

EL VERMICOMPOSTAJE UNA ALTERNATIVA PARA POTENCIAR LA AGRICULTURA URBANA

Vermicomposting as an alternative to boost urban agricultura

Medardo Wilfredo Blanco Villacorta¹

RESUMEN


El consumo de recursos naturales está en constante crecimiento a medida que aumenta la población humana, esto se traduce en el aumento desmedido en la generación de residuos sólidos urbanos. El vermicompostaje es un proceso ecotecnológico de bajo costo que permite la bio-oxidación, degradación y estabilización de residuos orgánicos. El reciclaje de desechos orgánicos para producir vermicompost puede beneficiar tanto a los consumidores como al medio ambiente, allanando así el camino hacia una agricultura más sostenible para el futuro. El objetivo de este trabajo fue revisar aspectos generales del vermicompostaje con el fin de usar esta técnica en el tratamiento de residuos sólidos de origen orgánico para potenciar la agricultura urbana desde una revisión de trabajos referidos a la temática. Se realizó una revisión de 99 trabajos publicados entre los años 2000 y 2022. Los cuales fueron recuperados desde Google Académico. Se usaron las palabras clave: urban agriculture, vermicomposting, earthworm humus, vermiculture. El vermicompostaje es una técnica mediante la cual las lombrices se alimentan de los residuos sólidos orgánicos y luego o transforman en vermicompost, se destaca la participación de la lombriz en este proceso a diferencia de un proceso normal de compostaje. Por lo tanto, esta técnica podría ser adecuada para reciclar los residuos sólidos de origen orgánico en las ciudades, además se puede contar con el vermicompost o humus de lombriz que es producto de este proceso que garantiza la sostenibilidad de la agricultura urbana.

Palabras clave: urbana, vermicompostaje, Humus de lombriz, lombricultura.

ABSTRACT

The consumption of natural resources is constantly growing as the human population increases, which translates into a disproportionate increase in the generation of urban solid waste. Vermicomposting is a low-cost ecotechnological process that allows the bio-oxidation, degradation and stabilization of organic waste. Recycling organic waste to produce vermicompost can benefit both consumers and the environment, thus paving the way towards a more sustainable agriculture for the future. The objective of this work was to review general aspects of vermicomposting in order to use this technique in the treatment of organic solid wastes to enhance urban agriculture from a review of works on the subject. A review of 99 papers published between 2000 and 2022 was carried out. These were retrieved from Google Scholar. The keywords used were: urban agriculture, vermicomposting, earthworm humus, vermiculture. Vermicomposting is a technique by which earthworms feed on organic solid waste and then transform it into vermicompost, highlighting the participation of the earthworm in this process as opposed to a normal composting process. Therefore, this technique could be adequate to recycle solid waste of organic origin in cities, in addition to the vermicompost or worm humus that is a product of this process that guarantees the sustainability of urban agriculture.

Keywords: urban, vermicomposting, worm castings, vermiculture.

¹  Docente Investigador, Estación Experimental Patacamaya, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9266-9972>. mwblanco1@umsa.bo

INTRODUCCIÓN

El consumo de recursos naturales y la generación de desechos continúan aumentando a medida que aumenta la población humana (Maisarah et al., 2022). La creciente urbanización del mundo, el acelerado proceso de industrialización y la modificación de los patrones de consumo de la población, son los factores principales a los que se atribuye el aumento desmedido en la generación de residuos sólidos urbanos. La problemática vigente en este tema tiene que ver con su tratamiento y disposición final. La gestión de residuos involucra un gran número de actores, con diferentes intereses, es un tema de múltiples dimensiones (Abarca-Guerrero et al., 2015).

El manejo de los residuos sólidos urbanos es inadecuado, destinándose pocos recursos para esta actividad lo cual involucra recolección, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de los residuos (Sáez y Urdaneta, 2014).

Según los datos del último censo de población y vivienda 2012, la ciudad de El Alto ocupa el segundo lugar con mayor población después de Santa Cruz. La situación del manejo de residuos sólidos urbanos tiende a agravarse al no tener un espacio consensuado para su tratamiento y disposición final. A nivel nacional, la distribución en la generación de residuos sólidos urbanos (Instituto Nacional de Estadística, 2018), se presenta en la [Tabla 1](#).

Tabla 1. Recolección de residuos sólidos por ciudades capitales gestión 2019.

Ciudad	Residuos sólidos urbanos (toneladas)
Santa Cruz	672 341
El Alto	254 780
La Paz	230 674
Cochabamba	199 123
Oruro	64 781
Tarija	64 317
Potosí	43 460
Trinidad	30 642
Sucre	22 461
Cobija	18 359
Nacional	1 600 938

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2018).

Como se puede observar en la Tabla 1, la ciudad de El Alto también ocupa el segundo lugar a nivel nacional en cuanto a la producción de residuos sólidos urbanos, lo cual requiere una reflexión y una planificación inmediata para su manejo integral con el propósito de evitar un problema mayor para la población y el medio ambiente. Los residuos sólidos, son desechos que se producen día a día, los cuales se caracterizan por presentarse en estado sólido no biodegradable, atributo que los diferencia de los desechos líquidos y gaseosos (Sosa, 2022). La Ley 755 establece la política general y el régimen jurídico

de la Gestión Integral de Residuos en Bolivia, prioriza la prevención para la reducir la generación de residuos, su aprovechamiento y disposición final sanitaria y ambientalmente segura, en el marco de los derechos de la Madre Tierra, así como el derecho a la salud y a vivir en un ambiente sano y equilibrado (Rodríguez, 2019). El análisis de la composición de los residuos sólidos urbanos es muy importante para realizar una planificación de reciclaje, se muestra un diagnóstico de la gestión de residuos sólidos en el departamento de La Paz (MMAyA, 2011), a continuación se presenta en la [Tabla 2](#):

Tabla 2. Recolección de residuos sólidos por ciudades capitales gestión 2019.

Municipio	Categoría poblacional	Materia orgánica (%)	Plásticos (%)	Papel y cartón (%)	Metales (%)	Vidrio (%)	Otros (%)	Total (%)
Achacachi	Menor	17.20	8.30	4.30	8.90	2.50	58.80	100
Caranavi	Intermedio	78.00	4.00	3.00	1.00	3.00	11.00	100
Chulumani	Menor	43.70	8.40	12.10	5.60	5.00	25.20	100
Copacabana	Menor	11.90	11.60	5.40	1.90	1.80	67.40	100
Coripata	Menor	61.45	9.13	1.78	0.41	1.78	25.45	100
Coroico	Menor	49.10	13.00	11.00	4.50	6.00	16.40	100
El Alto	Mayor	67.40	9.80	5.50	1.80	1.90	13.60	100
Irupana	Menor	37.30	16.50	11.40	2.20	4.60	28.00	100
La Paz	Capital	47.30	15.20	12.80	1.40	2.60	20.70	100
Sorata	Menor	62.66	8.33	0.55	1.72	1.25	25.49	100
Tiawanacu	Menor	14.30	9.20	5.10	1.60	1.60	68.20	100
Viacha	Intermedio	36.30	5.80	4.70	3.20	0.40	49.60	100
Batallas	Menor	50.80	17.10	2.60	2.40	0.02	25.00	100
Patacamaya	Menor	54.98	13.81	4.41	1.20	1.07	24.53	100
Pucarani	Menor	41.75	11.06	3.85	0.58	3.50	39.26	100

Fuente: MMAyA (2011).

De acuerdo a la información de la [Tabla 2](#), la ciudad de El Alto presenta un 67 % de los residuos sólidos de origen orgánico, el cual se constituye en un potencial para su reciclado en forma de abonos orgánicos mediante tecnologías ecológicas como el compostaje y vermicompostaje. Uno de los principales problemas para el desarrollo de la agricultura urbana es la disponibilidad de insumos para la producción como los abonos o nutrientes para las plantas; “El aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos en la producción de abonos orgánicos cumplirían básicamente con dos funciones: suministrar nutrientes para los cultivos, vía mineralización y mantener el pool orgánico del suelo, vía humificación” (Ramos, 2005).

El vermicompostaje, es una práctica poco empleada en nuestro medio, es un proceso ecotecnológico de bajo costo que permite la bio-oxidación, degradación y estabilización de residuos orgánicos (Villegas y Laines, 2017). El humus de lombriz o vermicompost tiene el potencial de ser utilizado en una variedad de formas en la economía circular, incluso para la sostenibilidad agrícola, la gestión de residuos, la remediación de contaminantes, la producción de biogás y la producción de alimentos. El reciclaje de desechos orgánicos para producir vermicompost puede beneficiar tanto a los consumidores como al medio ambiente, allanando así el camino hacia una agricultura más sostenible para el futuro (Maisarah et al., 2022).

Por lo tanto, el principal objetivo de este trabajo fue revisar aspectos generales del vermicompostaje con el fin de usar esta técnica en el tratamiento de residuos sólidos de origen orgánico para potenciar la

agricultura urbana desde una revisión exhaustiva de trabajos científicos referidos a la temática.

MÉTODOS

Se realizó una revisión exhaustiva de 99 documentos referidos a vermicompost publicados entre 2000 y 2022. De los cuales 50 presentaron trabajos realizados en vermicompostaje, 30 aportaron información referente a definiciones de agricultura urbana, las 19 citas restantes, incluyeron experiencias de reciclaje de residuos sólidos en otros países. La búsqueda incluyó tanto trabajos experimentales como de revisión, los cuales fueron recuperados desde google académico. Las consultas se hicieron de marzo a octubre de 2022. Para las búsquedas se usaron las palabras clave: Urban agriculture, vermicomposting, earthworm humus, vermiculture. También se incluyeron trabajos en español, como datos estadísticos e información referida experiencias en reciclaje de residuos sólidos. Se ha incluyeron artículos publicados en inglés y español, se revisaron los abstracts y en los casos necesarios los artículos completos, teniéndose en cuenta finalmente todos los artículos que incluían aspectos referidos a las palabras clave eliminándose el resto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para cumplir con el objetivo, la información revisada fue estructurada en tres apartados: 1) se resumen los conceptos y características generales del vermicompostaje; 2) se desarrolla los conceptos de agricultura urbana, los aportes para la sostenibilidad ambiental de las ciudades y 3) se expone las experiencias de reciclaje de residuos sólidos de origen

orgánico con diferentes técnicas entre ellas el vermicompostaje.

Vermicompostaje

La mayoría de los autores (Tabla 3) coincide en señalar que el vermicompostaje es una técnica mediante el cual las lombrices se alimentan de los residuos sólidos orgánicos y luego o transforman en

humus o vermicompost, se puede destacar la participación de la lombriz en este proceso lo cual se diferencia de un proceso normal de compostaje, donde solo actúan microorganismos descomponedores de materia orgánica. Por lo tanto, esta técnica sería adecuada para reciclar los residuos sólidos de origen orgánico en las ciudades, además se puede contar con el humus de lombriz que es productos de este proceso de conversión.

Tabla 3. Principales conceptos de vermicompostaje.

Nº	Concepto
1	Técnica también conocida como lombricompostaje, es el proceso mediante el cual las lombrices de tierra convierten los materiales de desechos orgánicos (vegetales o animales) en humus también denominado lombricompost, como sustancias ricas en nutrientes para las plantas (Fernando y Arunakumara, 2021).
2	Es la utilización de las lombrices como agentes biológicos en el proceso de biotransformación de los residuos orgánicos biodegradables de origen vegetal y animal con fines prácticos y a gran escala para la obtención de bio-fertilizante y como fuente proteína (Carita et al., 2021)
3	Se basa en la estabilidad de la materia orgánica, mediada por la digestión de las lombrices y microorganismos, dando como resultado un producto final estable, homogéneo y de grano fino llamado compost de lombriz (Valdivia, 2021).
4	Proceso que actúa como controlador de fuentes vitales del suelo, donde las lombrices consumen materiales alimenticios complejos y los convierten en sus formas simples disponibles para que las plantas puedan utilizar de manera eficiente (Dhakane y Shinde, 2020).
5	Es una herramienta eficiente para gestionar la utilización de residuos orgánicos (Biswas y Narayanasamy, 2006).
6	Técnica mediante la cual aumenta la disponibilidad de nutrientes, incluido el fósforo, desde una descomposición de los sustratos orgánicos conduce a la producción de varios ácidos orgánicos, como los ácidos malónico, fumárico y succínico (Adhami et al., 2014).
7	Se considera una tecnología que puede ser beneficiosa tanto para la salud del suelo como para la productividad de los cultivos (Pierre-Louis et al., 2021).
8	Es un proceso que implica la combinación de microorganismos y lombrices de tierra, para la transformación de desechos orgánicos en humus o lombricompost (Singh et al., 2011).
9	Proceso mediante el cual los desechos orgánicos ingeridos por la lombriz de tierra se descomponen físicamente en la molleja y luego se exponen a diferentes enzimas, como quitinasa, celulosa, lipasa, amilasa proteasa, etc., secretadas en el lumen por la pared intestinal y los microbios asociados. Convirtiendo los mismos en un producto denominado humus o vermicompost (Aslam y Ahmad, 2021).
10	Es el proceso de descomposición directa e indirecta de la materia orgánica por parte de las lombrices. La forma directa ocurre cuando las lombrices utilizan la materia orgánica como alimento. La forma indirecta ocurre cuando estas excretan lo que ingieren, provocando una estimulación en la microflora del suelo y generando un hábitat propicio para los microorganismos descomponedores (Bórquez, 2022)

La práctica del vermicompostaje podría reducir la demanda de fertilizantes químicos y sus efectos adversos sobre el suelo y otros recursos naturales y

reducir la cantidad de desechos orgánicos que en muchos casos es un problema ambiental, principalmente en las grandes ciudades (Tabla 4).

Tabla 4. Proceso del vermicompostaje.

Nº	Proceso de vermicompostaje
1	El vermicompostaje es un proceso no termofílico que utiliza el sistema digestivo de las lombrices de tierra para transformar los desechos orgánicos en humus. (Theunissen et al., 2010).
2	La transformación de la materia orgánica en mineral se da gracias a procesos físicos y bioquímicos. Entre los procesos físicos destacan la fragmentación, el recambio y la aireación, mientras que entre los procesos bioquímicos se produce la digestión enzimática, el enriquecimiento con nitrógeno y la transformación de materiales orgánicos en inorgánicos (Graefe y Tischer, 2011).
3	Los nutrientes como el nitrógeno, el potasio, el fósforo y el calcio presentes en los desechos orgánicos se convierten en formas inorgánicas solubles para las plantas (Ndegwa y Thompson, 2001).

- 4 Las lombrices actúan en forma simbiótica con microorganismos de suelo principalmente descomponedores de materia orgánica y producen un material inorgánico rico en nutrientes con una alta carga microbiana (Pierre-Louis et al., 2021).
- 5 Se aprovechan las capacidades detritívoras de las lombrices, así como la acción de sus enzimas digestivas y la microflora aeróbica y anaeróbica presente en su intestino, lo que permite la biodegradación de los desechos orgánicos a productos inorgánicos disponibles (Riascos-Vallejos et al., 2022).
- 6 En el proceso de descomposición de materia orgánica aumentan las actividades enzimáticas, como la amilasa, la lipasa, la celulosa, la quitinasa, la ureasa, la deshidrogenasa y la fosfatasa, y las poblaciones microbianas (Parthasarathy y Narayanan, 2014).
- 7 Inicia en la inoculación de las lombrices en el residuo, la alimentación y la posterior retirada. Su duración va a depender del tipo de residuo, densidad de las lombrices, especie que se utiliza, etc. (Bórquez, 2022).
- 8 Es un proceso mesófilo para estabilizar la materia orgánica mediante la acción conjunta de microorganismos y lombrices en condiciones aeróbicas (Xavier et al., 2022).
- 9 Durante el proceso, un sustrato se expone a las bacterias y enzimas presentes en el intestino de las lombrices de tierra, que proporcionan la textura y propiedad únicas del vermicompost, haciéndolo superior a otros compost (Makkar et al., 2022).
- 10 La eficiencia del proceso de vermicompostaje disminuye al disminuir la temperatura, la temperatura recomendada está entre 12 y 28 °C (Voicu et al., 2022).

La mayoría de los autores (Tabla 5) coinciden en señalar que se requiere de lombrices especializadas para realizar el proceso del vermicompostaje de manera eficiente, para lo cual se identificaron al

menos 10 especies de lombrices especializadas. En nuestro medio se utiliza potencialmente la especie *Eisenia fetida*.

Tabla 5. Principales especies de lombrices de tierra utilizadas en el vermicompostaje.

Nº	Especies de lombrices
1	Se tiene identificada cerca de 3000 especies de lombrices de tierra a nivel global. Solo algunas de ellas son utilizados para practicar la lombricultura o vermicompostaje (Yeong et al., 2014).
2	Las lombrices denominadas “epigeas” por su características de habitar en la superficie del suelo, son las más adecuadas (Devkota et al., 2014).
3	Los factores más importantes para la selección de lombrices tiene que ver con sus altas tasas de reproducción, resistencia y convivencia en comunidad, capacidad de colonizar y transformar grandes cantidades de desechos orgánicos, obteniéndose un producto denominado humus, que favorece las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Debnath y Chaudhuri, 2020).
4	Se identificó seis especies de lombrices potenciales para el el vermicompostaje, entre ellas: <i>Eisenia andrei</i> , <i>Eisenia fetida</i> (antiguamente denominada foetida), <i>Dendrobaena veneta</i> , <i>Polypheretima elongate</i> , <i>Perionyx excavates</i> y <i>Eudrilus eugeniae</i> (Sharma et al., 2005).
5	Sugieren que las especies <i>Perionyx sansibaricus</i> , <i>Pontoscolex corethrurus</i> , <i>Megascolex chilensis</i> tienen características óptimas para el vermicompostaje (Padmavathiamma et al., 2008).
6	Se recomienda utilizar las especies <i>Eisenia fetida</i> y <i>Eudrilus eugeniae</i> , porque ambas son epigeas (Bansal y Kapoor, 2000).
7	También se destaca el uso de las especies: <i>Lumbricus rubellus</i> , <i>Perionyx san sibaricus</i> , <i>Perionyx excavatus</i> , <i>Eisenia andreii</i> (Alshehrei y Ameen, 2021).
8	Se utilizaron las siguientes especies de lombrices para el tratamiento de lodos de depuradoras: <i>Eisenia fetida</i> , <i>Eisenia andrei</i> , <i>Eudrilus eugeniae</i> y <i>Perionyx excavatus</i> (Voicu et al., 2022).
9	Existe un elevado número de especies de lombrices de tierra, pero para el vermicompostaje, para que sean adecuadas para el proceso estas deben tener una buena capacidad de colonización, una alta tasa de consumo, digestión y asimilación de materia orgánica, alta tolerancia y resistencia, ciclos de vida cortos y una alta tasa reproductiva. Por esto, actualmente sólo existen cinco especies que habitualmente se usan para el vermicompostaje: <i>Eisenia andrei</i> , <i>Eisenia foetida</i> , <i>Dendrobaena veneta</i> , <i>Perionyx excavatus</i> y <i>Eudrilus eugeniae</i> (Bórquez, 2022).
10	Se utilizaron lombrices de tierra de la especie <i>Eisenia fetida</i> para el tratamiento de un suelo contaminado y no contaminado, y se proporcionó excremento de vaca como alimento (Cui et al., 2023)

Es importante conocer las propiedades del producto denominado humus de lombriz o vermicompost, ya que un mal manejo al momento de realizar la cosecha o en el proceso de almacenamiento puede provocar la pérdida de sus propiedades físicas químicas y biológicas. Se aplica al suelo en forma sólida, pero

también se puede aplicar en forma líquida a las plantas previo un acondicionamiento para su uso. Existen muchas formas de uso que se muestran en investigaciones principalmente en la producción de hortalizas (Tabla 6).

Tabla 6. Principales características del humus o vermicompost.

Nº	Características del humus o vermicompost
1	Este producto, se caracteriza por ser un material fino, enriquecido con una gran cantidad de microorganismos benéficos para el suelo, libre de patógenos y son las excretas de la lombriz (Hemalatha, 2014).
2	Una vez terminado el proceso del vermicompostaje, se cosecha el material y se encuentra en forma granular, el cual se aplica al suelo constituyéndose en una enmienda para mejorar sus características (Ansari y Sukhraj, 2010).
3	Además de contener microorganismos contiene ácido húmico, por lo cual se considera un biofertilizante sostenible y ecológico (Joshi et al., 2015).
4	Es un insumo importante para la horticultura. Después de su cosecha se debe almacenar en bolsas plásticas manteniéndose la humedad entre 32 y el 66%, importante para conservar sus propiedades biológicas (Adhikary, 2012).
5	La adición al suelo favorece la propiedades físicas del suelo como la aireación y el drenaje (Chaudhary et al., 2015).
6	Cuanto mayores sean las fuentes de materia orgánica inicial mejores serán los valores nutritivos del humus (Tognetti et al., 2005).
7	Las concentraciones de nutrientes en el Humus de lombriz, mejoran al combinarse materia orgánica de origen animal y vegetal (Pramanik et al., 2007).
8	Los vermicomposts producidos en el tratamiento de lodos cumplen con los límites de los estándares de calidad de compost de la Unión Europea (UE), siendo aptos para uso agrícola (Voicu et al., 2022).
9	El tiempo de vermicompostaje tiene un papel en la modificación de las propiedades químicas, físicas y biológicas del vermicompost. Debido a la alta actividad de lombrices y microorganismos al inicio del vermicompostaje, en 30 días ya es posible utilizar este abono orgánico en la agricultura. Sin embargo, las mayores transformaciones físico-químicas de la vermicomposta y el aumento de la población de lombrices ocurren de los 45 a los 120 días (Ferraz et al., 2022).
10	El vermicompost es rico en nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, que se vuelven más fácilmente disponibles para el crecimiento de las plantas (Ragoobur et al., 2022).

El uso del humus de lombriz en la producción de diferentes cultivos ya fue probado y se puede sostener que evidentemente mejora la producción y se constituye en un producto ecológico que se puede

obtener desde la transformación de residuos sólidos, constituyéndose una alternativa que favorece la conservación del medio ambiente y un importante aporte para la producción agrícola (Tabla 7).

Tabla 7. Principales usos y beneficios del humus o vermicompost.

Nº	Usos y beneficios del humus o vermicompost
1	Aporta al suelo importantes cantidades de macro y micronutrientes, actúa como regulador de crecimiento, mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Pierre-Louis et al., 2021).
2	Aporta al suelo entre 2 a 3 % de nitrógeno, 1.55 a 2.25 % de fósforo y 1.85 a 2.25 % de potasio, además de micronutrientes necesarios para la nutrición de las plantas. Además, aporta microorganismos benéficos como bacterias fijadoras de nitrógeno, micorrizas, bacterias solubilizadoras de fosfato y actinomicetos, mejorando propiedades químicas y biológicas del suelo (Adhikary, 2012).
3	Mejora el aprovechamiento de la humedad de suelo, facilitando el transporte de nutrientes solubles disponibles y aprovechables por las plantas, mejorando la producción y rendimiento (Cervantes-Vázquez et al., 2022).
4	Estimula la actividad de la enzima nitrogenasa, que favorece la mineralización y la disponibilidad de nitrógeno, esta acción induce la disponibilidad y absorción de fósforo y aumenta la disponibilidad de otros nutrientes como potasio soluble, nitratos, calcio y magnesio (Ansari y Sukhraj, 2010).
5	Al mejorarse las condiciones físicas del suelo, por la aplicación de humus, se aumenta la disponibilidad de nitrógeno principalmente en forma de nitrato en relación con el amonio, formas solubles para las plantas (Chatterjee et al., 2021).
6	Es un insumo importante en sistemas de producción de invernaderos a gran escala. Donde se producen frutas y verduras, el uso de este producto mejora los rendimientos de los cultivos (Edwards et al., 2010).
7	Puede implementarse como sustituto de los fertilizantes químicos. Su aplicación permite cultivar productos biológicos reduciendo gastos económicos y contaminación de los cuerpos de agua (Ferronato et al., 2020).
8	Una tonelada de vermicompost (biohumus) contiene 35–40 kg de NPK (nitrógeno, fósforo, potasio), un fertilizante orgánico de calidad (Voicu et al., 2022).
9	El vermicompost tiene el potencial de impactar positivamente a la mayoría de las especies de plantas y puede ser una alternativa orgánica confiable a los fertilizantes (Makkar et al., 2022).
10	Se convierte en una estrategia sostenible y se destaca los beneficios sobre la seguridad alimentaria, mejora el rendimiento y la calidad agrícola, así también aumenta la calidad nutricional de los cultivos (Maisarah et al., 2022).

Agricultura urbana y sostenibilidad ambiental de las ciudades

La mayoría de los autores sostienen que la agricultura urbana es una herramienta que promueve actividades

de producción dentro y en la periferia de las ciudades, cuyo efecto es el aporte a la seguridad alimentaria y la educación alimentaria nutricional, es un concepto poco desarrollado. Sin embargo, cada vez más se da la importancia necesaria para su desarrollo ([Tabla 8](#)).

Tabla 8. Principales definiciones de agricultura urbana.

Nº	Definición de agricultura urbana
1	comprende actividades de la producción agropecuaria, su procesamiento y comercialización, realizado en entornos urbanos y periurbanos, tiene como beneficios; ahorro energético, provisión de servicios eco sistémicos, estructuración del paisaje, preservación de tejido denso de unidades productivas y áreas verdes, encuadre de procesos de urbanización, mejora de acceso y disponibilidad de productos frescos en áreas urbanas y estructuración de ese territorio (Feito et al., 2019).
2	Es una herramienta multifuncional para mejorar la vida urbana y brindar seguridad alimentaria a comunidades resilientes (Salomon y Cavagnaro, 2022)
3	Es una actividad que optimiza la producción de alimentos (minimiza el mantenimiento – recursos y maximiza la producción), mediante innovaciones tecnológicas como: agricultura de interior, teledetección, agricultura vertical, agricultura hidropónica, aeropónica, acuapónica y sin suelo, agricultura de precisión y otras tecnologías novedosas (Armanda et al., 2019).
4	En países en desarrollo, es altamente complementaria a la producción rural y la mayor parte de la producción urbana es para el autoconsumo (Zezza y Tasciotti, 2010);
5	Se práctica con fines de subsistencia más que con fines comerciales (Poulsen et al., 2015).
6	En países desarrollados, el crecimiento de la producción urbana estuvo influenciado por conflictos bélicos, problemas económicos, políticas gubernamentales y riesgos ambientales urbanos (Mok et al., 2014).
7	Persigue objetivos más sociales que de subsistencia (Rogus y Dimitri, 2015).
8	Es una alternativa viable para garantizar la seguridad alimentaria vegetal, dadas las actuales situaciones catastróficas que se vienen experimentando en el mundo (Burbano-Criollo et al., 2022).
9	Tiene el objetivo de incrementar la calidad de vida y la salud alimentaria de las personas (Chanchí-Golondrino et al., 2022).
10	Es un concepto multidimensional que con un amplio espectro de perspectivas con respecto al desarrollo local sostenible. Una huerta comunitaria dentro de un barrio brinda un espacio de convivencia e interacción social que aporta a la seguridad alimentaria en la región (Biazoti y Sorrentino, 2022).

Los autores coinciden en señalar que la agricultura urbana, como actividad productiva, contribuye a la sostenibilidad en entornos urbanos, tanto en la dimensión económica, social y ambiental. Persigue diferentes objetivos dependiendo del desarrollo económico de los países. La formación de áreas verdes, el desarrollo de huertos urbanos, el uso de

energía renovable, la disminución del transporte de alimentos desde lugares alejados y el reciclaje de residuos sólidos de origen orgánico en abonos orgánicos, son algunas de las actividades que garantizan una sostenibilidad ambiental dentro las ciudades ([Tabla 9](#)).

Tabla 9. Principales aportes de la agricultura urbana para la sostenibilidad social y ambiental de la ciudad.

Nº	Aportes a la sostenibilidad social y ambiental
1	La definición de ciudad sostenible cobró protagonismo desde la declaración del objetivo de desarrollo sostenible ODS 11, que propone “ <i>hacer que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles</i> ” (Azunre et al., 2019).
2	Se trata de un concepto normativo que invita a que la población debe actuar en favor de la naturaleza, con responsabilidad entre sí y con las generaciones futuras (Yigitcanlar y Dizdaroglu, 2015).
3	Significa lograr un equilibrio entre el desarrollo económico y la protección del medio ambiente, tomando en cuenta la equidad en los ingresos, el empleo, la vivienda, los servicios básicos, la infraestructura social y el transporte en las ciudades (Hiremath et al., 2013).
4	Se relaciona con un concepto de ciudad compacta, donde la urbe debe ser energéticamente eficiente y menos contaminante, debido a las actividades de los ciudadanos (Neuman, 2014).
5	El objetivo que debe perseguir el desarrollo urbano debe enmarcarse en la formación de ciudades con ecosistemas saludables y sostenibles (Jovanović, 2008).

- 6 La OMS define una ciudad saludable como “aquella que está desarrollando continuamente esas políticas públicas y creando esos entornos físicos y sociales que permiten a su gente apoyarse mutuamente para llevar a cabo todas las funciones de la vida y alcanzar su máximo potencial” (Yan et al., 2021).
- 7 Debe ser entendido en términos de proceso y no de resultado, cualquier ciudad puede ser saludable si se compromete con la salud (Salas-Zapata et al., 2015).
- 8 Refleja una creciente conexión entre las políticas urbanas y de salud (Kenzer, 2000).
- 9 El concepto integra la planificación de la salud con el desarrollo urbano sostenible y el medio ambiente (Barton y Grant, 2013).
- 10 Las ciudades saludables promueven huertos comunitarios, mediante el uso de tierras públicas, mejorando el acceso a productos agrícolas, logrando elevar la conciencia ciudadana sobre salud pública (Twiss et al., 2003).
- 11 Se debe mejorar la planificación urbana y de transporte, centrando intervenciones, políticas y acciones importantes para mejorar la salud pública, incluida la necesidad de cambios en el uso de suelos, reducir la dependencia del automóvil, ecologización de las ciudades, participación ciudadana, liderazgo y la inversión sistémica (Nieuwenhuijsen, 2020).
- 12 La agricultura urbana realiza aportes a la sostenibilidad ambiental mediante la promoción de la compra local de alimentos, la biodiversidad y el secuestro de carbono (Pérez-Neira y Grollmus-Venegas, 2018).
- 13 La producción local de alimentos evitan impactos ambientales asociados con la distribución y pérdida de alimentos a larga distancia, así también con la reducción y reciclaje de los desechos producidos (Kulak et al., 2013).
- 14 En el proceso de la producción urbana destinada a la comercialización, se utiliza maquinaria agrícola basadas en energías renovables y practicas más eficientes y digitales (Caputo et al., 2020).
- 15 Los huertos urbanos pueden beneficiar al medio ambiente local mejorando la calidad del aire urbano, aumentando las tasas de secuestro de carbono, modulando las islas de calor, mitigando los problemas de contaminación del agua y aprovechando los residuos de origen orgánico (Lovell, 2010).
- 16 Mejora el acceso a alimentos frescos, saludables y asequibles, con menos costos de transporte y menores emisiones de carbono (Saha y Eckelman, 2017).
- 17 Los residuos orgánicos municipales se aprovechan para la elaboración de abonos orgánicos como insumos para la producción urbana (Menyuka et al., 2018).
- 18 Un estudio reveló que el aumento de 10 % de una superficie verde en la ciudad, puede ayudar a reducir la temperatura de la superficie e entornos urbanos hasta en 4 °C (Gill et al., 2007).
- 19 Como efecto, los techos verdes pueden aumentar la evapotranspiración al tiempo que reducen el consumo de energía para el acondicionamiento del clima espacial (QIU et al., 2013).
- 20 La planificación urbana moderna en varias regiones del mundo está utilizando activamente la infraestructura verde y azul urbana para promover los servicios ecosistémicos locales (Salomon y Cavagnaro, 2022).

Tabla 10. Principales experiencias de reciclaje de residuos orgánicos con el vermicompostaje.

Residuos orgánicos	Especie de lombriz	País	Autor
Estiércol de ganado y desechos de frutas	<i>Eisenia fetida</i>	Ecuador	Gámez (2016)
Estiércol y residuos de hortalizas	<i>Eisenia fetida</i>	Colombia	Guaque (2017)
Estiércol de ganado	<i>Eisenia andrei</i>	Brasil	Medianeira et al. (2018)
Residuos de piña y hortalizas	<i>Eisenia fetida</i>	México	Castillo-González et al. (2019)
Residuos papeleros, lodos primarios, estiércol de vaca y paja	<i>Perionyx excavatus</i>	India	Ganguly y Chakraborty (2019)
Pañales de bebé y estiércol de vaca	<i>Eisenia fetida</i>	Bolivia	Ferronato et al. (2020)
Desperdicio de mercado	<i>Eisenia fetida</i>	Chile	Crutchik et al. (2020)
Residuos vegetales y cascara de huevo	<i>Eisenia fétida</i>	México	Castillo-González et al. (2021)
Estiércol de vaca y cenizas de residuos médicos	<i>Eisenia fétida</i>	India	Sohal et al. (2021)
Estiércol de diferentes animales y residuos vegetales	<i>Eisenia fétida</i>	Indonesia	Mashur et al. (2021)
Residuos de alimentos vegetales y estiércol de cabra	<i>Eisenia fétida</i>	Namibia	Aili et al. (2021)
Residuos vegetales y estiércol de vaca	<i>Eisenia fétida</i>	India	Kapila et al. (2021)
Lodos de depuradora y residuos vegetales	<i>Eisenia fétida</i>	Irán	Ghorbani et al. (2021)
Hojas de coca	<i>Eisenia fétida</i>	Bolivia	Carita et al. (2021)
Harina de hueso y cabello humano	<i>Eisenia fétida</i>	Perú	Gonzales (2022)
Malezas	<i>Eisenia fétida</i> , <i>Eudrilus eugeniae</i> y <i>Perionyx Ceylanesis</i>	India	Kauser y Khwairakpam (2022)
Residuos vegetales y estiércol de vaca	<i>Eisenia fétida</i>	India	Patra et al. (2022)

Experiencias exitosas son conocidas en el campo internacional, los métodos más usados para el manejo de residuos orgánicos en general lo comprenden el compostaje y vermicompostaje (Soto y Muñoz, 2002). Por otro lado, según estudios de la CEPAL señalan que existen varias experiencias como en la Municipalidad de la Pintana en Santiago de Chile donde se han instalado varios emprendimientos que apoyan la recolección de residuos sólidos orgánicos para realizar previamente la técnica del compost y la lombricultura (Chávez y Rodríguez, 2016). Así mismo, en el estudio titulado: El valor potencial de los residuos sólidos orgánicos, rurales y urbanos para la sostenibilidad de la agricultura se afirma que: “Los residuos sólidos orgánicos en vez de ser un problema, pueden convertirse en un recurso benéfico (abono de excelente calidad), cuando son manejados apropiadamente” (Quispe, 2015). El tratamiento de los residuos sólidos orgánicos, también permite reducir las emisiones de CO₂: “Los productos finales del compostaje y lombricultivo reducen las emisiones de gases efecto invernadero capturando el CO₂ en abonos y fertilizantes orgánicos, de modo que el modelo es ambientalmente sostenible en el tiempo” (Castañeda-Torres y Rodríguez-Miranda, 2017).

Mediante el proceso realizado por las lombrices denominado vermicompostaje, lombricultivo o lombricultura se pueden transformar una variedad de residuos sólidos orgánicos; “Todos estos residuos son estabilizados de manera eficiente por las lombrices de tierra para generar un producto con gran valor nutritivo para las plantas de cultivo o recuperación de suelos” (Villegas y Laines, 2017). En otra experiencia realizada en Costa Rica utilizando los métodos ecológicos de transformación de residuos sólidos orgánicos aseguran que: “El compostaje y el vermicompostaje son técnicas para transformar los residuos sólidos orgánicos en abonos orgánicos (composta y vermicomposta, respectivamente) cuyas características físicas, químicas y biológicas inciden directamente en el mejoramiento del suelo y en el crecimiento de las plantas” (Acosta-Durán et al., 2013). La presencia de abundante materia orgánica en los residuos sólidos urbanos, se constituye en una importante fuente de nutrientes para las plantas, al respecto sobre el proceso de compostaje indica que: “Es un método que puede transformar estos residuos para su aprovechamiento. La duración del proceso depende tanto de los sustratos iniciales, tamaño de partícula, disposición de la pila, aireación, humedad y población biológica activa” (Carvajal et al., 2018). Los

productos obtenidos del compostaje como del lombricultivo son de excelente calidad, al respecto en un estudio en el cultivo de tomate, entre sus principales conclusiones señala: “Los resultados sugieren que el vermicompost posee características que permiten sostener la producción de tomate” (Moreno et al., 2008).

CONCLUSIONES

La urbanización del mundo requiere soluciones que puedan mejorar la calidad de vida humana hacia una práctica más sostenible. Indudablemente el vermicompostaje puede ser una herramienta sostenible para el manejo de residuos sólidos de origen orgánico y el desarrollo de la agricultura urbana, porque se ha demostrado que garantiza la sostenibilidad agrícola, mejora la gestión de residuos, la remediación de contaminantes y la producción de alimentos. La gestión de residuos y la agricultura urbana pueden trabajar juntas para producir ciudades sostenibles en el futuro. Aunque este estudio presentó un esbozo del vínculo entre el manejo de residuos urbanos mediante el vermicompostaje y la agricultura urbana, se requieren más estudios para explorar más a fondo su potencial. El vermicompost puede ser una excelente alternativa para reemplazar el uso de fertilizantes químicos en la agricultura. No hay duda de que una importante parte de este estudio muestra que el vermicompost tiene una influencia positiva en la calidad del suelo en sus propiedades físicas, químicas y biológicas, que se traduce en un mejor rendimiento agrícola.

BIBLIOGRAFÍA

- Abarca-Guerrero, L; Maas, G; Hogland, W. 2015. Desafíos en la gestión de residuos sólidos para las ciudades de países en desarrollo (en línea). *Revista Tecnología En Marcha*, 28(2):141. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.18845/tm.v28i2.2340>
- Adhami, E; Hosseini, S; Owliaie, H. 2014. Forms of phosphorus of vermicompost produced from leaf compost and sheep dung enriched with rock phosphate (en línea). 3–8. Consultado 27 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s40093-014-0068-9>
- Adhikary, S. 2012. Vermicompost, the story of organic gold: A review (en línea. *Agricultural Sciences*, 03(07):905–917. Consultado 02 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.4236/as.2012.37110>
- Aili, A; Katakula, N; Handura, B; Gawanab, W; Itanna, F; Allan, H. 2021. Optimized vermicomposting of a goat manure-vegetable food waste mixture for enhanced nutrient release (en línea). *Scientific African*, 12, e00727. Consultado 13 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00727>

- Alshehrei, F; Ameen, F. 2021. Saudi Journal of Biological Sciences Vermicomposting: A management tool to mitigate solid waste (en línea). Saudi Journal of Biological Sciences, 28(6):3284–3293. Consultado 03 jun. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.02.072>
- Ansari, AA; Sukhraj, K. 2010. Effect of vermish and vermicompost on soil parameters and productivity of okra (*Abelmoschus esculentus*) in Guyana (en línea). African Journal of Agricultural Research, 5(14):1794–1798. Consultado 203 abr. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.5897/AJAR09.107>
- Armanda, DT; Guinée, JB; Tukker, A. 2019. The second green revolution: Innovative urban agriculture's contribution to food security and sustainability – A review (en línea). Global Food Security, 22:13–24. Consultado 26 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/J.GFS.2019.08.002>
- Aslam, Z; Ahmad, A. 2021. Alteration of Physical and Chemical Properties of Livestock Manures by Eisenia fetida (Savigny, 1926) and Developing Valuable Organic Fertilizer (en línea). Consultado 13 sept. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.17582/journal.jis/2020/6.1.47.53>
- Azunre, GA; Amponsah, O; Peprah, C; Takyi, SA; Braimah, I. 2019. A review of the role of urban agriculture in the sustainable city discourse (en línea). Cities, 93(April):104–119. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.04.006>
- Bansal, S; Kapoor, KK. 2000. Vermicomposting of crop residues and cattle dung with Eisenia foetida. Bioresource Technology, 73(2):95–98. Consultado 05 mar. 2022. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(99\)00173-X](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(99)00173-X)
- Barton, H; Grant, M. 2013. Urban planning for healthy cities a review of the progress of the european healthy cities programme. Journal of Urban Health, 90(SUPPL 1):129–141. Consultado 07 oct. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s11524-011-9649-3>
- Biazoti, AR; Sorrentino, M. 2022. Political engagement in urban agriculture: power to act in community gardens of São Paulo (en línea). Ambiente e Sociedade, 25. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20210056vu2022L1AO>
- Biswas, DR; Narayanasamy, G. 2006. Rock phosphate enriched compost: An approach to improve low-grade Indian rock phosphate (en línea). 97:2243–2251. Consultado 12 abr. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.02.004>
- Bórquez, YM. 2022. Planta de vermicompostaje para la valorización de residuos planta de vermicompostaje para la valorización de residuos ganaderos: evaluación económica y ambiental. Universidad de Valladolid.
- Burbano-Criollo, C; Aguilar-Montero, M; Semanate-Quiñonez, H. 2022. La agricultura urbana como alternativa de abastecimiento de alimentos vegetales: un ejercicio desde la cienciometría (en línea). Informador Técnico, 86(2):254–277. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.23850/22565035.4427>
- Caputo, P; Zagarella, F; Anna, M; Mistretta, M; Cellura, M. 2020. Science of the Total Environment Energy-environmental assessment of the UIA-OpenAgri case study as urban regeneration project through agriculture (en línea). Science of the Total Environment, 729, 138819. Consultado 02 oct. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138819>
- Carita, E; Tarqui, E; Yana, E; Carita, TR. 2021. Características químicas del vermicompost a base de hoja de coca residual y residuos sólidos urbanos utilizando Eisenia foetida. Revista Científica y Tecnológica, 1:65–78.
- Acosta-Durán, CM; Villegas-Torres, SP; Cardoso-Vigueros, LO. 2013. Precomposteo de residuos orgánicos y su efecto. Agronomía Costarricense, 37(1):127–139.
- Carvajal, A; Trujillo, MB; Del Consuelo Hernández Berriel, M; De La Rosa Gómez, I; Del Consuelo, M; Salas, M; Del, M; Carreño De León, C. 2018. Crecimiento microbiano en pilas de compostaje de residuos orgánicos y biosólidos después de la aireación (en línea). Centro Azúcar, 45, 1–10. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <http://centrozucar.uclv.edu.cu>
- Castañeda-Torres, S; Rodríguez-Miranda, JP. 2017. Modelo de aprovechamiento sustentable de residuos sólidos orgánicos en Introducción Materiales y métodos (en línea). Universidad y Salud, 116–125. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.22267/rus.171901.75>
- Castillo-González, E; De Medina-Salas, L; Giraldo-Díaz, MR; Sánchez-Noguez, C. 2021. Vermicomposting: A valorization alternative for corn cob waste (en línea). Applied Sciences (Switzerland), 11(12). Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.3390/app11125692>
- Castillo-González, E; Giraldo-Díaz, MR; De Medina-Salas, L; Sánchez-Castillo, MP. 2019. Pre-composting and vermicomposting of pineapple (*Ananas comosus*) and vegetable waste. Applied Sciences (Switzerland), 9(17). Consultado 27 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.3390/app9173564>
- Cervantes-Vázquez, TJÁ; Preciado-Rangel, P; Fortis-Hernández, M; Valenzuela-García, AA; García-Hernández, JL; Cervantes-Vázquez, MG. 2022. Effects of applying bovine manure and vermicompost on soil in watermelon (*Citrullus lanatus*) cultivation (en línea). Terra Latinoamericana, 40, 1–13. Consultado 26 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.835>
- Chanchí-Golondrino, GE; Ospina-Alarcón, MA; Saba, M. 2022. Sistema IoT para el monitoreo de variables climatológicas en cultivos de agricultura urbana. Revista Científica, 44(2):257–271. Consultado 05 may. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.14483/23448350.18470>
- Chatterjee, D; Dutta, SK; Kikon, ZJ; Kuotsu, R; Sarkar, D; Satapathy, BS; Deka, BC. 2021. Recycling of agricultural wastes to vermicomposts: Characterization

- and application for clean and quality production of green bell pepper (*Capsicum annuum* L.) (en línea). *Journal of Cleaner Production*, 315(April), 128115. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128115>
- Chaudhary, DR; Bhandari, SC; Shukla, LM. 2015. Role of Vermicompost in Sustainable Agriculture - a Review. *Agricultural Reviews*, 25(1):29–39.
- Chávez, Á; Rodríguez, A. 2016. Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas y forestales en Iberoamérica (en línea). *Academia y Virtualidad*, 9(2):90–107. Consultado 22 may. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.18359/ravi.2004>
- Crutchik, D; Rodríguez-Valdecantos, G; Bustos, G; Bravo, J; González, B; Pabón-Pereira, C. 2020. Vermiproductivity, maturation and microbiological changes derived from the use of liquid anaerobic digestate during the vermicomposting of market waste (en línea). *Water Science and Technology*, 82(9):1781–1794. Consultado 20 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.2166/wst.2020.427>
- Cui, Z; He, F; Li, X; Li, Y; Huo, C; Wang, H; Qi, Y. 2023. Science of the Total Environment Response pathways of superoxide dismutase and catalase under the regulation of triclocarban-triggered oxidative stress in *Eisenia foetida*: Comprehensive mechanism analysis based on cytotoxicity and binding model (en línea). *Science of the Total Environment*, 854(August 2022), 158821. Consultado 12 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158821>
- Debnath, S; Chaudhuri, P. 2020. Cocoon Biology of Earthworms of Waste Deposit Sites of Tripura (India). 41(2):32–46.
- Devkota, D; Ojha, RB; Devkota, D. 2014. Earthworms: Soil and Ecosystem Engineers – a Review Earthworms: Soil and Ecosystem Engineers – a Review (en línea). *World Journal of Agricultural Research*, 2, 257–260. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.12691/wjar-2-6-1>
- Dhakane, R; Shinde, A. 2020. *Eisenia fetida* and *eisenia andrei* delimitation by automated barcode gap discovery and neighbor-joining analyses: A review (en línea). *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, 8(6):93–100. Consultado 07 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.7324/JABB.2020.80615>
- Edwards, CA; Arancon, NQ; Vasko-Bennett, M; Askar, A; Keeney, G; Little, B. 2010. Suppression of green peach aphid (*Myzus persicae*) (Sulz.), citrus mealybug (*Planococcus citri*) (Risso), and two spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) (Koch.) attacks on tomatoes and cucumbers by aqueous extracts from vermicomposts (en línea). *Crop Protection*, 29(1):80–93. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2009.08.011>
- Feito, MC; Boza, S; Peredo, S. 2019. La Agricultura en los periurbanos de Buenos Aires (Argentina) y Santiago (Chile): Territorios en transición. *Quid*, 33–49.
- Fernando, KMC; Arunakumara, KKIU. 2021. Sustainable organic waste management and nutrients replenishment in the soil by vermicompost: A review (en línea). *AGRIEAST: Journal of Agricultural Sciences*, 15(2):32. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.4038/agrieast.v15i2.105>
- Ferraz, R; Almeida, N; de Andrade, N; Scheffer Romagna, I; Tirloni, B; de Oliveira Silveira, A; Domínguez, J; Josemar JR. 2022. Vermicomposting of cow manure: Effect of time on earthworm biomass and chemical, physical, and biological properties of vermicompost (en línea). *Bioresource Technology*, 345. 2021. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126572>
- Ferronato, N; Pinedo, MLN; Torretta, V. 2020. Assessment of used baby diapers composting in Bolivia (en línea). *Sustainability (Switzerland)*, 12(12):1–16. Consultado 07 may. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.3390/su12125055>
- Gámez, L. 2016. En La Producción De Vermicompostaje. Pontificia Universidad Católica Del Ecuador.
- Ganguly, RK; Chakraborty, SK. 2019. Assessment of qualitative enrichment of organic paper mill wastes through vermicomposting: humification factor and time of maturity *Heliyon* Assessment of qualitative enrichment of organic paper mill wastes through vermicomposting: humi fi cation factor (en línea). *Heliyon*, May, e01638. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01638>
- Ghorbani, M; Sabour, MR; Bidabadi, M. 2021. Vermicomposting Smart Closed Reactor Design and Performance Assessment by Using Sewage Sludge (en línea). *Waste and Biomass Valorization*, 12(11):6177–6190. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s12649-021-01426-w>
- Gill, SE; Handley, JF; Ennos, AR; Pauleit, S. 2007. Adapting cities for climate change: The role of the green infrastructure (en línea). *Built Environment*, 33(1):115–133. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.2148/benv.33.1.115>
- Gonzales, R. 2022. Efecto de vermicompost elaborado con harina de huesos y cabello humano en el establecimiento de grass japonés en suelo salino. Universidad privada del norte.
- Graefe, U; Tischer, S. 2011. Earthworms as Bioindicators of Soil Quality (en línea). 261–278. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1007/978-3-642-14636-7>
- Guaque, SD. 2017. Comparison of the Vermicompost Process With. In *Compracion del proceso de vermicompostaje con la especie Eisenia fetida desde la variacion de los residuos organicos*. Universidad Militar Nueva Granada.
- Hemalatha, B. 2014. Vermicomposting of fruit waste and industrial sludge. *Psychonomic Bulletin & Review*, 943309300, 1–39.
- Hiremath, RB; Balachandra, P; Kumar, B; Bansode, S; Murali, J. 2013. Energy for Sustainable Development Indicator-based urban sustainability — A review (en línea). *Energy for Sustainable Development*, 17(6):555–

563. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.esd.2013.08.004>
- Instituto Nacional de Estadística. 2018. Residuos Sólidos - INE. In Estadísticas Económicas, Medio Ambiente (en línea). Residuos Sólidos. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://www.ine.gob.bo/index.php/medio-ambiente/residuos-solidos/#1559000373968-d942cd5d-42f3>
- Joshi, R; Singh, J; Vig, AP. 2015. Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants (en línea). *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 14(1):137–159. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s11157-014-9347-1>
- Jovanović, M. 2008. An Analytical Method for the Measurement of Energy Systems Sustainability in Urban Areas. *Transacciones FME*, 36(4):157–166.
- Kapila, R; Verma, G; Sen, A; Nigam, A. 2021. Evaluation of microbiological quality of vermicompost prepared from different types of organic wastes using eisenia fetida (en línea). *Agricultural Science Digest*, 41(3):445–449. Consultado 07 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.18805/ag.D-5275>
- Kauser, H; Khwairakpam, M. 2022. Machine Translated by Google Tecnología e innovación ambiental Gestión de residuos orgánicos mediante proceso de compostaje en dos etapas para disminuir el tiempo requerido para el vermicompostaje (en línea). *Tecnología e Innovación Ambiental*, 25:1–13. Consultado 22 abr. 2022. Disponible en <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.102193>
- Kenzer, M. 2000. Healthy Cities: a guide to the literature (en línea). *Public Health Reports*, 115(2–3):279–289. Consultado 17 abr. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1630/095624799101284742>
- Kulak, M; Graves, A; Chatterton, J. 2013. Reducing greenhouse gas emissions with urban agriculture: A Life Cycle Assessment perspective (en línea). *Landscape and Urban Planning*, 111(1):68–78. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.11.007>
- Lovell, S. T. 2010. Multifunctional urban agriculture for sustainable land use planning in the United States (en línea). *Sustainability*, 2(8):2499–2522. Consultado 07 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.3390/su2082499>
- Maisarah, A; Zaman, K; Syafawati, J. 2022. Exploring the potential of vermicompost as a sustainable strategy in circular economy: improving plants bioactive properties and boosting agricultural yield and quality (en línea). *Environmental Science and Pollution Research*, 29:12948–12964. Consultado 29 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s11356-021-18006-z>
- Makkar, C; Singh, J; Parkash, C; Singh, S; Vig, AP; Dhaliwal, SS. 2022. Vermicompost acts as bio-modulator for plants under stress and non-stress conditions (en línea). *Environment, Development and Sustainability*, 0123456789. Consultado 04 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02132-w>
- Mashur, M; Bilad, MR; Hunaepi, H; Huda, N. 2021. Formulation of Organic Wastes as Growth Media for Cultivation of Earthworm Nutrient-Rich *Eisenia foetida* (en línea). *Sustainability*, 13:1–13. Consultado 19 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su131810322>
- Medianeira, M; Wiethan, S; Bortolin, GS; Pinto, RS; Sari, BG; Carlos, A. 2018. Development and multiplication of *Eisinea andrei* in the manure of cattle subjected to high trichoderma doses desenvolvimento e multiplicação de *Eisenia andrei* EM ESTERCO. *Bioscience Journal*, 34:1–10.
- Menyuka, N; Bob, U; Sibanda, M. 2018. Potential for organic waste utilization and management through urban agriculture. The 56th Annual Conference of the Agriculture Economics Association of South Africa, 1–21.
- MMAyA. 2011. Diagnóstico de la Gestión de Residuos Sólidos en el Departamento de La Paz Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico Dirección General de Gestión Integral de Residuos Sólidos 1.
- Mok, H; Williamson, VG; Grove, JR; Burry, K; Barker, SF; Hamilton, AJ. 2014. Strawberry fields forever? Urban agriculture in developed countries: a review. 21–43. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0156-7>
- Moreno, A; Gómez, L; Cano, P; Martínez, V; Reyes, JL; Puente, JL; Rodríguez, N. 2008. Genotipos de tomate en mezclas de vermicompost: arena en invernadero. *Terra Latinoamericana*, 26(2):103–109.
- Ndegwa, PM; Thompson, S. A. 2001. Integrating composting and vermicomposting in the treatment. *Bioresource Technology*, 76:107–112.
- Neuman, M. 2014. The Compact City Fallacy (en línea). September 2005, 10–26. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1177/0739456X04270466>
- Nieuwenhuijsen, MJ. 2020. Urban and transport planning pathways to carbon neutral, liveable and healthy cities: A review of the current evidence (en línea). *Environment International*, 140(April), 105661. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105661>
- Padmavathamma, PK; Li, LY; Kumari, UR. 2008. An experimental study of vermi-biowaste composting for agricultural soil improvement. 99, 1672–1681. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.04.028>
- Parthasarathy, P; Narayanan, SK. 2014. A Review on Vermicomposting of Organic Wastes (en línea). *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 33(3):676–680. Consultado 22 may. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1002/ep>
- Patra, RK; Behera, D; Mohapatra, KK; Sethi, D; Mandal, M; Patra, AK; Ravindran, B. 2022. Juxtaposing the quality of compost and vermicompost produced from organic

- wastes amended with cow dung (en línea). *Environmental Research*, 214(P4):114119. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.114119>
- Pérez-Neira, D; Grollmus-Venegas, A. 2018. Life-cycle energy assessment and carbon footprint of peri-urban horticulture. A comparative case study of local food systems in Spain (en línea). *Landscape and Urban Planning*, 172(April 2016), 60–68. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.01.001>
- Pierre-Louis, RC; Kader, MA; Desai, NM; John, E. H. 2021. Potentiality of vermicomposting in the south pacific island countries: A review (en línea). *Agriculture (Switzerland)*, 11(9):1–17. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.3390/agriculture11090876>
- Poulsen, MN; McNab, PR; Clayton, ML; Neff, RA. 2015. A systematic review of urban agriculture and food security impacts in low-income countries (en línea). *Food Policy*, 55:131–146. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.07.002>
- Pramanik, P; Ghosh, GK; Ghosal, PK; Banik, P. 2007. Changes in organic - C, N, P and K and enzyme activities in vermicompost of biodegradable organic wastes under liming and microbial inoculants (en línea). *Bioresource Technology*, 98(13), 2485–2494. Consultado 21 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.09.017>
- QIU, G; Yu, LI; H. Yong; Zhang, Q; Tao, S; Chen, W; LIANG, X; Jian; LI, X. 2013. Effects of Evapotranspiration on Mitigation of Urban Temperature by Vegetation and Urban Agriculture (en línea). *Journal of Integrative Agriculture*, 12(8), 1307–1315. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60543-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60543-2)
- Quispe, L. 2015. El valor potencial de los residuos sólidos orgánicos, rurales y urbanos para la sostenibilidad de la agricultura (en línea). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6:83–95. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v6n1/v6n1a8.pdf>
- Ragoobur, D; Huerta-Iwanga, E; Devi, G. 2022. Reduction of microplastics in sewage sludge by vermicomposting (en línea). *Chemical Engineering Journal*, 450(P3), 138231. Consultado 05 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.138231>
- Ramos, C. 2005. Residuos orgánicos de origen urbano e industrial que se incorporan al suelo como alternativa económica en la agricultura. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, 36(1):45–53.
- Riascos-Vallejos, A; Crespo-López, GG; Y. M.-M. 2022. Effect of food source on the chemical composition of Californian red worm (*Eisenia foetida*) vermicompost Efecto de la fuente de alimento en la composición química del vermicompost de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). *Cuban Journal of Agricultural Science*, 56(3):1–10.
- Rodriguez, V. 2019. Ley 755 de gestión integral de residuos.
- Rogus, S; Dimitri, C. 2015. Agriculture in urban and peri-urban areas in the United States: Highlights from the census of agriculture (en línea). *Renewable Agriculture and Food Systems*, 30(1):64–78. Consultado 202 oct. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1017/S1742170514000040>
- Sáez, A; Urdaneta GJA. 2014. Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe (en línea). *Revista Omnia*, 44(03):44-1347-44–1347. Consultado 22 oct. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.5860/choice.44-1347>
- Saha, M; Eckelman, MJ. 2017. Growing fresh fruits and vegetables in an urban landscape: A geospatial assessment of ground level and rooftop urban agriculture potential in Boston, USA (en línea). *Landscape and Urban Planning*, 165(August 2016):130–141. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.04.015>
- Salas-Zapata, L; López-Ríos, JM; Gómez-Molina, S; Franco-Moreno, D; Martínez-Herrera, E. 2015. Ciudades sostenibles y saludables: estrategias en busca de la calidad de vida (en línea). *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 34(1). Consultado 27 abr. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v34n1a13>
- Salomon, MJ; Cavagnaro, TR. 2022. Healthy soils: The backbone of productive, safe and sustainable urban agriculture (en línea). *Journal of Cleaner Production*, 341(September 2021), 130808. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130808>
- Sharma, S; Pradhan, K; Satya, S; Vasudevan, P. 2005. Potentiality of Earthworms for Waste Management and in Other Uses – A Review. *The American Journal of Science*, 1(1):4–16.
- Singh, RP; Embrandiri, A; Ibrahim, MH; Esa, N. 2011. Resources, Conservation and Recycling Management of biomass residues generated from palm oil mill: Vermicomposting a sustainable option (en línea). "Resources, Conservation & Recycling," 55(4):423–434. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.11.005>
- Sohal, B; Ahmad BS; Vig, A. P. 2021. Vermiremediation and comparative exploration of physicochemical, growth parameters, nutrients and heavy metals content of biomedical waste ash via ecosystem engineers *Eisenia fetida* (en línea). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 227, 112891. Consultado 12 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112891>
- Sosa, E. 2022. Alternativas bioenergéticas de los residuos sólidos urbanos: panorama en México (en línea). *Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 31:59–76. Consultado 17 abr. 2022. Disponible en <https://doi.org/doi.org/10.17141/letrasverdes.31.2022.5086>

- Soto, G; Muñoz, C. 2002. Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost, y su empleo en la agricultura orgánica (en línea). *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, Costa Rica., 65:123–129. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5955/A2037e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Theunissen, J; Ndakidemi, PA; Laubscher, C. P. 2010. Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. 5(13):1964–1973.
- Tognetti, C; Laos, F; Mazzarino, MJ; Hernández, MT. 2005. Composting vs. vermicomposting: A comparison of end product quality (en línea). *Compost Science and Utilization*, 13(1):6–13. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1080/1065657X.2005.10702212>
- Twiss, J; Dickinson, J; Duma, S; Kleinman, T; Paulsen, H; Rilveria, L. 2003. Community Gardens: Lessons Learned from California Healthy Cities and Communities. *American Journal of Public Health*, 93(9):1435–1438. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.2105/AJPH.93.9.1435>
- Valdivia, K. 2021. Producción de vermicompost mediante el aprovechamiento eficiente del cartón generados como residuos sólidos en la ciudad de Huanuco; 2020 - 2021. Universidad de Huanuco.
- Villegas, V; Laines, J. 2017. Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos (en línea). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(2):393–406. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v8n2/2007-0934-remexca-8-02-393.pdf>
- Voicu, G; Paraschiv, G; Popescu, IN. 2022. The Recovery of Vermicompost Sewage Sludge in Agriculture (en línea). *Agronomy*, 12:1–12. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agronomy12112653>
- Xavier, A; Delgado, G; Carlos, J; Delgado, G; Alberto, C; Navarrete, D. 2022. Analysis of the impact on the sewage sludge treatment community by means of wetlands and vermicomposting and the production of fertilizer: systematic review. *Revista Científica Interdisciplinaria Investigación y Saberes*, 12(1).1–22.
- Yan, D; Wu, S; Zhou, S; Li, F; Wang, Y. 2021. Healthy city development for Chinese cities under dramatic imbalance: evidence from 258 cities (en línea). *Sustainable Cities and Society*, 74(July), 103157. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103157>
- Yeong, T; Lin, S; Nie, P; Pui, K; Shak, Y. 2014. Biotransformation of Biodegradable Solid Wastes into Organic Fertilizers using Composting or/and Vermicomposting. 39:1579–1584. Consultado 19 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.3303/CET1439264>
- Yigitcanlar, T; Dizdaroglu, D. 2015. Ecological approaches in planning for sustainable cities a review of the literature (en línea). *Global Journal of Environmental Science and Management*, 1(2):159–188. Consultado 07 oct. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.7508/gjesm.2015.02.008>
- Zeza, A; Tasciotti, L. 2010. Urban agriculture, poverty, and food security: Empirical evidence from a sample of developing countries (en línea). *Food Policy*, 35(4):265–273. Consultado 13 abr. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2010.04.007>

Artículo recibido en: 16 de noviembre de 2022

Aceptado en: 10 de abril de 2023