

Efecto de lixiviados de plantas de tratamiento de residuos sólidos en la producción de plantones de *Cedrela sp.*

Effect of leachates from solid waste treatment plants on the production of *Cedrela sp.*

¹Llallico Manzanedo Fortunata Judith*, ¹Marcelo Oyague Carlos Faustino, ¹Rojas Castillo Yovana Kattia, Lozano García Betzaida

¹Facultad Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP), Huancayo-Perú. Instituto de General de Ciencias Agrarias. Departamento, Facultad, Universidad, Provincia-País.

*Autor corresponsal: filallico@uncp.edu.pe

RESUMEN

El estudio desarrollado en el laboratorio y vivero de la Facultad de Ciencias Agrarias, donde se evaluó las características y el efecto de los lixiviados procedentes de las plantas de tratamiento de residuos sólidos en la producción de plántulas de *Cedrela sp.* Los lixiviados provinieron de las plantas de tratamiento de residuos sólidos de los distritos de Pangoa y Satipo. Se consideró tres lixiviados: Lixiviado de compost Satipo, lixiviado de compost Pangoa y lixiviado de residuos sólidos Satipo; y dos diluciones de 50 y 100%, previamente tratados bajo el sistema de biorreactor anaerobio para mejorar sus propiedades y uso como biofertilizante. Del lixiviado y sustrato se evaluaron: pH, conductividad eléctrica, fósforo, potasio, calcio y magnesio. Los tratamientos fueron aplicados en plantones de *Cedrela sp.*; se evaluó el efecto de la aplicación en la planta como altura, diámetro de tallo, mortandad, número y peso de hojas. La investigación fue de tipo descriptivo y experimental, nivel aplicativo. La población fue constituida por 360 plantas, 20 plantas por unidad experimental; obteniéndose como resultado que hubo diferencias significativas entre los tratamientos para las variables de mortandad, crecimiento, diámetro de tallo y peso de hojas, para el número de hojas se encontraron valores inferiores en el tratamiento de lixiviado de residuos sólidos. El lixiviado aplicado al suelo, influye en el pH, la salinidad, el contenido de fósforo, potasio, calcio y magnesio, sin embargo, diluido, la influencia se exceptúa en el pH y la salinidad.

Palabras clave: lixiviados, compostera, residuos sólidos, tratamiento, compost

ABSTRACT

The study developed in the laboratory and nursery of the Faculty of Agricultural Sciences, where the characteristics and effect of leachates from solid waste treatment plants were evaluated in the production of seedlings of *Cedrela sp.* The leachate came from the solid waste treatment plants in the districts of Pangoa and Satipo. Three leachates were considered: Satipo compost leachate, Pangoa compost leachate and Satipo solid waste leachate; and two dilutions of 50 and 100%, previously treated under the anaerobic bioreactor system to improve its properties and use as a biofertilizer. The leachate and substrate were evaluated: pH, electrical conductivity, phosphorus, potassium, calcium and magnesium. The treatments were applied to seedlings of *Cedrela sp.*; The effect of the application on the plant was evaluated, such as height, stem diameter, mortality, number and weight of leaves. The research was descriptive and experimental, application level. The population consisted of 360 plants, 20 plants per experimental unit; obtaining as a result that there were significant differences between the treatments for the variables of mortality, growth, stem diameter and leaf weight, for the number of leaves lower values were found in the solid waste leaching treatment. The leachate applied to the soil influences the pH, salinity, the content of phosphorus, potassium, calcium and magnesium, however diluted, the influence is excepted in the pH and salinity.

Keywords: leachate, compost, solid waste, treatment, compost.

ISSN N° 2708-9843

Recibido: 26 de octubre 2022

Aceptado para su publicación: 18 de diciembre 2022

INTRODUCCIÓN

La provincia de Satipo, se encuentra en una zona tropical lluviosa, entre los meses de octubre y marzo, estas precipitaciones son intensas y afectan a las plantas de tratamiento de residuos sólidos, produciendo un lavado intenso del compost producido, el resultado es la generación de grandes volúmenes de lixiviados, los que son arrastrados por la corriente y depositados en zonas aledañas, causando la contaminación de suelos y aguas. Estas condiciones hacen que presenten problemas de disposición y manejo de lixiviados, constituyéndose en focos de contaminación, y agente contaminante del suelo y agua, por tanto, afecta la salud de las personas (Coloma & Alcivar, 2021). Al respecto Espinosa et. al, (2010), refieren que, las plantas de tratamiento de residuos sólidos, en los países en vías de desarrollo, adolecen de un sistema de gestión, esto debido a la falta o insuficiencia de estudios referente a la composición química de los residuos, los gases que emanan y los lixiviados que generan.

Los lixiviados generados en las plantas de tratamiento de residuos sólidos, son residuos contaminantes de las aguas subterráneas, aguas superficiales y suelos; presentan amoníaco y sulfatos, perjudiciales para el ambiente (Román et al. 2013), citado por Suaro (2022). Los lixiviados que se encuentran en la superficie, son arrastrados por la lluvia y se infiltran en el suelo, contaminando áreas aledañas al vertedero o relleno (Coloma & Alcivar, 2021).

Con el fin de evitar la contaminación, los rellenos sanitarios se impermeabilizan, se drenan apropiadamente, donde el lixiviado recolectado debe ser tratado (Giraldo, 2001). A fin de reducir el riesgo de contaminación, los lixiviados deben ser reutilizados a través de la producción de biofertilizante que podría ser utilizado en cultivos (Cruz & Hernández, 2014).

Según Giraldo (2001), los lixiviados son considerados como un contaminante porque tienen alto contenido de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, mientras que Cruz y

Hernández (2014) al describir las características físico química del lixiviado, indica que presenta gran cantidad de materia orgánica de fácil degradación, conteniendo altos valores de nutrientes, la que posibilita su uso como biofertilizante líquido. Así mismo, Aguilar et. al (1999), reporta que, la aplicación de lixiviados al suelo, permite aprovechar elementos como la materia orgánica y los nutrientes, que son beneficiosos para la agricultura.

Debido al alto contenido de material orgánico presente en el lixiviado, el cual produce impacto negativo en los ríos, debe ser tratado. El tratamiento usual es la degradación anaerobia, la que permite disminuir la materia orgánica, la que se biodegrada, y se liberan los nutrientes que eran parte estructural de la materia orgánica. En este sentido Cruz y Hernández (2014), afirma que, para el uso de los lixiviados como fertilizante es necesario realizar un previo tratamiento, para lograr efectividad en el desarrollo de las plantas, tal como evidenció al aplicar los lixiviados a tres especies de plantas, sometidos a diferentes tratamientos a fin de degradar la materia orgánica bajo condiciones anaeróbicas, de igual manera Moscoso y Vintinilla (2010) mencionan que el tratamiento anaerobio elimina patógenos y malos olores.

Considerando esta información se hace necesario, el tratamiento previo (biodigestión) de los lixiviados, la que debe ser caracterizada, para luego ser aplicada al suelo y evaluar la efectividad del uso de los lixiviados en la producción de plantones de *Cedrela sp.*, y de esta manera dar el valor y contribuir en su eliminación a través de la reutilización, se planteó como objetivo general, evaluar las características y el efecto de los lixiviados procedentes de las plantas de residuos sólidos de la provincia de Satipo, en la producción de plántulas de *Cedrela sp.*, y como objetivos específicos; determinar las características químicas de los lixiviados procedentes de las plantas de residuos sólidos, determinar el efecto de lixiviados y diluciones en el suelo, y

determinar el efecto de lixiviados y diluciones en el crecimiento de plántulas de *Cedrela sp.*

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en el laboratorio y vivero de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNCP; distrito de Río Negro, provincia de Satipo, departamento Junín, perteneciente a la zona de vida bosque húmedo Premontano Tropical (bHPMT) según el mapa ecológico (INRENA 2000) a una altitud de 634 msnm, ubicándose geográficamente en las coordenadas 8762632 m N, 541 959 m E.

El método para la caracterización de los lixiviados fue el descriptivo y para la evaluación del efecto del uso de lixiviados en plantas de *Cedrela sp.* el método experimental, de tipo aplicado y nivel explicativo, con una población de 360 plantas, 20 plantas por unidad experimental, 03 tratamientos: lixiviado de compost Satipo, lixiviado de compost Pangoa y lixiviado de residuos sólidos Satipo, con 03 repeticiones, con arreglo factorial 2x3 (2 dilutores y 3 lixiviados), siendo la dilución de 50% y 100%; la muestra constituida por 10 plantas por cada unidad experimental. El experimento se inició con la construcción de camas de repique utilizando malla rashel, entre los materiales e insumos se utilizaron, listones de madera, clavos, tablas de madera; herramientas de vivero, cámara fotográfica, plántulas de *Cedrela*

sp., lixiviado de las plantas de tratamiento de residuos sólidos de la provincia de Satipo.

Las plántulas de *Cedrela sp.*, fueron obtenidas del vivero municipal del distrito de Río Negro ubicado en el distrito de Satipo, provincia Satipo, con una altura promedio de 13 cm y la presencia de yema terminal.

Previamente estos lixiviados fueron tratados bajo el sistema de bioreactor anaerobio a fin de mejorar sus propiedades e incrementar la posibilidad de uso como biofertilizante líquido, la caracterización se realizó en laboratorio. Se aplicó el lixiviado diluido en una proporción de 50% y 100%, con una dosis de 50 ml/planta.

Las variables evaluadas fueron altura de plantas en cm desde la base hasta el ápice del tallo, diámetro de tallo, mortandad, número y peso de hojas; realizando tres evaluaciones cada 30 días de la fertilización.

El sustrato utilizado en el experimento, presenta un pH de 7.47, CE 0.06 mS/cm, fósforo 37.35 ppm, potasio 319 ppm, calcio 3.75 me/100g y magnesio 1,10 me/100g, por lo que se considera un sustrato con un nivel de fertilidad alto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características químicas de los lixiviados

Al comparar la acción de los lixiviados en el suelo, los lixiviados de compost de Satipo, generan una mayor acidez, la cual, está relacionada con el menor pH (3.34) que presenta el lixiviado de Satipo. Si bien el lixiviado de compost de Pangoa presenta un pH de 4.9, este no influye significativamente en el pH del suelo (7.19), al compararlo con el lixiviado de compost de Satipo, esto se puede atribuir a la capacidad buffer del sustrato. El lixiviado de residuos de Satipo es el que tiene el mayor pH (6.46) y disminuye el pH del sustrato hasta 7.21, considerando que el pH del sustrato utilizado (testigo) es de 7.47.

Comparando las conductividades eléctricas (CE) de los lixiviados, existe una correlación con el

incremento de las CE de los sustratos, el lixiviado de residuos sólidos de Satipo tiene el mayor valor (54.05 dS.m⁻¹) e incrementa la CE del sustrato de 0.06 dS.m⁻¹ que tiene el testigo, hasta 54.05 dS.m⁻¹, el cual muestra diferencia con los sustratos a los que se aplicó lixiviado de compost de Pangoa y Satipo, que presentan 0.28 y 0.24 dS.m⁻¹), entre ellos también existe diferencia, debido a que el lixiviado de Pangoa tiene 33.45 dS.m⁻¹, mientras que el lixiviado de Satipo tiene una CE de 15.75 dS.m⁻¹.

El contenido de fósforo extractable es significativamente mayor en el sustrato a los que se les aplicó lixiviado de compost de Satipo (38.27 ppm), comparados con los sustratos con lixiviados de compost de Pangoa y lixiviados de residuos de Satipo (37.65 y 37.75 ppm), en todos

Efecto de lixiviados de plantas de tratamiento de residuos sólidos en la producción de plantones de Cedrela sp.

los casos superan al contenido de fósforo que presentan los sustratos sin aplicar lixiviados, que tiene 37.35 ppm.

Al aplicar los lixiviados de residuos sólidos de Satipo, se obtiene la mayor concentración de potasio extractable (1728.67 ppm), la cual supera significativamente a lo obtenido cuando se aplica lixiviados de compost de Satipo y Pangoa. En todos los casos se mejora la concentración de potasio extractable que tiene el sustrato sin aplicación de lixiviados (testigo), que presenta 319.0 ppm de potasio.

La variación de concentración de calcio cambiable en el suelo, guarda relación con el calcio de los lixiviados. El lixiviado de compost de Satipo, tiene la menor cantidad de calcio cambiable (0.28 %), así mismo, el sustrato al que se le aplicó tiene la menor concentración (3.62 me.100g⁻¹). De los tres lixiviados, el de residuos sólidos de Satipo, incrementa significativamente la concentración de calcio cambiable, comparándolos con los lixiviados de compost de Satipo y Pangoa.

Respecto al magnesio, la mayor concentración en el sustrato se obtiene al aplicar lixiviado de residuos sólidos de Satipo, el cual muestra diferencia significativa con los lixiviados de compost de Satipo y Pangoa. En el caso del lixiviado de compost de Pangoa presenta una

mayor cantidad de magnesio, pero al aplicarlo al sustrato, la respuesta es menor.

Al aplicar los lixiviados al sustrato, en forma diluida a 50% (razón 1;1), disminuye la concentración del fósforo, potasio, calcio y magnesio en el sustrato, el cambio más notorio es del potasio, debido a que disminuye en un 331 ppm, seguido del fósforo que disminuye en 4.7 ppm. Si comparamos las concentraciones de los lixiviados que varían desde 1.16 a 5.59%, estos producen un incremento notorio del potasio extractable, debido a que se incrementa de 319 ppm que tiene el suelo sin aplicar lixiviados (testigo), a 1342.0 ppm cuando se aplican los lixiviados sin diluir (al 100%).

Los lixiviados de compost de Satipo y Pangoa, presentan el pH más ácido, mayor concentración de fósforo y potasio; mientras que el lixiviado de residuos sólidos, tiene el pH más alto (6.46), la mayor salinidad (CE 54.05 dS.m⁻¹), mayor contenido de nitrógeno, calcio y magnesio. Estos resultados indican que los lixiviados muestra características muy variadas, principalmente porque provienen de diferente material, como son los residuos sin descomponer y residuos descompuestos (compost).

Tabla 1. Características químicas de los lixiviados.

Variables	pH	CE	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio
Lixiviados	unidad	dS/m	%	%	%	%	%
Compost Satipo	3.34	15.75	0.04	0.08	3.29	0.28	0.24
Compost Pangoa	4.9	33.45	0.16	0.09	5.59	0.85	0.44
Residuos Sólidos Satipo	6.46	54.05	0.18	0.04	1.16	0.79	0.44

Características químicas del sustrato, pos aplicación de los lixiviados

Al aplicar biol de lixiviados, influye en el pH, la salinidad, el contenido de fósforo, potasio, calcio y magnesio del suelo, mientras que las aplicaciones de los lixiviados en diferentes diluciones influyen en el fósforo, potasio, calcio y magnesio del suelo. Además, presentan

interacción de los lixiviados y diluciones, en el pH, CE y el fósforo extractable del suelo.

Efecto de la aplicación de los lixiviados en las plantas de Cedrela sp.

Al aplicar biol de lixiviados, influye en el número de hojas de *Cedrela sp*, mientras que la aplicación

de los lixiviados en diferentes diluciones influye en la mortandad, número de hojas, diámetro de tallo y peso de hojas.

El uso de lixiviados influye en el número de hojas, las plantas a las que se aplicó el lixiviado de residuos de Satipo, tiene en la menor cantidad de hojas, y muestra diferencias con las plantas a las que se aplicó los lixiviados de Satipo. Estos resultados están relacionados con la salinidad (CE), que presentan los lixiviados en la que resalta una mayor salinidad en los lixiviados de residuos de Satipo y le corresponde una menor cantidad de hojas.

Las plantas a las que se aplicó los lixiviados diluidos al 50% presentan menor mortandad,

debido principalmente a que disminuye la conductividad eléctrica (salinidad), mientras que al aplicar sin diluir produjo un 63.33% de mortandad, esto debido a que la salinidad afecta negativamente la supervivencia de las plantas. Otro efecto positivo de diluir los lixiviados se observa en la cantidad de hojas que presentan las plantas, aplicar sin diluir (100%), presenta menor número de hojas, debido a que se produjo quemaduras y muerte de hojas basales. Asimismo, las plantas a las que se aplicó el lixiviado diluido (50%) tienen mayor diámetro de tallo, lo que indica que aplicar sin diluir, afecta el crecimiento del tallo de las plantas de *Cedrela sp.*

Tabla 2. Efecto del uso de lixiviados en las características químicas del sustrato.

Variables Lixiviado	pH unidad	CE mS/cm	Fósforo ppm	Potasio ppm	Calcio me/100g	Magnesio me/100g
Compost Satipo	6.94833 b	0.244167 a	38.2667 a	835.00 b	3.62667 b	1.03500 b
Compost Pangoa	7.18833 a	0.279167 b	37.6500 b	966.00 b	3.87500 b	0.93000 b
Residuos Sólidos Satipo	7.21333 a	0.395833 c	37.7500 b	1728.67 a	4.32500 a	1.38833 a
ALS (T _{0.05})	0.074072	0.0139815	0.478831	131.947	0.347051	0.227086

Tabla 3. Efecto del uso de diluciones de lixiviados en las características químicas del sustrato.

Variables Dilución	pH unidad	CE mS/cm	Fósforo ppm	Potasio ppm	Calcio me/100g	Magnesio me/100g
50%	7.11111 a	0.308333 a	35.5556 b	1011.11 b	3.75333 b	1.04000 b
100%	7.12222 a	0.304444 a	40.2222 a	1342.00 a	4.13111 a	1.19556 a
ALS (T _{0.05})	0.0492582	0.0092976	0.318421	87.7442	0.230788	0.151011

Tabla 4. Resumen de los análisis de varianza del efecto del uso de lixiviados y diluciones en plantas de *Cedrela sp.*

Variables Factores	Mortandad Valor-P	Crecimiento Valor-P	Hojas Valor-P	Diámetro de tallo Valor-P	Peso de hojas Valor-P
Lixiviados	0.2621	0.3619	0.0260	0.2248	0.1573
Diluciones	0.0000	0.1273	0.0001	0.0001	0.0000
Lixiviados x diluciones	0.2621	0.8679	0.7286	0.8502	0.0000

Tabla 5. Efecto del uso de lixiviados en plantas de *Cedrela sp.*

Variables Lixiviado	Mortandad %	Crecimiento cm	Hojas unidades	Diámetro de tallo cm	Peso de hojas gramos
Compost Satipo	38.3333 a	17.4833 a	4.86167 a	0.472083 a	1.11667 a
Compost Pangoa	33.3333 a	18.3467 a	4.82000 ab	0.447986 a	1.07403 a
Residuos Sólidos Satipo	33.3333 a	19.0300 a	4.45833 b	0.470389 a	1.01542 a
ALS (T _{0.05})	8.91732	2.78623	0.374421	0.0390884	0.13066

Tabla 6. Efecto del uso de diluciones de lixiviados en las características de plantas de *Cedrela sp.*

Variabes	Mortandad	Crecimiento	Hojas	Diámetro de tallo	Peso de hojas
Dilución	%	cm	unidades	cm	gramos
50%	06.6667 b	18.9833 a	5.02778 a	0.496667 a	0.91333 b
100%	63.3333 a	17.5900 a	4.39889 b	0.430306 b	1.22407 a
ALS (T0.05)	5.92999	1.85283	0.248989	0.0259936	0.0868885

Por otra parte, el crecimiento (altura) de las plantas no se vio afectado debido a que, por efectos de la capacidad de amortiguación del suelo, la salinidad (CE), no llego a niveles perjudiciales.

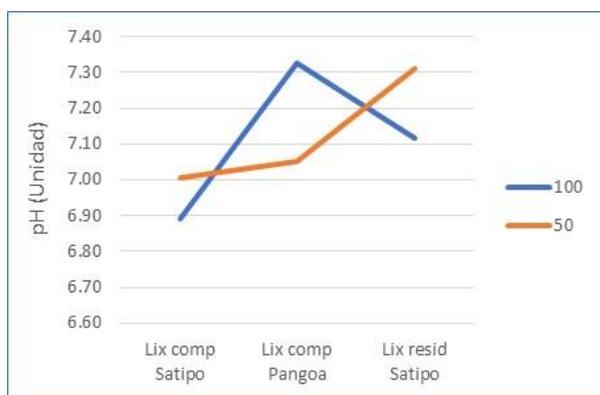


Figura 1. Interacción del efecto de lixiviados y dilución en el pH del sustrato.

La variación del pH en el sustrato, por efecto de la interacción de los lixiviados y las diluciones, es variable, cuando se diluye los lixiviados de compost y lixiviados de residuos de Satipo, el pH se incrementa, pero cuando se diluye los lixiviados de compost de Pangoa ocurre lo contrario, el pH disminuye.

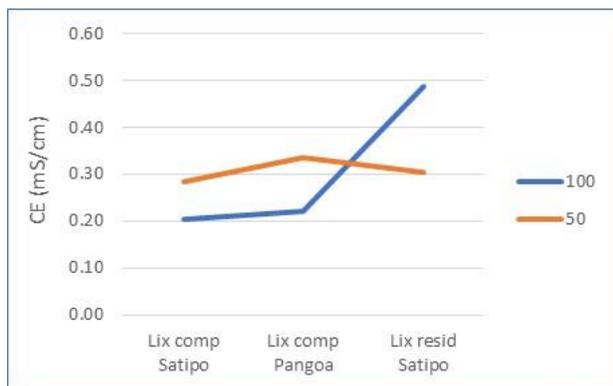


Figura 2. Interacción del efecto de lixiviados y dilución en la conductividad eléctrica del sustrato.

La variación de la conductividad eléctrica (CE) en el sustrato, por efecto de la interacción de los lixiviados y las diluciones, es variable, cuando se diluye los lixiviados de compost de Satipo y Pangoa, la CE se incrementa, pero cuando se diluye los lixiviados de residuos de Satipo ocurre lo contrario, la CE disminuye.

La variación de la concentración de fósforo extractable en el sustrato, por efecto de la interacción de los lixiviados y las diluciones, es variable, cuando se diluye los lixiviados de compost o y lixiviados de residuos de Satipo, el fósforo extractable disminuye de 4 a 1,5 ppm, pero cuando se diluye los lixiviados de compost de Pangoa, la diferencia es mayor a 8 ppm. Si consideramos que el sustrato utilizado es el mismo, esta variación se puede atribuir a las características de los lixiviados. El lixiviado de compost de Pangoa, tiene la mayor cantidad de calcio, la que puede estar afectando a la concentración de fósforo extractable.

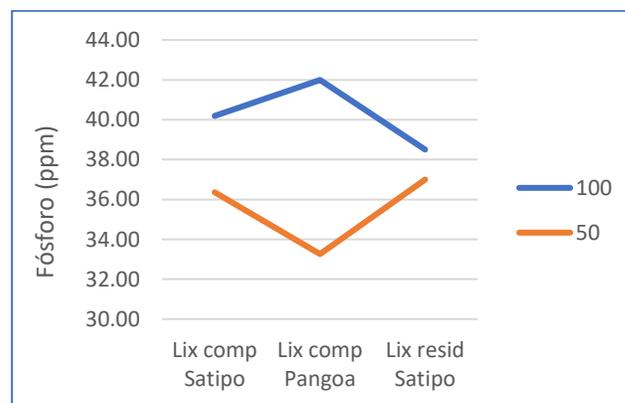


Figura 3. Interacción del efecto de lixiviados y dilución en la disponibilidad de fósforo del sustrato.

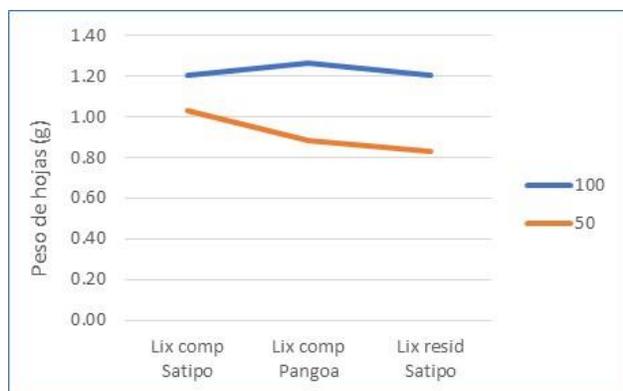


Figura 4. Interacción del efecto de lixiviados y dilución en el peso de hojas de *Cedrela sp.*

Aplicar la dilución al 50% del lixiviado de compost de Pangoa y lixiviado de residuos de Satipo, disminuye el peso de hojas en 0.38 gramos, mientras que al aplicar el lixiviado de compost de Satipo, aplicado al 50% solo disminuye el peso en 0.18 gramos, esta variación está asociada a la menor salinidad ($15.75 \text{ dS}\cdot\text{cm}^{-1}$), que presenta este lixiviado.

La variación del pH de los lixiviados, dependen de la composición del material del cual provienen y de su manejo, varían de 3.34 a 6.46, el más ácido corresponde a lixiviados de residuos descompuestos, mientras que el más alto es de lixiviados de residuos sólidos sin descomponer. Los resultados del análisis químico de los lixiviados, son similares a lo obtenido por Chinga, García, Chirinos, & Mármol (2020), que reporta un contenido de nitrógeno del 0.30 %, fósforo de 0.02 %, potasio de 0.42 %, calcio de 0.14 % y magnesio de 0.08%. Mientras que, Ticante (2016), en la caracterización fisicoquímica de los lixiviados provenientes del relleno sanitario, reporta un pH de 8.5, también Cruz y Hernández (2014), indican que los lixiviados tienen un pH cercano a la neutralidad.

Por su parte Granada y Villán (2015), en el estudio sobre caracterización del lixiviado agroecológico a partir de residuos orgánicos de cultivos determinaron que el pH en lixiviado agroecológico es de 7.67 y lixiviado convencional 7.71, así mismo sobre conductibilidad eléctrica obtuvo valores de 0.4 para el lixiviado agroecológico y 0.17 para el lixiviado

convencional, respecto a fósforo, potasio y calcio para lixiviado agroecológico es de 0.17, 3.29 y 0.42 g/l respectivamente, para el lixiviado convencional: 0.27, 3.37 y 0.62 g/l. Esta variabilidad del pH de los lixiviados, afectan de diferente manera en la disponibilidad de nutrientes (Lutenberg, 2019).

Las características de los lixiviados son muy variables, Pellón et. al (2015), al realizar la evaluación físico-química de los lixiviados generados en el vertedero de Guanabacoa, refieren que esta variabilidad, puede atribuirse a la interacción de muchos factores entre ellos: la composición y edad de los residuos, la disponibilidad de oxígeno y la humedad, el diseño y la operación del vertedero, la tasa de precipitaciones, la hidrología del lugar, la compactación, el diseño de la cobertura, los procedimientos de muestreo y la interacción entre los lixiviados y el medio ambiente; y al evaluarse en dos estaciones una seca y una de lluvia, los resultados del análisis del pH, en ambas estaciones, mostraron una ligera tendencia hacia la basicidad, lo mismo indica Ocampo (2018), quién reportó pH de 7.86 ligeramente alcalino.

Según los resultados de tanto del análisis de los lixiviados y del sustrato al que aplicó los lixiviados, se reporta un efecto acidificante de los lixiviados, sobre los sustratos, estos resultados coinciden con Quintero, Valencia & Lara (2017), quienes reportan la disminución del pH del suelo por efecto de los lixiviados, y atribuyen este efecto a la descomposición de la materia orgánica.

El suelo al que no se le aplicó los lixiviados tiene una CE de $0.06 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, mientras que los suelos, a los que se le aplicó los lixiviados incrementaron su CE a valores de 0.24 y $0.39 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, esto se debe principalmente a la salinidad que presentan los lixiviados. Si bien estos valores se incrementan, no superan el nivel crítico de $4 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ reportados por Lutenberg (2019), por lo que observa crecimiento de las plantas. Si consideramos lo reportado por Pettitt E. (2011), quien, al caracterizar químicamente el suelo y tres mezclas de sustrato, encontró un valor promedio de CE de $3.7 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ para sustratos y $2.6 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ para lixiviados, indicando condiciones de salinidad,

Efecto de lixiviados de plantas de tratamiento de residuos sólidos en la producción de plantones de Cedrela sp.

los lixiviados utilizados en el experimento no generan problemas de salinidad en el suelo.

Las aplicaciones de los lixiviados mejoran la disponibilidad de fósforo y potasio del suelo, y coincide con Aquino y Franco (2020), quienes, al evaluar la remediación con Biochar inoculado con microorganismos eficientes y lixiviados de suelos degradados por el uso de pesticida, encontró que el lixiviado aportó micro y macronutrientes esenciales al suelo: 400.00 mg de N, 1500.70mg de K, 236.05 mg de P, 91.10 mg de Mg y 6.03 mg de Fe, los cuales contribuyen al crecimiento de la planta.

En el experimento se observa que existe variación de los cationes del suelo, asociadas a la concentración de estos elementos en los lixiviados, estos resultados guardan relación con los reportado por Quintero, Valencia & Lara (2017), quienes encontraron un incremento de estos cationes por acción de los lixiviados, esto nos indica que existe un efecto positivo sobre la fertilidad de los suelos al utilizar los lixiviados. Al respecto Chinga, García, Chirinos & Marmol, (2020), califican a los lixiviados como fertilizantes orgánicos.

Los datos muestran que existe un efecto positivo en el número de hojas de la especie *Cedrela sp.*, al aplicar el lixiviado, así como afirma Ocampo (2018) quien refiere que se obtiene buenos resultados al aplicar lixiviado más lombricompost en cultivo de higo, donde evaluaron el número de brotes, altura, diámetro, número de hojas, entre otros; de igual manera Salamanca y Cohecha (2014), afirman que en el cultivo de pepino, utilizando como fertilizante el lixiviado, tuvo buena respuesta, logrando favorecer el rendimiento en la producción con la fertilización de 50% lixiviado y 50% lombricompost, a la vez de ser un tratamiento económicamente más rentable en un 48.1%, comprobando además que el lixiviado es una buena fuente nutricional no genera problema patológico en su aplicación.

El riego de plantas micrófitos (*Schoenoplectus americanus*), en Cuzco, con lixiviados puro, no logró la sobrevivencia de las plantas sin embargo en la disolución de 1:5 (lixiviado a agua potable) o concentración de 16.67%, respondió positivamente logrando el aumento en número de hojas y tallos (Suero, 2022). Estos resultados, coinciden con los datos evaluados en el experimento, la dilución 1:1 (50% del lixiviado y 50% de agua potable) aplicado al sustrato, tiene baja mortandad de plantas y estimula el crecimiento de *Cedrela sp.*

Torres y Millán (2016) al evaluar peso y tamaño de la cabeza de lechuga, ante el tratamiento con lixiviados en dosis de 5cc/l, 10cc/l y 5cc + E.M (microorganismos eficientes), la aplicación de 5 cc/l + E.M. mostró un rendimiento superior en comparación al testigo y los demás, atribuyendo la diferencia a la interacción entre los microorganismos del lixiviado y los microorganismos eficientes del producto comercial, que permite mejor asimilación de nutrientes y además de actuar como repelente frente al ataque de patógenos.

Al aplicar biol de lixiviados, influye en el número de hojas de *Cedrela sp.*, mientras que las aplicaciones de los lixiviados en diferentes diluciones influyen en la mortandad, número de hojas, diámetro de tallo y peso de hojas.

Chinga, García, Chirinos & Marmol, (2020), considera a los lixiviados como fertilizantes líquidos que contribuyen al crecimiento de la planta, pero deben ser diluidos debido a que causan daños en la planta. Estos daños se ven reflejados en quemaduras en las hojas y mortandad en las plantas, en el experimento se produjo hasta el 63.33 % de mortandad, al respecto Lutenberg (2019), indica que la salinidad afecta los iones en el tejido de las plantas y provoca toxicidad, por ello, disminuye el número de hojas por quemaduras. Cuando se aplicaron diluidas 1:1 (50%), se redujo la mortandad al 6.67 % y disminuyó las hojas con quemaduras.

CONCLUSIONES

Los lixiviados muestran características muy variadas, debido a que provienen de diferente

material, entre ellos los residuos sin descomponer y residuos descompuestos (compost). Los lixiviados de compost, presentan mayor acidez, mayor contenido de fósforo y potasio que el lixiviado de residuos sólidos sin descomponer.

La aplicación de biol de lixiviados al suelo modifican el pH, la salinidad, el contenido de fósforo, potasio, calcio y magnesio del suelo, así mismo que al aplicarlo en diluciones, disminuye la salinidad y la concentración del fósforo, potasio, calcio y magnesio del suelo.

Las plantas a las que se aplicó los lixiviados diluidos al 50% presentan menor mortandad, mientras que al aplicar sin diluir produjo un 63.33% de mortandad, así mismo diluir los lixiviados permite que las plantas tengan mayor cantidad de hojas, debido a que al aplicarlo concentrado quema las hojas de las plantas. Las plantas a las que se aplicó el lixiviado diluido tienen mayor diámetro de tallo.

Conflictos de interés: Los autores declaran no tener conflictos de interés.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, M. A., Ordoñez, R., & González, P. (1999). Capacidad de aportación de macronutrientes de un lodo de depuradora a un cultivo de ray-grass y calidad de los lixiviados. Estudios de la zona no saturada, 139-143. https://www.researchgate.net/profile/Aguilar-Ma/publication/239536592_Capacidad_de_aportacion_de_macronutrientes_de_un_lodo_de_depuradora_a_un_cultivo_de_ray-grass_y_calidad_de_los_lixiviados/links/541159bf0cf2d8daaad3f256/Capacidad-de-aportacion-de-macronutrientes-de-un-lodo-de-depuradora-a-un-cultivo-de-ray-grass-y-calidad-de-los-lixiviados.pdf
- Aquino, k. & Franco C. (2020). Biorremediación de suelo degradado por pesticida a partir de un sustrato (biochar inoculado con microorganismos eficientes y lixiviados). Facultad de Ingeniería Química. Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/50336/1/BINGQ-IQ-20P01.pdf>
- Batallán, C. R. (2010). Aprovechamiento integral de lixiviados. Universidad de Salamanca, Salamanca.
- Bravo De Luciano, G. M., & BRAVO DE LUCIANO, G. M. (2016). Caracterización fisicoquímica de lixiviados de diferente origen como potenciales abonos orgánicos (Bachelor's thesis).
- Chinga, W., García, A. T., Chirinos, D. T., & Marmol, L. E. (2020). Efecto de un lixiviado de vermicompost sobre el crecimiento y producción del algodón. *ECUADOR ES CALIDAD-Revista Científica Ecuatoriana*, 7(2). <https://revistaecuadorestcalidad.agrocalidad.gov.ec/revistaecuadorestcalidad/index.php/revista/article/view/130>
- Coloma, M., & Alcivar, B. (2021). Estudio comparativo bibliográfico de tratamientos biológicos anaeróbico, aeróbico y anóxico aplicados en lixiviados mediante la utilización de biorreactores. (Bachelor's thesis, Riobamba, Universidad Nacional de Chimborazo). <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7574>
- Cruz Cabanzo, M. A., & Hernández Rubiano, L. C. Evaluación a nivel de laboratorio de tres alternativas para el tratamiento y aprovechamiento de los lixiviados producidos en la planta de tratamiento de residuos orgánicos, Monte Verde del Municipio de Pacho, Cundinamarca.
- Espinosa Lloréns, M. D. C., López, M., Pellón, A., Robert, M., Díaz, S., González, A., & Fernández, A. (2010). Análisis del

- comportamiento de los lixiviados generados en un vertedero de residuos sólidos municipales de la ciudad de la Habana. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 26(4), 313-325.
- Giraldo, E. (2001). Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios: avances recientes. *Revista de ingeniería*, (14), 44-55. <https://revistas.uniandes.edu.co/doi/pdf/10.16924/riua.v0i14.538>
- Fernández Rimarachín, D., & Villanueva Rios, J. W. (2020). Influencia de los lixiviados del botadero municipal en la calidad del suelo para uso agrícola, distrito de San Antonio de Cumbaza, Provincia de San Martín–San Martín. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/63528>
- Lutenberg, O. (2019). La Salinidad y su Influencia en suelos y plantas. *línea*. Available: <http://www.ana.gob.pe/media/496359/salinidad.pdf>. Fecha de Consulta, 9, 32. <https://www.academia.edu/download/53972773/salinidad.pdf>
- Moscoso, P. A., & Vintimilla, P. L. (2010). Digestión de lodos residuales de las lagunas de oxidación de Ucubamba, Cuenca. *La Granja*, 11(1), 31-35.
- Pellón Arrechea, A., López Torres, M., Espinosa Lloréns, M. D. C., & González Díaz, O. (2015). Propuesta para tratamiento de lixiviados en un vertedero de residuos sólidos urbanos. *Ingeniería hidráulica y ambiental*, 36(2), 3-16.
- Petitt Barroso E. (2011). Caracterización química de un suelo y tres mezclas de sustrato en rosa (rosa hybrida) variedad charlotte en un sistema de cultivo a solución perdida. Facultad de Agronomía Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/7700/erickintyllanpetittbarroso.2011.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pullugando, J. (2018). Caracterización física, química de la planta de tratamiento de lixiviados del relleno sanitario del Cantón Baños de Agua Santa. Universidad Estatal Amazónica. Pg. 9. <http://201.159.223.17/bitstream/123456789/469/1/T.AMB.B.UEA.3151.pdf>
- Quintero Ramírez, A., Valencia González, Y., & Lara Valencia, L. A. (2017). Efecto de los lixiviados de residuos sólidos en un suelo tropical. *Dyna*, 84(203), 283-290.
- Romero, C. (2010). Aprovechamiento integral de lixiviados. <https://www.cta-r.com/wp-content/uploads/2019/03/Resumen-Tesis-Dr-Carlos-Romero.pdf>
- Salamanca, M. Y. L., & Cohecha, E. Á. (2014). Uso en horticultura de los desechos orgánicos de la planta de tratamiento de Villanueva, Casanare, Colombia. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 5(2), 143-159.
- Suero Sánchez, D. E. (2022). Manejo de lixiviados de la fracción orgánica de los residuos sólidos del relleno sanitario de Anta, Cusco, Perú.
- Torres, C. A. G., & Millán, Y. P. (2016). Evaluación del lixiviado agroecológico como acondicionador del suelo en cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad cressa verde. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 7(1), 47-5