



**Universidad “Carlos Rafael Rodríguez” de Cienfuegos
Facultad de Ciencias Agrarias
Departamento de Procesos Agroindustriales**

**PROYECTO DE INVESTIGACION EN OPCION AL TITULO DE INGENIERO
EN PROCESOS AGROINDUSTRIALES**

**MANUAL DE LIXIVIACION DE HUMUS EN HUERTOS Y
PARCELAS FAMILIARES**

Autor: Yudel Cruz López

Tutor: MSc. Walter Castellanos Castro

Cienfuegos, 2023

Índice

	<u>Página</u>
Introducción	1
Planteamiento de la estrategia metodológica	
Capítulo 1. Marco teórico referencial de la investigación para el proceso de lixiviación de humus en viveros y huertas particulares	3
1.1 Preservación de los suelos	3
1.2 Importancia de la materia orgánica para los suelos	5
1.3 Fundamentos teóricos del compostaje	7
1.3.1 Proceso de compostaje	7
1.3.2 Parámetros de control durante el proceso	9
1.3.3 Material compostable	10
1.3.4 Fertilización	11
1.3.5 Aplicación del compost	12
1.3.6 Técnicas de compostaje.....	12
1.3.6.1 Sistemas abiertos o en pilas	12
1.3.6.2 Sistemas cerrados	12
1.3.7 Productos relacionados con el compost	12
1.3.7.1 Té de compost	13
1.3.7.2 Lixiviado de compost	13
1.3.7.3 Extracto de compost	13
1.3.7.4 Té de estiércol	13
1.3.7.5 Vermicompost	13
1.3.7.5.1 Lixiviado de humus	13
Capítulo 2. Manual de lixiviación de humus	14
2.1 Herramientas recomendadas	14
2.2 Selección de la técnica de compostaje	14
2.3 Obtención del humus de lombriz	14
2.3.1 Preparación y acondicionamiento del local	15
2.3.2 Alimentación de las lombrices	15
2.3.3 Cosecha de lombrices y humus	16
2.3.4 Preparación del lixiviado (disolución) del humus de lombriz	16
2.3.5 Momentos de aplicación del lixiviado de humus de lombriz.....	17
Conclusiones generales	18
Recomendaciones	19
Bibliografía	
Anexos	

Introducción

El objetivo de este trabajo es presentar una guía para la elaboración de un producto sano y seguro para uso como abono en huertas familiares. El manual presenta el enfoque de la FAO respecto a la agricultura: Intensificación Sostenible de la Producción Agrícola (ISPA), en la que se produce más en la misma superficie de tierra a la vez que permite conservar los recursos, reducir las repercusiones negativas en el medio ambiente y potenciar el capital natural y el suministro de servicios del ecosistema con el objetivo de sistematizar los procesos de experimentación que promueve la Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.

En varios países, incluido Cuba, existen algunas experiencias sobre el empleo del lixiviado de humus de lombriz en diferentes dosis y momentos de aplicación. Sin embargo, tal técnica no ha sido muy generalizada a nivel mundial y sobre todo bajo el concepto de agricultura urbana. Varios autores, citados por Rodríguez y Reynel (2013) y Rodríguez (2017), que aplicaron lixiviado de humus a diferentes concentraciones en varios cultivos hortícolas bajo condiciones de campo, apreciaron un efecto estimulante positivo en la altura y ancho del follaje, contenido de materia seca en las plantas, volumen radicular, peso seco de las raíces, diámetro polar de los frutos y rendimientos. En tiempos actuales, de cambio climático acentuado y pérdida de los principales recursos naturales por la acción desmedida de los seres humanos, una de las mayores preocupaciones lo constituye el abastecimiento de alimentos, sobre todo en los países más pobres, debido a que la población crece a un ritmo acelerado, mientras que los suelos cultivables disminuyen al ritmo vertiginoso de 6,8 % en cada década (FAO, 2013). Bajo estas condiciones la siembra en organopónicos, huertos intensivos, patios y parcelas constituye una alternativa viable y sostenible, en las cuales van a tener un papel protagónico los bioestimulantes, encaminados a la disminución del uso de productos químicos que, entre otros daños, ocasionan un efecto negativo sobre el medioambiente. En las condiciones particulares de Cuba, el genocida bloqueo impuesto al país por Estados Unidos priva a los agricultores cubanos del suministro de fertilizantes químicos que mejoran los rendimientos de los campos y a su vez por el complejo entramado financiero y de acceso a recursos que el mismo ejerce, se elevan consistentemente los precios de los productos alimenticios que se adquieren.

La sostenibilidad y el incremento de la fertilidad del suelo es aún un reto para el país, por lo que es necesario difundir tecnologías de mejoramiento de suelos en la agricultura urbana y suburbana y en la producción agrícola familiar

La reciente y continua volatilidad en los precios de los alimentos ha hecho tomar conciencia de la importancia de la producción familiar como un importante recurso de la seguridad alimentaria y nutricional, tanto en términos del suministro de alimentos, como de generación de empleo e ingresos para la población de bajos recursos, así como por su contribución al equilibrio del desarrollo nacional y a la construcción de un ambiente urbano más vivible. Sin embargo, el productor familiar

se ve limitado por la falta de un suelo de calidad para la producción, sobre todo en las ciudades donde no hay acceso a tierras para siembra.

Este manual ofrece alternativas a la problemática de la escasez de suelos de buena calidad para la producción de la agricultura familiar por medio de estrategias sencillas y de bajo costo. El productor puede aprender a generar enmiendas orgánicas para sus cultivos. El compost permite el reciclaje de residuos orgánicos, reduciendo la contaminación y el costo de fertilizantes como insumo para la producción agrícola. El presente manual presenta ejemplos de producción de compost y muestra además técnicas para determinar la calidad e inocuidad del mismo.

Los elementos expuestos constituyen en apretada síntesis, la **situación problemática** que promovió la investigación originaria que se resume en el presente proyecto, y de la que se deriva el **problema científico** a resolver, el cual respondería a la pregunta: **¿Cómo propiciar un instrumento a los productores sobre la producción y uso de lixiviado de humus de lombriz?**

Enfocado a darle solución al problema científico planteado, el **objetivo general** de la investigación consistió en **elaborar un manual de consulta para la producción y uso de lixiviado de humus de lombriz orientado a la satisfacción de las partes interesadas.**

Este objetivo general fue desglosado en los **objetivos específicos** siguientes:

- Revisar la literatura científica que aborda el tema de referencia.
- Diseñar un manual de consulta sobre la producción y uso de lixiviado de humus.

Como **hipótesis general** de investigación se formuló la siguiente: **con un manual de consulta para la producción y uso de lixiviado de humus de lombriz, se contribuye a mejorar la calidad de los suelos y elevar los rendimientos de los cultivos en parcelas y huertos familiares.**

La **novedad científica** que aporta la investigación consiste precisamente en la concepción y desarrollo de un sencillo manual de consultas, orientado a mejorar los rendimientos en las parcelas y huertos familiares cubanos a partir de la producción y uso de bioproductos.

Capítulo 1. Marco teórico referencial de la investigación para el proceso de lixiviación de humus en viveros y huertas particulares

La revisión de la literatura especializada, investigaciones preliminares, así como otras fuentes de información consultadas permiten aseverar el impacto positivo de los bioproductos para el mejoramiento de los suelos y rendimientos agrícolas. La obtención de un abono orgánico natural, además de asegurar una elevada calidad de productos no contaminados, tiene a su favor, que tienen bajos costos y contribuyen al tratamiento de diversos tipos de cultivos.

1.1 Preservación de los suelos

La base de todo sistema agrícola sostenible es un suelo fértil y saludable. El recurso edafológico junto con el hídrico es fundamental para hacer frente al reto de mejorar la seguridad alimentaria en todo el mundo. Sin embargo, los logros mundiales de producción en algunas regiones han causado una degradación de la tierra y los recursos hídricos, y el deterioro de los servicios ecosistémicos. Los servicios ecosistémicos del suelo incluyen el almacenamiento de carbono, el almacenamiento y el abastecimiento de agua, la biodiversidad y los servicios sociales y culturales. Mejorar el contenido de carbono del suelo es un proceso a largo plazo, que también disminuye la tasa de erosión, e incrementa el secuestro de carbono para mitigar el cambio climático. El suelo, independientemente de su orden, como sistema heterogéneo y dinámico está compuesto por materiales inorgánicos (minerales, agua, aire) y orgánicos (materia orgánica fresca o transformada en humus), donde conviven los microorganismos en interacción con su microambiente (Casanova, E. 2005). Dentro del contexto agrícola, al suelo hay que estudiarlo desde el punto de vista de su fertilidad y su productividad, entendiendo para ello, la relación suelo-agua-planta- manejo (Bravo et al., 2016). Bajo esta perspectiva, la fertilidad integral del suelo se define como la proporción adecuada de condiciones físicas, químicas y biológicas que permitan el establecimiento, desarrollo y producción de los cultivos de manera sostenida (Álvarez et al., 2008; Bravo et al., 2016). A nivel de país, lo deseable es una política basada en el compromiso a largo plazo de mantener o aumentar el contenido de materia orgánica. Cuba ha establecido políticas y campana para elevar en la coyuntura actual la disponibilidad de alimentos en las mesas de todos sus ciudadanos. Su objetivo es concienciar a los productores agrícolas sobre el papel determinante de los recursos edáficos en el logro de la seguridad alimentaria, la adaptación a los efectos del cambio climático y la provisión sostenible de servicios medioambientales. La finalidad perseguida es promover la protección y la gestión sostenible de los suelos. Estudios realizados alrededor del mundo ponen de manifiesto que existen sistemas de producción agrícola muy vulnerables debido a la combinación de una excesiva presión demográfica y prácticas productivas insostenibles. La escasez de tierras cultivables y aguas, previsiblemente comprometerá la capacidad de los principales sistemas de producción agrícola para satisfacer la demanda de alimentos y la seguridad alimentaria. Estas limitaciones físicas pueden seguir agravándose en distintos lugares debido a factores externos, entre ellos, el cambio climático, la competencia

con otros sectores y cambios socioeconómicos y en Cuba, la indisponibilidad de recursos materiales y financieros como resultado del cerco económico y financiero impuesto a la isla por las sucesivas administraciones del gobierno de los Estados Unidos.

Cuba promueve prácticas y políticas agrícolas que protegen la base de recursos naturales para las generaciones futuras. Ante el reto de la seguridad alimentaria, el cambio climático y la conservación del recurso suelo, conseguir una agricultura más productiva y resiliente requerirá una mejor gestión de los recursos naturales, como el agua, el suelo y los recursos genéticos a través de prácticas como la agricultura de conservación, la nutrición integrada y la conservación de materia orgánica, el manejo integrado de plagas y enfermedades y la agroforestería, acciones que de forma sostenible incrementan la productividad y la resiliencia (adaptación) y reduce /elimina los gases de efecto invernadero (mitigación). El reciclaje de los residuos orgánicos generados en el proceso productivo de una explotación agropecuaria o silvoagropecuaria, convierte los residuos en insumos que pueden regresar al suelo, aportándole nutrientes y microorganismos benéficos, mejorando la capacidad de retención de agua y de intercambio catiónico (CIC), ayudando así a la rentabilidad de la producción. Desde el punto de vista medioambiental, este reciclaje de materiales y su aplicación al suelo, proporciona muchos beneficios, tales como el incremento de la materia orgánica en el suelo, la reducción del metano producido en los rellenos sanitarios o vertederos municipales, la sustitución de turba como sustrato, la absorción de carbono, el control de la temperatura edáfica y el aumento de la porosidad del suelo, reduciendo de esta manera el riesgo de erosión y la desertificación. El compostaje es una práctica ampliamente aceptada como sostenible y utilizada en todos los sistemas asociados a la agricultura climáticamente inteligente. Ofrece un enorme potencial para todos los tamaños de fincas y sistemas agroecológicos y combina la protección del medio ambiente con una producción agrícola sostenible.

Esta definición implica que las propiedades físicas como la textura, la estructura (densidad aparente, porosidad del suelo) influyen principalmente en la penetración y crecimiento de raíces, así como la penetración, movimiento y retención de agua en el suelo. Las propiedades químicas como el pH, acidez intercambiable y la disponibilidad de nutrientes estarían más relacionadas con su capacidad para suministrar los nutrientes en la cantidad, forma y oportunidad que demanda el desarrollo de los cultivos. Por último, los parámetros biológicos asociados a la presencia de macro y microorganismos ayudan en la transformación de la materia orgánica y el ciclaje de nutrientes, entre otros.

La fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas engloban la gestión de elementos esenciales necesarios para el crecimiento de la planta y normalmente se logran mediante un adecuado manejo. Aunque la fertilidad del suelo desempeña un papel vital en los sistemas naturales, normalmente se hace énfasis en la producción de cultivos para uso humano, por ejemplo, alimentos, piensos, fibra, energía y estética

del paisaje. Se considera que es un elemento esencial cuando se requiere para el metabolismo y cumplimiento del ciclo de vida de la planta (McGrath et al., 2014).

Por lo general, se considera que 17 elementos cumplen con estos criterios y se dividen en macro y micronutrientes (Tabla 1). Esta división se basa en su abundancia relativa en el tejido vegetal en lugar de en su necesidad para el crecimiento de la planta. Los macronutrientes minerales esenciales se pueden dividir en macronutrientes primarios, que incluyen nitrógeno (N), potasio (K) y fósforo (P), y mesonutrientes como calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S). Los ocho micronutrientes son cobre (Cu), manganeso (Mn), hierro (Fe), boro (B), níquel (Ni), molibdeno (Mo), cloro (Cl) y zinc (Zn). Otros elementos minerales pueden ser esenciales para algunos cultivos (McGrath et al., 2014).

Tabla 1. Nutrientes esenciales, sus formas disponibles y su papel en el crecimiento y desarrollo de la planta.

		ELEMENTO	FUNCIÓN EN LA PLANTA
MACRONUTRIENTES	PRIMARIOS	NITRÓGENO (N)	Siendo el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas y en la elaboración del rendimiento.
		FÓSFORO (P)	Es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos. Estimula el crecimiento de la raíz, favorece la formación de la semilla, participa en la fotosíntesis y la respiración.
		POTASIO (K ⁺)	Aporta resistencia a las enfermedades, fuerza al tallo y calidad a la semilla.
	MESONUTRIENTES	CALCIO (Ca ²⁺)	Constituyente de las paredes celulares, colabora en la división celular.
		MAGNESIO (Mg ²⁺)	Componente de la clorofila, de las enzimas y de las vitaminas.
		AZUFRE (S)	Esencial en la formación de aminoácidos y vitaminas, aporta el color verde a las hojas.
MICRONUTRIENTES	HIERRO (Fe)	Catalizador en la formación de la clorofila y componente de enzimas.	
	COBRE (Cu)	Componente de enzimas, colabora en la síntesis de clorofila y respiración.	
	ZINC (Zn)	Esencial en la formación de auxina y almidón.	
	MANGANESO (Mn)	Participa en la síntesis de clorofila.	
	BORO (B)	Importante en la floración, formación de frutos y división celular.	
	MOLIBDENO (Mo)	Colabora en la fijación de N y en la síntesis de proteínas.	
	CLORO (Cl)	Colabora en el crecimiento de raíces.	

Fuente: McGrath et al., 2014.

1.2 Importancia de la materia orgánica para los suelos

La materia orgánica es uno de los más importantes componentes del suelo. Si bien nos imaginamos que es un solo compuesto, su composición es muy variada, pues proviene de la descomposición de animales, plantas y microorganismos presentes en el suelo o en materiales fuera del predio. Es justamente en esa diversa composición donde radica su importancia, pues en el proceso de descomposición, muy diversos productos se obtienen, que actúan como ladrillos del suelo para construir materia orgánica. Aunque no existe un concepto único sobre la materia orgánica del suelo, se considera que la materia orgánica es cualquier tipo de

material de origen animal o vegetal que regresa al suelo después de un proceso de descomposición en el que participan microorganismos. Pueden ser hojas, raíces muertas, exudados, estiércoles, orín, plumas, pelo, huesos, animales muertos, productos de microorganismos, como bacterias, hongos, nematodos que aportan al suelo sustancias orgánicas o sus propias células al morir. Estos materiales inician un proceso de descomposición o de mineralización, y cambian de su forma orgánica (seres vivos) a su forma inorgánica (minerales, solubles o insolubles). Estos minerales fluyen por la solución de suelo y finalmente son aprovechados por las plantas y organismos, o estabilizados hasta convertirse en humus, mediante el proceso de humificación.

Este mismo proceso ocurre en una pila de compostaje y en el suelo, la materia orgánica compuesta por azúcares complejos (lignina, celulosa, hemicelulosa, almidón, presentes en los residuos vegetales especialmente) y proteínas (presentes en los residuos animales especialmente), es atacada por microorganismos, quienes la descomponen para formar más microorganismos. La materia orgánica puede ser aplicada al suelo en las siguientes formas:

- Fresca, como el caso de los estiércoles en el mismo potrero,
- Seca, como en el caso del mulch o de las coberturas muertas producto de los residuos de cosecha (paja o barbecho),
- Procesada, bien sea en forma de compost, vermicompost, purines o estabilizados (por ejemplo, de estiércol o guano de aves- gallinaza, pavo).

Una vez alcanza el máximo grado de descomposición, todas estas sustancias que quedan en el suelo, inician la formación de complejos de carbono, altamente estables y de lenta degradación. Este nuevo material es el humus. Es entonces el material más estabilizado, como ácidos húmicos y fúlvicos que ha sufrido un proceso de mineralización, con participación de microorganismos y luego un proceso de humificación. Las sustancias húmicas que hacen parte de la materia orgánica se forman por degradación química y biológica de los residuos vegetales y animales, y por actividades de síntesis llevadas a cabo por microorganismos del suelo. El contenido de la materia orgánica en suelos varía entre 2 y 8 gramos de materia orgánica por kilogramo de suelo, el primer número corresponde a los desiertos, el segundo a las turberas, siendo usual que los suelos minerales contengan entre 10 y 40 gramos de materia orgánica por kilogramo de suelo en el horizonte más superficial.

La cantidad de materia orgánica, sin embargo, no solo depende de los microorganismos del suelo, sino que también del tipo de suelo, la vegetación, las condiciones ambientales como humedad y temperatura. El incremento de lluvias o riego, y en condiciones de temperatura media, los microorganismos se multiplican, consumen más materia orgánica y la descomposición es continua. Por ello, la aplicación de materia orgánica en suelos debe ser una práctica permanente, pensando no solamente en incrementar el porcentaje de materia orgánica o en

alimentar a los microorganismos del suelo, sino también en los diversos beneficios que aporta al suelo:

Mejora las propiedades físicas:

- Facilitando el manejo del suelo para las labores de arado o siembra.
- Aumentando la capacidad de retención de la humedad del suelo.
- Reduciendo el riesgo de erosión.
- Ayudando a regular la temperatura del suelo (temperatura edáfica).
- Reduciendo la evaporación del agua y regulando la humedad.

Mejora las propiedades químicas:

- Aportando macronutrientes, como N, P, K y micronutrientes.
- Mejorando la capacidad de intercambio de cationes.

Mejora la actividad biológica:

- Aportando organismos (como bacterias y hongos) capaces de transformar los materiales insolubles del suelo en nutrientes para las plantas y degradar sustancias nocivas.
- Mejorando las condiciones del suelo y aportando carbono para mantener la biodiversidad de la micro y macrofauna (lombrices). Otros beneficios complementarios del proceso de compostaje están en la reducción de malos olores producto de la pudrición y en la eliminación de vectores como insectos y ratas. También tiene una función muy importante en la eliminación de patógenos humanos, bacterias contaminantes de alimentos, de las semillas de malezas y otras plantas no deseadas.

1.3 Fundamentos teóricos del compostaje

1.3.1 Proceso de compostaje

Uno de los problemas ambientales de las explotaciones agrícolas son los residuos orgánicos que se generan (restos de poda, de cosecha, de post-cosecha, estiércol, pasto, fruta caída, entre otros). Normalmente, debido al desconocimiento, a la falta de un espacio adecuado, o de tiempo, las prácticas habituales con estos residuos son la quema, el enterramiento o el abandono del material a la intemperie hasta su pudrición. El compostaje proporciona la posibilidad de transformar de una manera segura los residuos orgánicos en insumos para la producción agrícola. La FAO define como compostaje a la mezcla de materia orgánica en descomposición en condiciones aeróbicas que se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes (Portal Terminológico de la FAO, FAOTERM). Sin embargo, no todos los materiales que han sido transformados aeróbicamente, son considerados compost. El proceso de compostaje incluye diferentes etapas que deben cumplirse para obtener compost de calidad.

El compostaje es un proceso biológico, que ocurre en condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno). Con la adecuada humedad y temperatura, se asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas. Es posible interpretar el compostaje como el sumatorio de procesos metabólicos complejos realizados por parte de diferentes microorganismos, que, en presencia de oxígeno, aprovechan el nitrógeno (N) y el carbono (C) presentes para producir su propia biomasa. En este proceso, adicionalmente, los microorganismos generan calor y un sustrato sólido, con menos C y N, pero más estable, que es llamado compost. Al descomponer el C, el N y toda la materia orgánica inicial, los microorganismos desprenden calor medible a través de las variaciones de temperatura a lo largo del tiempo. Según la temperatura generada durante el proceso, se reconocen tres etapas principales en un compostaje, además de una etapa de maduración de duración variable. Las diferentes fases del compostaje se dividen según la temperatura, en (Figura 1):

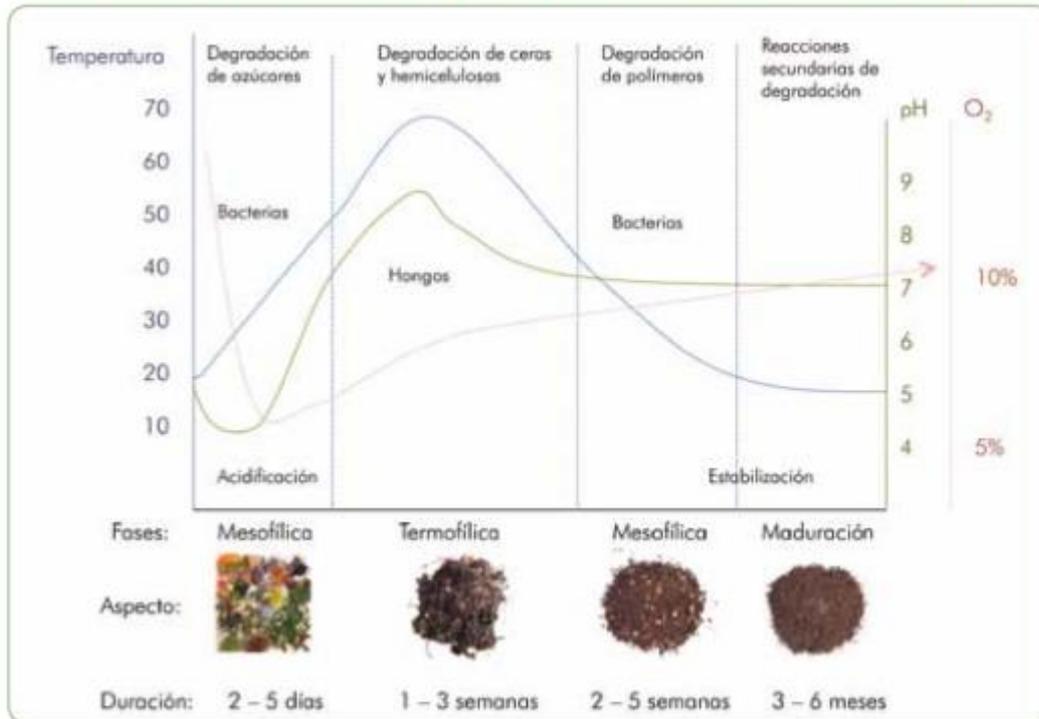
Fase Mesófila. El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar (hasta cerca de 4.0 o 4.5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días) (Román, P., 2013).

Fase Termófila o de Higienización. Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C hasta aproximadamente 60°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores temperaturas, en su mayoría bacterias, que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como las hemicelulosas y ceras. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas y otros factores. Esta fase también recibe el nombre de fase de higienización ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de diferentes orígenes. Este último aspecto es interesante ya que el compost una vez se utilice en los cultivos vamos a querer garantizar esta seguridad para la salud de quien acabe consumiendo los productos (Román, P., 2013).

Fase de Enfriamiento o Mesófila II. Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Durante esta fase, continúa la degradación de celulosas y formas más complejas, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista. Al bajar de 40°C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino (PH>7). Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración (Román, 2013).

Fase de Maduración. Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos dando lugar al humus o compost. (Román, P., 2013).

Figura 1 Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje



Fuente: P. Roman, FAO

1.3.2 Parámetros de control durante el proceso

Humedad

El parámetro de humedad ha sido descrito por varios autores como uno de los aspectos más críticos para lograr la optimización del compost. La presencia de agua en la materia que se debe descomponer es esencial para propiciar la vida de los microorganismos descomponedores ya que el agua es el medio de transporte de las sustancias solubles que sirven de alimento a las células y de los productos de deshecho de las reacciones que tienen lugar durante dicho proceso.

Según la bibliografía, la humedad ideal se encuentra entre el 50 y el 70% de humedad. Por debajo de un 30% de humedad, cuando la pila visualmente se encuentra seca, la actividad microbiana es casi nula y por encima del 70% el problema principal es que todos los poros que se forman entre el material se cubren de agua y no dejan espacio al oxígeno también esencial para este proceso aeróbico.

Temperatura

A lo largo de este aproximamiento teórico al proceso de compostaje se puede observar que otro parámetro esencial a controlar va a ser la temperatura ya que nos

da información sobre que microorganismos están trabajando en cada momento y haciendo así un control sobre si el proceso avanza tal y como se esperaba.

Cada especie de microorganismo tiene un intervalo de temperatura óptima en el que su actividad es mayor y más efectiva: 15-40 °C para los microorganismos mesófilos y 40-70°C para los termófilos.

pH

El pH tiene una influencia importante en los procesos de descomposición en las pilas de compost ya que también tiene acción sobre la dinámica microbiana. Varios autores han llegado a la conclusión que la actividad de descomposición de las proteínas se reduce a pH ácidos por lo que es favorable mantener en todo el proceso por encima de 7.5 para una buena descomposición (Bueno et al, 2008). Dentro de la normalidad de la evolución de la pila se encuentra un pequeño descenso del pH en los primeros días debida a la liberación de ácidos orgánicos que después es contrarrestado (Álvarez J.M. 2010).

Tamaño de partícula

La actividad microbiana está relacionada con el tamaño de la partícula, esto es, con la facilidad de acceso al sustrato. Si las partículas son pequeñas, hay una mayor superficie específica, lo cual facilita el acceso al sustrato. El tamaño ideal de los materiales para comenzar el compostaje es de 5 a 20 cm. La densidad del material, y por lo tanto la aireación de la pila o la retención de humedad, están estrechamente relacionados con el tamaño de la partícula, siendo la densidad aproximadamente 150 -250 kg/m³, conforme avanza el proceso de compostaje, el tamaño disminuye y por tanto, la densidad aumenta, 600-700 kg/m³.

1.3.3 Material compostable

La gran mayoría de los materiales orgánicos son compostables. En la siguiente lista se hace una extensa relación de materiales que se pueden compostar:

- Restos de cosecha, plantas del huerto o jardín. Ramas trituradas o troceadas procedentes de podas, hojas caídas de árboles y arbustos. Heno y hierba segada. Césped o pasto (preferiblemente en capas finas y previamente desecadas).
- Estiércol de porcino, vacuno, caprino y ovino, y sus camas de corral.
- Restos orgánicos de cocina en general (frutas y hortalizas). Alimentos estropeados o caducados. Cáscaras de huevo (preferible trituradas). Restos de café. Restos de té e infusiones. Cáscaras de frutos secos. Cáscaras de naranja, cítricos o piña (pocos y troceadas). Papas estropeadas, podridas o germinadas.
- Aceites y grasas comestibles (muy esparcidas y en pequeña cantidad).
- Virutas de serrín (en capas finas).
- Servilletas, pañuelos de papel, papel y cartón (no impresos ni coloreados, ni mezclados con plástico).

- Cortes de pelo (no teñido), residuos de esquilado de animales.

No se deben incluir materiales inertes, tóxicos o nocivos.

1.3.4 Fertilización

El compost contiene elementos fertilizantes para las plantas, aunque en forma orgánica y en menor proporción que los fertilizantes minerales de síntesis. Una de las mayores ventajas del uso de compost como aporte de materia orgánica es que en él se encuentran presentes nutrientes tanto disponibles como de lenta liberación, útiles para la nutrición de las plantas. Por otra parte, el compost presenta un alto contenido de materia orgánica con las ventajas que ello conlleva. Se recomienda, antes de hacer aplicaciones tanto de compost o materia orgánica, como de fertilizantes minerales, realizar un análisis de suelo para controlar los niveles de nutrientes y ajustar la fertilización en función de la liberación que se produzca y de las necesidades del cultivo.

Los nutrientes necesarios para el crecimiento de la planta provienen del aire, del agua y del suelo, siendo la solución del suelo el medio de transporte de los nutrientes.

El Nitrógeno, N (1%-4% del extracto seco de la planta) es el motor del crecimiento de la planta ya que está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas. Un buen aporte de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes.

El Fósforo, P (0,1% - 0,4% del extracto seco de la planta) juega un papel importante en la transferencia de energía, por lo que es esencial en la eficiencia de la fotosíntesis. El fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas o donde el pH limita su disponibilidad, favoreciendo la fijación.

El Potasio, K (1%-4% del extracto seco de la planta) juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas, y por ende en la estructura de la planta. El potasio mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades.

El contenido en nutrientes del compost tiene una gran variabilidad (Tabla 2), ya que depende de los materiales de origen:

Tabla 2 Contenido de N, P, K en el compost

Nutriente	% en compost
Nitrógeno	0,3% – 1,5% (3g a 15g por Kg de compost)
Fósforo	0,1% – 1,0% (1g a 10g por Kg de compost)
Potasio	0,3% – 1,0% (3g a 10g por Kg de compost)

Fuente: Jacob, 1961, Martínez, 2013

1.3.5 Aplicación del compost

El compost se puede aplicar semimaduro (en fase mesó fila II - Figura 5) o ya maduro. El compost semimaduro tiene una elevada actividad biológica y el porcentaje de nutrientes fácilmente asimilables por las plantas es mayor que en el compost maduro. Por otro lado, al tener un pH no estable aún (tendiendo a la acidez), puede afectar negativamente a la germinación, por lo que este compost no se usa para germinar semillas, ni en plantas delicadas. La aplicación en horticultura del compost semimaduro es normalmente una aplicación de primavera de 4 – 5 kg/m² en el terreno previamente labrado (coliflor, apio, papa...). En cultivos extensivos, la aplicación es de 7 – 10 T/ha de compost. El compost maduro se usa en gran medida para plántulas, jardineras y macetas. Se suele mezclar (20%-50%) con tierra y otros materiales como turba y cascarilla de arroz como preparación de sustrato.

1.3.6 Técnicas de compostaje

Los factores claves a la hora de decidir una técnica son:

- Tiempo de proceso.
- Requisitos de espacio.
- Seguridad higiénica requerida.
- Material de partida (ausencia o presencia de material de origen animal).
- Condiciones climáticas del lugar (temperaturas bajo cero, vientos fuertes, lluvias torrenciales u otros eventos climáticos extremos)

Las diferentes técnicas se dividen generalmente en sistemas abiertos y sistemas cerrados.

1.3.6.1 Sistemas abiertos de compostaje

Sistemas abiertos o en pilas Cuando hay una cantidad abundante y variada de residuos orgánicos (sobre 1m³ o superior), se puede llevar a cabo este tipo de compostaje.

1.3.6.2 Sistemas cerrados o en recipiente

Este método es frecuentemente usado a nivel familiar. La técnica del recipiente tiene una serie de características que favorecen su replicación: evita la acumulación de lluvia, protege al material de vientos fuertes, facilita las labores de volteo, facilita la extracción de lixiviado, controla la invasión de vectores (ratones, aves), y evita el acceso al material en descomposición por personal no autorizado y animales de la finca. La desventaja de este método es que puede alcanzar altas temperaturas, por lo que el control de los parámetros cobra especial relevancia. En climas cálidos, se suele adicionar tierra al recipiente (hasta un 10%) que hace de regulador de la temperatura, ya que la tierra es estable y no genera calor.

1.3.7 Productos relacionados con el compost

1.3.7.1 Té de compost

El té de compost es el extracto soluble en agua obtenido a partir del compost. Se trata de un sistema para extraer del compost los compuestos que sean solubles en agua y adicionalmente microorganismos. Este sistema es similar al que se emplea para hacer una infusión de hierbas o un té para tomar, solo que se emplea agua fría, y aunque limpia, no necesariamente potable.

1.3.7.2 Lixiviado del compost

Corresponde al agua que drena, por la sobresaturación (exceso de humedad) del material, durante el proceso de compostaje. Este exceso de agua, sale del compost y puede colectarse. Contiene también nutrientes solubles y algunos microorganismos.

1.3.7.3 Extracto de compost

Es el producto de hacer pasar agua a través del compost. Esta agua contiene nutrientes solubles también y microorganismos, pero por el tiempo de contacto del agua con el material, la recuperación es menor.

1.3.7.4 Té de estiércol

Es el extracto acuoso del estiércol, contiene elementos solubles y según la madurez del mismo, es una fuente de Nitrógeno, bien sea como nitratos (maduro) o como amonio (fresco). Igualmente contiene fósforo y potasio soluble, alto número de bacterias, y como no ha tenido proceso de maduración, también puede contener otros elementos no deseados, como por ejemplo antibióticos o residuos de medicamentos. Microbiológicamente, puede contener patógenos, como huevos y quistes de protozoarios y otros nematodos fitopatógenos.

1.3.7.5 Vermicompost

El vermicompost es el proceso de compostar utilizando lombrices y microorganismos. Es un proceso eólico que termina en la estabilización de la materia orgánica. Al igual que el compost maduro, el producto final es materia orgánica (humus), pero son las lombrices quienes realizan el proceso con ayuda de los microorganismos. Un resumen de sus propiedades químicas se encuentra en el Anexo 3.

1.3.7.5.1 Lixiviado de humus

Básicamente es el resultado del líquido que se produce tras la descomposición de los desechos orgánicos, en gran medida apoyado por el proceso digestivo de la lombriz de nuestra lombricompostera. Este líquido también es llamado lixiviado. El líquido lixiviado es sinónimo de humus líquido o fertilizante orgánico líquido. Técnicamente se llama lixiviado al producto obtenido de colar un líquido mediante un medio sólido. Es decir, por medio de esta técnica, el humus líquido se obtendrá como resultado del goteo de la lombricomposta o humus sólido. Por lo tanto, el lixiviado es la técnica o procedimiento por el cual se obtiene el líquido mediante la decantación del riego o la humedad luego de regar la lombricompostera.

Capítulo 2:

Manual de lixiviación de humus

2.1 Herramientas recomendadas

Horqueta y/o pala: para agregar material, voltear y sacar el compost terminado.

Tijeras de podar o trituradora: para conseguir un tamaño de partícula adecuado, de 5 a 20 cm.

Regadera, manguera o aspersor: para mantener una correcta humedad en el material en compostaje.

Termómetro: para la medición de temperaturas del material en compostaje, si no se tiene un termómetro, se puede usar una vara metálica o un palo de madera.

Tamiz: Para el cernido del material al finalizar el proceso de compostaje y separar elementos gruesos que aún no se han descompuesto.

Papel de pH (opcional): para el control de la acidez durante el proceso

Hay otros utensilios que ayudan en la labor, aunque no son imprescindibles, como los rastrillos, carretillas, aireadores manuales, etc.

2.2 Selección de la técnica de compostaje

Para la selección del método de compostaje el usuario del manual se podrá auxiliar del árbol de decisiones que se detalla en el **Anexo 1**

2.3 Obtención del humus de lombriz

En Cuba las principales especies de lombrices utilizadas en la lombricultura son la Eisenia foetida, (roja californiana) como la más empleada y la Eudrilus eugeniae, (roja africana).

Las principales características que la hacen idóneas para ser utilizadas en los sistemas de lombricultura son las siguientes:

- Son ubicuas y colonizan diversos residuos orgánicos de forma natural.
- Toleran amplios rangos de temperaturas y humedad.
- Son fuertes, resistentes y fáciles de manejar.
- Poseen una elevada tasa de reproducción.
- Son colonizadores efectivos de todo tipo de ambientes ricos en materia orgánica, pudiendo reemplazar a algunas especies nativas ya establecidas.
- Viven en cautiverio sin fugarse de su lecho, independientemente de las condiciones de clima y actitud.
- Consumen diariamente una cantidad de residuos equivalente, prácticamente, a su propio peso

En general los sustratos que se utilizan como alimento para las lombrices pueden

clasificarse en:

- Convencionales: estiércoles vacuno, ovino, equino, cunícula, porcino, pulpa de café y cachaza.
- No convencionales: restos de cosecha (plátano, maíz, frijol, cebada, etc), residuos de cítricos, polvo de coco, restos de madera, gallinaza, residuos sólidos urbanos y otros residuos orgánicos.

La selección del área que se destina a la lombricultura es de vital importancia para el desarrollo del cultivo y sus dimensiones dependerán del tipo de explotación que se pretende realizar. El área debe cumplir los siguientes requisitos:

- a) Estar ubicada cerca de una fuente de agua sin contaminación.
- b) Estar cerca de la principal fuente de residual que vaya a ser utilizado.
- c) Poseer un buen drenaje y ser llana o con una ligera pendiente.
- d) estar alejada de zonas de inundaciones frecuentes o de arrastres por fuertes lluvias.
- e) poseer sombra natural o artificial.

2.3.1 Preparación y acondicionamiento del local

Primeramente, se seleccionan áreas con buenas condiciones para el desarrollo de este cultivo, cuartos con piso de cemento, que constructivamente posean una ligera pendiente para que el agua drene y no se produzca el llamado “encharcamiento”, sombra artificial, ubicación cerca de fuentes de agua sin contaminación para facilitar la realización del riego y cerca de las principales fuentes de alimentación.

Dentro de estos cubículos se construyen hasta 3 canteros, pudiendo estar delimitados con tejas de fibrocemento u algún otro material similar. Las dimensiones deben de oscilar alrededor de: Largo 3.00 m, ancho de 1.20 m y alto 0.60m, alcanzando una capacidad aproximada de 4,2 toneladas de humus, por lo que el cubículo completo alcanza una capacidad de alrededor de 12 toneladas de humus.

El número de cubículos dependen de las capacidades de áreas de cada unidad en específico y de la cantidad de residuos de que se disponga. En caso de restricciones de espacio y pequeñas áreas a tratar se pueden usar recipientes.

2.3.2 Alimentación de las lombrices

En el caso de la alimentación se emplean estiércoles del ganado vacuno, equino, ovino-caprino, gallinazas, porcinos, así como diferentes residuos de cosecha y papel sin tinta. La mayoría de estos residuos casi nunca presentan condiciones de ser ingeridos directamente por la lombriz, siendo el pH ácido, el principal factor limitante, es por eso que se utiliza un proceso de adecuación ya que en el caso del estiércol vacuno y ovino que son los más utilizado, se colocan en medianas cantidades en el piso, donde se mantienen alrededor de 4 a 5 días,

humedeciéndolo, virándolo y homogenizándolo para así ayudar a bajar el pH más rápido y luego proceder a la alimentación. Esta operación se efectúa a medida que se va apreciando que el cantero, ya está mullido y formando en su parte superior, con una textura en forma de tabaquillo o borra de café, y las lombrices se encuentran ya en parte del cantero, se aplica la alimentación en este con los productos antes mencionados, que se encuentran en fase de adecuación, luego de realizar la prueba de la caja a estos alimentos y si cumple los parámetros indicados, se procede a alimentar el cantero, alcanzando una altura de 5 – 10 cm y así continuar cada 8 o 10 días hasta alcanzar la altura del cantero que es de 0,60 cm.

En el caso de la prueba de la caja es una prueba biológica, se debe realizar siempre antes de aplicar el alimento, para conocer si su pH es adecuado y comprobar si existe algún tipo de contaminación química. Esta consiste en colocar 50 lombrices en una caja de madera u otro material con el sustrato que se pretende proporcionar como alimento. A las 24 horas se hace un conteo de las lombrices, si hay menos de 49 vivas, significa que el alimento no puede utilizarse y debe continuar su adecuación. La prueba de la caja es de obligatorio cumplimiento antes de proceder a la alimentación del cantero.

2.3.3 Cosecha de lombrices y humus

El riego se realiza a diario, humedeciendo todos los canteros de forma homogénea. Para realizar esta actividad se recomienda utilizar micro aspersores, o regaderas. Es importante saber que el riego garantiza el 40% de la eficacia del cultivo. Cuando el cantero alcanza la altura deseada y se va a realizar la cosecha de humus, se realiza el trampeo. Encima del cantero que se va a cosechar, se colocan mantas de malla (pueden ser sacos tejidos) y se aplica en ellos alimento, en una capa de 4 a 5 cm de espesor, la cual se humedece. Luego de transcurridas las primeras 24 horas en se puede observar, como las lombrices han atravesado la malla, por lo que se procede a retirarlas. Ahí se puede verificar como una gran cantidad de lombrices se trasladaron a la parte superior. Estas posteriormente se siembran en otro cantero ya preparado al efecto, también puede ser sembrarlo o depositarlo en otro que tenga falta de población. Esta técnica se ejecuta cuantas veces sea necesario hasta que no existan lombrices en el cantero que se va a cosechar, por lo general esta operación se repite de 2 a 3 veces.

Cuando los canteros de donde ya se retiraron las lombrices esté listo para cosechar, esta materia se deposita en otro cuarto techado donde exista suficiente ventilación para su secado. Se recomienda que no esté expuesto al sol. Después de secado se tamiza con una malla que posea orificios de alrededor de 2 a 3 mm cuadrados.

El humus bajo estas condiciones se puede conservar hasta 9 meses.

2.3.4 Preparación del lixiviado (disolución) de humus de lombriz

En un recipiente limpio de 5 galones de capacidad se mezclan 1 parte de humus y 5 partes de agua potable; esta mezcla se deja reposar 48 horas, aunque se agita periódicamente. Luego de filtrado (Casco e Iglesias, 2005), el volumen obtenido se

añade a una mochila manual de 16 L de capacidad que se encuentre limpia y libre de productos químicos. Rodríguez, F. P. (2017) demuestra la viabilidad de aplicar 450 mL de lixiviado por parcela.

2.3.5 Momentos de aplicación del lixiviado de humus de lombriz

Se asperja filialmente (en horas tempranas de la mañana) todo el contenido de la mochila a un área de 21 m² (Rodríguez, F. P. (2017) a los 10 días después de la germinación de la semilla, se descansa un día y se vuelve a aplicar, con solo dos aplicaciones al mes.

Conclusiones generales

1. El lixiviado de humus de lombriz mejora las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos, así como la salud de los cultivos.
2. El lixiviado de humus es una vía eficaz para la sustitución de los fertilizantes químicos.
3. Se acorta el ciclo de vida de las plantas.

Recomendaciones

1. Someter a consideración el manual elaborado por propietarios de huertas familiares para su reconocimiento y posible generalización y perfeccionar el instrumental metodológico diseñado, evaluando la influencia de diferentes dosis a aplicar de lixiviado de humus de lombriz sobre algunos indicadores del crecimiento y productividad en los cultivos, estimar el efecto de las diferentes dosis del bioestimulante en el rendimiento agrícola de este cultivo y determinar la dosis del bioproducto que ejerce el mejor efecto económico en los tratamientos investigados.
2. Considerar en posteriores estudios dosis de aplicación según los contenidos de nutrientes del suelo, las exigencias del cultivo y lo que aporta el biofertilizante objeto de estudio.
3. Proseguir la divulgación de los resultados obtenidos en la investigación, a través de presentaciones en eventos, publicaciones y cursos de formación / capacitación, de manera tal que contribuyan al desarrollo de una cultura de en la obtención de alimentos sanos.

Bibliografía

1. Agredo España, D. (2014). *Comparación de la eficiencia en la producción de lechuga (Lactuca Sativa) en un suelo rehabilitado con abono orgánico Bocashi y el mismo suelo con fertilizante químico N-P-K.* instname: Universidad Autónoma de Occidente. (Tesis de Grado) Universidad Autónoma de Occidente. <https://red.uao.edu.co/handle/10614/6137>.
2. Alemán-Pérez, R., Bravo, C y Oña, M. (2014). Posibilidades de producir hortalizas en la Región Amazónica del Ecuador, provincia Pastaza. *Centro Agrícola*, 41(1), 67-72.
3. Altieri M.A., Nicholls C.I. (2013). Agroecología y resiliencia al cambio climático principios y consideraciones metodológicas. *Agroecología*, 8(1), 7-20.
4. Álvarez, J.M. (2010) *Manual de compostaje para Agricultura Ecológica. Consejería de agricultura y pesca.* Junta de Andalucía. 10.13140/RG.2.2.20182.24647.
5. Boudet A., Boicet T. y Meriño Y. (2015). Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la respuesta agroproductiva del cultivo de la habichuela. *Rev. Centro Agrícola*, 42(2), 11-16.
6. Bravo Medina, C.; Torres, B.; Changoluisa, D.; Marín, H.; Alemán, R and Torres, R. (2016). Environmental impact of livestock systems in the Ecuadorian Amazon. In Proceedings of the MOL2NET. *Sciforum Electronic Conference Series*, 2. 10.3390/mol2net-02-03869.
7. Bravo, C., Benítez, D., Vargas Burgos, JC., Alemán, R., Torres B., y Marín, H. (2015). Socio-Environmental Characterization of Agricultural Production Units in the Ecuadorian Amazon Region, Subjects: Pastaza and Napo. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 4(1), 3-31.
8. Bravo, C., Marín, H., Marrero-Labrador, P., Ruiz, M. E., Torres-Navarrete, B., Navarrete-Alvarado, H. y Changoluisa-Vargas, D. (2017). Evaluación de la sustentabilidad mediante indicadores en unidades de producción de la provincia de Napo, Amazonia Ecuatoriana. *Bioagro*, 29(1), 23-36.
9. Bravo, C., Torres B., Benítez D., Haideé M., Tapia A. y Velasco, C. (2016). El Recurso suelo: ¿Cómo realizar un diagnóstico integral de la fertilidad del suelo con fines productivos? *Revista: Huellas del Sumaco* (15), 10-17.

10. Bravo, C; Ramírez, A.; Marín, H.; Torres, B.; Alemán, R.; Torres, R.; Navarrete, H. y Changoluisa, D. (2017). Factores asociados a la fertilidad del suelo en diferentes usos de la tierra de la Región Amazónica Ecuatoriana. *Rev. Electrón. Vet.*, 18(11),1-17.
11. Bueno, P., Díaz, J. y Cabrera, F. (2008). *Factores que afectan al proceso de compostaje. Compostaje. Bloque 2: El proceso de compostaje.*
12. Casanova, E. (2005). *Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Central de Venezuela. - UCV.*
13. Casco, C. A. e Iglesias, M. C. (2005). Producción de biofertilizantes líquidos a base de lombricompuesto. Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas.
14. McBratney, A; Field, DJ and Koch, A. (2013). The dimensions of soil security. *Geoderma*, 213(2014), 203-213.
15. McGrath, J.M., Spargo, J. y Penn J. (2014). Soil Fertility and Plant Nutrition. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*. 5, 165-184.
16. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2007). *Base de Datos Estadísticos de la FAO.* <http://www.un.org/spanish/datosestadisticos.asp>. Consulta: Octubre 17 2020].
17. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2013). *Los biopreparados para la producción de hortalizas en la agricultura urbana y periurbana.* <http://www.fao.org/3/a-i3360s.pdf>.
18. Rodríguez F., P. A. (2017). Impacto del lixiviado de humus de lombriz sobre el crecimiento y productividad del cultivo de habichuela (*Vigna Unguiculata* L. Walp) *Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba. Ciencia en su PC*, (2),44-58
19. Rodríguez F., P. A. y Reynel Chila, V. (2013). Los residuos orgánicos y su efecto en las propiedades biológicas edáficas y la productividad del pimiento (*Capsicum annum* L.). *Investigación y Saberes*, II (3), 34-40.
20. Román, P., Martínez M.M. y Pantoja A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones*

Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.

21. Vázquez, L. (2014). *Respuesta agronómica del cultivo de la habichuela Vigna Unguiculata L. Walp al bioestimulante Biobras Plus en dos épocas de siembra* (Tesis de Maestría). Universidad de Oriente.

Anexo 1

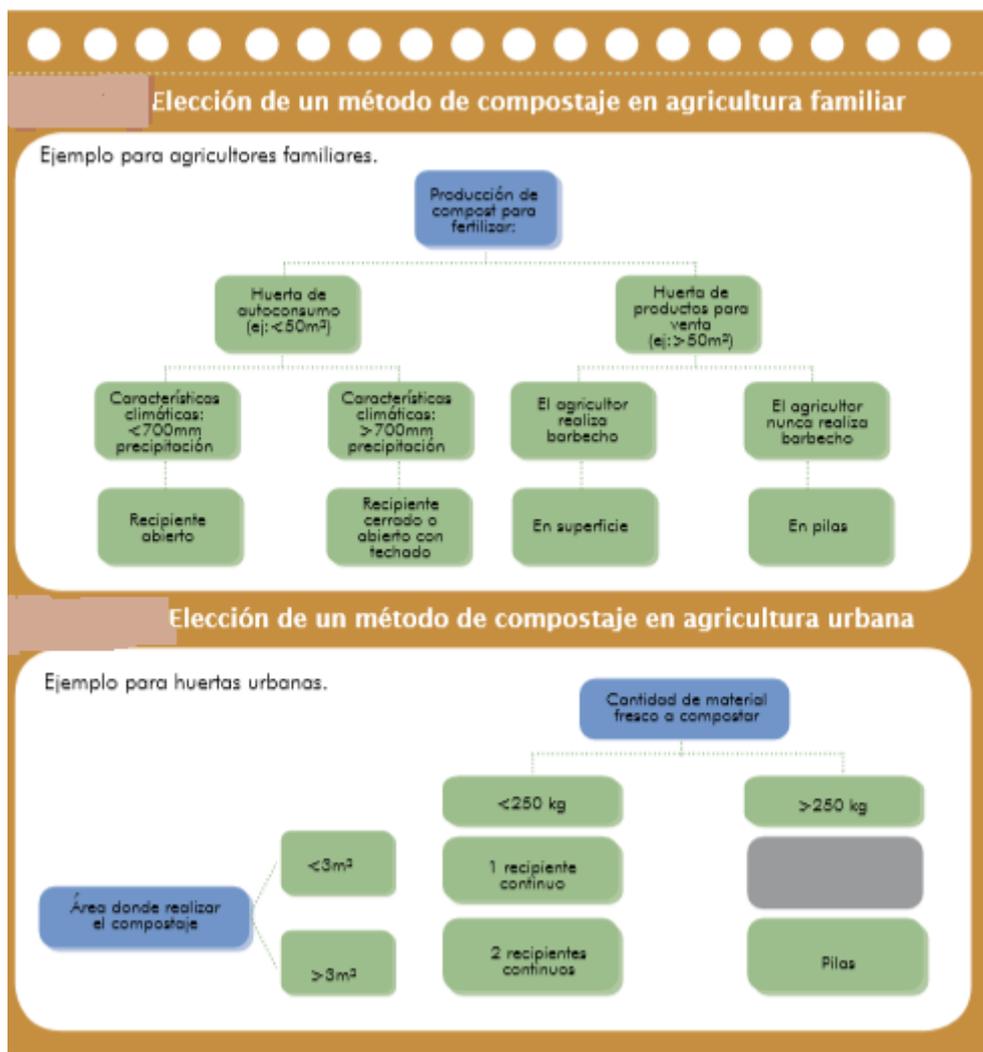
Propiedades químicas del vermicompost

Acidos fúlvicos	14 - 30%
Acidos húmicos	2,8 - 5,8%
Sodio	0,02%
Cobre	0,05%
Hierro	0,02%
Manganeso	0,006%
Relación C/N	10 - 11%

Fuente P. Román, 2013

Anexo 2

Árbol de decisiones



Fuente P. Román, 2013

Anexo 3

Propiedades químicas del vermicompost

Acidos fúlvicos	14 - 30%
Acidos húmicos	2,8 - 5,8%
Sodio	0,02%
Cobre	0,05%
Hierro	0,02%
Manganeso	0,006%
Relación C/N	10 - 11%

Fuente P. Román, 2013