

A red tractor is positioned on the left side of the frame, facing right. The tractor has a distinctive diamond-shaped logo on its front grille with a pattern of red dots. In the background, a dense row of banana plants stretches across the horizon. To the right of the tractor, there are large, dark mounds of compost or soil. The ground is a mix of dirt and gravel. The sky is bright with some light clouds.

**PRODUCCIÓN Y USO DEL
COMPOST COMO
CONTRIBUCIÓN A LA
BIODIVERSIDAD EN LOS
AGROECOSISTEMAS.**

**PRODUCCIÓN Y USO DEL COMPOST COMO CONTRIBUCIÓN A LA
BIODIVERSIDAD EN LOS
AGROECOSISTEMAS.**

Autores.

Francisco Martínez Rodríguez
Clara García Ramos,
Teresa Forbes López
Oneyda Hernández Lara

Instituto de Suelos. Autopista Costa-Costa Km. 8 $\frac{1}{2}$ y carretera Vento,
Apdo 8022, C.P 10 800. Capdevila, Boyeros. La Habana, Cuba Email.
fmartinez@isuelos.cu
Año.2022

Derechos reservados

Francisco Martínez Rodríguez, Clara García Ramos, Teresa Forbes López y Oneyda Hernández Lara

Sobre la presente edición

Instituto de Suelos, 2022

Editorial: GAIA, La Habana. Cuba

ISBN: 978-959-285-087-3

Instituto de Suelos: Autopista Costa-Costa Km. 8½ y carretera Vento, Apdo 8022, C.P 10 800. Capdevila, Boyeros, La Habana, Cuba

Diseño y maquetación: Miguel Adrian Pino Prieto

ECOVALOR es un proyecto en apoyo a la evaluación económica de los servicios ecosistémicos, liderado por el Centro Nacional de Áreas Protegidas de la Agencia de Medio Ambiente del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, e implementado por el Programa de las Naciones Unidas en Cuba, con el apoyo financiero del Fondo Mundial de Medio Ambiente (GEF).

Los puntos de vista expresados en esta publicación pertenecen a sus autores y no necesariamente representan los del PNUD o del Sistema de Naciones Unidas. La presentación y disposición de esta obra es propiedad del Instituto de Suelos. Prohibida la reproducción parcial o total de su contenido por cualquier medio o método, sin la autorización escrita de la institución.

INTRODUCCIÓN

El suelo es el hábitat natural de la materia orgánica, una fracción edáfica que diferencia a este de la roca y que le proporciona las condiciones para desarrollar y mantener la vida de la diversidad de organismos que en él se desarrollan.

En la actualidad se ha comprendido muy bien las malas consecuencias que ha provocado en los suelos y en la vida que en él se desarrolla, el empleo durante mucho tiempo de agrotecnologías modernas (laboreo excesivo, aplicación incontrolada de fertilizantes minerales, uso excesivo de productos químicos para el combate contra las plagas, etc), por el impacto negativo que ha tenido en el contenido de materia orgánica de los suelos. En Cuba, como consecuencia de este proceso el 70% de los suelos presentan como factor limitante la baja cantidad de materia orgánica y la disminución significativa de su biodiversidad, el caso más significativo es la escasa o nula presencia de lombrices epigeas en la mayoría de nuestros suelos.

Lo anterior nos obliga a realizar acciones para aumentar y mantener los niveles de materia orgánica en los suelos y velar por la estabilidad de su flora edáfica de tal manera que podamos hacer sostenible los sistemas de producción agrícolas empleados.

Para ello es imprescindible entre otros factores la aplicación de materia orgánica, pero con las condiciones de estabilidad orgánica que permita que su microflora se integre armónicamente en el suelo, contribuyendo a crear condiciones que estimulen el aumento y diversidad de la vida en éste.

En el presente material se exponen uno de los procedimientos más utilizados en Cuba para la producción de abonos orgánicos estabilizados orgánicamente, mediante el tratamiento de residuales sólidos orgánicos; el compostaje, con el cual se obtiene compost, producto menos estabilizado que el humus de lombriz, pero también con importante carga microbiana.

La microflora de este producto es similar a la del suelo, por lo que, con su aplicación se logra una perfecta integración incrementando y diversificando su flora microbiana, de ahí la importancia de su producción y uso en los sistemas de producción de alimentos.



¿QUÉ ES EL COMPOST?

El vocablo compost se originó a partir del francés antiguo “composte” el que, proviene del latín “componere” que en español significa “juntar”.

El compost es la materia orgánica semidescompuesta, con olor a bosque húmedo, que se obtiene al someter a la descomposición microbiana, de forma aeróbica, residuos de origen vegetal o animal o la combinación de ambos, es un producto libre de fitotoxinas, con contenidos importantes de materia orgánica estabilizada (humus), de color oscuro, distinta al material de origen, con contenido importante de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, entre otros).

¿QUÉ ES EL PROCESO DE COMPOSTAJE?

El compostaje es un proceso bio-oxidativo controlado en el que intervienen numerosos y variados microorganismos, que requiere una humedad adecuada y sustratos orgánicos heterogéneos en estado sólido, que pasa por una etapa termófila y una producción temporal de fitotoxinas dando al final como productos: CO₂, agua y minerales, así como una materia orgánica parcialmente estabilizada, dispuesta para su empleo en la agricultura, sin que provoque fenómenos adversos, siempre y cuando se cumpla con los parámetros establecidos.

Con este proceso, se logra además aumentar la recuperación de materia orgánica estabilizada (captura de carbono), con relación a la descomposición de estos materiales en condiciones naturales, por ejemplo 30t de estiércol, dejadas sobre el suelo para su descomposición natural producirán 3t de humus y estas mismas 30t si se someten al proceso de compostaje se recuperan 10t de humus.

En la naturaleza la fermentación de la materia orgánica puede producirse en presencia de oxígeno (aeróbica) o en ausencia del mismo (anaeróbica). La que predomina fundamentalmente en el proceso de compostaje es la fermentación aeróbica.

¿CÓMO SE DESARROLLA EL PROCESO DE COMPOSTAJE?

El proceso de compostaje se desarrolla con una flora microbiana muy compleja variada y característica para cada una de las cuatro etapas que comprende:

Mesofílica – Termofílica – Enfriamiento – Maduración

En la etapa Mesofílica se produce el desarrollo de la flora microbiana, comienza a aumentar la temperatura y disminuye el pH, posteriormente en la etapa Termofílica continúa aumentando la temperatura por la acción de los microorganismos pudiendo llegar hasta 70°C, momento importante porque es en esta etapa donde se eliminan los organismos patógenos y las semillas de plantas indeseable.

Una vez que se comienza a agotar el material biodegradable llega la etapa de Enfriamiento hasta temperatura ambiente y por último se produce la etapa de Maduración que es muy importante porque, mediante reacciones complejas de condensación y polimerización los compuestos orgánicos son estabilizados como sustancias húmicas.

¿QUÉ FACTORES SON IMPORTANTES EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE?

Relación C/N: El proceso de compostaje se desarrolla por la acción de los microorganismos, los cuales se alimentan de la materia orgánica, que debe ser equilibrada en el contenido de carbono y nitrógeno. Las condiciones de fermentación son óptimas cuando esta relación oscila entre 25 y 30. Lo cual se explica por ser la relación que posee el plasma de la microflora encargada del proceso. De ser

mayor de 30 la relación, el proceso no se desarrolla hasta que por vía natural o provocada esta no baja hasta los niveles adecuados, de ser menor el proceso se desarrolla muy rápidamente y se producirá pérdida de nitrógeno del sistema.

Por lo anterior, al conformar la mezcla de materiales orgánicos para formar el burro de compost, deberá tenerse muy en cuenta la relación C/N de cada uno para lograr equilibrio en la mezcla (ver tabla anexa)

Temperatura: La flora microbiana al alimentarse del carbono de los materiales orgánicos a compostear, desprende energía en forma de calor, el cual se retiene en el interior de la pila o burro provocando el aumento de la temperatura en su interior. Esta temperatura no debe exceder de 65°C pues se puede afectar la actividad de los microorganismos, ocurren pérdidas elevadas de nitrógeno y provoca efecto de cocción quemándose el humus.

Por eso es necesario controlar periódicamente la temperatura en el interior de la pila, para lo que se puede utilizar un pedazo de una ca-billa, la cual se introduce por el lateral de la pila o burro hasta el cen-tro, periódicamente se saca y se aprieta con la mano, si se soporta el calor, la temperatura es adecuada, de lo contrario será necesario realizar vires a la pila para bajar la temperatura.

El control de la temperatura es importante para eliminar la infesta-ción de plantas indeseable, plagas y enfermedades.

Aireación: La flora microbiana, encargada del proceso tiene exigen-cias en cuanto a la aireación para poder realizar su actividad. El pro-ceso es aeróbico, o sea en presencia de oxígeno, pero la presencia de este no puede ser excesivo, de lo contrario el proceso se paraliza, por lo que es necesario la regulación del contenido de oxígeno en el interior de la pila, para lograr esto, es importante respetar la altura de la pila o burro que deberá ser 1.5 m, con lo que se logra una airea-ción adecuada en su interior.

Durante el desarrollo del proceso, por la propia actividad de la micro-flora, se consume el oxígeno, el cual hay que restablecer. Esta ope-ración se puede realizar por dos vías, 1) Mediante el vire de la pila o burro, por vía manual o mecanizada o 2) con el uso de respiraderos, que consisten en tubos de madera o plásticos que se introducen preferiblemente en la parte superior de la pila a una distancia entre ellos de 2 m. Para lograr un efecto adecuado de estos respiraderos, es necesario que se introduzcan hasta el centro de la pila y que los

mismos tengan múltiples orificios laterales. Este último mecanismo se utiliza siempre cuando el compostaje no es mecanizado, o sea sin virar el burro.

Humedad: La humedad es importante para que la microflora desarrolle su actividad fermentativa, la óptima oscila entre 50 y 60 %. Tanto por encima o por debajo de esta humedad el proceso se retrasa hasta paralizarse en caso extremo. Es aconsejable que en la medida que se van depositando las capas para formar las pilas o burros, mojar estas hasta alcanzar la humedad, al concluir con la última capa, tendremos la humedad deseada en toda la pila.

Normalmente en la práctica se acostumbra inadecuadamente a ubicar las pilas en lugares sin sombra, lo que provoca la rápida variación de la humedad y la necesidad de su restitución. Es importante en todos los casos donde no se utilice protección ante el sol y las lluvias, hacer la pila o burro en forma trapezoidal, con el objetivo de que el agua corra por los lados sin penetrar en el interior, lo que de ocurrir, puede paralizar el proceso, por exceso de humedad. La mejor opción es hacer las pilas bajo sombra, con lo cual aumentamos la eficiencia del proceso.

Tamaño de partícula: Un tamaño adecuado de los materiales utilizados para el compostaje contribuye a una rápida descomposición por mantener la humedad y el oxígeno deseado en el interior de la pila. Si el tamaño es muy fino, se corre el riesgo de auto combustión por dificultarse la salida del calor del interior de la pila, este fenómeno es típico en las pilas de cachaza. El tamaño adecuado de los materiales a compostear oscila entre 5 y 15 cm.

¿CUÁLES SON LAS CONDICIONES QUE DEBEN CUMPLIR EL ÁREA DONDE SE REALIZA EL PROCESO DE COMPOSTAJE?

- El lugar donde se montarán las pilas o burros para el compostaje debe ser de fácil acceso.
- Cerca del lugar donde se genera la mayor cantidad de residuos orgánicos.
- Alejado de asentamientos poblacionales.
- Debe tener buen drenaje, para que no se dificulten las labores de los equipos y operarios, otra dificultad son las piedras ya que estas podrían mezclarse con los materiales a compostear y produce daños en la maquinaria y la contaminación del producto final.

- Para evitar que se formen charcos de una manera permanente, la inclinación del terreno en el sitio de compostaje ha de ser como mínimo de un 1%, aunque lo ideal es entre 2 y 4%,
- Los burros de compost han de ir en paralelo a la pendiente del terreno, para ayudar a la evacuación de los lixiviados que se producen en el proceso.

¿QUÉ MATERIALES PUEDEN SER UTILIZADOS PARA ELABORAR EL COMPOST?

- Estiércoles: vacuno, ovino-caprino, porcino, avícola y equinos (no deben ser utilizados los estiércoles de perros y gatos).
- Restos de cosechas.
- Desechos de la agroindustria: pulpa de café, cachaza, etc.
- Desechos de cocina orgánicos.
- Restos de podas y desyerbe
- Residuales sólidos urbanos

Por experiencia si en la preparación del compost se utilizan estiércoles, el compost tendrá un contenido mayor de sustancias húmicas, mayor contenido de nitrógeno, baja relación C/N y será más friable, sin embargo, si se usa mayor proporción de especies gramíneas o tubas el compost tendrá bajo contenido de nitrógeno, alta relación C/N y será más bajo en otros nutrientes.

¿CÓMO SE PREPARA UN BURRO DE COMPOST?

Se colocan los materiales por capas alternando los de más elevada relación C/N con los de baja relación. El espesor de estas capas puede llegar hasta 40 cm dependiendo de la disponibilidad de los materiales. Para activar el proceso se pueden utilizar los estiércoles, los que poseen una importante cantidad de microorganismos que favorecen el proceso. En caso de no disponer del mismo se puede utilizar tierra fértil.

Forma: trapezoidal

base mayor: 2-4 m

Altura: no mayor 2m

Largo: variable de acuerdo a la cantidad del material a procesar

¿QUÉ MEDIDAS DEBEN APLICARSE EN EL ÁREA DE COMPOSTAJE PARA EVITAR LA CONTAMINACIÓN DEL AMBIENTE?

- Mantener las pilas del material a compostear con un contenido en humedad de 65% para favorecer la actividad de los microorganismos y minimizar la producción de lixiviados.
- Combinar las materias primas en una proporción tal que el valor de la relación C/N esté dentro de los valores recomendados para evitar pérdidas de nitrógeno.
- No permitir que las aguas y lixiviados que procedan de la zona de compostaje viertan a los cauces de aguas superficiales.
- Las escorrentías pueden canalizarse hacia las tierras de cultivo, también pueden recogerse en sitios apropiados y ser posteriormente utilizadas para riego o para humedecer en el proceso de compostaje, cuando requiera de virajes.
- Almacenar los residuos a ser utilizados y los compost terminados en zonas cubiertas, lejos de aguas superficiales y vías de drenaje.
- Los materiales de partida que estén muy húmedos se deben almacenar bajo cubierta y de ser posible en una superficie impermeable con un sistema de recogida de lixiviados.



¿CÓMO SE SABE QUE EL COMPOST ESTÁ LISTO PARA SER USADO?

Si cumple las siguientes condiciones:

- Material mullido, oscuro, con olor a tierra húmeda y temperatura ambiente.
- Humedad entre 30 y 40%.
- Relación C/N: 12-18.
- pH aproximadamente neutro.

¿CÓMO SE UTILIZA EL COMPOST?

Como abono orgánico en el momento de la siembra; las dosis estarán en función del tipo de suelo y cultivo. Se sugiere:

- Aplicarlo de forma localizada en dosis de $8-10 \text{ t ha}^{-1}$.
- Combinadas con fertilizantes químicos en dosis no menores a 5 t ha^{-1} , en este caso se puede reducir la cantidad de fertilizantes químicos a aplicar en los cultivos entre 25-50%.
- Sustratos para organopónicos 50% compost + 50% de suelo, si el suelo es arcilloso la proporción será de 25% de suelo y 75% de compost.
- Renovación de las características físicas y aporte a la fertilidad potencial en sustratos de organopónicos. 10 kg/m^2 al año.
- Sustratos para plantas ornamentales del 10-20% de la capacidad de la maceta.
- Como mejorador de suelos en dosis mayores de 80 t ha^{-1} aplicadas a toda la superficie en las labores de preparación de suelos.



¿CÓMO SE CALCULA EL PESO DEL MATERIAL ORGÁNICO DE UN BURRO DE COMPOST?

El burro o pila de compost, para que funcione adecuadamente ante las inclemencias del tiempo debe conformarse con terminación como una figura geométrica de un trapecio. La fórmula para calcular el volumen del trapecio es:

$$V = l \times h \times \frac{a+b}{2}$$

Dónde: l = largo del compost
h = altura del compost
a = base mayor
b = base menor

Ejemplo: Una pila de compost de 30 m de largo, 3 m de base mayor, 1,5 m de base menor y 2 m de altura su volumen será:

$$V = 30 \times 2 \times \frac{3+1,5}{2} = 135 \text{ m}^3$$

Si un m³ equivale a 0.6 t, entonces al multiplicar 135x0.6 t obtendremos 81 t de compost.

Se conoce además que durante el proceso de compostaje se pierde el 70% del volumen del material de partida (Si se ha cumplido la disciplina tecnológica del proceso)

¿CÓMO SE CALCULA LA DOSIS DE COMPOST A APLICAR EN LOS SUELOS?

En sentido general el abono orgánico ideal para mejorar los suelos es el compost, y esto se relaciona con su característica de ser un abono orgánico semidescompuesto, por lo que influye decisivamente sobre las características físicas de estos, es por eso que en general se utilizan en altas dosis. Para su uso es necesario tener en cuenta las siguientes cuestiones básicas.

- El efecto de los abonos orgánicos sobre los suelos y los cultivos está determinado por el contenido de estos en materia orgánica (activa) y no por su volumen total.
- Es importante conocer las características químicas de los abonos orgánicos para poder calcular la cantidad a aplicar.
- La cantidad de abonos orgánicos a aplicar depende de los objetivos que se persigan con dichas aplicaciones.

Si no se tienen en cuenta estos aspectos, el uso del abono orgánico no será eficiente y simplemente estaríamos aplicándolo a ciegas.

Lo anterior se puede ilustrar con el siguiente ejemplo. Tenemos dos compost de diferente composición, a) con 20% de materia orgánica y b) con 40% de materia orgánica y aplicamos de ambos 50 t ha⁻¹ al suelo, por lo que estaríamos aplicando las siguientes cantidades de materia orgánica

Compost a) 50x0.20=10t ha⁻¹

Compost b) 50 x 0.40=20t ha⁻¹

Como vemos con las 50 t ha^{-1} estamos aplicando el doble de materia orgánica con el **compost b** con relación al **compost a**, por lo que los efectos sobre el suelo serán diferentes. Esto confirma que la base de cálculo para conocer las dosis a aplicar de los abonos orgánicos debe estar centradas en la cantidad de materia orgánica que se necesita.

También hay que tener en cuenta que la cantidad de materia orgánica de un abono orgánico va a depender del residual utilizado para su elaboración

Sobre lo anterior, Martínez *et al.*, (2003), Paneque *et al.*, (2004) y Nogales *et al.*, (2014) plantean que en la aplicación de los abonos orgánicos a los suelos se presentan por lo general las siguientes situaciones.

- Que se utilicen como enmienda orgánica para mejorar suelos con diferentes propiedades químicas, físicas y biológicas.
- Como sustrato para organopónico y otras formas de agricultura orgánica.
- Como sustituto de los fertilizantes químicos
- Como biocorrectores de microelementos.
- Como soporte de biofertilizantes

Es preciso tener en cuenta, además, que cuando se usa la materia orgánica para mejorar las características físicas de los suelos, sus dosis dependen entre otras cosas de las condiciones estructurales de este. Paneque *et al.*, (2004), refieren que los suelos arcillosos necesitan dosis más altas de abonos orgánicos y el proceso de descomposición de la misma será más lento por lo que tendrá un efecto residual por más tiempo. Los suelos arenosos necesitarán dosis más bajas y la descomposición de esta será más acelerada por su mayor oxigenación, siendo por ende su efecto residual por menos tiempo.

Este último comportamiento está determinado por el hecho de que la textura arenosa de estos suelos condiciona una mayor cantidad de macrosporos, los cuales generan una mayor actividad de la microflora en el mismo y una menor protección de los restos orgánicos por el componente mineral del suelo.

En base a este concepto el mismo autor recomienda las siguientes dosis para el caso de los cultivos de ciclo largo.

Para suelos arenosos: Las dosis óptimas se encuentran en el rango de 15 a 25 t ha⁻¹ de materia orgánica “pura” y el efecto residual puede durar de 2 a 3 años.

Para suelos arcillosos: Las dosis óptimas se encuentran en el rango de 25 a 40 t ha⁻¹ de materia orgánica “pura” y el efecto residual será de 4 a 5 años.

En el caso de los cultivos de ciclo corto, las cantidades a aplicar serán las siguientes:

Para suelos arenosos: Las dosis estarán en el rango de 5 a 7 t ha⁻¹ de materia orgánica “pura”.

Para suelos arcillosos: La dosis recomendada es de 10 a 12 t ha⁻¹ de materia orgánica “pura”.

En estos casos el efecto residual será menor, por estar afectado además por la aceleración que se produce en los procesos microbiológicos como consecuencia de una mayor frecuencia en las labores mecánicas que se realizan sobre el mismo en los momentos de su preparación según plantean Martínez *et al.*, (2017).

A continuación, exponemos un ejemplo. (Tomado de Paneque *et al.*, 2004), con algunas modificaciones por el autor.

Tenemos que aplicar un compost, con el propósito de mejorar un suelo, para lo cual contamos con los siguientes datos:

- Cultivo de ciclo corto
- Suelo de textura arcillosa
- Dosis de materia orgánica “pura” (Por la textura sabemos que la dosis necesaria es de 10 a 12 t ha⁻¹)
- Abono orgánico disponible: Compost con un contenido de materia orgánica de 20%

Si conocemos que por cada 100 t de abonos orgánicos tenemos 20 t de materia orgánica “pura”, podemos por regla de tres determinar en cuantas toneladas de éste tendremos las 10 t ha⁻¹ de materia orgánica “pura” que necesitamos para mejorar el suelo problema.

$$\text{Dosis de Abonos orgánicos} = 10 \times (100 / 20) = 50 \text{ t ha}^{-1}$$

O sea que para cubrir las necesidades de materia orgánica “pura” en este suelo y lograr mejorarlo debemos aplicar 50 t ha⁻¹ de abonos orgánicos.

Si queremos además determinar las cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio que se incorporan al suelo con la aplicación de las 50 t ha⁻¹ de abonos orgánicos procedemos de la siguiente manera:

Para ello debemos conocer los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio y la humedad del producto que vamos a utilizar, lo cual dependerá de la naturaleza del mismo (compost, humus de lombriz, etc.)

En nuestro caso las características del compost serán las siguientes:

Humedad..... 80%
Nitrógeno.....0.33%
Fósforo (P₂O₅)0.23%
Potasio (K₂O)0.72%

Determinamos el aporte que hacemos al suelo de cada elemento al aplicar el producto, por el siguiente razonamiento:

Convertimos las 50 toneladas de compost que se aplicaran en kg:

$$50 \times 1\,000 = 50\,000 \text{ Kg de abonos orgánicos aplicados.}$$

Si en 100kg de compost tenemos 0.33 kg de nitrógeno (0.33%), por regla de tres encontraremos cuanto nitrógeno hay en 50 000 kg de compost. Esta cifra será la cantidad de nitrógeno aplicada.

$$N = 5\,000 / 100 \times 0.33$$

La misma fórmula se emplea para el cálculo de los demás elementos, que resumidas serían:

$$P_2O_5 = 5\,000 / 100 \times 0.23$$

$$K_2O = 5\,000 / 100 \times 0.72$$

De disponer del contenido de micronutrientes o metales pesados del Compost podemos determinar el aporte de estos por la misma fórmula anterior.

Utilización del compost como sustituto de los fertilizantes minerales.

En ocasiones el compost u otro abono orgánico se utilizan para la formación de un fertilizante órgano-mineral o como sustituto de los fertilizantes minerales. En estos casos, para el cálculo de las dosis a emplear, es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

1. Las necesidades de N, P₂O₅, y K₂O para el ciclo del cultivo que se trate.
2. El índice de extracción del N, P₂O₅ y K₂O del cultivo.
3. Coeficiente de aprovechamiento de N, P₂O₅, K₂O del suelo y del compost.
4. Contenidos de N, P₂O₅, K₂O del suelo.
5. Contenidos de N, P₂O₅, K₂O y materia orgánica del compost.
6. Ciclo biológico del cultivo.

Para comprender como funciona esto en la práctica productiva, a continuación exponemos un ejemplo.

Queremos cultivar Maíz (*Zea maíz*), sin utilizar fertilizante mineral, cubriendo las necesidades nutricionales del cultivo sólo con el compost y contamos con los siguientes datos:

- Cultivo: Maíz
- Rendimiento esperado: 3t ha⁻¹
- Índice de extracción de nutrientes del cultivo del maíz (Según Jacob y Vexkul, citado por Paneque y *et al.*, (2004)
 - N = 29 kg t⁻¹ de grano
 - P₂O₅ = 10.9 kg t⁻¹ de grano
 - K₂O = 31.8 kg.t⁻¹ de grano
- Coeficiente de aprovechamiento de los nutrientes del compost en el suelo.
 - N=40%
 - P₂O₅=30%
 - K₂O=50%
- Contenido de elementos en el suelo y compost
 - **Suelo.**
 - Materia orgánica=2.66%
 - N=53 kg ha⁻¹
 - P₂O₅=137 kg ha⁻¹
 - K₂O=122 kg ha⁻¹
 - **Compost.**
 - Materia Orgánica=11.50%
 - N=0.33%
 - P₂O₅=0.23%
 - K₂O = 0.72%

A continuación, se procede de la siguiente manera:

1. Se determina la cantidad de N, P₂O₅ y K₂O, que teóricamente se necesitan para un rendimiento determinado. Esta cantidad resulta de la multiplicación del rendimiento esperado del cultivo por el índice de extracción de nutrientes por el cultivo para alcanzar dicho rendimiento.

En nuestro caso sería:

Para el Nitrógeno=3x29kg.t⁻¹=87 kg t⁻¹

Para el Fósforo=3x10.9 kg.t⁻¹=32.7 kg t⁻¹

Para el Potasio=3x31.8 kg.t⁻¹=95.40 kg t⁻¹

2. A continuación, se determina la necesidad real de estos elementos que se precisa para el rendimiento estimado teniendo en cuenta el coeficiente de aprovechamiento, para lo cual se toma como base la necesidad teórica y el coeficiente de aprovechamiento de los nutrientes del suelo y el compost. Esta cantidad se determina por regla de tres planteando que si de 100 kg se aprovechan tantos kg del elemento, que cantidad total debo tener de compost para que la planta utilice la necesidad teórica que se calculó antes, lo que quedaría:

Necesidad real del elemento=(Necesidad teórica x 100) /Coeficiente de aprovechamiento del nutriente por el suelo o compost)

Entonces tenemos:

Para el Nitrógeno=(87x100)/40=218

Para el Fósforo=(32.7x100)/30=109

Para el Potasio=(95.4x100)/50=191

3. Se determina la cantidad de N, P₂O₅ y K₂O a aplicar, la cual se calcula restando la cantidad real determinada menos la cantidad contenida en el suelo, o sea:

Cantidad del elemento=(Cantidad real del elemento determinada-cantidad del elemento contenida en el suelo).

En nuestro caso sería:

Para el Nitrógeno=218-53=165

Para el Fósforo=109-137=(-)

Para el Potasio=191-122=69

Nótese que en el caso del fósforo la cantidad a aplicar da un número negativo, esto significa que no es necesario añadir fósforo, por cuanto es suficiente con el que tiene el suelo para satisfacer las necesidades del cultivo.

4. Finalmente se calcula la cantidad de compost a aplicar, para lo cual se tiene en cuenta la cantidad de N, P_2O_5 y K_2O necesaria y el contenido de estos elementos en el compost.

Para el cálculo lo primero que se hace es partiendo del contenido en % de los elementos en el Compost determinar la cantidad de estos elementos que hay en 1 000 kg por regla de tres simples.

En nuestro caso sería:

Para el Nitrógeno. Sabemos que tenemos 0.33 kg en 100 kg del compost, por tanto, en 1 000 kg (1t) tenemos 3.3 kg; entonces determinamos por regla de tres simple cuantas toneladas del compost necesito para tener los 165 kg de nitrógeno.

Resumiendo, tendría:

Cantidad de compost= $165/3.3=50$ t ha⁻¹

Este mismo razonamiento se hace en el caso del potasio para la relación cultivo suelo

Cantidad de compost= $69 / 7.2=9.58$ t ha⁻¹

para el fósforo como se demostró anteriormente es suficiente con el que hay en el suelo.

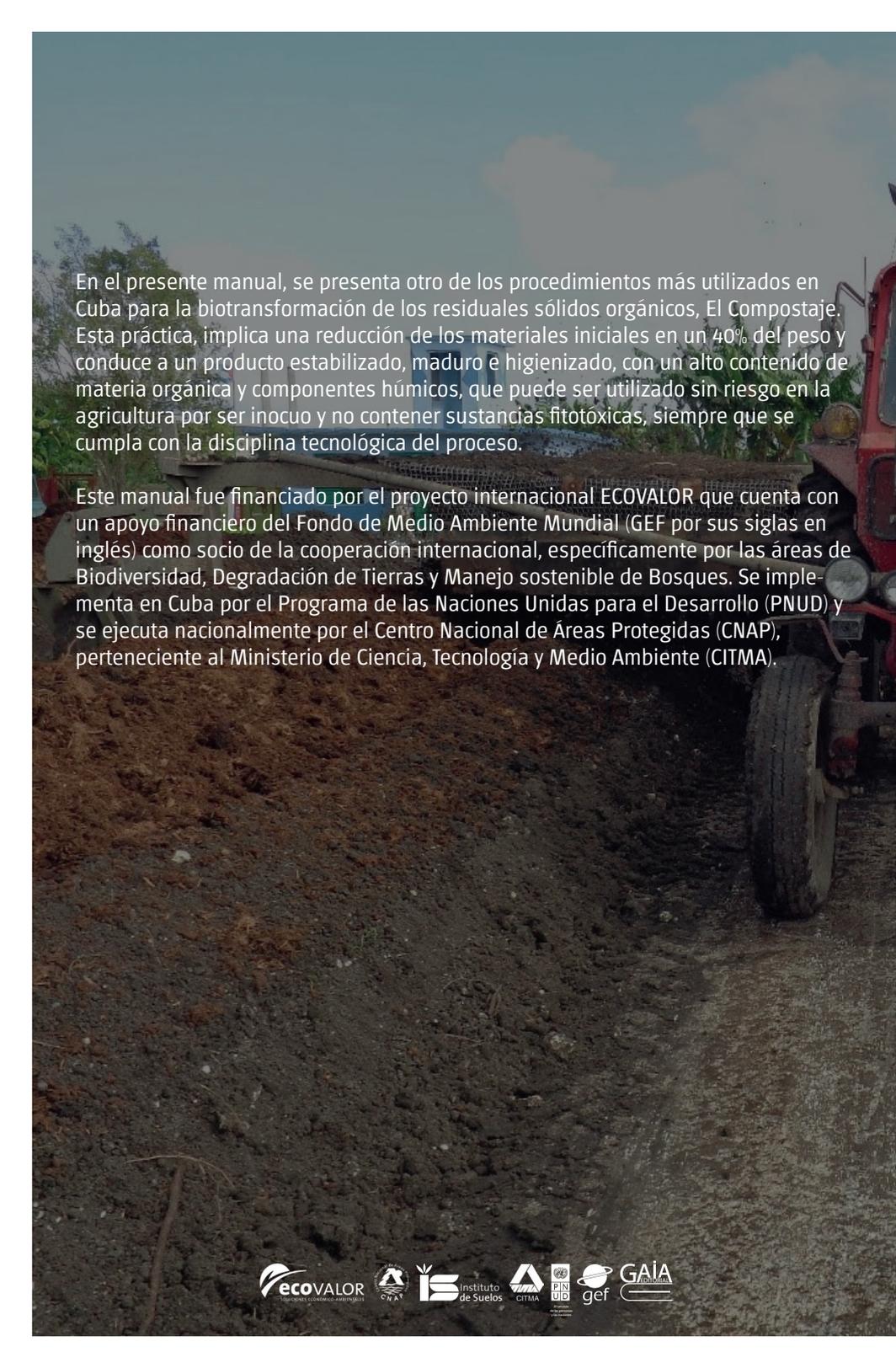
Como conclusión se infiere que hay que aplicar 50 t ha⁻¹ del compost con la composición predeterminada para obtener el rendimiento esperado. Se escoge esta cantidad porque es la mayor que se necesita de uno de los elementos para satisfacer las necesidades del cultivo, en este caso el N, de manera que este no sea un elemento limitante en el cultivo.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Martínez, F. Calero, B. J., Nogales, R. y Rovesti, L. (2003): Lombricultura. Manual práctico. Instituto de Suelos. La Habana, Cuba. 102 pp.
- Martínez, F. y García, R., (2016): Libro Avances de la Agroecología en Cuba [Capítulo 6: Abonos Orgánicos]. Editorial Indio Hatuey, 109-122. ISBN: 978-959-7138-21-1.
- Nogales, R., Romero, E. y Fernández, M. J. (2014): De residuo a recurso. El camino hacia la sostenibilidad.--Madrid: Ediciones Mundi Prensa, 172 pp. ISBN 978-84-8476-693-3.
- Paneque, V. M. y Calaña, J. M. (2001): Abonos orgánicos. Conceptos prácticos para su evaluación y aplicación. Ediciones INCA, La Habana, Cuba. ISBN:959-246-121-X. 40 pp.

Tabla 1. Valores medios de residuales orgánicos

Materiales	%				C/N
	MO	N	P	K	
Cachaza	79	2.10	2.32	1.23	22/1
Estiércol Vacuno fresco	65	1.50	0.62	0.90	25/1
Gallinaza camada	54	1.70	1.20	1.0	18/1
Estiércol porcino	45	2.50	0.60	0.50	10/1
Estiércol Ovino- caprino	30	0.55	0.26	0.25	32/1
Estiércol equino	17	0.42	0.30	0.70	24/1
Estiércol de conejo	40	1025	1.01	1.18	19/1
Turba interior(alta)	60	1.12	0.71	0.14	31/1
Guano de murciélago	48	3.50	5.25	0.80	8/1
Pulpa de cacao	91	3.21	1.15	3.74	16/1
Paja de arroz	80	0.60	0.30	1.60	77/1
Cascarilla de arroz	80	0.70	0.40	0.80	66/1
Hoja de plátano	85	1.50	0.19	2.80	32/1
Pulpa de café	90	1.80	0.30	3.50	29/1
Hoja de frijol	93	2.00	0.58	2.20	27/1
Residuos de hortalizas	70	1.10	0.29	0.70	37/1
Hollejo de naranja	73	0.74	1.32	0.86	57/1
Hierba seca(gramíneas)	70	0.50	0.30	0.90	81/1
Palo de tabaco	71	2.17	0.54	2.78	19/1
Paja de maíz	97	0.18	0.38	1.64	312/1



En el presente manual, se presenta otro de los procedimientos más utilizados en Cuba para la biotransformación de los residuales sólidos orgánicos, El Compostaje. Esta práctica, implica una reducción de los materiales iniciales en un 40% del peso y conduce a un producto estabilizado, maduro e higienizado, con un alto contenido de materia orgánica y componentes húmicos, que puede ser utilizado sin riesgo en la agricultura por ser inocuo y no contener sustancias fitotóxicas, siempre que se cumpla con la disciplina tecnológica del proceso.

Este manual fue financiado por el proyecto internacional ECOVALOR que cuenta con un apoyo financiero del Fondo de Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés) como socio de la cooperación internacional, específicamente por las áreas de Biodiversidad, Degradación de Tierras y Manejo sostenible de Bosques. Se implementa en Cuba por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y se ejecuta nacionalmente por el Centro Nacional de Áreas Protegidas (CNAP), perteneciente al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA).