TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"EFICIENCIA DE DOS TIPOS DE ESTIÉRCOL PARA LA PRODUCCIÓN DE COMPOST A PARTIR DE LODOS RESIDUALES DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES"

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Presentado por:

Greysi Sullca Curipaco (0000-0002-8051-4989)

Asesor:

Percy Andres Irribarren Ibañez (0000-0001-8833-5224)

Lima – Perú

2024

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 20 de mayo del 2024.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Mg. Wilbert Cruz Hilacondo
Miembro: Mg. Marisol Nuñez Martinez
Miembro: Dr. Richard Andi Solórzano Acosta

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

"EFICIENCIA DE DOS TIPOS DE ESTIÉRCOL PARA LA PRODUCCIÓN DE COMPOST A PARTIR DE LODOS RESIDUALES DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES"

Presentada por la bachiller:

- **Greysi Sullca Curipaco**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Asesorado por: Ing. Percy Irribarren Ibañez

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del tesista de la carrera de Ingeniería Ambiental en la sustentación, concluyen de manera unánime ( ) por mayoría simple ( ) calificar a:

Tesista: Greysi Sullca Curipaco		Nota (en letras): 14 (catorce)	
Aprobado (X)	Aprobado - Muy buena ( )	Aprobado - Sobresaliente ( )	Desaprobado ( )

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.

Mg. Wilbert Cruz Hilacondo
Presidente

Mg. Marisol Nuñez Martinez
Miembro 1

Dr. Richard Andi Solórzano Acosta
Miembro 2

Ing. Percy Irribarren Ibañez
Asesor

ANEXO: FORMATO DE DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DE CONTENIDO DE INFORME FINAL DE TESIS / TRABAJO DE INVESTIGACIÓN[1]

Lima, 29 de 06 del 2024

Señor,
Dr. Carlos Zavalaga Reyes

Director General de Investigación, Desarrollo e Innovación
Universidad Científica del Sur
Presente. –

De nuestra consideración,

Yo Greysi Sullca Curipaco, egresado de la carrera de Ingeniería ambiental de la Universidad Científica del Sur, en conjunto con el asesor de tesis Percy Irribarren Ibañez, declaramos que este informe final de tesis titulado: Eficiencia de dos tipos de estiércol para la producción de compost a partir de lodos residuales de una planta de tratamiento de aguas residuales, sustentado para obtener el título/grado de Ingeniera ambiental es original.

Es decir, no contiene plagio parcial ni total, cuando se utilizó información de fuentes externas se reconoció la autoría mediante la adecuada citación y los resultados obtenidos son producto entero de mi (nuestra) investigación y no han sido falseados ni fabricados. Todo esto en cumplimiento del Código de ética en la investigación, Reglamento del Comité de Integridad Científica, Reglamento de Propiedad Intelectual, Normas y procedimientos de los trabajos de investigación para la obtención de títulos profesionales y grados académicos [2], que afirmamos conocer en su totalidad.

Por ello, en caso de identificarse alguna situación de plagio, falsificación o fabricación de resultados, nos allanamos al proceso de investigación que establezca la Universidad y las posibles sanciones que pudieran surgir.

Firmamos en conformidad con lo declarado,

Firma tesista
DNI: 71320190

Firma del asesor de tesis
DNI: 25595296

[1] En conformidad con la Resolución del Consejo Directivo N° 084-2022-SUNEDU/CD
[2] Los documentos están en: https://investigacion.cientifica.edu.pe/reglamentos/

INFORME DE REVISIÓN DE ORIGINALIDAD

Título del documento evaluado. Eficiencia de dos tipos de estiércol para la producción de compost a partir de lodos residuales de una planta de tratamiento de aguas residuales

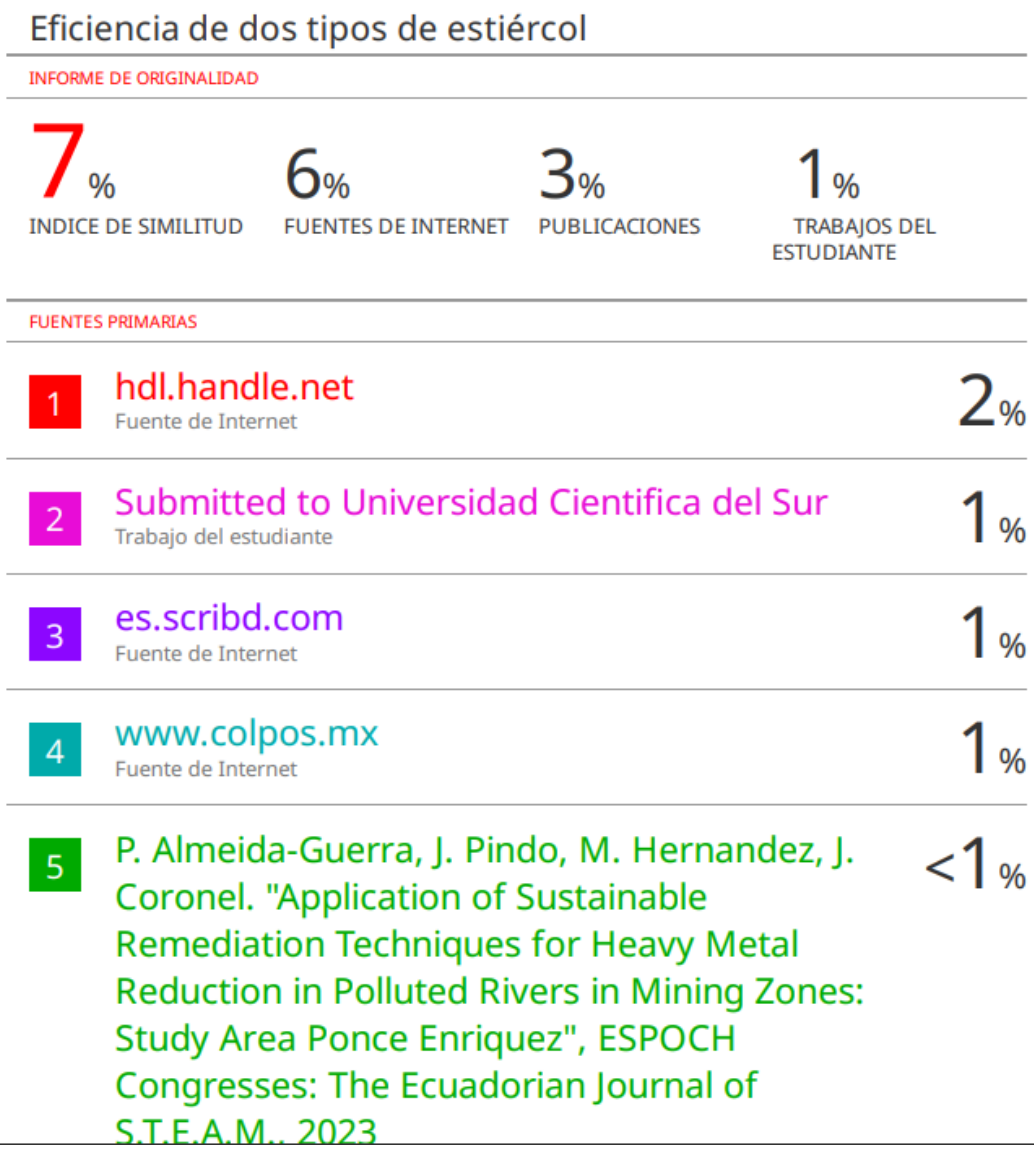
Autores. Greysi Sullca Curipaco

Mecanismo de revisión de originalidad. Evaluación con Turnitin (ID 2439134349).

Resultado de la evaluación. 7%

Revisado por. Magaly Kelly Guerrero Huaracallo.

Comentarios sobre la revisión. Filtros usados: excluir fuentes de menos de 12 palabras.



Eficiencia de dos tipos de estiércol

INFORME DE ORIGINALIDAD

7%	6%	3%	1%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Universidad Cientifica del Sur Trabajo del estudiante	1%
3	es.scribd.com Fuente de Internet	1%
4	www.colpos.mx Fuente de Internet	1%
5	P. Almeida-Guerra, J. Pindo, M. Hernandez, J. Coronel. "Application of Sustainable Remediation Techniques for Heavy Metal Reduction in Polluted Rivers in Mining Zones: Study Area Ponce Enriquez", ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M., 2023	<1%

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

DEDICATORIA

A mis padres por todo el esfuerzo que hicieron para darme una buena educación, por sus consejos, enseñanzas y apoyo que me hacen mejor persona; y junto a mi hermano por el amor y cariño que me brindan.

AGRADECIMIENTO

A SEDAPAL S.A. por el apoyo para el ingreso a sus instalaciones, a la Universidad Científica del Sur, por permitirme ocupar un espacio en el Centro de Experimentación de Ingeniería ambiental para el desarrollo de la fase de experimentación de esta investigación y a mi asesor el Ing. Percy Iribarren, por su guía y apoyo en el desarrollo de mi tesis.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

RESUMEN

A raíz del tratamiento de aguas residuales domésticas se generan como subproductos los lodos, los cuales al no recibir un tratamiento adecuado se convierten en una fuente de contaminación ambiental. Los lodos residuales tienen potencial de ser reaprovechados por su contenido de nutrientes y materia orgánica, siempre y cuando pasen por un mecanismo de transformación como el compostaje, que permite la reducción de metales pesados y microorganismos patógenos. El objetivo del presente estudio es evaluar la eficiencia del estiércol de gallina y de caprino en la producción de compost a partir de lodos residuales de una PTAR. Ambos estiércoles se emplearon al cuarenta y cinco por ciento mezclados con lodos al veinte por ciento, y aserrín y tierra agrícola al quince por ciento cada uno, en un proceso de compostaje que se examinó durante 60 días. Al final del proceso, el lodo tratado con estiércol de gallina al cuarenta y cinco por ciento presentó una relación C/N de 17.52, además de una disminución en la concentración de metales pesados, siendo en conclusión el más eficiente en la producción de compost en comparación con el lodo tratado con estiércol caprino. Asimismo, ambos tratamientos con estiércol presentaron valores por debajo de los límites establecidos para la calidad del compost según el D.S N°015-2017-VIVIENDA, pudiendo ser aplicados en cultivos que no sean para productos de consumo crudo.

Palabras clave: lodo residual, relación C/N, estiércol, compost

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ABSTRACT

As a result of the treatment of domestic wastewater, sludge is generated as by-products, which, if not adequately treated, become a source of environmental pollution. Residual sludge has the potential to be reused due to its nutrient and organic matter content, as long as it goes through a transformation mechanism such as composting, which allows the reduction of heavy metals and pathogenic microorganisms. The objective of this study is to test the efficiency of chicken and goat manure in the production of compost from residual sludge from a WWTP. Both manures were used at forty-five percent mixed with sludge at twenty percent, and sawdust and agricultural soil at quince percent each, in a composting process that is examined for 60 days. At the end of the process, the sludge treated with forty-five percent chicken manure presented a C/N ratio of 17.52, in addition to a decrease in the concentration of heavy metals, being in conclusion the most efficient in the production of compost in comparison with sludge treated with goat manure. Likewise, both treatments with manure presented values below the limits established for the quality of compost according to D.S N°015-2017-VIVIENDA and could be applied to crops that are not for raw consumer products.

Keywords: sewage sludge, C/N ratio, manure, compost

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

INTRODUCCIÓN

Las 7 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) que administra SEDAPAL en Lima, tratan 81630,72 $m^3.día^{-1}$ de aguas residuales donde se genera como subproducto 2537,85 $tn.día^{-1}$ de lodos residuales (Espinoza y Santos de la Cruz, 2021) que son almacenados en rellenos sanitarios; sin embargo, por ejemplo algunas empresas optan por depositarlos, enterrarlos en botaderos o entregarlos directamente a los campesinos (Loose, 2015), siendo este un tratamiento inadecuado que constituye una fuente de contaminación ambiental (Torres et al., 2005), por ello la importancia de evaluar alternativas para su disposición y aprovechamiento.

Los lodos están compuestos por una mezcla de agua, materiales inorgánicos y orgánicos (Usman et al., 2012) originados por el paso del agua residual en la sedimentación del tratamiento primario y secundario (Yang et al., 2020); asimismo, contienen microrganismos patógenos, metales pesados y compuestos orgánicos potencialmente tóxicos (Ghazy et al., 2009; Ramírez-Coutiño et al., 2013) que hacen de su manejo unos de los problemas críticos que enfrenta la sociedad actual (Canziani & Spinosa, 2019).

La normativa los define como un residuo con posibilidad de reaprovecharse; y las instalaciones para su disposición final son establecidas por el MVCS (Resolución Ministerial N°128-2017-VIVIENDA (2017), dentro de estas alternativas, en el Decreto Supremo N°015-2017-VIVIENDA (2017) se propone el aprovechamiento de los lodos residuales provenientes de plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) o PTAR, posterior a un proceso de transformación a biosólidos. Debido al alto contenido de nutrientes y materia orgánica, el lodo residual puede ser potencialmente empleado como compost, ya que además contiene microelementos necesarios para la fauna y flora del suelo (Kominko et al., 2017; Kosobucki et al., 2000); al presentar un alto contenido de

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

materia orgánica tiene la capacidad de suministrar carbono y nitrógeno, por lo que puede emplearse como sustituto o suplemento de fertilizantes (Mehrotra et al., 2016).

Este proceso incluye el compostaje que permite la eliminación de microorganismos patógenos (González et al., 2019) y sustancias tóxicas, principalmente si la fuente de aguas provienen de descargas industriales y no domésticas (Sunass, 2015).

La ventajas del compostaje para el aprovechamiento de lodos se han reportado por diferentes autores, algunos de estos desarrollan un compost que aporta materia orgánica y nutrientes al suelo (Potisek Talavera et al., 2010), así también nitrógeno, fósforo y potasio (Cheng et al., 2007), debido a esto pueden ser destinados como mejorador de suelos, fertilizante orgánico y en el cultivo de plantas ornamentales (Ramírez-Calderon et al. ,2021, Lozada et al., 2005); así mismo mejora las propiedades del suelo como porosidad, densidad aparente, estabilidad del agregado y capacidad de retención de agua (Singh & Kalamdhad, 2012).

Considerando como antecedente la poca información acerca del efecto en la calidad del compost a partir de la interacción entre materias orgánicas y lodos residuales, el objetivo del presente estudio fue evaluar la eficiencia de dos tipos de estiércol para la producción de compost a partir de lodos residuales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta de muestras

El lodo liquido se colectó de la PTAR “Huáscar”, la cual tiene una capacidad de 70 $L.s^{-1}$ y está ubicada en Villa El Salvador, departamento de Lima geográficamente en las coordenadas 289660.52 m E y 8646988.88 m S. La colecta se realizó según el Protocolo de Monitoreo de biosólidos aprobado mediante la RM N°093-2018-VIVIENDA (2018), donde se colectó tres muestras puntuales para el análisis microbiológico y una muestra compuesta por triplicados para los análisis fisicoquímicos.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Las muestras fueron colectadas, rotuladas, almacenadas en envases de polietileno de boca ancha, y debidamente conservadas a una temperatura no mayor a 4°C para su posterior análisis en el Laboratorio de suelos, plantas, aguas y fertilizantes (LASPAF) y el Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología, ambos pertenecientes a la Universidad Agraria la Molina, donde se evaluaron los parámetros fisicoquímicos y microbiológico, respectivamente.

Desarrollo del compostaje

Lugo et al 2017, reportó resultados favorables en el empleo de una relación 70/30 de estiércol / lodo, en base a ello se formularon las siguientes concentraciones: Control (85% de lodo residual + 15% de aserrín), Tratamiento G (45% de estiércol de gallina + 20% de lodo residual + 20% de tierra agrícola + 15% de aserrín, en adelante TG) y Tratamiento C (45% de estiércol caprino + 20% de lodo residual + 20% de tierra agrícola + 15% de aserrín, en adelante TC). Para el desarrollo del proceso se colectó 27 kg de lodo residual (LR) de la PTAR Huáscar y 10 kg de cada uno de los siguientes elementos: estiércol de gallina, caprino, aserrín y tierra agrícola, procedente del valle Manchay, los que se homogenizaron para después mezclarlos en las concentraciones mencionadas.

El procedimiento se realizó en 9 macetas (3 tratamientos con 3 repeticiones cada uno) con una capacidad de 7 kg.

Análisis fisicoquímico

Para la caracterización físico química de los lodos y del compost se evaluaron los siguientes parámetros: pH, conductividad eléctrica (método de potenciometría y conductímetro respectivamente), relación carbono/nitrógeno, carbono orgánico (método Walkler y Black), nitrógeno total (método micro Kjeldahl), CIC (método del acetato de amonio), fósforo y potasio (método de espectrofotometría de absorción atómica, a través de la digestión nitroperclorica) (Espinoza & Santos de la Cruz, 2021; Lugo et al., 2017)

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

y metales pesados como cobre y zinc (método de espectrofotometría de absorción atómica, digestión nitroperclorica), por su mayor presencia en los lodos residuales (Amir et al., 2005; Gianico et al., 2013), y plomo por su carácter tóxico para las plantas (Acosta et al., 2012).

También se analizó el parámetro microbiológico, como la presencia *Escherichia coli*, (International Commission on Microbiological Specifications for Foods. 1983) señalado en el D.S N°015-2017-VIVIENDA.

Durante el proceso, la medición de la temperatura y pH se realizó cada tres días con un PHmetro y un termómetro ambiental para la medición de la temperatura del ambiente. También se midió la humedad mediante la técnica del puño, la cual consistió en la colecta de un puñado del material y apretarlo (Barbaro, 2022) y a partir de la cantidad de gotas que escurren, se determinó la frecuencia y el número de volteos; es así que si escurren más de 10 gotas se presenta un porcentaje de humedad mayor al 70% por lo que se realizó volteos diarios, mientras que, si escurrió de 2 a 5 gotas y se forma una masa completa, el porcentaje de humedad está entre 50-60% por lo que se procedió a dar 3 a 4 vueltas cada 3 días; por último, en caso no gotee y el material se disperse, el porcentaje de humedad es menor a 40% por lo que se adicionó agua (A. Barbaro, 2022; Uribe et al., 2001), estos resultados fueron registrados en una matriz de datos hasta la culminación de esta fase.

Para poder a conocer la eficiencia de los 2 tipos de estiércol y el control, se tomaron en cuenta los valores de la relación C/N, la cual indicó la madurez de cada tratamiento; esta fue tomada por primera vez a los 20 días de haber iniciado el proceso de compostaje; la segunda medición se realizó en el día 45 y la tercera en el día 60, debido a que a los 45 días no se alcanzó la maduración del compost; por lo tanto, el experimento se desarrolló hasta los 60 días.

Análisis estadístico

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Los datos obtenidos fueron analizados a través de un análisis de varianza ANOVA con un nivel de significancia de 0.05 y la comparación de medias de los tratamientos fue evaluado con la prueba de Tukey (Tortosa et al., 2012), también se utilizó el análisis multivariado que incluyo el análisis de componentes principales y el análisis de conglomerados en el programa InfoStat (InfoStat, 2020).

RESULTADOS

Se evaluó la relación C/N en el lodo residual, teniendo un valor de 6.91±0.39. Al finalizar el ensayo, los valores del control y tratamiento C (21.94±0.67 y 21.25±2.18) fueron mayores al valor obtenido en el tratamiento G (17.52±0.98). Los valores mencionados son estadísticamente diferentes en comparación con el valor del lodo residual, con un p value<0.05 (Cuadro I).

El pH del lodo residual fue ligeramente ácido (6.18±0.06), y en el transcurso del proceso de compostaje se observó un incremento y una disminución de pH; siendo el tratamiento G el que se mantuvo entre los valores de 6.0 a 8.0; el control presentó valores menores de 4.5 y el tratamiento C, valores máximos de 9, el cual coincidió con el periodo de tiempo en el que se presentaron los valores más altos de temperatura. Cabe mencionar que los valores de los tratamientos G y C (7.76±0.1 y 7.60±0) son estadísticamente diferentes en comparación con el valor del lodo residual (Cuadro I).

La temperatura inicial de las pilas en el proceso de compostaje fue similar a la temperatura ambiental, en el transcurso de la experimentación las temperaturas se ubicaron por encima de la temperatura ambiental (23-19 °C); y durante el mismo se presentó el siguiente patrón: Control < Tratamiento C < Tratamiento G, donde las temperaturas presentadas en el tratamiento C (valor máximo fue de 27°C en el día 15) siempre fueron mayores a las demás pilas. Por las temperaturas presentadas, el proceso se mantuvo en la fase mesófila,

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

asimismo, la humedad se mantuvo en un rango de 50-60% y fue determinada por el método del puño.

La conductividad eléctrica tuvo un valor de 6.68±2.22 dS/m en el lodo residual, los valores de los tratamientos G y C (14.63±1.58 dS/m y 19.40±2.37 dS/m) son estadísticamente diferentes y superiores en comparación con el valor del lodo residual y del control, con un p value<0.05 (Cuadro I).

Se evaluó el potasio como nutriente en el lodo residual, el cual tuvo un valor de 0.19 ± 0.25%, al finalizar el ensayo los valores obtenidos en el tratamiento g (2.06±0.27%) y tratamiento c (2.71±0.27%), fueron mayores a excepción del control que presentó un valor de 0.22±0.02%. Cabe mencionar que los valores en los tratamientos fueron estadísticamente diferentes y mayores a los valores del lodo residual y control, con un p value<0.05. Para el nitrógeno total se observaron diferencias significativas entre el control (1.60±0.32%) y lodo residual (2.77±0.10%) en comparación con los tratamientos G y C (0.88±0.01% y 1.02±0.02%). Tomando como referencia los valores de fósforo del lodo residual (4.60±0.99), hubo una reducción significativa en los valores del control (2.10±0.02%), tratamiento G (2.11±0.03%) y tratamiento C (0.83±0.04); sin embargo, entre estos no hubo una diferencia significativa (Cuadro I).

Las concentraciones de cobre y zinc en el lodo residual (430.33±31.64 y 3121.00±31.19), fueron mayores respecto a los valores obtenidos en el tratamiento C (54.16±2.60 y 237.50±11.45), tratamiento G (71.00±3.92 y 426.66±27.65) y control (430.33±31.64 y 3121.00±31.19). La concentración de plomo en el lodo residual (40.53±3.37) es mayor a los valores obtenidos al finalizar la experimentación; sin embargo, entre el tratamiento G (23.91±2.74), tratamiento C (23.00±0.50) y control (24.71±0.96) no hay una diferencia significativa. Las concentraciones de los metales pesados se presentaron de forma descendente de la siguiente manera Tratamiento C < Tratamiento G < Control; asimismo,

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

los valores obtenidos de metales pesados en el lodo residual son estadísticamente diferentes y superiores a los valores obtenidos al final de la experimentación, con un p value<0.05 (Cuadro I).

No se identificaron bacterias *E. Coli* en lodo residual y control, situación contraria a los tratamientos G y C.

CUADRO I CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL LODO RESIDUAL Y COMPOST

Parámetros	**Lodo residual**	**Control**	**TG**	**TC**	**p value**
Relación C/N	6.91 ± 0.39^{a}	21.94 ± 0.67^{c}	17.52 ± 0.98^{b}	21.25 ± 2.18^{c}	0.00
pH	6.18 ± 0.06^{a}	6.26 ± 0.06^{a}	7.76 ± 0.1^{b}	7.60 ± 0^{b}	0.00
CE(dS/m)	6.68 ± 2.22^{a}	5.80 ± 0.20^{a}	14.63 ± 1.58^{b}	19.40 ± 2.37^{c}	0.00
CIC (meq/100 g)	26.00 ± 1.20^{b}	0.80 ± 0^{a}	0.80 ± 0^{a}	0.80 ± 0^{a}	0.00
CO (%)	19.36 ± 0.46^{b}	34.33 ± 1.44^{c}	15.48 ± 0.76^{a}	21.74 ± 2.14^{b}	0.00
Nitrógeno total (%)	2.77 ± 0.10^{c}	1.60 ± 0.32^{b}	0.88 ± 0.01^{a}	$1.02\ \pm0.02^{a}$	0.00
Fósforo (%)	4.60 ± 0.99^{b}	2.10 ± 0.02^{a}	2.11 ± 0.03^{a}	0.83 ± 0.04^{a}	0.00
Potasio (%)	0.19 ± 0.25^{a}	0.22 ± 0.02^{a}	2.06 ± 0.27^{b}	2.71 ± 0.27^{c}	0.00
Plomo (ppm)	40.53 ± 3.37^{b}	23.91 ± 2.74^{a}	23.00 ± 0.50^{a}	24.71 ± 0.96^{a}	0.00
Cobre (ppm)	430.33 ± 31.64^{c}	253.33 ± 14.64^{b}	71.00 ± 3.92^{a}	54.16 ± 2.60^{a}	0.00
Zinc (ppm)	3121.00 ± 31.19^{d}	1625.00 ± 50.0^{c}	426.66 ± 27.65^{b}	237.50 ± 11.45^{a}	0.00
E. coli (NMP)	0	0	3	9	0.36

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Los tratamientos que tienen una misma letra no difieren significativamente, por lo contrario, letras distintas indican diferencias significativas según la prueba de comparación de medias de Tukey (p-value>0.95).

Se evaluaron los datos mediante un análisis de conglomerados para observar la asociación entre los tratamientos evaluados, se identifica una agrupación entre el lodo con los tratamientos y control, asimismo dentro de este segundo grupo los tratamientos G y C se encuentran agrupados **(Fig.1).**

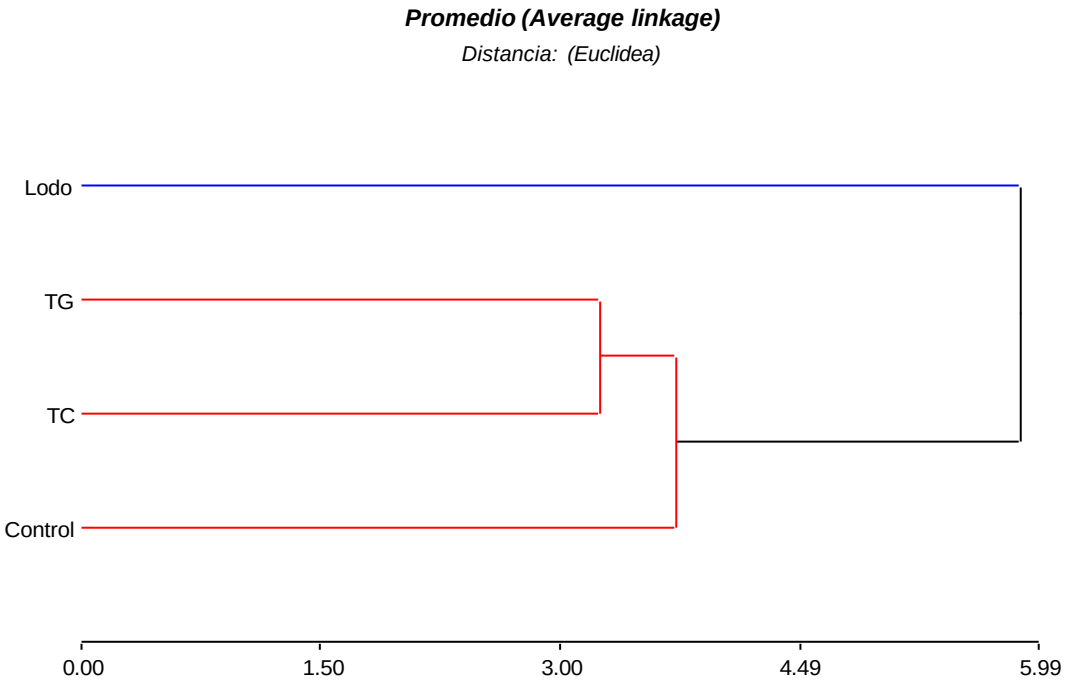


Fig.1. Dendograma de los tratamientos G (TG) y C (TC), control y lodo residual, resultante del análisis de conglomerado.

Mediante el análisis de componentes principales se analizó la distribución de los valores medios para cada variable y su relación con los tratamientos G y C, control y lodo residual. La proximidad entre las variables de metales pesados, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, fósforo y nitrógeno, así como su ubicación en el extremo derecho del CP1 indican valores promedio mayores en el lodo residual. Se

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

observa también diferencias evidentes entre los resultados del lodo residual y los tratamientos G y C (Fig.2).

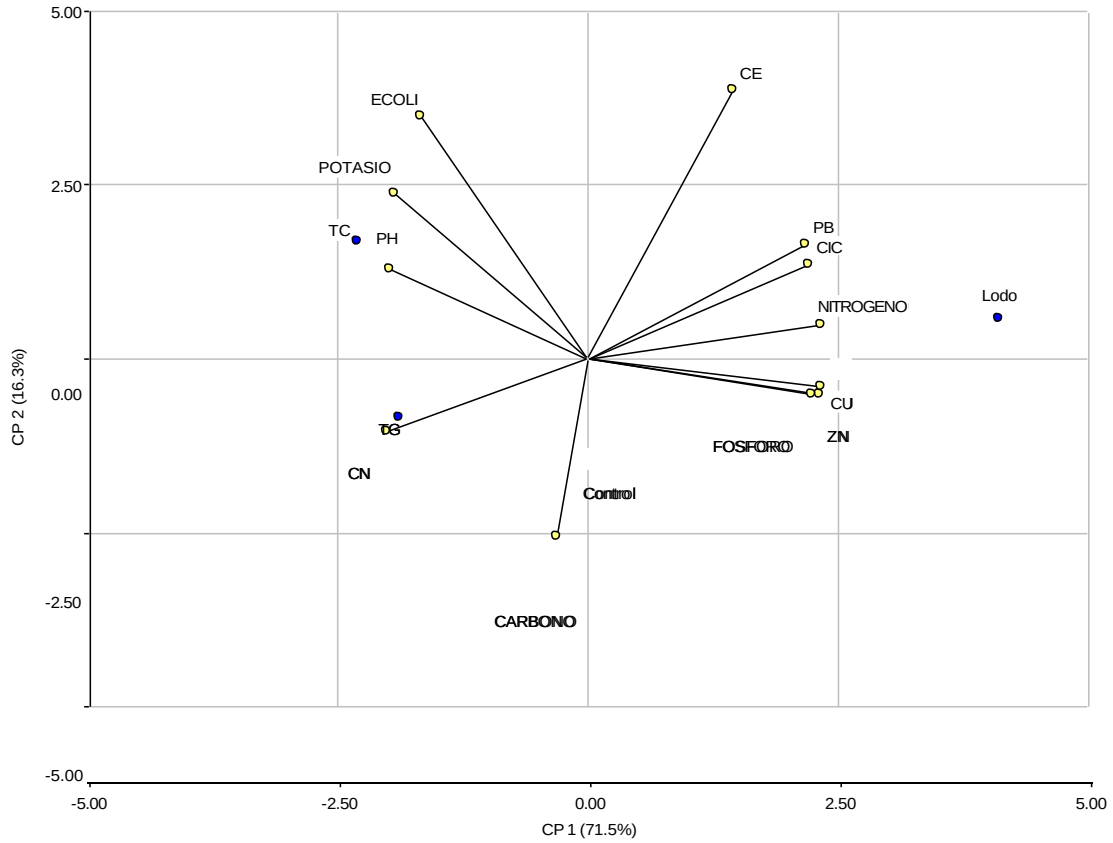


Fig 2. Análisis de componentes principales (ACP), para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los tratamientos G (TG) y C (TC), control y lodos.

DISCUSION

La relación C/N representa la descomposición de los compuestos orgánicos, la estabilidad y madurez del proceso de producción del compost (Amouei, Yousefi, & Khosravi, 2017), que están relacionadas con la transformación de la materia orgánica durante el compostaje (Zhao et al., 2016), la cual se da con tres propósitos fundamentales: la eliminación de olores, la disminución potencial de putrefacción y la reducción de la carga patógena (Saldaña-Escorcia & Castillo Gámez, 2022).

El lodo residual colectado tuvo una relación C/N considerado baja (Parvaresh et al., 2004; Torres et al., 2005), lo que indica un exceso de nitrógeno que se puede perder por volatilización o lixiviación, por ello fue necesario el uso de agentes de carga (Alves et al.,

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

2018), como el aserrín, para ajustar este parámetro (Parvaresh et al., 2004), el cual ayudo a mantener la estructura y porosidad de la mezcla debido a la alta humedad del lodo (79.5%) (Alves et al., 2018).

A lo largo del proceso de compostaje en los tratamientos y el control hubo una degradación de la materia orgánica, liberación de dióxido de carbono y fijación del nitrógeno en los microorganismos (Tellez et al., 2019), que se vio reflejado en la disminución de los valores de la relación C/N entre los días 20 y 60. Adicionalmente, los valores se encontraron en el rango de 20-35, por lo tanto, se dio la mineralización e inmovilización del nitrógeno (Leblanc et al., 2007).

La relación adecuada de relación C/N, para definir la madurez y estabilidad del compost es señalada por diferentes autores, Gupta & Garg, (2007) y Senesi, (1989) concluyeron que niveles menores a 20:1 indican un grado avanzado de estabilización de la materia orgánica en el compost, similar a lo indicado por Chazirakis et al., (2011) que considera que esta madurez se da en niveles aproximados o menores a 17; en este caso el tratamiento G presentó resultados favorables que indican la madurez y estabilidad del compost resultante.

El proceso de compostaje se mantuvo en la fase mesófila donde, aunque no se hayan presentado temperaturas altas, sí proliferaron los microorganismos de esta fase los cuales fueron los responsables de llevar a cabo el proceso de compostaje (Jiménez et al., 2014). Las razones por la cual la temperatura no se elevó fue por el volumen de la pila (7kg), que no retuvo calor (Vicente & Vigíl, 2012). Respecto a los patógenos, los cuales son eliminados comúnmente en la fase termófila, estos también son eliminados a bajas temperaturas cuando los organismos competitivos excretan enzimas que son capaces de destruirlos (Ayilara et al., 2020).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Debido a la formación de amoníaco (Khalil et al., 2011) y a la nitrificación que siempre va acompañado de la liberación de iones de hidrógeno (Mupondi et al., 2006), se pudo observar un incremento y disminución de pH en todos los tratamientos a lo largo del proceso de compostaje (Vicencio-de la Rosa et al., 2011)

Los valores de conductividad eléctrica (CE) indican la salinidad del producto (Gondek et al., 2018), y sus altos valores se debieron a la naturaleza y composición de los materiales de partida (Vico, 2015), así como al proceso de mineralización de la materia orgánica (Gondek et al., 2018), que libera moléculas orgánicas de bajo peso que normalmente están cargadas (Quinchía & Carmona, 2004), y a la pérdida de peso de la materia orgánica (Khwairakpam & Bhargava, 2009), por ello los tratamientos G y C son clasificados como salinos y fuertemente salinos, respectivamente, mientras que el control es moderadamente salino (Sánchez, 1997).

Los valores de CIC indicaron que los lodos cuentan con una capacidad de sorción moderada (Varank et al., 2015) y un contenido moderado de concentraciones de cationes intercambiables, calcio magnesio, sodio y potasio (López et al., 2015), además de fracciones orgánicas coloidales (Silva et al., 2022).

No se presentó una diferencia significativa entre los valores de carbono orgánico del lodo residual y los resultados del tratamiento C (Vico, 2015); debido a la ausencia de una fase termófila; sin embargo, si este valor es comparado con el tratamiento G se percibe una reducción significativa debido a la descomposición de la materia orgánica, (Khalil et al., 2011) y la transformación a CO_2 que luego es liberado al medio (Chandler et al., 2008), la cual es mayor en el inicio del proceso por la mineralización de la materia orgánica volátil (Hernández, Masciandaro, Moreno, & García, 2006), contrario a la última etapa del compostaje donde la liberación en forma de CO_2 disminuye por la presencia de material orgánico más estable (Bazrafshan & Mohammad ali, 2006).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Respecto a los nutrientes, en el lodo residual se observaron valores bajos de potasio por la solubilidad de este nutriente en agua lo que hace que se pierda con el agua tratada (Broche, 2020) y valores altos de nitrógeno y fósforo debido a que el origen de las aguas residuales son domésticas (Martínez-Prado et al., 2011; Utria et al., 2006), razón por la cual el lodo analizado no contiene lignina lo que permitió, en el proceso de compostaje, la degradación de la materia orgánica (Utria et al., 2006)

Los nutrientes nitrógeno y fósforo presentaron una disminución significativa en los tratamientos y control, debido a que en el proceso de compostaje hubo una volatilización del nitrógeno y el uso de este en su formal mineral por los microorganismos (Corrêa et al., 2006), mismos que utilizaron el fósforo como fuente energía para descomponer el material y suprimir los patógenos (Hatten et al., 2009) representando la mineralización en este proceso (Iwegbue et al., 2006).

La normativa peruana no establece límites para nutrientes y otros parámetros que permitan conocer las características del producto obtenido a partir del lodo residual, por ello se utilizó como referencia la norma técnica Colombiana, para productos para la industria agrícola, productos orgánicos usados como compost o fertilizantes y enmiendas de suelo (NTC-5167-2011), donde, de todos los parámetros evaluados y comparados con la norma, el valor de potasio y nitrógeno en el control no cumple con lo establecido, en el tratamiento G el nitrógeno está por debajo de la indicado y en el tratamiento C solo el potasio cumple con lo establecido; sin embargo, si estos parámetros se comparan con lo indicado por la NCh2880-2004, donde especifica las características de un compost maduro producido a partir de residuos como lodos residuales, los parámetros comparados en todos lo tratamientos y control se encuentran dentro de los establecido como compost de Clase B.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

CUADRO II COMPARACIÓN DE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS CON NORMATIVA

Parámetros	CT	TG	TC	NTC-5167-2011	NCh2880-2004
pH	6.24	7.75	7.57	>5	5-8.5
CE (dS/m)	5.8	14.6	19.4	-	≤8
CIC (meq/100g)	0.80	0.80	0.80	-	-
Relación C/N	21.94	17.52	21.25	-	≤30
C (%)	34.33	15.48	21.74	>5	-
N (%)	1.6	0.9	1	>2	≥0.5
P (%)	2.1	2.1	0.8	>1	-
K (%)	0.2	2.1	2.7	>2	-

Los valores de zinc en el lodo sobrepasaron el límite establecido por el D.S N°015-2017-VIVIENDA, debido a que es el metal con mayor presencia en los lodos residuales (Gianico et al., 2013) el cual proviene, en su mayoría (46%) de fuentes domésticas (Comber & Gunn, 1996).

Después del proceso de compostaje la concentración de metales pesados en el control fue mayor respecto a los tratamientos, lo cual coincide con lo hallado por Ramírez-Calderon et al. (2021), donde en su investigación identificó que las pilas con mayor porcentaje de lodo tienen una menor reducción de las concentraciones de metales pesados. A comparación de lo hallado en el control, se observó una diminución de manera significativa en las concentraciones de metales pesados en los tratamientos G y C, esto

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

debido a la presencia de biopolímeros en el lodo residual (Ramírez-Calderon et al., 2021) y al contenido de materia orgánica en la gallinaza y estiércol caprino que facilitó la formación de complejos orgánicos estables con ácidos húmicos, reduciendo la disponibilidad de los metales analizados (Muter et al., 2016).

Las concentraciones de metales pesados fueron comparadas con los límites máximos permisibles establecidos por la norma peruana (D.S N°015-2017-VIVIENDA), mexicana (NOM-004-SEMARNAT-2002) y la Environmental Protection Agency EPA 40CFR PC-EQ QUALITY.

CUADRO III COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE METALES PESADOS CON NORMATIVA

Parámetros	**CT**	**TG**	**TC**	**D.S N°015-2017-VIVIENDA**	**NOM-004-SEMARNAT-2002**	**EPA**
Pb (ppm)	23.9	24.7	23	1500.00	1500.00	1500.00
Cu (ppm)	253	71	54	400.00	300.00	300.00
Zn (ppm)	1625	427	238	2400.00	2800-7500	2800-7500

Todos los tratamientos presentan valores menores a los establecidos en las normas, y pueden clasificarse como biosólidos de clase A en la normativa peruana y mexicana, y como no peligrosos en los límites establecidos por la EPA. Según la normativa peruana este es apto a ser empleado como acondicionador de suelos en la agricultura y mejoramiento de suelos, siempre y cuando no se apliquen directamente a los cultivos que tengan productos de consumo directo.

Debido a la presencia de *E. coli* en los estiércoles empleados para la experimentación se observó una concentración en los tratamientos; sin embargo, no sobrepasa los límites

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

establecidos por la normativa nacional mencionada que establece un límite de 1000 NMP/g para biosólidos de clase A.

CONCLUSIONES

El reaprovechamiento de lodos residuales es posible a partir de la incorporación de materia orgánica como el estiércol.

El proceso de experimentación para la producción de compost duró 60 días, hasta ese periodo el tratamiento G, conformado por 45% de estiércol de gallina, 20% de lodo residual, 20% de tierra agrícola y 15% de aserrín, fue el único que alcanzó la estabilidad, debido a que sus valores finales de relación C/N estuvieron por debajo de 20, siendo el más eficiente en la producción de compost a partir de lodos residuales; asimismo, el tratamiento C, conformado por 45% de estiércol caprino, 20% de lodo residual, 20% de tierra agrícola y 15% de aserrín, fue el que tuvo una notable reducción significativa en la concentración de metales pesados, respecto al control y al tratamiento G; se esperaría una disminución paulatina de la relación C/N, llegando a los valores adecuados para considerarlo como un producto estable.

Luego de la comparación con normativa peruana e internacional, los parámetros en su totalidad estuvieron por debajo de los límites establecidos; sin embargo, no se debe de aplicar este producto en cultivos de consumo crudo.

Debido a que los valores de conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico no se encuentran dentro de los rangos con de comparación, se debe de tener una consideración para la aplicación del producto en los suelos, para evitar problemas de toxicidad, una solución son los lavados o la aplicación con otros productos.

A partir de este estudio, se sugiere la aplicación de este en el reaprovechamiento de lodos residuales provenientes de la PTAR-Huascar, para su uso en el cultivo de plantas ornamentales ubicadas en las áreas verdes comunes del distrito.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

REFERENCIAS

Acosta, Y., Zárraga, A., Rodríguez, L., & Zauahre, M. (2012). Cambios en las propiedades fisicoquímicas en el proceso de compostaje de lodos residuales. Multiciencias, 12, 18–24.

Alcaldía mayor de bogotá. (2014). Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura.

Alves, D., Comesaña, I., & Mato de la Iglesia, S. (2018). Municipal Sewage Sludge Variability: Biodegradation through Composting with Bulking Agent. En Sewage. IntechOpen. 97–114. DOI: https://doi.org/10.5772/intechopen.75130

Ameen, A., Ahmad, J., & Raza, S. (2016). Determination of CEC to evaluate the quality and maturity of compost prepared by using municipal solid waste. International Journal of Scientific and Research Publications, 6(5), 42 pp.

Amir, S., Hafidi, M., Merlina, G., & Revel, J. C. (2005). Sequential extraction of heavy metals during composting of sewage sludge. Chemosphere, 59(6), 801–810. DOI: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.11.016

Ayilara, M. S., Olanrewaju, O. S., Babalola, O. O., & Odeyemi, O. (2020). Waste management through composting: Challenges and potentials. Sustainability (Switzerland), 12(11), 1–23. DOI: https://doi.org/10.3390/su12114456

Barbaro, L. A. (2022). Compostaje de residuos orgánicos. En Estación Experimental Agropecuaria Cerro Azul-INTA, Misiones, Argentina, 17 pp.

Bazrafshan, E., & Mohammad ali, Z. (2006). Co-composting of Dewatered Sewage Sludge with Sawdust. Pakistan Journal of Biological Sciencies, 9(8), 1580–1583. DOI: https://doi.org/10.3923 / pjbs.2006.1580.1583

Bosa, O. (2005). Los estiércoles y su uso como enmiendas orgánicas. Universidad Nacional de Rosario, Facultad de Ciencias agrarias, 5 pp.

Broche, N. (2020). Caracterización físico-química de los lodos residuales de la Planta de Tratamiento de Agua Residual La Estrella. Tesis de Licenciatura. Departamento de Química, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Villa Clara, Cuba, 60 pp.

Caballero, G. J. (2022). Disposición final de los lodos de una planta depuradora de aguas residuales como fertilizante orgánico. Tesis de Pregrado. Escuela profesionl de Ingeniería Química, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho, Lima, 65 pp.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Canziani, R., & Spinosa, L. (2019). Sludge from wastewater treatment plants. En Industrial and Municipal Sludge: Emerging Concerns and Scope for Resource Recovery. Elsevier Inc, Bari, Italia, 3-30. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815907-1.00001-5

Carhuancho, F. ., Guerrero, J. ., & Ramirez, J. . (2012). Aprovechamiento del estiércol de gallina para la elaboración de biol en biodigestores tipo batch como propuesta al manejo de residuo avícola. XIX Simposio Peruano de Energía Solar y del Ambiente (XIX - SPES), 11, 12–17.

Caro, I., Romero, Z., & Lora, R. (2020). Producción de abonos orgánicos con la utilización de Elodea (Egeria densa) presente en la laguna de Fúquene. Revista U.D.C. Actulidad e Divulgación Científica. 12 (1), 91-100.

Chandler, C., Ferrer, J., Mármol, Z., Páez, G., Ramones, E., & Rocendy, P. (2008). Efecto de la aireación en el compostaje del bagacillo de la caña de azúcar. Multiciencias, 8, 19–27.

Chazirakis, P., Giannis, A., Gidarakos, E., Wang, J. Y., & Stegmann, R. (2011). Application of sludge, organic solid wastes and yard trimmings in aerobic compost piles. Global Nest Journal, 13(4), 405–411. DOI: https://doi.org/10.30955/gnj.000793

Chicaiza, J. P. (2007). Producción de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y lombrihumus con estiércol de vaca , cabra , cerdo y caballo. Proyecto especial Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras, 11 pp.

Clapp, C. E., Stark, S. A., Cly, D. E., & Larson, W. E. (1986). Sewage sludge organic matter and soil properties En The Role of Organic Matter in Modern Agriculture. . (Y. Chen & Y. Avnimelech). Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, 209–253. DOI: https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-94-009-4426-8_10

Colín-Navarro, V., Domínguez-Vara, I., Olivares-Pérez, J., Castelán-Ortega, O. A., García-Martínez, A., & Avilés-Nova, F. (2019). Propiedades químicas y microbiológicas del estiércol de caprino durante el compostaje y vermicompostaje. Agrociencia, 53(2), 161–173.

Comber, S. D. W., & Gunn, A. M. (1996). Heavy metals entering sewage-treatment works from domestic sources. Water and Environment Journal, 10(2), 137–142. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.1996.tb00023.x

Corrêa, R. S., White, R. E., & Weatherley, A. J. (2006). Effect of compost treatment of sewage sludge on nitrogen behavior in two soils. Waste Management, 26(6), 614–

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

619. DOI: https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.09.008

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. (2020). InfoStat, versión 2020, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

EPA. (1994). A plain english guide to the EPA part 503. Biosolids rule. United States Environmental Protection Agency. Guía, EEUU, 183 pp.

Espinoza, J., & Santos de la Cruz, E. (2021). Innovación en la gestión de lodos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales de origen doméstico en Lima-Perú. Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas, 24(48), 205–215. DOI: https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i48.21773

Ghazy, M., Dockhorn, T., & Dichtl, N. (2009). Sewage sludge management in Egypt: Current status and perspectives towards a sustainable agricultural use. World Academy of Science, Engineering and Technology, 33(9), 492–500. DOI: https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.1081519

Gianico, A., Braguglia, C. M., Mascolo, G., & Mininni, G. (2013). Partitioning of nutrients and micropollutants along the sludge treatment line: A case study. Environmental Science and Pollution Research, 20(9), 6256–6265. DOI: https://doi.org/10.1007/s11356-013-1686-x

Gondek, K., Mierzwa-Hersztek, M., & Kopeć, M. (2018). Mobility of heavy metals in sandy soil after application of composts produced from maize straw, sewage sludge and biochar. Journal of Environmental Management, 210, 87–95. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.01.023

González, D., Colón, J., Gabriel, D., & Sánchez, A. (2019). The effect of the composting time on the gaseous emissions and the compost stability in a full-scale sewage sludge composting plant. Science of the Total Environment, 654, 311–323. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.081

Gupta, R., & Garg, V. K. (2007). Stabilization of primary sewage sludge during vermicomposting. Journal of Hazardous Materials, 153(3), 1023–1030. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.09.055

Hachicha, S., Chtourou, M., Medhioub, K., & Ammar, E. (2006). Compost of poultry manure and olive mill wastes as an alternative fertilizer. Agronomie, 26(2), 135– DOI: 142. https://doi.org/10.1051/agro

Hatten, N. R., Borazjani, H., Diehl, S., & Prewitt, L. (2009). Effects of Composting On Removal of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium from Sawdust Amended with

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Chicken Litter. Compost Science and Utilization, 17(3), 166–172. DOI: https://doi.org/10.1080/1065657X.2009.10702418

Hernández, T., Masciandaro, G., Moreno, J. I., & García, C. (2006). Changes in organic matter composition during composting of two digested sewage sludges. Waste Management, 26(12), 1370–1376. DOI: https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.10.006

ICONTEC. (2011). NTC 5167-2011-Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelos. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Norma técnica, Colombia, 30 pp.

Iglesias, E., & Victor, P. (1991). Composting of domestic refuse and sewage sludge. I. Evolution of temperature, pH, C/N ratio and cation-exchange capacity. Resources, Conservation and Recycling, 6(1), 45–60. DOI: https://doi.org/10.1016/0921-3449(91)90005-9

Iwegbue, C. M. A., Egun, A. C., Emuh, F. N., & Isirimah, N. O. (2006). Compost maturity evaluation and its significance to agriculture. Pakistan Journal of Biological Sciences, 9(15), 2933–2944. DOI: https://doi.org/10.3923/pjbs.2006.2933.2944

INN. (2004).NCH 2880-2004. Instituto Nacional de Normalización. Norma técnica, Chile, 27 pp.

Jiang, J., Liu, X., Huang, Y., & Huang, H. (2015). Inoculation with nitrogen turnover bacterial agent appropriately increasing nitrogen and promoting maturity in pig manure composting. Waste Management, 39, 78–85. DOI: https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.02.025

Jiménez, M. M. ., Lucero, C. M., & Peña, P. . (2014). TB-109 Compostaje de lodo residual y lirio acuatico seco. Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias, 6(12), 6 pp.

Khalil, A. I., Hassouna, M. S., El-Ashqar, H. M. A., & Fawzi, M. (2011). Changes in physical, chemical and microbial parameters during the composting of municipal sewage sludge. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 27(10), 2359–2369. DOI: https://doi.org/10.1007/s11274-011-0704-8

Khwairakpam, M., & Bhargava, R. (2009). Vermitechnology for sewage sludge recycling. Journal of Hazardous Materials, 161(2–3), 948–954. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.04.088

Kominko, H., Gorazda, K., & Wzorek, Z. (2017). The Possibility of Organo-Mineral Fertilizer Production from Sewage Sludge. Waste and Biomass Valorization, 8(5),

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

1781–1791. DOI: https://doi.org/10.1007/s12649-016-9805-9

Kosobucki, P., Chmarzyński, A., & Buszewski, B. (2000). Sewage Sludge Composting. Polish Journal of Environmental Studies, 9(4), 243–248.

Leblanc, H. A., Cerrato, M. E., Miranda, A., & Valle, G. (2007). Determinación de la calidad de abonos orgánicos a través de Bioensayos. Tierra Tropical, 3(1), 97–107.

Loose, D. (2015). Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento (Vol. 1). http://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/ptar.pdf

López, S., Ramirez, E., Cardoso, L., Mijaylova, P., & Moeller, G. (2015). Tratamiento de lodos residuales municipales con un proceso aerobio-termófilico. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. 17 pp.

Lü, D., Yan, B., Wang, L., Deng, Z., & Zhang, Y. (2013). Changes in phosphorus fractions and nitrogen forms during composting of pig manure with rice straw. Journal of Integrative Agriculture, 12(10), 1855–1864. DOI: https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60400-1

Lugo, J., Del Águila, P., Vaca, R., Casas-Hinojosa, I., & Yáñez-Ocampo, G. (2017). Abono orgánico elaborado con lodo residual y estiercol equino a través de vermicomposteo: Una propuesta como mejorador de suelos. Revista Internacional de Contaminacion Ambiental, 33(3), 476–484. DOI: https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.03.10

Martínez-Prado, A., Pérez-López, M. E., Pinto-Espinoza, J., Gurrola-Nevárez, B. A., & Osorio-Rodriguez, A. L. (2011). Biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos empleando lodos residuales como fuente alterna de nutrientes. Revista internacional de contaminación ambiental, 27(3), 241–252.

Mehrotra, A., Kundu, K., & Sreekrishnan, T. R. (2016). Decontamination of heavy metal laden sewage sludge with simultaneous solids reduction using thermophilic sulfur and ferrous oxidizing species. Journal of Environmental Management, 167, 228–235. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.11.004

Mupondi, L. T., Mnkeni, P. N. S., & Brutsch, M. O. (2006). The effects of goat manure, sewage sludge and effective microorganisms on the composting of pine bark. Compost Science and Utilization, 14(3), 201–210. DOI: https://doi.org/10.1080/1065657X.2006.10702284

Parvaresh, A., Shahmansouri, M. R., & Alidadi, H. (2004). Determination of carbon/nitrogen ratio and heavy metals in bulking agents used for sewage

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

composting. Iranian Journal of Public Health, 33(2), 20–23.

Potisek-Talavera, M. del C., González Cervantes, G., Figueroa-Viramontes, U., Jasso-Ibarra, R., & Orona-Castillo, I. (2010). Aplicación de biosólidos al suelo y su efecto sobre contenido de materia orgánica y nutrimentos. Soil applied biosolids ans its effect on soil organic matter and nutrient content. Terra Latinoamericana, 28(4), 327–333.

Qasim, W., Lee, M. H., Moon, B. E., Okyere, F. G., Khan, F., Nafees, M., & Kim, H. T. (2018). Composting of chicken manure with a mixture of sawdust and wood shavings under forced aeration in a closed reactor system. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, 7(3), 261–267. DOI: https://doi.org/10.1007/s40093-018-0212-z

Quinchía, A. M., & Carmona, D. M. (2004). Factibilidad de disposicion de los biosólidos generados en una planta de tratamiento de aguas residuales combinada. Revista EIA, 2, 89–108.

Ramírez-Calderon, S., Ávila-Caballero, L. P., González-González, J., Rosas-Acevedo, J. L., Reyes-Umaña, M., & Hernández Cocoletzi, H. (2021). Caracterización fisicoquímica y microbiológica para el aprovechamiento de lodos de dos plantas de tratamiento de aguas residuales de Acapulco. Guerrero, México. Alianzas y Tendencias BUAP, 6(23), 20–36.

Ramírez-Coutiño, V., Wrobel, K., Wrobel, K., Navarro, R., Godínez, L. A., Teutli-León, M., & Rodríguez, F. (2013). Evaluation of the composting process in digested sewage sludge from a municipal wastewater treatment plant in the city of San Miguel de Allende, Central México. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 29(3), 89–97.

Saldaña-Escorcia, R., & Castillo Gámez, J. K. (2022). Alternativas para la estabilización de lodos generados en estaciones depuradoras de aguas residuales desde un enfoque sistémico: Una revisión. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 13(1), 175–194. DOI: https://doi.org/10.22490/21456453.4

Sánchez, E. (1997). Calidad del agua tratada para riego y sus efectos sobre los suelos. Tesis de Maestría. Facultd de ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 139 pp.

Santos, F. E. V., Kunz, S. H., Caldeira, M. V. W., Azevedo, C. H. S., & Rangel, O. J. P. (2014). Características químicas de substratos formulados com lodo de esgoto para produção de mudas florestais. Revista Brasileira de Engenharia Agricola e

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Ambiental, 18(9), 971–979. DOI: https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v18n09p971-979

SEMARNAT. (2003). Norma oficial mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002. Protección ambiental. Lodos y biosólidos. Especificación y Límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma técnica, México.

Senesi, N. (1989). Composted materials as organic fertilizers. Science of the Total Environment, 81–82, 521–542. DOI: https://doi.org/10.1016/0048-9697(89)90161-7

Şevik, F., Tosun, İ., & Ekinci, K. (2018). The effect of FAS and C/N ratios on co-composting of sewage sludge, dairy manure and tomato stalks. Waste Management, 80, 450–456. DOI: https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.07.051

Silva, R. dos S., Jalal, A., Nascimento do Nascimento, R. E., Castro, N., Cossi, K., Abreu-Junior, C. H., Carvalho, F., Dilipkumar, A., He, Z., Zhao, F., Teixeira, M. C. M., Rossetto, R., Capra, G. F., & Rodrigues, T. A. (2022). Composted Sewage Sludge Application Reduces Mineral Fertilization Requirements and Improves Soil Fertility in Sugarcane Seedling Nurseries. Sustainability. 14 (8), 14 pp. DOI: https://doi.org/10.3390/su14084684

Tellez, L. A., Ortiz, L. F., Calle, J. L., Jorge, P. A., Cesare, M. F., & Visitación, L. (2019). Estabilización de la bosta de caballo mediante un proceso aeróbico similiar al compostaje. Revi. Soc. Quím Perú, 85(1), 9 pp.

Torres, P., Escobar, J. C., Pérez, A., Imery V, R., Nates, P., Sánchez, G., Sánchez, M., & Bermúdez, A. (2005). Influencia del material de enmienda en el compostaje de lodos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales - PTAR. Ingenieria E Investigacion, 25(2), 54–61.

Uribe, J., Estrada, M., Córdoba, S., Hernández, L. E., & Bedoya, D. M. (2001). Evaluación de los Microorganismos eficaces (E.M) en producción de abono orgánico a partir del estiércol de aves de jaula. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 14(2), 164–172.

Usman, K., Khan, S., Ghulam, S., Khan, M. U., Khan, N., Khan, M. A., & Khalil, S. K. (2012). Sewage Sludge: An Important Biological Resource for Sustainable Agriculture and Its Environmental Implications. American Journal of Plant Sciences, 03(12), 1708–1721. DOI: https://doi.org/10.4236/ajps.2012.312209

Utria, E., Reynaldo, I., Cabrera, A., Morales, D., & Morúa, A. (2006). Caracterización de

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

los biosólidos de aguas residuales de la estación depuradora de aguas residuales "Quibú". Cultivos Tropicales, 27(3), 83–87.

Vicencio-de la Rosa, G., Pérez-López, E., Medina-Herrera, E., & Martínez-Prado, A. (2011). Producción de composta y vericomposta a partir de los lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales de un Rastro. Revista Internacional de Contaminacion Ambiental, 27(3), 263–270.

Vicente, M., & Vigíl, J. A. (2012). Evaluación físico – química Y microbiológica de cuatro niveles de lodos ordinarios en la elaboración de compost. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de El Salvador. San Salvador, El Salvador, 157 pp.

Vico, A. (2015). Reciclaje De Lodos De Depuradora : Estudio del efecto del agente estructurante usado y de la proporción de lodo. Tesis de Maestría. Universidad Miguel Hernández de Elche, España, 884 pp.

Yang, W., Song, W., Li, J., & Zhang, X. (2020). Bioleaching of heavy metals from wastewater sludge with the aim of land application. Chemosphere. 249, 35 pp. DOI: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126134

Zhangliang, H., Dezhi, S., Hui, W., Ruoyu, L., Zhiyuan, B., & Fei, Q. (2018). Effects of ambient temperature and aeration frequency on emissions of ammonia and greenhouse gases from a sewage sludge aerobic composting plant. Bioresource Technology, 270, 457–466. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.09.048

Zhao, X. lan, Li, B. qiong, Ni, J. pai, & Xie, D. ti. (2016). Effect of four crop straws on transformation of organic matter during sewage sludge composting. Journal of Integrative Agriculture, 15(1), 232–240. DOI: https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60954-0

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

COMITÉ INSTITUCIONAL DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN CON ANIMALES Y BIODIVERSIDAD

UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

Constancia N° 177-CIEI-AB-CIENTÍFICA-2020

El presidente del Comité Institucional de Ética en Investigación con Animales y Biodiversidad de la Universidad Científica del Sur (CIEI-AB-CIENTÍFICA) da constancia que el proyecto de investigación, cuyos datos se registran a continuación, ha sido **aprobado**.

Código de registro:	**389-2020-PRE11**
Título:	**Eficiencia del uso de diferentes tipos de estiércol para la producción de abono a partir de lodos de la PTAR Huáscar, Villa el Salvador**
Investigador(a):	**Greysi Sullca Curipaco**

La aprobación del proyecto de investigación implica que el documento presentado a evaluación cumple con los lineamientos de Universidad en materia de investigación y ética, los cuales se sustentan en la normativa internacional vigente. Adicionalmente, en el contexto de la pandemia de enfermedad por COVID-19, le recomendamos cumplir con las normas publicadas por el estado peruano.

En tal sentido, esta aprobación carecerá de valor si es que el proyecto de investigación arriba indicado es modificado de cualquier forma. Toda enmienda, añadido, eliminación o eventualidad (eventos adversos, etc.) posterior a la fecha de aprobación debe ser reportado al CIEI-AB-CIENTÍFICA.

La vigencia de la aprobación de este documento es de dieciocho (18) meses (**hasta el 18 de mayo del 2022**), periodo en el que puede desarrollarse el proyecto. Cualquier trámite para su renovación deberá ser enviado antes del término de la vigencia de este documento, debiendo suspenderse todo desarrollo hasta que la renovación sea aprobada.

Villa El Salvador, 19 de noviembre de 2020



Méd. Vet. Gianmarco Paolo Rojas Moreno
Presidente
Comité Institucional de Ética en Investigación
con Animales y Biodiversidad

RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N° 264-2020-DACIA-DAFCA-U. CIENTIFICA

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Lima 26 de noviembre del 2020

VISTO:
El informe de revisión independiente académica y la aprobación de un Comité de Ética del proyecto de tesis titulado: **"Eficiencia del uso de diferentes tipos de estiércol para la producción de abono a partir de lodos de la PTAR Huáscar, Villa el Salvador"**, presentado por:

- **Greysi Sullca Curipaco**

CONSIDERANDO:
Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el título profesional de **Ingeniero(a) Ambiental** en la **Facultad de Ciencias Ambientales**, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

SE RESUELVE:
Aprobar e inscribir el proyecto de tesis titulado: **"Eficiencia del uso de diferentes tipos de estiércol para la producción de abono a partir de lodos de la PTAR Huáscar, Villa el Salvador"** con N° de registro: **N° 389-2020-PRE11**, y establecer el inicio del periodo de ejecución del mencionado proyecto.

Nombrar al docente/colaborador **Percy Irribarren Ibañez** como asesor(a) para el desarrollo de la tesis en cuestión.

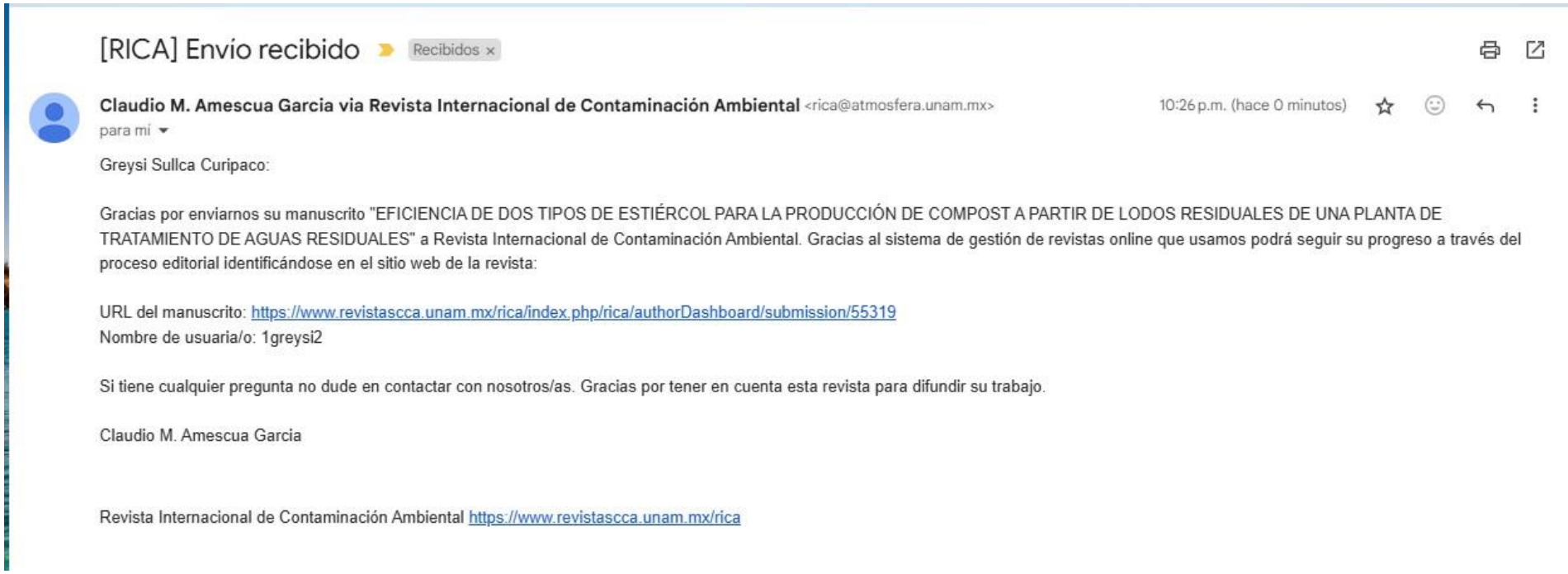
Regístrese, comuníquese y archívese,

Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca
Director Académico
Carrera de Ingeniería Ambiental

TESIS
UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL SUR

ANEXO N°1.

Evidencia del envío del artículo a la revista "Revista Internacional de Contaminación Ambiental"



[RICA] Envío recibido — Recibidos ×

Claudio M. Amescua Garcia via Revista Internacional de Contaminación Ambiental <rica@atmosfera.unam.mx> 10:26 p.m. (hace 0 minutos)
para mí

Greysi Sullca Curipaco:

Gracias por enviarnos su manuscrito "EFICIENCIA DE DOS TIPOS DE ESTIÉRCOL PARA LA PRODUCCIÓN DE COMPOST A PARTIR DE LODOS RESIDUALES DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES" a Revista Internacional de Contaminación Ambiental. Gracias al sistema de gestión de revistas online que usamos podrá seguir su progreso a través del proceso editorial identificándose en el sitio web de la revista:

URL del manuscrito: https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/authorDashboard/submission/55319
Nombre de usuaria/o: 1greysi2

Si tiene cualquier pregunta no dude en contactar con nosotros/as. Gracias por tener en cuenta esta revista para difundir su trabajo.

Claudio M. Amescua Garcia

Revista Internacional de Contaminación Ambiental https://www.revistascca.unam.mx/rica

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis