

Evaluación de la adaptación de la lombriz roja «*Eisenia foetida*» a lodos de lixiviación de un relleno sanitario con perspectivas a su utilización en procesos de vermicompostaje.



Evaluation of the adaptation of the red worm «Eisenia foetida» to leaching sludge from a sanitary landfill with perspectives for its use in vermicomposting processes.

Juan Carlos González García.¹ & Sofía Carolina Godoy Ponce.²

Recibido: 08-06-2021 / Revisado: 18-06-2021 / Aceptado: 06-07-2021/ Publicado: 05-08-2021

Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v4i3.1.1808>

The adaptation of «*Eisenia foetida*» to an unconventional medium such as leaching sludge opens the door to its use in vermicomposting processes and to the possibility of solving a very problematic waste management problem. The adaptation of the red worm in leaching sludge from a sanitary landfill was evaluated, for which it was necessary to design an experiment combining: sludge and sawdust in variable proportions as substrates and different masses of worms, they were placed in plastic buckets used as units. experimental. In the first instance, the worms were cultivated in the previously conditioned medium, carrying out a control of the environmental variables to verify the adaptation of the organisms while also controlling physical, chemical and biological parameters to determine the degradability of the sludge in time function. Physical changes could be observed in the experimental units such as: looser consistency of sludge, fading of unpleasant odors and increase in the volume of the samples, clear indicators of transformation of the sludge and evidence of colonization of the worms in the experimental substrates. It was concluded that in those experimental units with higher

¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. Riobamba, Ecuador. juan.gonzalez@esPOCH.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0001-9066-1600>

² Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. Riobamba, Ecuador. sofia.godoy@esPOCH.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0002-6479-4343>

percentage contents of sludge, a greater number of worms adapted and grew and showed higher values of electrical conductivity indicating the presence of inorganic species as a result of the conversion of the initial organic matter, therefore, *Eisenia foetida* it was effectively adapted to the leaching sludge and, most importantly, after 60 days the sludge showed signs of efficient composting, which is why it is ensured that vermicomposting as an alternative to treat these residual sludge could be viable.

Keywords: *Eisenia foetida*, red worm, leach sludge, vermicomposting, adaptation.

Resumen.

La adaptación de «*Eisenia foetida*» a un medio no convencional como los lodos de lixiviación abren la puerta a su utilización en procesos de vermicompostaje y a la posibilidad de solucionar un problema de gestión de un residuo muy problemático. Se evaluó la adaptación de la lombriz roja en lodos de lixiviación procedentes de un relleno sanitario, para lo cual fue necesario diseñar un experimento combinando: lodo y aserrín en proporciones variables como sustratos y diferentes masas de lombrices, fueron colocados en cubetas plásticas utilizadas como unidades experimentales. En primera instancia se realizó el cultivo de las lombrices en el medio previamente acondicionado, realizando un control de las variables ambientales para verificar la adaptación de los organismos al tiempo que se controlaban también parámetros físicos, químicos y biológicos para determinar la degradabilidad de los lodos en función del tiempo. Pudo observarse cambios físicos en las unidades experimentales tales como: consistencia más floja de lodos, desvanecimiento de olores desagradables y aumento en el volumen de las muestras, indicadores claros de transformación de los lodos y evidencia de colonización de las lombrices en los sustratos experimentales. Se concluyó que en aquellas unidades experimentales con mayores contenidos porcentuales de lodo se adaptaron y crecieron mayor cantidad de lombrices y mostraron valores más altos de conductividad eléctrica indicador de presencia de especies inorgánicas fruto de la conversión de la materia orgánica inicial, por tanto, *Eisenia foetida* se adaptó de manera efectiva al lodo de lixiviación y lo más importante que al cabo de 60 días los lodos mostraron signos de compostaje eficiente razón por la cual se asegura que el vermicompostaje como alternativa de tratamiento de estos lodos residuales podría ser viable.

Palabras claves: *Eisenia foetida*, lombriz roja, lodos de lixiviación, vermicompostaje, adaptación.

Introducción.

Los rellenos sanitarios constituyen uno de los lugares más usuales y convenientes para la disposición final de los desechos sólidos, si se los diseña, construye y administra de manera técnica solucionan el problema de la disposición final de aquellos materiales a los que no se les ha podido gestionar o encontrar utilidad. Sin embargo, generan productos

gaseosos y líquidos como resultado de los procesos y reacciones fruto de su descomposición y transformaciones en su seno más la interacción con los agentes atmosféricos de la zona de ubicación de los mismos.

De acuerdo a datos proporcionados por el INEC (Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos) en 2019, existe una producción per cápita de 0,84 kg/día de residuos sólidos en zonas urbanas, de los cuales casi un 57% corresponden a residuos orgánicos. Estos residuos por su alto contenido de agua generan lixiviados que de acuerdo a su composición presenta una composición metanogénica, que son drenados al subsuelo debido a la compactación de residuos y la infiltración de lluvias, es potencialmente peligroso. (Maldonado et al., 2017)

Los lixiviados son un producto residual en fase líquida de los rellenos sanitarios, formados gracias a la incidencia de las precipitaciones que se cuelan a través del suelo y los residuos sólidos enterrados o apilados en los rellenos sanitarios, el agua lava los sólidos y arrastra con ella infinidad de sustancias al interior, estas infiltraciones normalmente se recuperan a través de sistemas de drenaje y se acumulan temporalmente en piscinas o tanques, por sus características necesitan ser tratados de manera adecuada antes de ser liberados ya que son un coctel de sustancias tanto de naturaleza orgánica como inorgánica con un inmenso potencial contaminante, carga patógena y alta toxicidad, que pueden llegar con facilidad a los cuerpos de agua subterráneos, desde el punto de vista químico su composición es muy variada y depende en gran medida del tipo de residuos de donde procede, la intensidad de las precipitaciones del lugar de ubicación del relleno sanitario, la descomposición química y transformaciones que han sufrido y otras condiciones ambientales de la zona, pero en todos los casos los lixiviados coinciden en poseer una alta carga orgánica. (Contreras & Suárez, 2011)

La edad de los lixiviados juega un papel importante en su degradabilidad, por ejemplo: un lixiviado joven, tiene menos a 5 años, son más biodegradables, la mayoría de las mediciones están asociadas con las variables indicadoras de materia orgánica y sólidos, se encuentran en la fase ácido génica del proceso anaerobio, que conduce a la liberación de grandes cantidades de ácidos grasos volátiles, que pueden representar hasta el 95% de la materia orgánica. (Torres et al., 2014)

Un lixiviado medio, tiene entre 5 y 10 años, al igual que los lixiviados maduros pueden caracterizarse conociendo más variables, un lixiviado maduro, tiene más de 10 años, y se consideran menos biodegradables, favorecen la metanogénesis, sus ácidos grasos volátiles se transforman en metano y anhídrido carbónico, deben caracterizarse más variables porque las concentraciones medidas y sus relaciones están disminuidas. (Torres et al., 2014)

En los lixiviados los residuos orgánicos se mezclan con los inorgánicos que, al humedecerse, se convierten en sustancias tóxicas, que pueden generar un gran impacto ambiental relacionado con la contaminación de fuentes de agua superficial y subterránea ya que los mismos son drenados hacia estos cuerpos receptores como consecuencia de la compactación de residuos y percolación de aguas lluvias. (Álvarez, 2014)

Este líquido contiene altas concentraciones tanto de productos biodegradables como no biodegradables como: materia orgánica, sulfuros, metales pesados, fenoles, nitrógeno amoniacal y fosfatos, si no son tratados adecuadamente pueden contaminar los sistemas naturales causando impactos negativos, modificando los ciclos biogeoquímicos. (Álvarez, 2014)

Estos líquidos al reaccionar con todo tipo de sustancias presentes en los residuos del relleno o botadero se disuelven al entrar en contacto con el agua, y gracias a la dinámica de descomposición, dan origen a olores y gases tóxicos que contienen gran variedad de contaminantes. (Álvarez, 2014)

Actualmente existen muchas alternativas para tratar los lixiviados y neutralizar su poder contaminante, desde procesos físico químicos y biológicos hasta técnicas avanzadas de remediación y ultrafiltración, sin embargo, muchos rellenos sanitarios nunca han tratado sus lixiviados y sólo los han dispuesto en infraestructuras temporales de almacenamiento casi siempre por limitaciones económico técnicas, con el reposo de los lixiviados se facilita la sedimentación y poco a poco en el fondo de las piscinas o tanques se acumulan sólidos a los que se denominan lodos de lixiviación, de naturaleza apelmazada, densa, con fuertes olores característicos y gran contenido de humedad. (Collantes, 2013)

La efectividad en la eliminación de contaminantes de los lixiviados está en función de su composición química en especial de los contenidos de nitrógeno total, pH, DQO, DBO, biodegradabilidad, metales pesados y grado de estabilización de los residuos sólidos. (Mejía & Torres, 2018)

Los lodos sedimentados también acortan la vida útil de los rellenos sanitarios ya que ocupan espacios no contemplados en el emplazamiento, atraen vectores y roedores, agravando así los impactos ambientales tanto en los rellenos como en la zona de influencia de los mismos, razón por la cual tratarlos es imperativo.

El compostaje es una técnica eficiente y económica para tratar residuos de naturaleza orgánica, excretas de animales, residuos vegetales, residuos agroindustriales y sobras de alimentos, etc., son sustratos comprobados para la producción exitosa de abonos, los microorganismos en presencia de oxígeno se encargan de transformar lo orgánico en inorgánico, se alimentan de los nutrientes presentes y de esta manera contribuyen a la conversión de residuos que cada vez son más abundantes y que la velocidad natural de degradación no abastecen.

Eisenia foetida conocida vulgarmente como lombriz roja o californiana, es una clase de lombriz ampliamente usada en lombricultura, muchos estudios demuestran su efectividad y eficiencia para convertir casi cualquier tipo de desecho orgánico en un producto final conocido de forma general como lombricompost utilizado en la agricultura. (Durán, 2009)

Técnicamente, la lombriz roja puede adaptarse a cualquier medio que le brinde las condiciones ambientales óptimas para su desarrollo, un adecuado: pH, humedad,

temperatura, nutrientes, ausencia de luz, son variables que garantizarían su adaptación a un medio atípico para ellas. Signos claros de adaptación de la lombriz a un medio son: su crecimiento sostenido, capacidad de reproducción, aparición de capullos y presencia de nuevas descendientes, a más de su coloración característica y cambios en la consistencia de los sustratos por la actividad de los organismos en el medio.

El vermicompostaje también es una técnica que transforma la materia orgánica presente en el medio en componentes inorgánicos utilizando lombrices las mismas que no sólo consumen la carga orgánica, sino que eliminan los patógenos y reducen la presencia de metales pesados dando como producto final un compost con grandes cualidades para ser usado en el agro para enmendar suelos. (Durán & Henríquez, 2007)

Este proceso es posible gracias a las muchas virtudes de estos pequeños habitantes de los suelos, se trata de anélidos oligoquetos con un apetito voraz, capaces de consumir el equivalente a su peso en una sola jornada de alimentación, pero, así como ingiere, también produce una importante cantidad de excretas conocidas como humus de lombriz.

Este humus tan rico y abundante puede devolver la fertilidad a los suelos empobrecidos y sobreexplotados, la velocidad de su reproducción, características físicas, esperanza de vida, dependen directamente de la clase a la que pertenecen. De manera general se consideran longevas y adaptables siempre y cuando las condiciones ambientales favorezcan su desarrollo: la temperatura, humedad y pH del medio son importantes.

Las características de los lodos de lixiviación coinciden con las exigencias de las lombrices en el sentido de que le brindan la humedad y carga orgánica (nutrientes) que posibilitan su vida, en los ecosistemas naturales cuando un organismo encuentra esa disponibilidad de factores se adapta y coloniza ese medio.

Partiendo de esas premisas, es lógico suponer que la lombriz roja, una de las más difundidas, utilizadas y reproducidas en cautiverio tenga una oportunidad para adaptarse a un sustrato extremo, tratando de mejorar las características iniciales de los lodos de lixiviación para que sean más parecidos a lo que normalmente sirve como hogar de *Eisenia foetida*.

Metodología.

Para la evaluación de la adaptación de la lombriz roja a lodos de lixiviación se realizaron una serie de ensayos y pruebas, en primer lugar, se procedió al cultivo y adaptación de los ejemplares en el sustrato escogido para posteriormente pasar a la etapa de experimentación por un período de 60 días.

Diseño del experimento

Se utilizaron como unidades experimentales cubetas de plástico de 5 litros de capacidad, con pequeñas perforaciones en hileras tanto a los lados como en el fondo de cada recipiente para facilitar la aireación, se agregó 2 kg de sustrato.

Se usó como sustrato: lodo de lixiviación (L₁₀₀); una mezcla de lodo de lixiviación más serrín en una proporción de 50/50 (L₅₀+S₅₀); y una mezcla de lodo de lixiviación más serrín en una proporción de 25/75 (L₂₅+S₇₅). El serrín tiene la capacidad de aligerar la densidad del lodo de lixiviación y mejorar las condiciones de aireación al aumentar los espacios porosos de la mezcla sin modificar la fuente nutricional de las lombrices localizada sobre todo en el lodo de lixiviación y su carga orgánica original.

En cada unidad experimental se añadieron dos cantidades diferentes de masa de lombrices: 50 g y 100 g respectivamente, tomando en cuenta que la masa de cada individuo adulto tiene alrededor de 1,0 g.

Se combinaron entonces tres sustratos, dos masas de lombrices y se realizaron tres repeticiones para cada combinación, dando 21 unidades experimentales (3x2x3=18), a las que se sumaron 12 unidades experimentales testigo, una por cada sustrato usado y un adicional con tierra de jardín y 100 g de lombrices, con sus respectivas repeticiones, dando un total de 30 unidades experimentales cubiertas con mallas plásticas para impedir la movilidad de las lombrices hacia afuera de los recipientes, mismos que se colocaron a 30 cm del piso en tarimas de madera.

Durante 60 días se mantuvo bajo control la temperatura y humedad del laboratorio donde se alojaron las unidades experimentales, y se registró cada dos días la temperatura de los lodos de lixiviación en cada unidad experimental, de igual manera se tomó nota de los cambios físicos observados.

SUSTRATO	LOMBRICES	REPETICIONES	COMBINACIONES
(S1) Lodo de lixiviación (100%) (L ₁₀₀)	(L1) 50 g	R1	S1L1R1
		R2	S1L1R2
		R3	S1L1R3
	(L2) 100 g	R1	S1L2R1
		R2	S1L2R2
		R3	S1L2R3
(S2) Lodo de lixiviación + serrín (50%-50%) (L ₅₀ +S ₅₀)	(L1) 50 g	R1	S2L1R1
		R2	S2L1R2
		R3	S2L1R3
	(L2) 100 g	R1	S2L2R1
		R2	S2L2R2
		R3	S2L2R3
(S3) Lodo de lixiviación + serrín (25%-75%) (L ₂₅ +S ₇₅)	(L1) 50 g	R1	S3L1R1
		R2	S3L1R2
		R3	S3L1R3
	(L2) 100 g	R1	S3L2R1
		R2	S3L2R2
		R3	S3L2R3

Tabla 1. Combinaciones experimentales, muestras de sustratos.

Fuente: Elaboración propia.

TESTIGOS	REPETICIONES	COMBINACIONES
α_1	r_1	$\alpha_1 r_1$
	r_2	$\alpha_1 r_2$
	r_3	$\alpha_1 r_3$
α_2	r_1	$\alpha_2 r_1$
	r_2	$\alpha_2 r_2$
	r_3	$\alpha_2 r_3$
α_3	r_1	$\alpha_3 r_1$
	r_2	$\alpha_3 r_2$
	r_3	$\alpha_3 r_3$
α_4	r_1	$\alpha_4 r_1$
	r_2	$\alpha_4 r_2$
	r_3	$\alpha_4 r_3$

α_1 =Lodo de lixiviación; α_2 =Lodo de lixiviación (50%) + serrín (50%); α_3 = Lodo de lixiviación (25%) + serrín (75%); α_4 =Tierra de jardín + lombrices (100 g)

Tabla 2. Combinaciones experimentales, muestras testigo.

Fuente: Elaboración propia.

Pruebas aplicadas

Se midió el pH, materia orgánica, humedad, conductividad y ciertos nutrientes en las unidades experimentales y en los testigos, en tres momentos del período experimental: al inicio (día 0) a la mitad (30 días) y al finalizar el experimento (60 días). También se incluyeron pruebas de actividad biológica para la determinación de biomasa de lombrices. La siguiente tabla muestra las técnicas utilizadas en los ensayos.

PARÁMETRO	MÉTODO	EQUIPO
pH	Electrométrico	pH-metro METTLER TOLEDO
Conductividad	Conductométrico	Conductímetro PCE-CM 41
Humedad (%)	Termogravimétrico	Balanza Analítica
*Sólidos volátiles (%) Materia orgánica (%)	Gravimétrico	Balanza Analítica
Amonio (mg/g)	91315 Ins-TEST	Quantofix
Fosfatos (mg/g)	3021 G-LaMotte	Quantofix
Nitratos (mg/g)	2996 Ins-TEST	Quantofix
Peso lombrices (g)	Pesaje	Balanza Analítica

*Sólidos Volátiles es equivalente a Materia orgánica. (Camiletti 2016, Navarro 1993)

Tabla 3. Pruebas aplicadas en las muestras de sustratos y testigos.

Fuente: Elaboración propia.

Resultados.

El valor promedio de la temperatura fue de $(17,4 \pm 2)$ °C, medidas directamente en las unidades experimentales. Este se encuentra dentro del rango recomendado para el crecimiento de las lombrices rojas.

Los valores de pH medidos a lo largo de la experimentación evidenciaron una pequeña acidificación generalizada sobre todo en aquellos tratamientos con porcentajes altos de aserrín, mientras que en los tratamientos utilizados como testigos la variación del pH fue menor. De acuerdo a (Fornes et al., 2012) y (Lanfranconi et al., 2020), era de esperarse ya que el proceso de vermicompostaje incrementa levemente la acidez del medio.

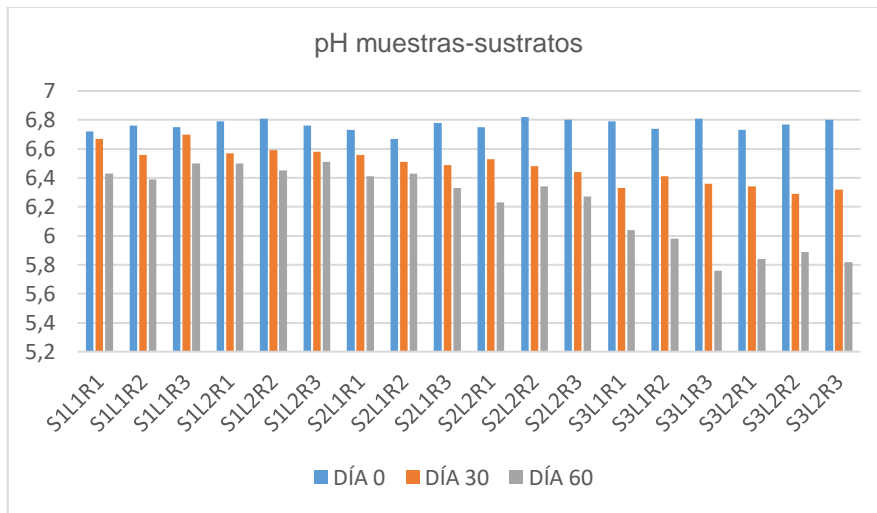


Gráfico 1. Valores de pH medidos en tratamientos durante la experimentación. **Fuente:** Elaboración propia.

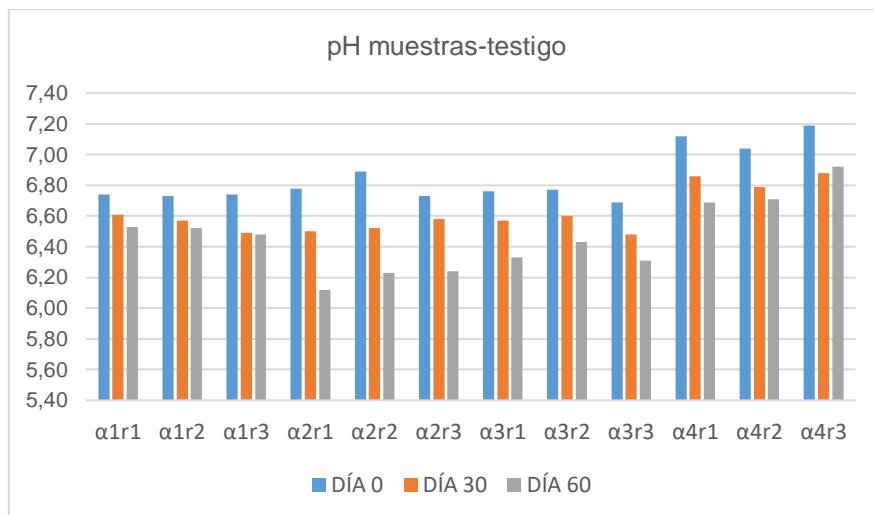


Gráfico 2. Valores de pH medidos en testigos durante la experimentación. **Fuente:** Elaboración propia.

Los testigos α_{4r1}, α_{4r2}, α_{4r3} muestran valores de pH más cercanos a la neutralidad ya que se trata de tierra de jardín y no de lodos de lixiviación como en los otros casos.

Los valores de conductividad eléctrica medidos durante la experimentación evidencian que las muestras de sustrato incrementaron de manera importante sus valores sobre todo en las muestras que contenían solamente lodo de lixiviación como sustrato con 60 días de ensayo, y bajaban conforme la cantidad de aserrín aumentaba en las combinaciones experimentales.

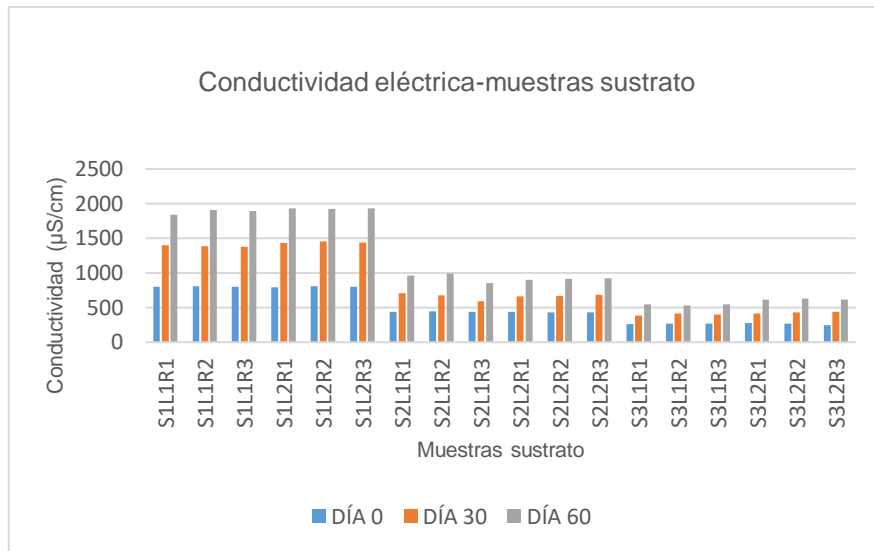


Gráfico 3. Valores de conductividad eléctrica en sustratos durante la experimentación.
Fuente: Elaboración propia.

En los testigos se verificó que sólo influía en los valores de conductividad el porcentaje de aserrín ya que en función del tiempo los valores variaban escasamente.

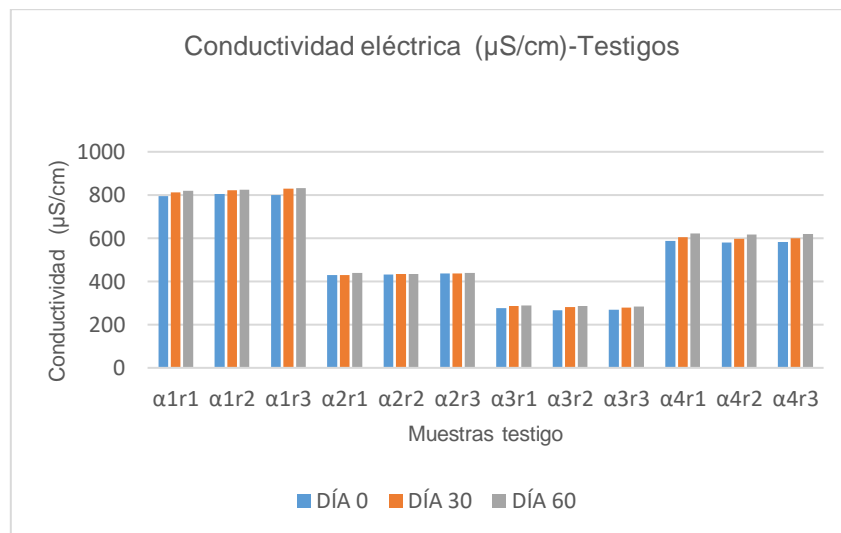


Gráfico 4. Valores de conductividad eléctrica en muestras testigo durante la experimentación.
Fuente: Elaboración propia.

El contenido de humedad de las muestras ensayadas disminuyó paulatinamente debido principalmente a que ciertas unidades experimentales desde el inicio fueron combinadas con aserrín un material absorbente, a más de eso el experimento se extendió por 60 días

tiempo en el que la perdida de agua por evaporación es evidente, aunque se trató de mantener niveles estables de humedad en el laboratorio.

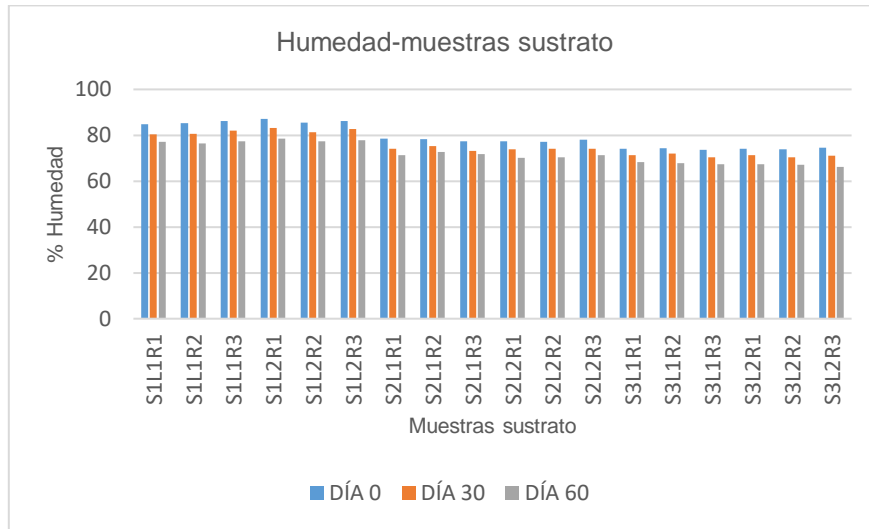


Gráfico 5. Valores de % humedad en muestras sustrato durante la experimentación.
Fuente: Elaboración propia.

En todos los resultados anteriores el porcentaje de humedad determinado garantizan la vida de las lombrices. (Arellano, 2007)

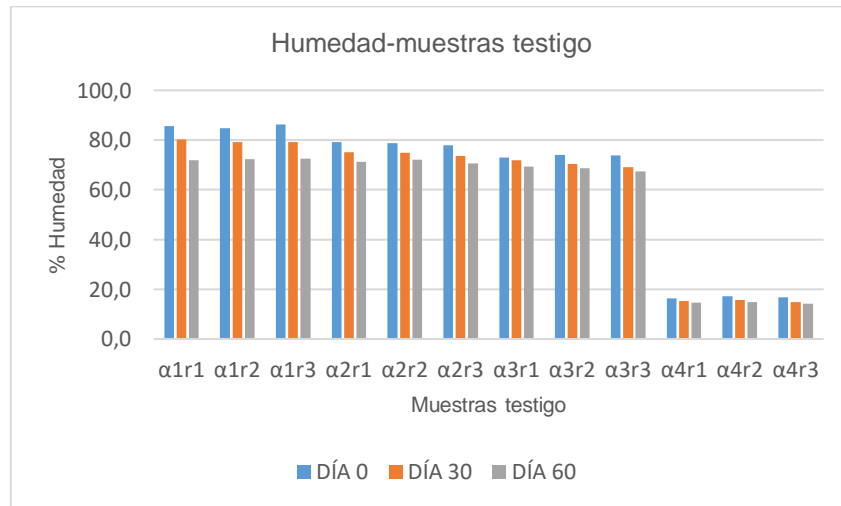


Gráfico 6. Valores de % humedad en muestras testigo durante la experimentación.
Fuente: Elaboración propia.

Los testigos α4r1, α4r2, α4r3, muestran humedades diferentes ya que no se trata de lodos sino de tierra de jardín con menor contenido de humedad, sin embargo, la perdida de humedad también es evidenciada debido al paso de los días sin riego.

El porcentaje de materia orgánica es claramente mayor en aquellas muestras con mayor contenido de serrín, se observa también una disminución leve pero constante de materia orgánica conforme pasan los días de la experimentación, se evidencia que el contenido

de biomasa de lombrices también incrementa a cantidad de materia orgánica debido a su fisiología. (Fornes et al., 2012)

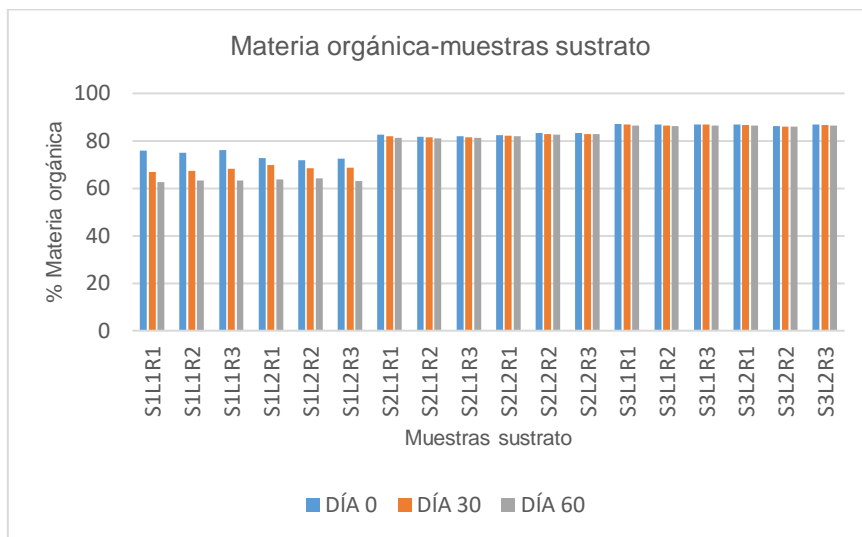


Gráfico 7. Valores de % materia orgánica en muestras sustrato durante la experimentación.
Fuente: Elaboración propia.

Las muestras testigo tienen una mayor presencia de materia orgánica independientemente de la biomasa de lombrices ya que en este grupo de ensayos no se agregaron dichos organismos.

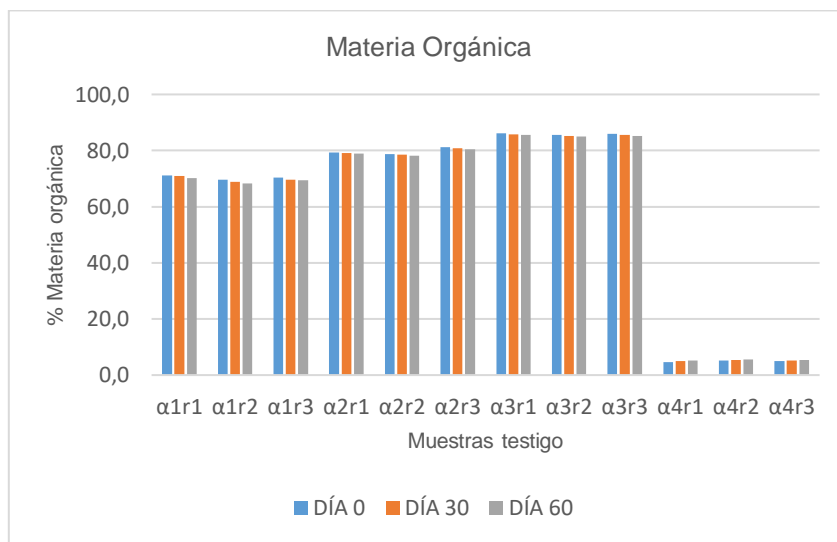


Gráfico 8. Valores de % materia orgánica en muestras testigo durante la experimentación.
Fuente: Elaboración propia.

Los testigos α4r1, α4r2, α4r3, muestran incremento de materia orgánica a pesar de tratarse de tierra de jardín. En todos los casos se verifica el consumo de materia orgánica como fuente nutricional primaria.

El contenido de nitratos de cada muestra ensayada en todos los casos aumentó en función del tiempo de experimentación obteniéndose valores máximos a los 60 días. Se midió

también nitritos y amonio para los mismos intervalos de tiempo experimental y no se obtuvieron cantidades detectables por el equipo, razón por la cual no se reportan.

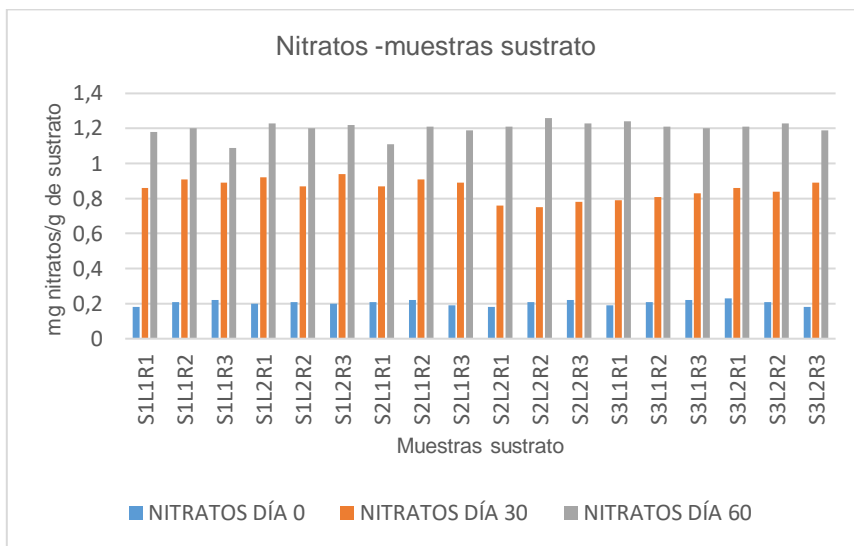


Gráfico 9. Valores de contenido de nitratos en muestras sustrato durante la experimentación. **Fuente:** Elaboración propia.

El contenido de fosfatos de cada muestra ensayada en todos los casos aumentó en función del tiempo de experimentación obteniéndose valores máximos a los 60 días.

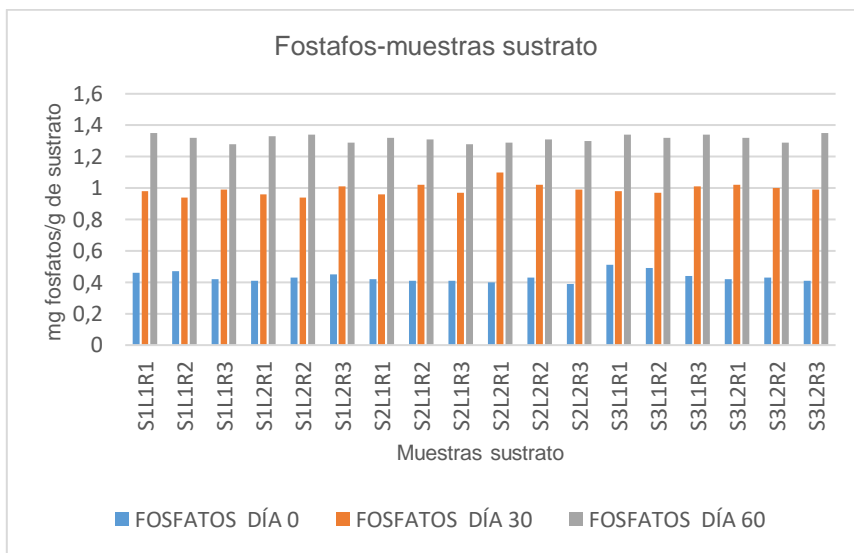


Gráfico 10. Valores de contenido de nitratos en muestras sustrato durante la experimentación. **Fuente:** Elaboración propia.

En las dos gráficas anteriores (9-10) se verifica la coincidencia con lo manifestado por Saavedra en el año 2007, el proceso de mineralización es una manifestación clara de compostaje. Lo propio fue manifestado por (Lanfranconi et al., 2020)

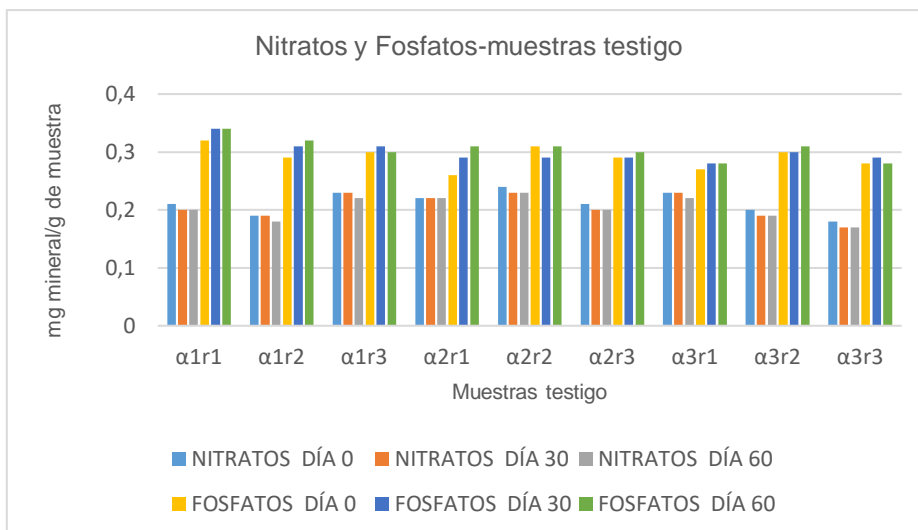


Gráfico 11. Valores de nitratos y fosfatos en muestras testigo durante la experimentación.
Fuente: Elaboración propia.

Dado que en las muestras utilizadas como testigo no se agregaron lombrices rojas los resultados evidencian que el contenido de fosfatos y nitratos se mantiene casi invariable durante los 60 días de experimentación. Nitritos y amonio no fueron detectados para los mismos días de la experimentación.

Parámetros biológicos

La lombriz roja aceptó el sustrato de lodo de lixiviación al 100% y los sustratos combinados con serrín, en el proceso de cultivo y adaptación se observó que rápidamente los organismos se introducían en los sustratos y los colonizaban, el alto contenido de humedad inicial y la alta carga de materia orgánica garantizaron un hábitat adecuado para *Eisenia foetida*.

La consistencia compacta del lodo inicial poco a poco se volvía agrietada y floja conforme pasaban los días, símbolo de una adaptación efectiva, paulatinamente también desaparecía los olores desagradables del lodo. Ambas situaciones se verificaron al contrastar con las muestras testigo.

En las muestras experimentales se determinó el peso durante los ensayos y se muestran en la gráfica siguiente:

ENSAYO (PROMEDIO)	PESO (g)		
	DÍA 0	DÍA 30	DÍA 60
S1L1R1	0,322	0,664	0,921
S1L2R1	0,322	0,672	0,801
S2L1R1	0,322	0,521	0,712
S2L2R1	0,322	0,517	0,722
S3L1R1	0,322	0,416	0,504
S3L2R1	0,322	0,421	0,482

Tabla 4. Pesos de lombriz roja, muestras sustrato
Fuente: Elaboración propia.

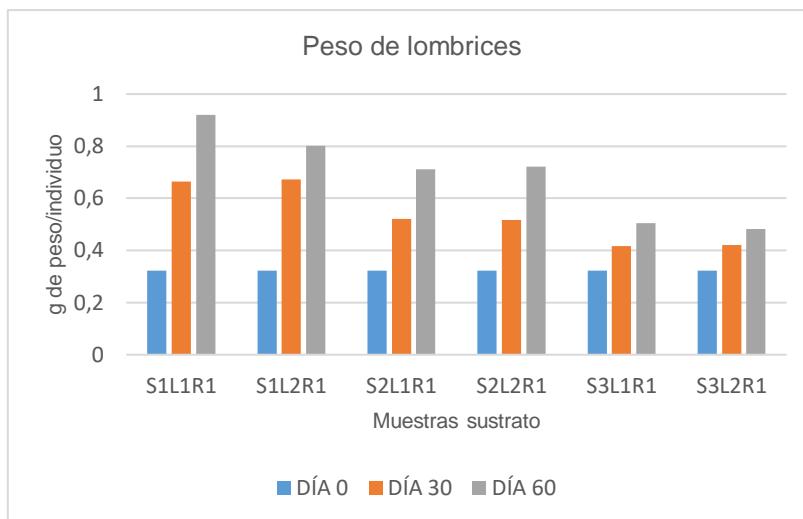


Gráfico 12. Valores de peso de lombrices en muestras sustrato durante la experimentación.
Fuente: Elaboración propia.

El aumento de peso en todos los casos indica que no solo las lombrices se adaptaron al medio, sino que tuvieron las condiciones propicias para su desarrollo, en algunos casos el incremento de peso fue del doble y el triple en comparación con el peso inicial, sobre todo en aquellas muestras de 100% lodo de lixiviación.

PESO (g)			
ENSAYO (PROMEDIO)	DÍA 0	DÍA 30	DÍA 60
α_4	0,322	0,485	0,527

Tabla 5. Pesos de lombriz roja, muestras testigo.
Fuente: Elaboración propia.

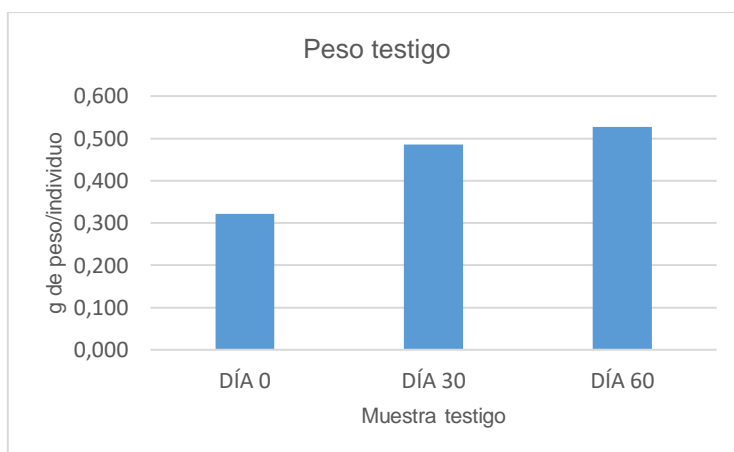


Gráfico 13. Valores de peso de lombrices en muestras testigo durante la experimentación.
Fuente: Elaboración propia.

El testigo que contenía tierra de jardín también fue bueno para el desarrollo de las lombrices sin embargo el crecimiento se detuvo o retardó en los últimos días de la

experimentación, ya que en este caso no se agregaron nutrientes adicionales, el aumento de peso de las lombrices no fue tan representativo como en las muestras sustratos.

Conclusiones.

- Se verificó que *Eisenia foetida*, especie de lombriz utilizada en los ensayos experimentales respondió positivamente, adaptándose al sustrato constituido por lodos de lixiviación procedentes de un relleno sanitario, de igual manera al sustrato de mezcla de lodo de lixiviación más serrín, al final de la etapa experimental el incremento de peso de las lombrices en función del tiempo es sostenido en todas las unidades experimentales.
- Se evidenció también que el sustrato utilizado garantizó el desarrollo de la especie incluida su función reproductiva, ya que pudo observarse la presencia de capullos y nuevas lombrices nacidas en las unidades experimentales.
- Los ensayos de adaptación determinaron la viabilidad del uso de la lombriz roja en procesos de vermicompostaje ya que el medio garantiza el desarrollo efectivo de la misma, las características de la especie garantizan a ausencia de enfermedades y patógenos indicadores importantes que garantizarían la producción de un compost capaz de ser utilizado en la enmienda de suelos.

Referencias bibliográficas.

- ÁLVAREZ, A. "Tratamiento biológico del lixiviado generado en relleno sanitario "El Guayabal" de la ciudad de San José de Cúcuta. Barranquilla, B - Universidad del Norte" [en línea], 2014. [Consulta: 04 junio 2021]. Disponible en <https://elibro.net/es/ereader/epoch/96640?page=3>.
- ARRELLANO O. (2007) *Vermicomposteo de lodos residuales derivados de la compañía Cooper Standard Automotive*. Torreón, Mx. 28.
- CONTRERAS, A; SUÁREZ, G., "Tratamiento biológico del lixiviado generado en el relleno sanitario EL GUAYABAL en la ciudad San Jose de Cucuta." *Redalyc* [en línea], 2011, (Colombia), 35 (3), pp.1-3. [Consulta: 24 mayo 2021]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/852/85202007.pdf>
- COLLANTES, H. "Diseño y operación de rellenos sanitarios" [En línea]. 4ª ed. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2013. [Consulta: 17 mayo 2021]. Disponible en: <http://www.librosyeditores.com/tiendalemoine/ingenieria/3138-diseno-operacion-rellenos-sanitarios-4a-edicion--9789588726120.html>
- DURÁN L. y HENRIQUEZ C. (2007). Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 31(1): 41-51.

- DURÁN, L. (2009) “Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos” *Agronomía Costarricense* 33(2): 275-281. ISSN:0377-9424
- FORNES F., MENDOZA - HERNÁNDEZ D., GARCÍA DE LA FUENTE R., ABAD M., BELDA R. M. (2012). Composting versus vermicomposting: a comparative study of organic matter evolution through straight and combined processes. *Bioresource technology*, 118, 296-305.
- LANFRANCONI A., *et al.*, 2020. “Vermicompostaje como alternativa para la valorización de lodos deshidratados de la planta de tratamiento de lixiviados Felipe Cardoso” ISPET.
- MALDONADO, J., RODRÍGUEZ, CH., JARSON, A., & CAJIAO, A. “Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios en filtros anaerobios de flujo ascendente de dos fases (DI – FAFS)”. *Revista INGENIERÍA UC*. [en línea], 2017. 24(1). 91-104. [Consulta: 01 junio 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/707/70750544011.pdf>
- MEJIA, C., & TORRES, D. “Tendencias tecnológicas de depuración de lixiviados en rellenos sanitarios iberoamericanos”. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*. [en línea], 2018. (Colombia). 18(35), pp. 125-147 [Consulta: 02 de junio 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.22395/riium.v18n35a8>
- TORRES, P., BARBA-HO, L., OJEDA, C., MARTÍNEZ, J., CASTAÑO, Y. “Influencia de la edad de lixiviados sobre su composición fisicoquímica y su potencial de toxicidad”. *U.D.C.A Act. & Div. Cient.* [en línea], 2014. 17(1), pp. 245-255. [Consulta: 03 junio 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v17n1/v17n1a27.pdf>
- SAAVEDRA M. 2007. Biodegradación de alperujo utilizando hongos de género *Pleurotus* y anélidos de la especie *Eisenia foetida*. Tesis Doctoral de la Universidad de Granada. Instituto de biotecnología.

PARA CITAR EL ARTÍCULO INDEXADO.

González García, J. C., & Godoy Ponce, S. C. (2021). Evaluación de la adaptación de la lombriz roja «Eisenia foetida» a lodos de lixiviación de un relleno sanitario con perspectivas a su utilización en procesos de vermicompostaje. *ConcienciaDigital*, 4(3.1), 6-22. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v4i3.1.1808>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.

