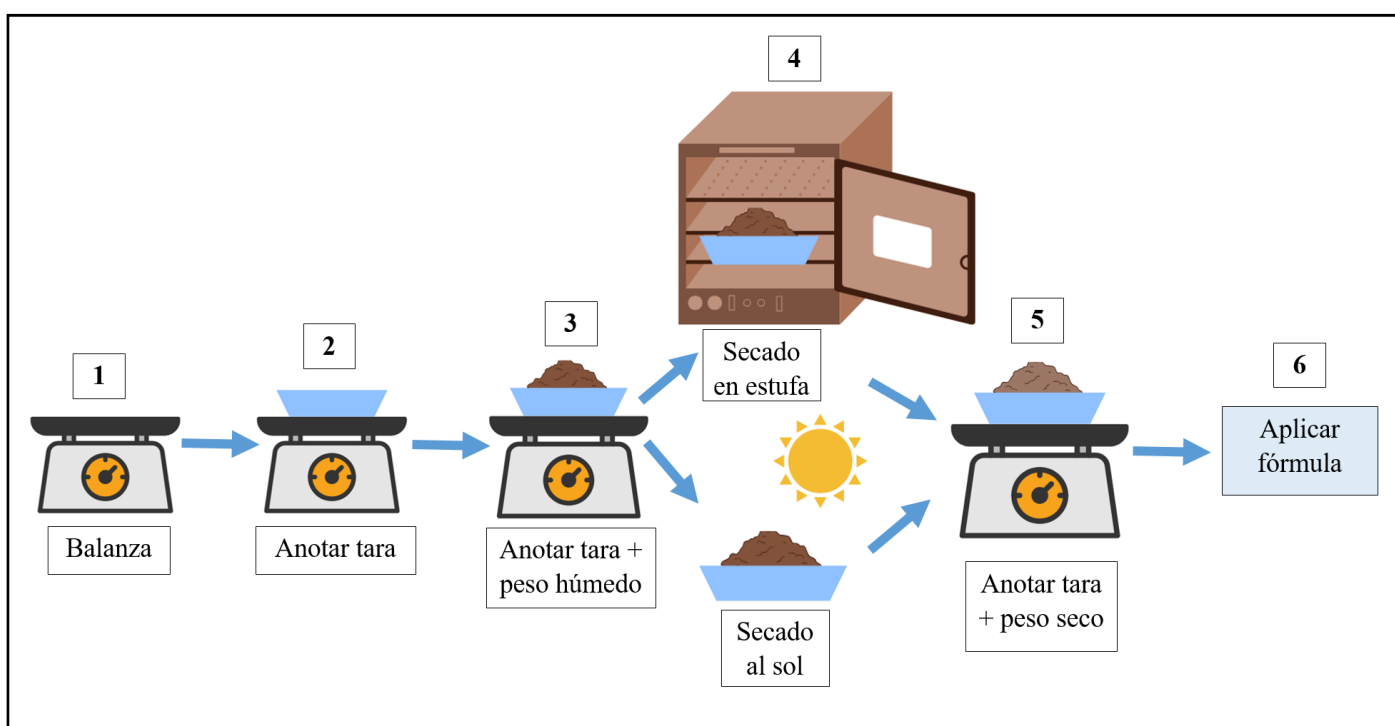


Figura 2. Procedimiento para determinación de humedad.

Cargar los datos en la siguiente fórmula para determinar el porcentaje de humedad de la muestra:

$$H (\%) = \frac{(PH - T) - (PS - T)}{(PH - T)} * 100 \quad [F1]$$

Con la información del % de humedad de cada materia prima, se podría sacar el dato de la humedad total de la pila o mezcla que se realice. Para ello, el cálculo utilizado sería el siguiente:

$$H' (\%) = \frac{(Q1 * H1) + (Q2 * H1) + ... + (Qn * Hn)}{Q1 + Q2 + Qn} \quad [F2]$$

Donde:

H' (%): humedad de la pila de mezcla de residuos.

Q: peso fresco de cada ingrediente.

H: humedad de cada ingrediente (H%).

Debe aclararse que los resultados de estos son de corte general ya que no se realizan con el instrumento y en las condiciones propicias de un laboratorio, pero pueden brindar un dato útil, al eliminar la subjetividad de intentar utilizar valores de referencia o recomendados.

RELACIÓN C/N (Carbono/Nitrógeno)

La mezcla de residuos orgánicos para compostar, debe ser entre residuos ricos en C y otros ricos en N, para así lograr una relación C/N ideal entre 20/1 y 30/1, ya que garantiza una adecuada actividad microbiana. Relaciones más bajas puede provocar pérdidas de N por lixiviación o volatilización, relaciones más altas puede generar que el proceso se realice en forma más lenta e incluso no se logren temperaturas termofílicas y eliminación de los microorganismos patógenos.

Hay tablas o datos en trabajos científicos o diferentes bibliografías, sobre el contenido de nutrientes de diferentes residuos orgánicos. Aunque lo mejor es analizarlos en algún laboratorio de análisis químicos y así conocer mejor el tipo de residuos que utilizemos.

Conociendo el contenido de C y N de cada residuo, podemos calcular la relación C/N de cada uno (tabla 1) y ANEXO.

Tabla 1. Contenido de carbono (C), nitrógeno (N) y relación C/N de diferentes residuos.

	C	N	C/N
Aserrín	53	0,5	106
Cascarilla arroz	42	0,4	105
Estiércol bovino	44	2,7	16
Estiércol gallina	33	3,5	9,4

Con estos datos, podemos realizar mezclas de cada tipo de residuos. Se suele utilizar igual cantidad en volumen de ambos tipos de residuos y hasta 3 veces el volumen de residuos ricos en C que de residuos ricos en N (tabla 2).

Tabla 2. Proporciones o partes de residuos ricos en C y residuos ricos en N para una mezcla inicial.

Mezcla de residuos	Tipo de residuos	
	Ricos en C	Ricos en N
Proporción 1	1	1
Proporción 2	2	1
Proporción 3	3	1

CORRECCIÓN DE LA RELACIÓN C/N DE UNA PILA

Si se cuenta con una pila con adecuado contenido de humedad y no se logran temperaturas adecuadas para alcanzar la fase termofílica, es probable que se deba a una relación C/N muy alta. En ese caso se deberá incorporar material rico en nitrógeno para aumentar el contenido total de nitrógeno en la pila.

Por ejemplo, si tenemos una mezcla de residuos que pesa 100 kilos, con una relación C/N de 50 y deseamos corregirla a una relación C/N de 30/1. Contamos con un residuo rico en N, como estiércol vacuno, que se puede incorporar. En la tabla 3 encontraremos los datos de interés para explicar el cálculo que puede realizarse:

Tabla 3. Porcentajes de C, N y humedad de una mezcla de residuos y de estiércol.

	Mezcla de residuos	Estiércol
C (%)	55,0	43,9
N (%)	1,1	2,7
C/N	50,0	16,3
H (%)	45,0	38,0

$$Q2 = \frac{Q1 * N1 * \left(R - \frac{C1}{N1}\right) * (100 - H1)}{N2 * \left(\frac{C2}{N2} - R\right) * (100 - H2)} = \frac{100 \text{ kilos} * 1,1 * \left(30 - \frac{55}{1,1}\right) * (100 - 45)}{2,7 * \left(\frac{43,9}{2,7} - 30\right) * (100 - 38)} = \frac{-121.000}{-2.300} = 53 \text{ kilos de estiércol [F3]}$$

Donde:

Q2: masa de material rico en N a incorporar.

Q1: masa de la pila de mezclas de residuos.

N1 y N2: contenido de nitrógeno de la pila de mezclas de residuos y del material a incorporar, respectivamente.

R: relación C/N deseada.

C1 y C2: contenido de carbono de la pila de mezclas de residuos y del material a incorporar, respectivamente.

H1 y H2: porcentaje de humedad de la pila de mezclas de residuos y del material a incorporar, respectivamente.

Con este cálculo determinamos que será necesario agregar 53 kg de estiércol a la mezcla de 100 kg de residuos, para bajar la relación C/N a 30.

Esta fórmula puede ocuparse también para calcular la mezcla inicial de dos residuos en función de uno conocido, o utilizar datos de tabla para estimar los contenidos de C y N de cada uno o al menos de uno de ellos.

SUPERFICIE DE LA PLANTA Y DIMENSIONES DE LA PILA

Como mínimo y en términos generales, una planta de compostaje necesita las siguientes zonas:

Zona de descarga y almacenamiento de residuos.

Zona de pilas de compostaje.

Zona de acopio del producto final (Compost).

La superficie que ocupe cada zona dependerá de la cantidad de residuos disponibles y la cantidad de compost a producir.

Es importante contar con suficiente cantidad de residuos orgánicos para lograr un volumen de mezcla inicial para compostaje de por lo menos 1 m³ (foto 1). Este mínimo volumen de mezcla inicial permitirá que el calor generado por la transformación que realizan los microorganismos se conserve dentro y se produzca el aumento de temperatura hasta el rango termofílico, para la eliminación de posibles microorganismos patógenos presentes.

Generalmente, y dependiendo de la planta de compostaje, se realizan pilas de 1,5 metros de alto y hasta 3 metros de ancho, para facilitar las tareas de volteo con máquinas volteadoras. La longitud de la pila puede ser variable (figura 3).



Foto 1. Volumen de una mezcla inicial dentro de un recipiente.

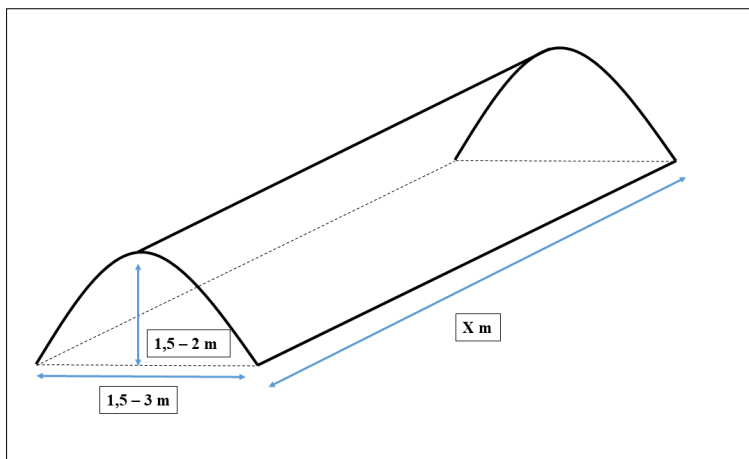


Figura 3. Dimensiones de la pila

Los residuos se pueden incorporar diariamente, hasta lograr un determinado volumen, entonces se deja de agregar para que el proceso de compostaje avance y finalice en todos sus puntos sin nuevas incorporaciones de material fresco. Los nuevos residuos que se sigan generando se incorporan a una nueva pila en formación, mientras el primero completa el proceso.

Según la cantidad de residuos, será la cantidad de pilas a armar y sus dimensiones dependerán del tipo de manejo que se realice, manual o con máquinas.

Una vez definidas la cantidad de pilas, en algunos casos se deja libre 1 espacio equivalente a 1 pila para, en caso de ser necesario, poder realizar movimientos para riegos o volteos, hacia un lado o hacia otro (figura 4).

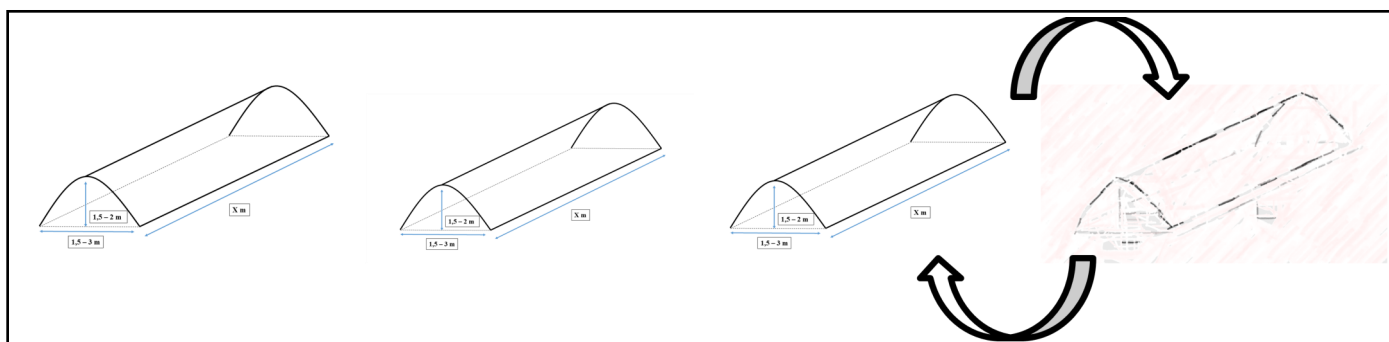


Figura 4. Movimiento de pilas.

CANTIDAD DE COMPOST A UTILIZAR

Al obtener compost, si se cuenta con datos de laboratorio del contenido de nutrientes del compost producido, se puede ajustar la dosis a aplicar.

Por ejemplo, se desea aplicar $20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de fósforo en una superficie de 2.500 m^2 ($0,25 \text{ ha}$). Tenemos el dato de % de fósforo total (PT) del compost (tabla 4).

Tabla 4. Porcentajes de P total y humedad del compost.

	PT	Humedad
		%
Compost	1,57	30

Este contenido de PT significa que cada 100 kg de compost estoy aplicando $1,57 \text{ kg}$ del nutriente, por lo tanto, para suplementar con $20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de P se debería proceder de la siguiente manera:

$$\begin{array}{l}
 1,57 \text{ kg de P} \dots\dots\dots 100 \text{ kg de compost} \\
 20,0 \text{ kg de P} \dots\dots\dots X: 20,0 * 100 / 1,57 = 1.274 \text{ kg de compost}
 \end{array}
 \quad [F4]$$

Pero, estos 1.274 kg serían para 1 ha (10.000 m²) y solo se quiere aplicar en 2.500 m² (0,25 ha), por lo tanto, la cantidad de compost que se necesita es:

$$\begin{array}{l}
 10.000 \text{ m}^2 \dots\dots\dots 1.274 \text{ kg de compost} \\
 2.500 \text{ m}^2 \dots\dots\dots X: 2.500 * 1.274 / 10.000 = 318,5 \text{ kg de compost}
 \end{array}
 \quad [F5]$$

La cantidad de compost a aplicar será de 318,5 kg en 2.500 m², para disponer el equivalente a 20 kg*ha⁻¹ de fósforo.

Es decir, conociendo la cantidad de compost a aplicar por ha, se puede convertir la dosis según la superficie real donde se aplicará, sea en un pequeño almacigo o en la hilera de un cultivo. En este último caso se determina a cuantos m² reales equivalen.

CANTIDAD DE RESIDUOS SEGÚN DEMANDA DE COMPOST

Si se cuenta con balanza, se puede pesar la cantidad de residuos necesarios para obtener una determinada cantidad de compost.

Se debe tener en cuenta que el volumen de la pila de residuos en compostaje se reduce alrededor del 50%, ya que los microorganismos lo transforman en compost y parte de la fracción orgánica se pierde como CO₂.

Por lo tanto, si necesito 318,5 kg de compost, debemos conocer a cuánto volumen de compost equivale para mezclar el doble de residuos en volumen. Para ello, es importante conocer la densidad del compost y de los residuos, para determinar a qué volumen corresponde un peso determinado.

Por ejemplo, si dispongo de aserrín y estiércol de gallina para compostar y tengo los datos de la densidad aproximada, en seco, de cada uno y del compost (tabla 5).

Tabla 5. densidad de residuos y compost.

	Densidad
	g*cm ⁻³
Aserrín	0,24
Estiércol de gallina	0,41
Compost	0,5

Entonces, se puede determinar el volumen de compost y de residuos a utilizar de la siguiente manera:

$$\begin{array}{l}
 0,24 \text{ g aserrín} \dots\dots\dots 1 \text{ cm}^3 \\
 1000 \text{ g aserrín (1 kg)} \dots\dots\dots X: 1000 * 1 / 0,24 = 4166,6 \text{ cm}^3 = 0,004 \text{ m}^3
 \end{array}
 \quad [F6]$$

$$\begin{array}{l}
 0,41 \text{ g estiércol de gallina} \dots\dots\dots 1 \text{ cm}^3 \\
 1000 \text{ g estiércol de gallina (1 kg)} \dots\dots\dots X: 1000 * 1 / 0,41 = 2439 \text{ cm}^3 = 0,0024 \text{ m}^3
 \end{array}
 \quad [F7]$$

$$\begin{array}{l}
 0,5 \text{ g compost} \dots\dots\dots 1 \text{ cm}^3 \\
 1000 \text{ g compost (1 kg)} \dots\dots\dots X: 1000 * 1 / 0,5 = 2000 \text{ cm}^3 = 0,002 \text{ m}^3
 \end{array}
 \quad [F8]$$

Según la densidad del compost el volumen necesario será de

1 kg compost0,002 m³

318,5 kg compost.....X: $318,5 \times 0,002 / 1 = 0,637 \text{ m}^3$ [F9]

Si necesitamos 0,637 m³ de compost, sería bueno armar mezclas de residuos de algo más del doble de dicho volumen, alrededor de 1,5 m³ de mezcla de residuos. Por lo tanto, 0,75 m³ de un residuo rico en C y 0,75 m³ de uno rico en N.

DOSIS DE COMPOST EN FUNCIÓN DE LA SUPERFICIE

Si un cultivo requiere 25 kg*ha⁻¹ de P, a una profundidad de 15 cm, para obtener buen rendimiento, entonces, primero debemos conocer datos del suelo donde se encuentra el cultivo.

El primer dato que se debe saber es con cuanto P disponible cuenta el suelo para luego calcular la dosis a suplementar, siendo importante conocer la densidad aparente del suelo (tabla 6). Con esto podemos calcular el peso de la hectárea.

Tabla 6. Contenido de P disponible y densidad aparente del suelo.

	P (Bray I)	D. Ap.
	ppm	kg*m ⁻³
Suelo 0 a 0,15 m	2,8	1.200

Por lo tanto:

Peso de 1 ha = superficie*profundidad*densidad = $10.000 \text{ m}^2 \times 0,15 \text{ m} \times 1.200 \text{ kg/m}^3 = 1.800.000 \text{ kg}$ [F10]

El paso siguiente es saber a cuantos kg*ha⁻¹ equivalen los 2,8 ppm de P disponibles (para ese suelo que pesa 1.800.000 kg*ha⁻¹).

Se procede de la siguiente manera:

1.000.000 kg de suelo.....2,8 kg de P

1.800.000 kg de suelo.....X = $1.800.000 \times 2,8 / 1.000.000 = 5,04 \text{ kg*ha}^{-1}$ de P [F11]

El suelo dispone de 5 kg de P disponible. Por lo tanto, solo deberá aplicarse 20 kg*ha⁻¹ de P.

Si se conoce la cantidad de P que tiene el compost, se lo aplicará en función de ello. Ver cálculos [F4] y [F5].

AJUSTE DE DOSIS EN FUNCIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL COMPOST

Hasta aquí solo se realizó el cálculo de la cantidad de compost SECO a producir, en función de la dosis agronómica y considerando la aplicación de algún nutriente.

Todos los cálculos que hemos realizado consideran que el compost tiene 0% de humedad o agua. Pero en la práctica esto no sucede ya que estos productos tienen humedad.

Cuando el compost tiene 30 % de humedad (tabla 4), significa que cada 100 g de compost a aplicar, 30 g son de agua y solo 70 g corresponden a compost.

Para corregir, el cálculo a realizar es el siguiente:

$$DC = DT * \left(\frac{H}{100} + 1 \right) = 318,5 * 1,30 = 414,1 \text{ kg} \quad [F12]$$

Donde:

DC: dosis de aplicación corregida.

DT: dosis de interés

H: porcentaje de humedad del compost.

Por lo tanto, según estos cálculos, la dosis de interés vista en [F6], será un poco mayor, debido a la humedad del compost.

SUPLEMENTO DE FERTILIZACIÓN MINERAL

Este cálculo es útil en situaciones en las que se desee realizar una fertilización mixta entre compost y fertilizantes minerales. Supongamos que se quiere realizar una fertilización con K. Las concentraciones de este nutriente en el compost y en el fertilizante mineral son los expresados en la tabla 7.

Tabla 7. % de nutrientes del compost y fertilizante (triple 15).

	Compost	Triple 15	
	Contenido Total	Grado equivalente	Grado
	%		
N	1,3	15	15,0
P	0,5	15	6,5
K	0,8	15	12,5

Las diferencias entre “Grado equivalente” y “Grado” de cada nutriente se deben a la forma en la que se presenta cada elemento y está representado en la figura 5.

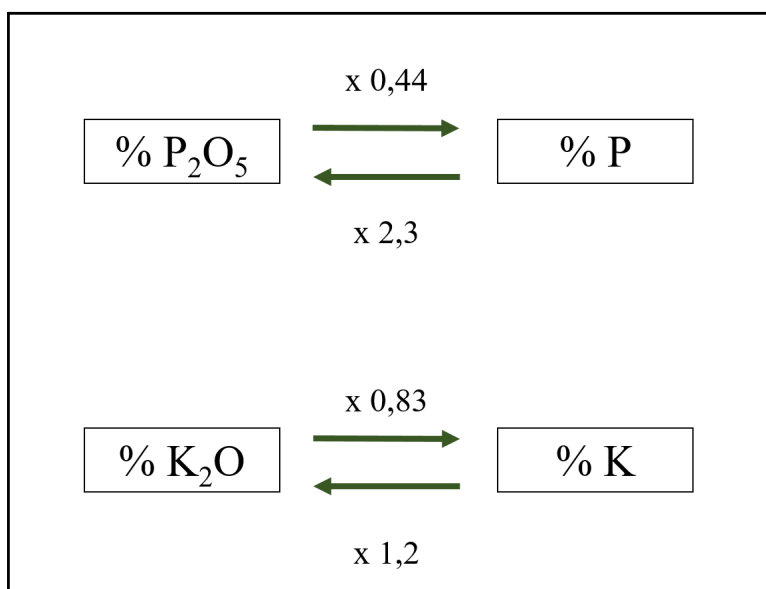


Figura 5. diferencias entre “Grado equivalente” y “Grado”.

Tomando de referencia la situación planteada anteriormente, se desea aplicar $20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de Fósforo y la superficie del productor es de 2.500 m^2 (0,25 ha). Se calculó aplicar 414,1 kg de compost con 1,57 % de PT (tabla 4, F6 y F13).

Si la dosis de P a aplicar fuera mayor $= 32 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, se podría suplementar con P mineral (Pm). El cálculo sería el siguiente:

$$Pm = \text{dosis a aplicar} - P \text{ del compost} = 32 \text{ kg} - 20 \text{ kg} = 12 \text{ kg de P mineral} \quad [F14]$$

Dado que el fertilizante a utilizar es Triple 15 y este cuenta con 15 % de P_2O_5 que equivale a 6,6 % de P (figura 5: $15 \times 0,44$), la cantidad de Triple 15 a suplementar en los 2500 m² es la siguiente:

6,6 kg de P100 kg de Triple 15
12 kg de P.....181,8 kg de Triple 15

[F15]

Por lo tanto, se deberá fertilizar con 181,8 kg de triple 15.

ANEXO

Tabla ANEXO: Contenidos medios de C, N y su relación C/N.

Insumos	C	N	C/N
	Ricos en carbono		
Aserrín	53	0,5	106
Cascarilla arroz	42	0,4	105
Rastrojo Maíz	47	0,7	67
Papeles	60	0,4	150
Hojas	63	0,9	70
	Ricos en nitrógeno		
Estiércol bovino	44	2,7	16
Estiércol gallina	33	3,5	9,4
Estiércol equino	68	1,9	36
Pasto cortado	80	4,0	20
Restos Vegetales	40	3,3	12

Boletines Técnicos de la temática **compost** generados en el Instituto Agrotécnico “Pedro M. Fuentes Godo”

Boletín Técnico N° 35:

Compost



Boletín Técnico N° 37:

Compostaje en la agricultura familiar



Boletín Técnico N° 50:

Mitos del compostaje





Instituto Agrotécnico “Pedro M. Fuentes Godo”
FCA –UNNE
Las Heras 727, Resistencia, Chaco
agrotecnico25@hotmail.com
difusion.institutoagrotecnico@gmail.com

Autores:

Ing. Agr. (Mgter) Sebastián Carnicer
Ing. Agr. (Dra.) María Corina Leconte

Edición: Tec. Sonia Roldán

Abril 2025

Boletines Técnicos generados en el Instituto Agrotécnico “Pedro M. Fuentes Godo”



agrotecnico.unne.edu.ar



@Instituto Agrotecnico



@instituto.agrotecnico