



Consideraciones para un prototipo de estación de lombricultivo y el aprovechamiento de residuos orgánicos generados en una institución de educación superior de Quito

Considerations for a vermiculture station prototype and the use of organic waste generated in a higher education institution in Quito

Considerações para um protótipo de estação de vermicultura e o aproveitamento dos resíduos orgânicos gerados em uma instituição de ensino superior de Quito

Diego Monta-Calle ^I

montadiego@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-3823-5422>

Patricio Yáñez-Moretta ^{II}

ayanez@yachaytech.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-4436-7632>

Correspondencia: ayanez@yachaytech.edu.ec

Ciencias Naturales
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 10 de abril de 2023 * **Aceptado:** 12 de junio de 2023 * **Publicado:** 06 de septiembre de 2023

- I. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. Dirección de Normativa y Control Ambiental, Quito, Ecuador. Universidad Internacional del Ecuador. Escuela de Gestión Ambiental, Quito, Ecuador.
- II. Universidad de Investigación y Tecnología Experimental Yachay, Escuela de Ciencias Biológicas e Ingeniería, Urcuquí, Ecuador. Universidad Internacional del Ecuador. Escuela de Gestión Ambiental, Quito, Ecuador.

Resumen

El presente trabajo fue desarrollado en el Campus Matriz de la Universidad Internacional del Ecuador, que pertenece al “International Sustainable Campus Network”, debido a ello las prácticas institucionales se encuentran enfocadas a mitigar los efectos negativos de su propia generación de residuos y desarrollar procesos de educación ambiental en la comunidad universitaria. La investigación gira en torno al aprovechamiento de residuos orgánicos en este centro educativo ubicado en el sector centro-oriental de la ciudad de Quito, Ecuador; se desarrolló una propuesta técnica para la instalación, control y mantenimiento de 18 camas de lombricultivo para obtener aproximadamente 105,8 kg de humus por cama, al final de cada ciclo productivo que dura unas 16 semanas, mismo que incluye las etapas de preparación, maduración, control y mantenimiento, curado, recolección del humus, tamizado y almacenamiento. Se discuten las ventajas de generar e incorporar este humus al huerto orgánico institucional y áreas verdes al final de cada ciclo productivo. El prototipo propuesto y los esquemas generados y presentados son replicables para otras instituciones educativas o empresas de similar tamaño en zonas periurbanas andinas.

Palabras Clave: Lombricultivo; Residuos orgánicos; Abono orgánico; Quito; Zonas periurbanas; Centros educativos.

Abstract

This work was developed at the Main Campus of the International University of Ecuador, which belongs to the "International Sustainable Campus Network", due to this, institutional practices are focused on mitigating the negative effects of their own waste generation and developing processes of environmental education in the university community. The research revolves around the use of organic waste in this educational center located in the central-eastern sector of the city of Quito, Ecuador; A technical proposal was developed for the installation, control and maintenance of 18 vermiculture beds to obtain approximately 105.8 kg of humus per bed, at the end of each productive cycle that lasts about 16 weeks, which includes the stages of preparation, maturation, control and maintenance, curing, humus collection, sifting and storage. The advantages of generating and incorporating this humus into the institutional organic garden and green areas at the end of each productive cycle are discussed. The proposed prototype and the generated and presented schemes are replicable for other educational institutions or companies of similar size in Andean peri-urban areas.

Keywords: Vermiculture; Organic waste; Organic fertilizer; Quito; Peri-urban areas; Schools.

Resumo

Este trabalho foi desenvolvido no Campus Principal da Universidade Internacional do Equador, que pertence à "Rede Internacional de Campus Sustentáveis", por isso, as práticas institucionais estão focadas em mitigar os efeitos negativos da própria geração de resíduos e desenvolver processos de educação ambiental. na comunidade universitária. A pesquisa gira em torno do aproveitamento de resíduos orgânicos neste centro educacional localizado no setor centro-leste da cidade de Quito, Equador; Foi desenvolvida uma proposta técnica para instalação, controle e manutenção de 18 canteiros de vermicultura para obtenção de aproximadamente 105,8 kg de húmus por canteiro, ao final de cada ciclo produtivo que dura cerca de 16 semanas, que inclui as etapas de preparo, maturação, controle e manutenção, cura, coleta de húmus, peneiração e armazenamento. São discutidas as vantagens de gerar e incorporar esse húmus na horta orgânica institucional e nas áreas verdes ao final de cada ciclo produtivo. O protótipo proposto e os esquemas gerados e apresentados são replicáveis para outras instituições educativas ou empresas de porte semelhante nas áreas periurbanas andinas.

Palavras-chave: Vermicultura; Resíduos orgânicos; Fertilizante orgânico; Desistir; Áreas periurbanas; Escolas.

Introducción

El rápido crecimiento poblacional humano no ha permitido que exista un balance entre lo que se desecha con lo que se reduce, reutiliza y recicla, demostrando por lo general una incapacidad por parte de los seres humanos para desarrollar prácticas amigables con el ambiente, efectuando algunas acciones muy elementales como las de arrojar los residuos en el lugar que se originan como la salida más cómoda, aunque incorrecta (Martillo Alchundia et al., 2018).

Los hábitos del consumo de productos de un solo uso han sido un factor preponderante del aumento exponencial de residuos, cada día se producen toneladas en áreas urbanas y por el contrario disminuyen las responsabilidades y las acciones que se deben tomar por parte de la sociedad para la gestión y disposición final de los residuos de manera adecuada.

Dentro de este contexto, cabe mencionar que el manejo correcto de los desechos orgánicos evita que se produzcan eventos de contaminación de aguas superficiales y subterráneas (Molina-Santos et al., 2018; Terneus y Yáñez, 2018), fuentes de agua potable y para riego (Yáñez et al., 2022; Pacheco-Peña, et al., 2023), mitigar emisiones contaminantes al aire, afectación a agrosistemas y áreas protegidas (Yáñez, 2016), entre otros, e igualmente permite crear conciencia y educación ambiental en las personas para que empiecen a reciclar y/o a disponer adecuadamente los residuos orgánicos (Tigselema et al., 2019).

En la ciudad de Quito se generan aproximadamente de 2000 a 2400 toneladas de basura diariamente. Eso equivale a que cada dos meses se pueda llenar totalmente un estadio de fútbol de residuos (Biocompost, 2020). De igual manera, en el período entre marzo de 2020 a diciembre de 2021, por el tema del confinamiento por COVID-19 aumentó considerablemente la recolección de desechos generados mayormente en los propios domicilios; es así como en los meses de enero, marzo, mayo, junio y julio de 2020 la recolección superó las 63000 toneladas por mes en Quito y los meses restantes de 2020 la cantidad se mantuvo entre 54000 a 59000 toneladas por mes (Carrera, 2020).

De manera paralela a esta situación, cabe mencionar que en las periferias de esta ciudad se han empezado a desarrollar experiencias piloto para la adecuada gestión de residuos orgánicos; una de ellas es la del proyecto Biocompost en la Vía Nono - Calacalí, del Distrito Metropolitano de Quito, donde se ha logrado atraer a las familias para que ayuden mediante la entrega de sus propios residuos a la planta gestora para efectuar el respectivo proceso bioquímico de transformación, en el que se utilizan microorganismos bacterianos acelerando el proceso de compostaje hasta en 8 días (Teleamazonas, 2021).

De igual manera, existen otros proyectos que buscan el mejoramiento de la calidad ambiental en el Distrito, relacionados con Agricultura Urbana Participativa (AGRUPAR) que incluyen actividades que promocionan la producción de alimentos y huertos orgánicos, bioferias, talleres, entre otros (Moncayo, 2017) o la reutilización de residuos orgánicos a través de su degradación por diferentes tipos de organismos (Avila y Yáñez, 2020).

El aprovechamiento de residuos orgánicos resulta beneficioso ambiental y socioeconómicamente. Una forma de aprovecharlos es la práctica de lombricultivo para la generación de abono orgánico, utilizando la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) que acelera la descomposición de la materia orgánica y produce humus de lombriz utilizable como abono para el suelo. En efecto, actualmente

existen varias iniciativas para invertir en prácticas agrícolas que permiten ejecutar el proceso de elaboración de abono orgánico y lixiviado con base en la lombriz roja californiana, que puede ser comercializada dentro y fuera del país, debido a las nuevas demandas por productos de origen orgánico y por el añadido de un valor agregado a los productos amigables con el medio ambiente (Avila y Yáñez, 2020; Cabrera et al., 2022; Vergara, 2019).

En este sentido, cabe mencionar que la lombriz de suelo ha tenido su importancia desde hace varios siglos, considerándola como un ser valioso y digno de ser estudiado. En su libro “La formación del mantillo vegetal por la acción de las lombrices con observaciones sobre sus hábitos”, Darwin (1881, citado por Mona y Vivas, 2019) ya consideraba la importancia y los beneficios de este organismo en los campos áridos, con rocas calizas y en suelos con erosión o denudación de la tierra, también discutía los hábitos y posible inteligencia de las lombrices, entre otros aspectos; este documento ha sido considerado como un manual para los lombricultores, granjeros y jardineros (Mona y Vivas, 2019).

La materia orgánica (procedente de residuos orgánicos) puede ser tratada y transformada mediante la elaboración de camas de lombricomposta y la generación de humus de lombriz para ser utilizado en jardines, cultivos o huertos orgánicos, reconociendo así además la importancia que tienen los biofertilizantes para mejorar los suelos. Este principio puede ser aplicado en algunas instituciones educativas (universidades, colegios, escuelas) en sus pequeños o medianos campos cultivados, bajo los principios de la agricultura orgánica y evitando o reduciendo a la vez el uso de agroquímicos (Terneus et al., 2018), acercándonos al desarrollo de un sistema de gestión ambiental específico, que forma parte de un sistema mayor integrado, y al concepto y acciones relacionados con el desarrollo sostenible (Yáñez-Moretta y Rea-Vaca, 2022).

En las zonas periurbanas de ciudades andinas existen terrenos baldíos o subutilizados, espacios que de alguna manera pueden ser recuperados con la implementación de puntos de acopio para la recolección de residuos orgánicos y aprovechados a través de actividades de lombricultura efectuadas por centros educativos cercanos, requiriéndose de la colaboración comunitaria y de la autoridad municipal para favorecer la recuperación de estos espacios, los cuales de otra manera podrían volverse propensos a convertirse en botaderos de basura, espacios degradados, zonas de crecimiento de malezas y de proliferación de especies invasoras (Vente, 2018).

Considerando lo mencionado, se planteó la presente investigación cuyo objetivo fue el de desarrollar y dar a conocer los procesos para la instalación de un sitio de lombricultivo aplicable

en zonas periurbanas de ciudades andinas, ejemplificándolo en un área verde con cultivos orgánicos en la ciudad de Quito, Ecuador, perteneciente a una universidad local.

Materiales y métodos

Para generar el prototipo propuesto de lombricultivo se consideraron planes y proyectos similares implementados

en Ecuador o en países vecinos en temas relacionados con el tratamiento de residuos orgánicos. Actualmente, existen varias técnicas y programas que se manejan para el tratamiento de residuos orgánicos y la generación de abonos; sin embargo, suele considerarse que el lombricultivo sigue siendo el más elemental y funcional a la hora de tratar este tipo de residuos y utilizarlos (después de haber sido procesados) en huertos orgánicos, además suele ser considerada como una técnica amigable con el ambiente (Alvarado y Díaz, 2019; Barrueto, 2021).

2.1. Área de Estudio

Se trabajó en una zona periurbana de la ciudad de Quito, en las coordenadas (UTM WGS84 17M: 781373 E, 9972829 S), parroquia Conocoto, provincia de Pichincha, en un rango altitudinal de entre 2508 a 2773 msnm correspondiente al Campus Matriz de la UIDE (Universidad Internacional del Ecuador), mismo que tiene una superficie total aproximada de 36 ha, en las que existen, además de las instalaciones académicas y administrativas, áreas verdes, remanentes boscosos montanos nativos en las quebradas y bosques de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en las laderas (Travez y Yáñez, 2017).

La fase de campo y la elaboración de la propuesta técnica consideró como zona referencial a las áreas verdes y zonas del huerto orgánico de la Universidad Internacional del Ecuador (Figura 1). Cabe destacar también que la UIDE pertenece a la red ISCN (International Sustainable Campus Network) desde mayo de 2012 (Universidad Internacional del Ecuador, 2018), lo que conlleva a mantener parámetros de sostenibilidad y acciones continuas de responsabilidad ambiental; siendo una de las universidades de Latinoamérica que busca mantener un campus en el que se desarrollen prácticas amigables con el medio ambiente que beneficien a la comunidad universitaria en general.

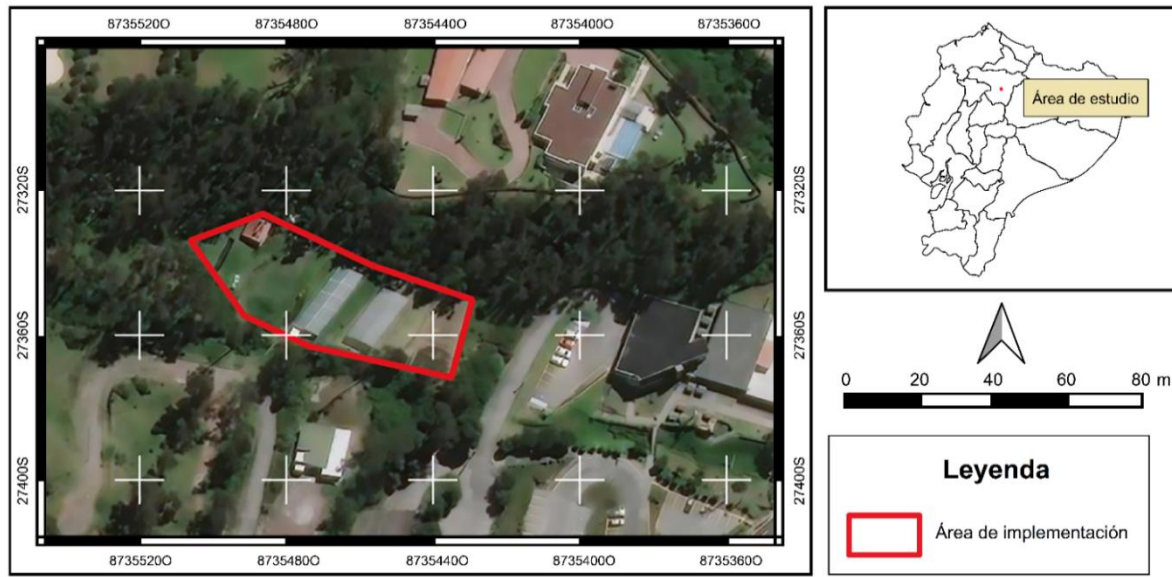


Figura 1. Área propuesta de implementación para Lombricultivo, dentro del Huerto Orgánico del Campus Matriz de la UIDE, Distrito Metropolitano de Quito. Fuente: Adaptado a partir de ESRI, 2022.

En torno a la generación de residuos orgánicos, en este Campus se produjo desde 2017 a 2019 un promedio anual de 13888,5 kg y mensual de 1157,4 kg provenientes de las cafeterías, restaurante y talleres (Jaramillo, 2018, 2019), mismos que cuentan con sitios para el acopio respectivo; estos residuos actualmente (septiembre de 2022) son destinados de la siguiente manera: una cantidad al huerto orgánico de la universidad y la otra entregada a un gestor ambiental autorizado. Cabe mencionar que a partir del confinamiento por Covid-19 los residuos orgánicos se vieron disminuidos entre 2020 a 2021 (Jaramillo, 2020, 2021). Al retomar las actividades presenciales en la universidad la cantidad de residuos orgánicos generados está volviendo a ser la misma de años anteriores a 2020.

Adicionalmente, este Campus de la UIDE cuenta con zonas para la práctica de equitación, con su respectiva área de picadero, en donde se generan diariamente excretas de caballos, que son utilizadas parcialmente como abono para el huerto orgánico de la universidad, que todavía no han sido completamente cuantificadas, por lo que también son consideradas en la presente propuesta para su aprovechamiento biológico así como los restos provenientes de la poda de las plantas de las áreas verdes del Campus.

2.2. Georreferenciación de los sitios propuestos para el área de lombricultivo

Con base en visitas de campo (efectuadas entre marzo a julio de 2021, especialmente) y levantamiento de información de fuentes secundarias se ha diseñado la presente propuesta para la implementación de un área de lombricultivo en la zona actual del huerto orgánico de la UIDE, huerto que está conformado en forma de terrazas con bordes y canales, en sentido transversal a la pendiente. El área propuesta tiene las siguientes coordenadas: UTM WGS84 zona 17S X= 781398 Y= 9972812 (Figura 2a); con una segunda área propuesta en: UTM WGS84 X: 781373 Y: 9972829 (Figura 2b).

2.3. Diseño del prototipo en la zona del huerto orgánico

El huerto orgánico institucional cubre aproximadamente 735 m², produce plantas comestibles, frutos y verduras; además, existen espacios con facilidades para un sistema de riego, cableado de electricidad, micro reservorio de agua y bodegas de almacenamiento de insumos agrícolas.

El terreno se encuentra dividido en cuatro niveles o terrazas, adaptadas con canaletas de aguas lluvias. En el segundo y tercer niveles se encuentran instaladas dos infraestructuras tipo invernadero, útiles para la implementación de las camas de lombricultivo; el segundo cuenta con cubierta de malla solamente en la parte del techo con estructuras de soporte, en un área de 127,2 m² (15,90 m de largo * 8 m de ancho) y 4 m de altura (Figura 2a), en este nivel existe un espacio sin cubierta de 32,8 m² utilizable para las actividades de lombricultura, el tercer nivel se encuentra totalmente cubierto de plástico y malla de invernadero, en donde se cuenta con cultivos en crecimiento.

Con respecto al primero y cuarto niveles no contienen ninguna infraestructura para cultivos orgánicos, se encuentran rodeados de arbustos y árboles, eventualmente existe crecimiento espontáneo de malezas. Adicionalmente, el suelo está adaptado para la siembra de plantas. De estos, el nivel de mayor interés es el cuarto que tiene un área de 142 m² cercanos al ingreso del huerto orgánico



(Figura 2b).

Figura 2. a) área propuesta para la implementación de la zona de Lombricultivo en el Campus de la UIDE, Quito (imagen de octubre de 2021); b) Segunda área propuesta para la implementación de la zona de Lombricultivo en el Campus de la UIDE, Quito (imagen de octubre de 2021).

Para la construcción de las camas de lombricultivo se recomienda seguir metodologías como las propuestas por Guanche (2015) en cuanto al diseño (Figura 3), con las siguientes dimensiones: 3-4 m de largo, 1,5 m de ancho y una altura de 0,4-0,5 m; la longitud pudiera ser mayor dependiendo de la disponibilidad de espacio; asimismo, la separación recomendable entre camas debe tener un mínimo de 0,5 m. Dentro de cada cama puede haber separaciones de áreas menores con malla metálica (Figura 3) para que al momento de extraer el humus de lombriz de uno de los dos lados sea más fácil, sin tener que recurrir a la recolección de las lombrices, las cuales se desplazarán al otro lado atraídas por la comida recientemente colocada.

Para la implementación de una cama debe tomarse en cuenta la inclinación recomendada de ella a lo largo (entre 15 a 20 grados), así como la colocación de tuberías de PVC para la evacuación y recolección de humus líquido, con el objetivo de evitar encharcamientos en las camas de lombricultivo y almacenarlo en tanques de plástico de unos 40 litros.

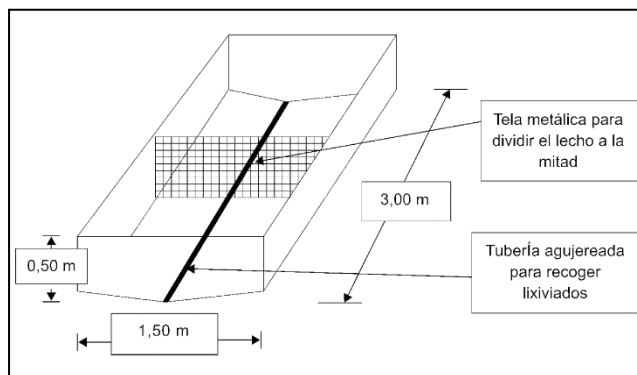


Figura 3. Diseño de una cama de lombricultivo. Fuente: Guanche, 2015

Para el control y mantenimiento de las camas de lombricultivo y el criadero de lombrices se recomienda considerar lo propuesto por Alvarado y Díaz (2019) en torno a variables como: ubicación cercana a la zona de acopio de residuos orgánicos, poca interacción con la comunidad universitaria, condiciones de sombra, buena ventilación, facilidades para el mezclado y volteo. Pudiendo ser ubicadas en diferentes tipos de suelo; sin embargo, hay que evitar que el sitio no sea propenso a encharcamientos.

Igualmente, se consideró que en el sistema propuesto de lombricultivo se procese de manera continua una cantidad moderada de las excretas de caballos procedentes del Área de Hípica, así como residuos orgánicos procedentes de cafetería y restaurante, siendo todos estos productos ideales para las lombrices. Se debe aplicar agua constantemente, ya que las camas requieren de humedad de entre el 70 y 80% (Alvarado y Díaz, 2019), la cual facilita la locomoción de las lombrices y el consumo de materia orgánica o sustrato. De esta forma, se considera en el presente diseño la ubicación de las camas con tuberías internas que faciliten el escurrimiento de los lixiviados orgánicos que pudieran generarse.

Una vez obtenidos los lixiviados, éstos pueden ser incorporados a las camas de lombricultivo, hasta tres veces (Ángel, 2018), para obtener un líquido más concentrado de humus de lombriz; luego este puede ser almacenado en tanques con capacidad de hasta 500 litros; es pertinente realizar una incorporación de una llave manual al tanque de almacenamiento de lixiviados para obtener el líquido gradualmente.

Hay que estimar, además, que los residuos deben pasar por un proceso de trituración previa, antes de ser incorporados a las camas de lombricultivo, así se disminuirá el tamaño de los diferentes elementos orgánicos, para mejorar el proceso de descomposición y alimentación de las lombrices. Adicionalmente, la relación carbono/nitrógeno es algo importante de tener en cuenta, resaltando así la relevancia de utilizar elementos secos ricos en carbono como restos de poda, hojarasca, papel, cortezas de árboles, entre otros (Alvarado y Díaz, 2019; Vente, 2018), todos estos pueden ser provenientes de las mismas actividades cotidianas y de diferentes zonas de este Campus universitario.

Una vez obtenido el humus de lombriz conviene que pase a un proceso de curado (dejar de agregar materia orgánica, esperar hasta que se termine de procesar y retirar las lombrices), tamizado y por último el almacenamiento, estos aspectos se deben considerar para que las actividades de

lombricultivo sean completas y así poder conseguir un abono orgánico de calidad, mediante sistemas integrados de producción más limpia, considerando un modelo de economía circular (Morán y Naranjo 2013).

Resultados y discusión

Materiales y equipos necesarios para el área de lombricultivo

Los materiales que se requieren para habilitar un área de lombricultivo con un diseño de camas incluyen: hormigón, madera dura, caña guadua y listones; todos son asequibles, determinando que la madera dura es la más recomendable (Alvarado & Díaz, 2019); sin embargo, para mayor seguridad y si los recursos económicos lo permiten puede también construirse en estructura metálica.

Se requiere que el sitio destinado al criadero de las lombrices se encuentre cercano a las camas de lombricultivo. La especie de lombriz a ser utilizada es *Eisenia foetida*, dado que: son las más manejadas para el tratamiento de residuos orgánicos y los colonizan y se integran a ellos de manera natural, son tolerantes a rangos amplios de temperatura y humedad (lo cual las hace más resistentes al estrés) y pueden ser cultivadas en cautiverio (Domínguez y Gómez, 2010).

Los parámetros ambientales a tener en cuenta para que las lombrices se desarrollen de una manera adecuada son: temperatura (15 °C - 24 °C), humedad del suelo (70 - 80 %), pH (6,0 - 8,0), conductividad eléctrica (3,0 mmhos/cm), proteínas (7,5 - 13,0%); por otra parte, es importante tener en cuenta la calidad del alimento y el oxígeno (Alvarado y Díaz, 2019).

Para cada cama de lombricultivo se deben utilizar unas 125 000 lombrices (equivalentes a unos 187,5 kg de peso); cada lombriz adulta, cuando el sistema esté en pleno funcionamiento, consumirá diariamente una cantidad de residuos orgánicos equivalente a su propio peso (López y Díaz, 2019), lo cual generará una tasa significativa de retorno de la inversión (dada la producción de humus relacionada con ella).

Para la construcción de las camas y adecuación del terreno se requerirán los siguientes materiales y/o herramientas:

- Pala, pico, barra: para la excavación manual y movimiento de tierra.
- Listones de madera: para armar las camas.

- Tubos flex ecológicos de polietileno de 4 pulgadas: para ser instalados en las camas, servirán para conducir los lixiviados; igualmente serán necesarias tuberías tipo codo de 90° y sus respectivas conexiones.
- Mallas de lona: para que sean incorporadas a los tubos y evitar que ingresen sólidos al lixiviado.
- Cubierta *Roof Tile Panel Residential Type*: para la cubierta del cuarto nivel del área de trabajo, este material es ecológico y muy resistente (Mora, 2021).
- Tanque con capacidad de 500 litros, que requiere de una instalación de una llave al exterior para obtener el abono líquido.
- Otras herramientas manuales y materiales útiles para la adecuación de las camas de lombricultivo, tales como: gomas para pegar tuberías, clavos, tornillos, tuercas, cuerdas resistentes, taladro, martillo, destornillador, entre otros.

Los materiales/herramientas para realizar las actividades de mantenimiento de las camas de lombricultura deben incluir:

- Guantes: para protección del operario; pueden ser de látex, nylon y algodón; impiden el ingreso de tierra u otros residuos a las uñas y a la piel.
- Overol: ropa de trabajo para no mojarse y ensuciarse.
- Botas de caucho (con opción de punta de acero): protegen al trabajador de la humedad, así como de accidentes, caídas o golpes en el pie.
- Costales o saquillos: sirven para almacenar los abonos una vez se los obtenga.
- Pala: para remoción y manejo de los residuos orgánicos.
- Tierra o suelo: para generar el sustrato con el que se mezclan los residuos orgánicos.
- Manguera para jardín 15 metros con adaptador de 1/2 pulgada (0.013 m); para humedecer las camas de lombricultivo.
- Canecas, baldes o recipientes similares: para depositar los residuos orgánicos sobrantes de las camas de lombricultivo.
- Polisombra: un tipo de tela de nylon utilizable para atrapar a las lombrices.

Para realizar el control del estado de las camas de Lombricultivo deberán utilizarse los siguientes materiales:

- Termómetro REOTEMP, de 0.5-0.6 m de tallo, para compost de jardín, con instrucciones de compostaje: para medir y monitorear la temperatura del suelo.

- ph-metro (PCE-PH20S): determina el valor de pH del suelo. Se preferirá un instrumento de alta precisión con un rango de detección entre 0,0 a 14,0 de pH.

Diseño propuesto de las camas de lombricultivo

El prototipo que proponemos para la implementación del área de lombricultivo tiene una dimensión por cama de 5 m de largo * 1 m de ancho * 0,50 m de altura (Figura 4); se pueden instalar hasta ocho camas (Figura 5) en el segundo nivel del sitio propuesto (huerto orgánico); allí se encuentra ya instalada una infraestructura básica cubierta con malla de invernadero y hasta diez camas en el cuarto nivel.

Cada individuo de la especie de lombriz a ser utilizada ingiere diariamente “una cantidad de comida equivalente a su propio peso, transformando el 60% de lo que consumen en humus; por tanto, cada cama necesitaría de aproximadamente 84 kg de residuos orgánicos diarios para producir unos 50,4 kg de humus diarios, es decir 1512 kg de humus mensuales” (López y Díaz, 2019); cabe recalcar que este valor de producción se lo obtiene al final del período de producción-cosecha del humus.

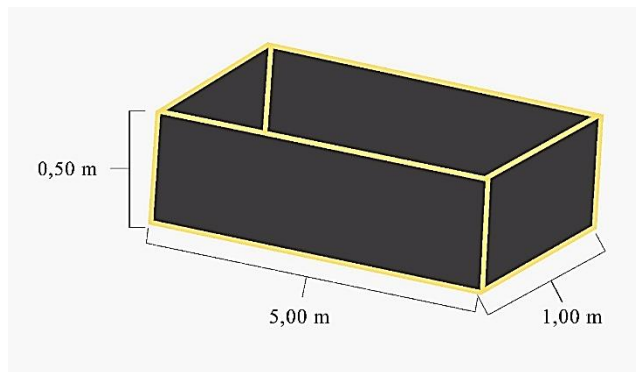


Figura 4. Forma y dimensiones de la cama propuesta de lombricultivo

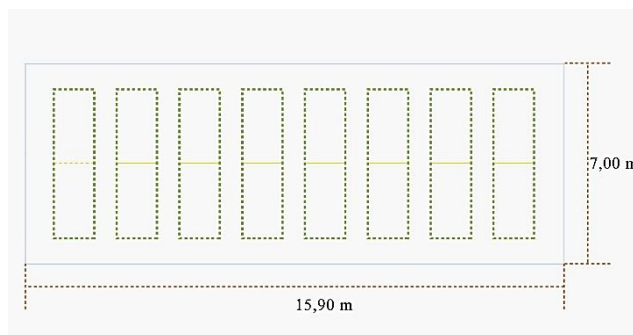


Figura 5. Número, dimensiones y ubicación referencial de las camas de lombricultivo.

Este período contiene las siguientes etapas: preparación, maduración, control y mantenimiento, curado, recolección (cosecha) y almacenado que se desarrolla en un lapso total aproximado de 16 semanas (García y Gutiérrez, 2021). Al finalizar la recolección, el humus sólido obtenido debe ser mantenido (almacenado) bajo cubierta, para que conserve su humedad y no pierda los microorganismos que lo componen.

En el presente prototipo se ha considerado la implementación de 18 camas de lombricultivo que se pueden implementar en la UIDE y además la cantidad de residuos orgánicos que se podrían tratar en cada cama. Así se llegó a estimar la cantidad de humus a producir, en condiciones ideales, de 105 kg/día/cama (disponible plenamente en la etapa de cosecha), que difiere de lo que obtienen López y Díaz (2019), quienes mencionan que se puede obtener unos 50,4 kg/día/cama, debido a que el diseño de sus camas es de menor tamaño.

Este valor de humus producido por cada cama (105 kg/día) multiplicado por las 18 camas propuestas para UIDE podrían generar una cantidad aproximada de 1890 kg/día de humus de lombriz maduro disponibles en el período de cosecha, estimación que fue reconfirmado por el experto local en temas agropecuarios Ing. Jhon Cueva del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (2022, com. pers.).

El humus maduro puede ser utilizado sin producir ningún impacto negativo hacia el ambiente; sin embargo, es recomendable que pase un tiempo de curado y un proceso de tamizado que permita reducir el tamaño del gránulo del humus, ajustándose a la norma NTE INEN 2022:2013 (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013) para fertilizantes y abonos.

El control, mantenimiento y cuidado del proceso de lombricultivo debe llevarse a cabo mediante la toma regular de datos de temperatura, humedad, pH, aireación, riego, luminosidad, relación C/N; por otra parte, se debe llevar el control de la cantidad de residuos orgánicos que se generan e ingresan a las camas, de esta manera se podrán obtener datos que se registrarán en listas de verificación, para posteriormente pasarlas a una base de datos digital que permita llevar un monitoreo continuo a cargo de las personas encargadas de su monitoreo y seguimiento.

Es importante gestionar jornadas de capacitaciones con las personas involucradas y el obrero (o los obreros) que va(n) a realizar el control y mantenimiento de las camas de lombricultivo, para la producción de humus sólido y líquido.

Los montos relacionados con la inversión para el establecimiento del presente prototipo propuesto de Lombricultivo pueden observarse de manera resumida en la Tabla 1 y de manera detallada en el Anexo 1.

Tabla 1. Presupuesto referencial considerando grandes líneas presupuestarias para la implementación de 18 camas de lombricultivo (en dólares estadounidenses)

No.	Ítem	Valor total (US\$)
1	Costos de materiales y herramientas	2871,95
2	Costos de implementación y mantenimiento	5292,54
3	Pago a Personal	3420,00
4	Total de la inversión	11584,49
5	Imprevistos 5%	579,22
	Total de la inversión (incluidos imprevistos)	12163,71

Consideraciones finales

La generación y uso de abonos y cultivos orgánicos permite a una institución acogerse a las buenas prácticas ambientales, a través de la agroecología; lo cual origina algunos factores beneficiosos relacionados con una producción más sostenible y la obtención de productos de mejor calidad; los cuales suelen ser más demandados en el mercado por ser más saludables y por el aporte al mejoramiento de la calidad ambiental (Ramírez, 2017).

Los centros educativos que dispongan de suficiente espacio podrían efectuar actividades de lombricultivo, resaltando su compromiso de cuidado ambiental y sumándose a actividades de desarrollo sostenible, como uno de los ejes principales de la enseñanza y aprendizaje de los estudiantes (Perero et al., 2019). Es por ello, que las autoridades de estos centros, al ser partícipes de este tipo de propuestas e implementarlas incrementarían el grado de confianza que la comunidad en general tendrán para con ellas.

Particularmente, en el caso de la UIDE, al formar parte de una red internacional de universidades sostenibles, al efectuar actividades de lombricultivo manejaría de mejor manera los residuos orgánicos generados dentro de su propio campus, detallados cualitativa y cuantitativamente en varios informes anuales (Jaramillo, 2018-2021), en los que se establece que tales residuos en la actualidad (sin un sistema de lombricultivo) son entregados a gestores ambientales autorizados; sin embargo, se desconoce su posterior tratamiento y gestión final.

Los espacios asociados al huerto orgánico de la UIDE cuentan con infraestructura tipo invernadero, utilizable para la colocación de las camas de lombricultivo, ya que genera un microambiente propicio para ello, facilitando la disminución del tiempo del ciclo productivo hasta la recolección del humus de lombriz. Por otra parte, en el mismo sitio se cuenta con infraestructura adecuada para el riego y almacenamiento de insumos, necesarios para las actividades que conllevan la generación de abonos orgánicos.

El aumento de la responsabilidad social y ambiental de la UIDE se alcanzaría estableciendo modelos de gestión, encaminados a prácticas sostenibles y educación ambiental dirigidos a la comunidad estudiantil y universitaria en general, relacionados con la producción de abonos orgánicos, implementación y mantenimiento de huertos y viveros orgánicos, mejoramiento y cuidado del suelo.

Igualmente, a través de la implementación de actividades de gestión de residuos, como la propuesta en el presente documento, se reconoce también la importancia de mantener acciones de cooperación entre la comunidad universitaria y la ciudadanía en general, a través de socializaciones y capacitaciones sobre la propuesta generada de producción de abonos orgánicos y los beneficios que estos conllevan, enfatizando en el aporte directo que se genera para una ciudad limpia y mejor cuidada.

Finalmente, cabe mencionar que:

El proceso de lombricultivo incluye la preparación del sistema y la posterior “cosecha” del humus de lombriz, en un ciclo productivo de aproximadamente cada 16 semanas, considerando los modelos de García y Gutiérrez (2020); eventualmente este tiempo podría aumentar un poco, considerando aspectos relacionados con el tipo de desecho orgánico utilizado, humedad, pH, altitud y temperatura del sistema.

Una vez que este sistema de lombricultivo sea implementado, debe ser mantenido por uno o dos obreros capacitados regularmente en la tarea y supervisados por un técnico o profesional del área ambiental de la institución.

Conclusiones

La implementación de una estación prototipo para la generación de humus con base en camas de lombricultivo en la institución de educación superior propuesta necesitaría de una inversión inicial para el primer año de funcionamiento del sistema de unos US\$ 12165, que incluiría materiales y equipos, así como el pago al personal para la construcción, adecuación y cuidado del sistema.

La implementación de un área de lombricultivo en la UIDE podría conllevar a que el producto obtenido (abono orgánico con base en el humus de lombriz) generaría más actividades colaterales como la de mantener las áreas verdes de la institución abonadas con un humus “hecho en casa”; asimismo, se podría gestionar la venta o la donación del exceso de humus producido a agricultores y horticultores cercanos, así como a los miembros de la comunidad universitaria interesados, generando autosuficiencia del sistema.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración de la Escuela de Gestión Ambiental de la Universidad Internacional del Ecuador (UIDE – Campus Matriz, Quito) y a las diferentes autoridades de esta universidad que han mostrado interés en el desarrollo de la presente propuesta para el tratamiento de desechos orgánicos que se generan de manera cotidiana en la universidad a través de actividades de lombricultivo.

Anexo 1. Presupuesto referencial de materiales, equipos y mano de obra para la implementación de 18 camas de lombricultivo durante el año 1, el valor está expresado en dólares estadounidenses

Costos de materiales y herramientas

Ítem	Estructura	/	Unidad	Cantidad	Valor/unitario	Valor total
Material	Materiales				(US\$)	(US\$)
1	Listones de madera (camas de lombricultivo ya elaboradas)	de	U	18	15,30	275,40
2	Pala		U	2	11,00	22,00
3	Pico		U	2	14,50	29,00
4	Barra		U	2	22,00	44,00
5	Tubos ecológicos de polietileno	Flex	M	134	2,70	361,80
6	Mallas de lona		m2	10	2,00	20,00
7	Cubierta Tile Residential (cuarto nivel)	Roof Panel Type	U	50 (cubiertas tipo tejas)	34,20	1710,00
8	Tanque botella de 500 litros	tipo	U	1	102,75	102,75
9	Llave manual de agua		U	1	7,00	7,00
10	Otros para tuberías, tornillos, tipo	(gomas para pegar tuberías, clavos, tuberías codos,	-	-	-	300,00

Costos de materiales y herramientas

Ítem	Estructura / Unidad	Cantidad	Valor/unitario (US\$)	Valor total (US\$)
Material	Materiales			
	cuerdas, herramientas manuales como taladro, martillo, entre otras)			
Subtotales			211,45	2871,95

Costos de implementación y mantenimiento

Ítem	Concepto	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1	Lombrices	U	450 (recipientes de 500 lombrices cada una)	10,00	4500,00
2	Guantes	U	4	2,76	11,04
3	Overol	U	3	11,05	33,15
4	Botas de caucho	U (par)	3	8,29	24,87
5	Costales	U	100	0,33	33,00
6	Pala	U	4	4,15	16,60
7	Tierra	Kg	500	0,83	415,00
8	Mangueras	U	2	8,19	16,38
9	Baldes	U	10	5,93	59,30
10	Canecas	U	10	3,62	36,20
11	Poli sombra (malla sarán)	m2	180	0,40	72,00

Costos de materiales y herramientas						
Ítem	Estructura	/ Unidad	Cantidad	Valor/unitario	Valor total	
Material	Materiales			(US\$)	(US\$)	
12	Termómetro REOTEMP, 20" de tallo, para compost de jardín	U	1	35,00	35,00	
13	Medidor de pH	U	2	20,00	40,00	
Subtotales				110,55	5292,54	
Pago a personal						
Ítem	Área técnica	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total	
1	1 Técnico Asesor	Días	5	47,00	235,00	
2	2 Operarios para la construcción al mando del Técnico	Días	2 (operarios)*5 (días)	30,50	305,00	
3	1 Obrero para el cuidado permanente del sistema	-	1 (obrero a Medio tiempo)	USD 240,00 * 12 meses	2880,00	
Subtotales				740,50	3420,00	
Total, de la inversión US\$				1062,50	11584,49	
Imprevistos (5% del total de la inversión)				53,13	579,22	
Total (incluido el 5% de imprevistos)				1115,63	12163,71	

Referencias

Alvarado, A., y Díaz, E. (2019). Diseño de un lombricultivo para el aprovechamiento de los residuos orgánicos de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas -

- Facultad Tecnológica. [Trabajo de Grado de Ingeniería de Producción, Universidad Distrital Francisco José de Caldas].
- Ángel, J. (2018, mayo 21). La Lombricultura o Vermicultura: Una Idea Rentable – TvAgro [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=fQn92aN0k8I>
- Avila, A., & Yáñez, P. (2020). Evaluación de la eficiencia del crecimiento del micelio de *Ganoderma lucidum* (Ganodermataceae), un hongo con alto potencial de uso textil en Ecuador, en tres sustratos orgánicos. *Ciencia Digital*, 4(3), 210-228.
- Barrueto, G. (2021). Plan de gestión integral para el tratamiento de residuos orgánicos domiciliarios en la unidad vecinal Señor de la Justifica Ferreñafe. [Tesis de Maestría en Gestión Pública, Universidad César Vallejo].
- Biocompost. (2020, febrero). Biocompost. <https://biocompost.net/>
- Cabrera, M., Montenegro, L., y Jiménez, A. (2022). Análisis de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de una Industria de Embutidos. *Revista Politécnica*, 49(2), 47-54.
- Carrera, N. (2020. diciembre 30). En 2020 EMASEO EP recogió alrededor de 713000 toneladas de residuos sólidos en el DMQ. EMASEO EP. <http://www.emaseo.gob.ec/en-2020-emaseo-ep-recogio-alrededor-de-713-000-toneladas-de-residuos-solidos-en-el-dmq/>
- Domínguez, J., y Gómez, M. (2010). Ciclos de Vida de las Lombrices de Tierra aptas para el Vermicompostaje. *Acta Zoológica Mexicana*, 26(2): 309-320.
- ESRI. (2022, marzo). Imagery and Remote Sensing Integrated with GIS.
- García, A., y Gutiérrez, I. (2021). Sistema de automatización para una lombricomposta. *Revista Electrónica sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 8 (15).
- Guanche, A. (2015). Las lombrices y la agricultura. AgroCabildo. https://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/agec_562_lombrices%20y%20la%20agricultura2.pdf

- Instituto Ecuatoriano de Normalización (2013). Norma Técnica Ecuatoriana, Fertilizantes o Abonos. Granulometría. NTE INEN 2022:2013. INEN. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2022-1.pdf>
- Jaramillo, A. (2018). Reporte de Declaración de Gestión de Desechos Peligrosos y/o Especiales en el Campus Matriz de la Universidad Internacional del Ecuador. UIDE.
- Jaramillo, A. (2019). Informe Completo sobre el Manejo de Residuos Peligrosos y No Peligrosos en el Campus Matriz de la Universidad Internacional del Ecuador durante 2018. UIDE.
- Jaramillo, A. (2020). Informe Completo sobre el Manejo de Residuos Peligrosos y No Peligrosos en el Campus Matriz de la Universidad Internacional del Ecuador durante 2019. UIDE.
- Jaramillo, A. (2021). Informe Completo sobre el Manejo de Residuos Peligrosos/Especiales y No Peligrosos en el Campus Matriz de la Universidad Internacional del Ecuador durante 2020. UIDE.
- López, A., y Díaz, E. (2019). Diseño de un lombricultivo para el aprovechamiento de los residuos orgánicos de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Facultad Tecnológica. [Trabajo de Grado en Ingeniería de Producción, Universidad Distrital Francisco José de Caldas].
- Martillo Alchundia, I., Alvarado Zabala, J., y Yance Carvajal, C. (2018). Alternativas ambientales para el tratamiento de los desechos tecnológicos. Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales, número de noviembre de 2018
- Molina-Santos, M., Terneus-Jácome, E., Yáñez-Moretta, P., & Cueva-Sánchez, M. (2018). Resiliencia de la comunidad fitoplanctónica en la laguna andina de Papallacta y sus afluentes, ocho años después de un derrame petrolero. La Granja. Revista de Ciencias de la Vida, 28(2), 67- 83.
- Mona, D., y Vivas, A. (2019). Producción de abono a partir del uso de diferentes dietas de procedencia orgánica para el proceso de vermicompostaje y compostaje, en la Universidad Autónoma de Occidente, Cali - Valle del Cauca. [Trabajo de Grado de Administración Ambiental, Universidad Autónoma de Occidente].

- Moncayo, M. (2017). Desarrollo de un sistema producto/servicio enfocado en la reutilización de residuos orgánicos urbanos, caso de estudio barrio La Floresta para el proyecto Agrupar. [Trabajo de Grado en Diseño Gráfico e Industrial, Universidad de Las Américas].
- Mora, E. (2021, febrero). Ecuaplastic - Ecosolutions. <https://www.ecuaplastic.com>
- Morán, D., y Naranjo G. (2013). Elaboración de abono orgánico como resultado de una adecuada gestión ambiental de los residuos generados en la planta productora y procesadora de aves y cerdos de Avícola Fernández SA. [Tesis de Maestría en Sistemas Integrados de Gestión, Universidad Politécnica Salesiana].
- Pacheco-Peña, D., Lema-Quinga, L., & Yáñez-Moreta, P. (2023). Cogestión del agua entre actores públicos y comunitarios como herramienta de adaptación al cambio climático global: el caso de la Comuna Santa Clara de San Millán, DM Quito. La Granja. *Revista de Ciencias de la Vida*, 37(1), 44-57.
- Perero, G., Diaz, J., y Litardo, C., (2019). Contribución a la gestión ambiental sostenible de la Universidad en Ecuador. *Revista Cubana de Ingeniería*, 10 (1), 42-50.
- Ramírez, M. (2017). Análisis de factibilidad de producción de abono orgánico. [Tesis de Maestría en Economía, Universidad de Guayaquil]. Repositorio institucional. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/21822/1/TT%20RAMIREZ%20C%20M%20R.pdf>
- Teleamazonas. (2021, abril). 225 familias participan en el proyecto Biocompost. <https://www.teleamazonas.com/225-familias-participan-en-el-proyecto-biocompost/>
- Terneus, E., Ponce, F., y Marcillo, A. (2018). Experiencias agroecológicas para el mejoramiento de suelos en el huerto orgánico de la UIDE, campus matriz. *Espíritu Emprendedor TES*, 2(2), 1-12.
- Terneus-Jácome, E., & Yáñez, P. (2018). Principios fundamentales en torno a la calidad del agua, el uso de bioindicadores acuáticos y la restauración ecológica fluvial en Ecuador. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 27(1), 36-50.

- Tigselema, I., Villarreal-Vera, K., y Yáñez-Moretta, P. (2019). El manejo de residuos dentro del contexto de turismo sostenible en empresas de alojamiento de Puerto Quito, Ecuador. *Turismo, Desarrollo y Buen Vivir. Revista de Investigación de la Ciencia Turística-RICIT*, 13, 62-75.
- Travez, J. J., y Yáñez, P. (2017). Diversidad y abundancia de avifauna en el campus de la UIDE y el Parque Metropolitano Guanguiltagua, Distrito Metropolitano de Quito, recomendaciones para su conservación. *Boletín Técnico, Serie Zoológica*, 13 (12-13), 53-69.
- Universidad Internacional del Ecuador. (2018). *ISCN-GULF Sustainable Campus Charter Report 2018*. UIDE.
- Vente, J. (2018). Implementación del programa de aprovechamiento de residuos sólidos por medio de la lombricultura en la vereda Los Llanos en la ciudad de Popayán (Cauca). [Trabajo de Grado en Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Corporación Universitaria Autónoma del Cauca].
- Vergara, L. (2019). Oportunidad de exportación para el abono y lixiviado de lombriz roja elaborado en la Avícola La Esperanza. [Trabajo de Grado en Negocios Internacionales, Universitaria Agustiniana].
- Yáñez, P. (2016). Las áreas naturales protegidas del Ecuador: características y problemática general. *Qualitas*, 11, 41-55.
- Yáñez-Moretta, P., & Rea-Vaca, F. (2022). Sistemas Integrados de Gestión en un contexto de responsabilidad social. *Polo del conocimiento*, 7(1), 311-326.
- Yáñez-Moretta, P., Pacheco-Peña, D., & Lema, L. (2022). Cogestión del agua a nivel comunitario en zonas andinas de Ecuador en un contexto de adaptación al Cambio Climático. *Polo del Conocimiento*, 7(10), 1051-1061.