



Compostaje de los residuos industriales de tierra de blanqueo para su reciclado como productos fertilizantes

Composting of industrial bleaching earth waste for recycling as fertilizer products

Compostagem de resíduos de terra de branqueamento industrial para reciclagem como produtos fertilizantes

Norvina Marlena Marcelo Ángulo

nmarcelo@unjfsc.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-9998-8260>

Omar García Cordero

omargc05@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4929-6060>

Edgar Tito Susanibar Ramírez

esusanibar@unjfsc.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0003-4861-9091>

José Antonio Legua Cárdenas

jlegua@unjfsc.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0002-4978-4980>

Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho, Perú

Artículo recibido el 18 de febrero 2022 / Arbitrado el 2 de marzo 2022 / Publicado el 27 de junio 2022

RESUMEN

El objetivo fue reciclar los residuos industriales de tierra de blanqueo mezclado con carbón activado y aceite de anchoveta procedentes de una fábrica aceitera, mediante su compostaje, luego se aplicó el producto compostado con propiedades fertilizantes a un cultivo seleccionado para evaluar sus características físicas y rendimiento por ha de terreno agrícola, después que se aplicó en 5 tratamientos el fertilizante obtenido. Este reciclado de residuos industriales es una alternativa sostenible para la fertilización de diversos cultivos. La metodología que se utilizó en esta investigación aplicada y experimental; fue el diseño de bloques completamente al azar que constó de 3 bloques y 5 tratamientos, para determinar el efecto positivo del producto fertilizante y cuál es la dosis que determinó mejores características físicas y químicas en el cultivo rabanito (*Raphanus sativus*) que se seleccionó entre otros cultivos por su corto periodo de cosecha. Se aplicaron las dosis del producto fertilizante a los 10 días después de la siembra y se evaluaron desde la siembra hasta la cosecha, obtenidos los datos experimentales, se procesaron mediante análisis de varianza y Duncan. Los resultados determinaron que el tratamiento T5 sobresalió en sus características físicas y químicas tales como: longitud de planta, peso total de planta, diámetro ecuatorial, diámetro polar, rendimiento agrícola de producto.

Palabras clave: Reciclaje; Residuos de tierra de blanqueo; Compostaje; Contaminación ambiental

ABSTRACT

The objective was to recycle the industrial residues of bleaching soil mixed with activated carbon and anchoveta oil from an oil factory, by composting it, then the composted product with fertilizing properties was applied to a selected crop to evaluate its physical characteristics and yield per ha of agricultural land, after the fertilizer obtained was applied in 5 treatments. This recycling of industrial waste is a sustainable alternative for the fertilization of various crops. The methodology used in this applied and experimental research was a completely randomized block design consisting of 3 blocks and 5 treatments, to determine the positive effect of the fertilizer product and the dose that determined the best physical and chemical characteristics in the radish crop (*Raphanus sativus*), which was selected among other crops because of its short harvest period. The doses of the fertilizer product were applied 10 days after sowing and evaluated from sowing to harvest, and the experimental data were obtained and processed by analysis of variance and Duncan. The results determined that the T5 treatment excelled in physical and chemical characteristics such as: plant length, total plant weight, equatorial diameter, polar diameter, and agricultural yield.

Key words: Recycling; Bleaching soil residues; Composting; Environmental pollution

RESUMO

O objetivo era reciclar os resíduos industriais de terra branqueadora misturada com carvão ativado e óleo de anchoveta de uma fábrica de óleo, através da compostagem, depois o produto composto com propriedades fertilizantes foi aplicado a uma cultura selecionada para avaliar suas características físicas e rendimento por hectare de terra agrícola, após o que o fertilizante obtido foi aplicado em 5 tratamentos. Esta reciclagem de resíduos industriais é uma alternativa sustentável para a fertilização de várias culturas. A metodologia utilizada nesta pesquisa aplicada e experimental foi um desenho de blocos completamente aleatório, consistindo em 3 blocos e 5 tratamentos, para determinar o efeito positivo do produto fertilizante e a dose que determinou as melhores características físicas e químicas na cultura de rabanete (*Raphanus sativus*), que foi selecionada entre outras culturas por causa de seu curto período de colheita. As doses do produto fertilizante foram aplicadas 10 dias após a semeadura e avaliadas desde a semeadura até a colheita. Os dados experimentais foram obtidos e processados por análise de variância e Duncan. Os resultados determinaram que o tratamento T5 se destacou em suas características físicas e químicas, tais como: comprimento da planta, peso total da planta, diâmetro equatorial, diâmetro polar, rendimento agrícola do produto.

Palavras-chave: Reciclagem; Lixiviação de resíduos do solo; Compostagem; Poluição ambiental

INTRODUCCIÓN

Las fábricas de aceites comestible, principalmente de aceite de soya y de pescado, en una de sus etapas de procesamiento del aceite crudo, que es el blanqueo del aceite para separar los componentes que dan color, olor no deseables al aceite, se utiliza la tierra de blanqueo, que es una arcilla ácido activada con propiedades adsorbentes, que se le combina según los criterios tecnológicos de las empresas aceiteras, con ayuda filtrante, carbón activado entre otros, para complementar las propiedades adsorbentes de la arcilla. La decoloración o blanqueo de aceites comestibles se realiza con arcillas naturales o activadas con ácido (1).

El aceite mezclado con la tierra de blanqueo y otros aditivos, requiere separarse de este material sólido por lo que se utiliza convencionalmente un filtro prensa de marcos y placas, que produce un filtrado que es el aceite decolorado y una torta retenida entre los marcos y placas, constituida por tierra de blanqueo mezclada con aceite y carbón activado. Asimismo, es necesario mencionar que la torta retenida en el filtro prensa, son los residuos de tierra de blanqueo que desechan las fábricas aceiteras.

La tendencia mundial en producción de tierras de blanqueo para la refinación de aceite vegetal es a partir de arcillas de origen natural del grupo de las Palygorskitas: bentonita cálcica, atapulgita, hormita y de las esmectitas: Montmorillonita y hectorita (2). El uso de las arcillas activadas mediante modificación química para la adsorción y

remoción de analitos en diferentes matrices ha abierto una gran ventana en la investigación de las potencialidades que tienen estas en campos diferentes (3).

Se observa por las propiedades físicas y químicas de la tierra de blanqueo se le utiliza en la refinación de aceite, para la reducción de impurezas, blanquear y desodorizar. La tierra se usa por su mayor eficiencia (más superficie por gramo) en la absorción, por lo que puede reducir la dosis de tierra y minimizar las pérdidas de aceite (4). Este residuo de tierra de blanqueo se genera en gran cantidad en la refinación del aceite y es de difícil disposición final. Las tierras decolorantes usadas en su mayoría son depositadas como residuos. Anualmente en el mundo, cerca de 100 mil toneladas de grasas y aceites se desechan junto con las tierras de blanqueo (5).

Hace buen tiempo que los residuos de tierra de blanqueo no tienen una adecuada disposición final; puesto que estos residuos se depositan en la intemperie, ríos, lugares donde existe población dispersa, entre otros. Ocasionando focos infecciosos en la propagación de plagas que afectan a cultivos del entorno y a la salud pública. A más de ser un contaminante ambiental, este residuo es peligroso ya que el aceite contenido presenta riesgo de explosión o autocombustionarse (6).

Lo referido en (2) se explica que las tierras de blanqueo pueden ser de procedencia natural y otras que son activadas con ácidos, en el caso de las primeras tierras de blanqueo mencionadas, son capaces de retener hasta 54% de su peso, un 42% de grasa y un 12%

impurezas y contaminantes volátiles (7). En el caso del presente trabajo de investigación se ha utilizado tierra de blanqueo ácido activadas.

Debido a esta situación a que los residuos de la tierra de blanqueo tienen una disposición final contaminante y riesgosa para la salud, es necesario darles alguna aplicación luego de algún tratamiento que implique reciclaje o rehúso para que tengan un valor agregado con la finalidad de aprovechar los residuos de tierra de blanqueo como alternativa ecológica se tiene la elaboración de compost entre otras opciones y de esta manera reducir o eliminar sus efectos de impacto ambiental.

Algunas alternativas de reciclaje y/o rehúso de los residuos de tierras de blanqueo es para la producción de riboflavina (Vitamina B2), sustituto de aceite de pescado en la formulación alimenticia para especies acuáticas, fabricación de prebióticos, síntesis de biodiesel y fertilizantes (8). También la tierra de blanqueo usada aumenta la retención de agua en los suelos y es también usada con éxito para la producción de compost. Si la tierra contiene níquel bio-disponible no puede ser usada para estos propósitos (9). En otros casos los residuos de tierra de blanqueo se recupera la arcilla de blanqueo y en otros se recupera el aceite retenido. En general, reutilizar el aceite con fines comestibles resulta difícil de lograr a causa de su oxidación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento que se realizó, es una investigación aplicada experimental; pues los datos de medición de las características

físicas del cultivo rabanito se recabaron en el campo de cultivo, donde se experimentó 5 tratamientos para encontrar la dosificación óptima para el cultivo rabanito. La data experimental obtenida se procesó mediante análisis estadístico, obteniéndose de esta manera la dosis adecuada de residuos de tierra de blanqueo (RTB) correspondiente al mejor rendimiento (tn/ha) de producto rabanito.

Se utilizó como abono fertilizante los RTB compostados, que tuvieron un tiempo de compostaje de 4 meses, a fin de biodegradar el aceite de anchoveta (*Engraulis ringens*), componentes colorantes y odoríficos y otros de naturaleza orgánica que se encuentran mezclados con la tierra de blanqueo.

Dada la naturaleza orgánica de los RTB, a fin de viabilizar su biodegradación aeróbica se requirió desagregar los RTB en material particulado en rango de tamaño por debajo de la malla 10 de la escala Tyler, para facilitar y acortar el tiempo de su transformación en compost se le mezcló con rastrojos para evitar que se apelmace y retarde la biodegradación del componente aceitoso y de las otras materias orgánicas presentes, así también para airear el material en transformación y controlar la temperatura se hacía el volteo o mezclado en las pozas con la ayuda de una pala, cada 10 días.

La investigación se desarrolló en el Centro Poblado de medio Mundo, distrito de Vegueta, Huaura, Asimismo, presenta condiciones de temperatura de 20.0 °C – 24 °C y Humedad relativa de 89 %. Los RTB en calidad de subproducto o residuos desechables fueron

facilitados por la empresa Biopex SAC, en una cantidad de 200 kg distribuidos en 5 bolsas de 40 kg por bolsa, para su respectivo transporte al campo de cultivo para su tratamiento por compostaje. Este material presentaba una apariencia pastosa de color negro y de fuerte olor a pescado.

Procedimiento

Se preparó tres muestras en 3 pozas bajo suelo, donde se depositó 15 kg por poza. con diferente formulación en cuanto a la proporción en peso de RTB, guano de cuy y rastros, la muestra seleccionada de las 3 pozas, que luego de transcurridos 4 meses, registró mejores señales externas tales como: menor olor, textura aparente, registros de elevación de temperatura durante el compostaje, fue seleccionada como RTB compostado, que registró un porcentaje en peso de 33,33, 33,3 y 33,33 % de RTB, guano de cuy y rastros respectivamente.

Luego se instaló el área experimental empleando el modelo estadístico del Diseño de Bloques Completamente al Azar que constó de 3 bloques y 5 tratamientos. Se aplicaron las dosis una sola vez a los 10 días

de haber sembrado el rabanito. Se evaluó el cultivo desde la siembra hasta la cosecha y los datos obtenidos se trataron mediante análisis estadísticos.

Respecto al análisis químico del RTB compostado seleccionado, se le analizó en INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria) que se aprecia en la Tabla 1, que de acuerdo a la FAO el pH con 7,06 se encuentra dentro de lo adecuado 6,5 – 8,5, materia orgánica con 43,98 % está en valores altos >20%, nitrógeno con 3 % valor alto ~1%, fósforo con 0,53 % está en valores altos 0,1% – 1,0%, potasio con 0,92 % en valores altos 0,3% – 1,0% relación C/N con 8,5:1 tiene nutrientes suficientes para los microorganismos 10:1 – 15:1(10).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado del análisis químico del producto RTB compostado, que se muestra en la Tabla 1, por sus características físico-químicas, presenta valores adecuados y altos de concentración de nutrientes que al incorporarse al suelo favorece la disponibilidad de macronutrientes para la absorción de la planta, influenciando para un óptimo desarrollo vegetativo de la planta.

Tabla 1. Análisis de macronutrientes de abono orgánico.

N° Lab.	ID Muestra	pH	C.E. uS/cm	Humedad (%)	M.O. (%)	N (%)	P2O5 (%)	K2O (%)	CaO (%)	MgO (%)	C/N
AO-0012	Abono	7,06	340,00	13,64	43,98	3,00	0,53	0,92	1,89	0,05	8,50

Fuente: INIA (Instituto Nacional de Investigación e Innovación).

Con relación al análisis de micronutrientes que se indica en la Tabla 2, se detalla que según el manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos que compara valores de micronutrientes de lodo sanitario, estiércol de vacuno y estiércol de gallina. Con los resultados de fierro con 5666,5 ppm encontrándose en valores normales (514 - 6322 ppm -), zinc con 51,85 ppm dentro del

margen (84 - 984 ppm), cobre con 3,89 ppm valor bajo (19 - 131 ppm) y manganeso con valor bajo 138,05 ppm (166 - 336 ppm) (11). Por lo tanto, debido a la mayoría de los valores que se encuentran dentro de los márgenes, se interpreta que este compost tiene concentración de micronutrientes adecuado que favorece la disponibilidad de estos al momento de incorporarlos al suelo.

Tabla 2. Análisis de macronutrientes de abono orgánico.

N° Lab.	ID Muestra	Fe ppm	Zn ppm	Cu ppm	Mn ppm
AO-0012	Abono	5666.5	51.85	3.89	138.05

Fuente: INIA (Instituto Nacional de Investigación e Innovación).

Se estableció las dosis de compost teniendo en cuenta los resultados del análisis de suelo y cantidad que emplean los agricultores de la zona que en promedio es de 6 a 10 tn/ha para cultivos de hortalizas de ciclo corto

como rabanito. También se sostiene con otras investigaciones que destacan la aplicación de una dosis referencial de enmiendas orgánicas es de 4 a 8 t/ha de semicompostado y de 6 a 12 t/ha para compost (12), se muestra la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados de análisis de suelo.

Tratamiento	g/planta	tn/ha
T ₁	0	0
T ₂	10	4
T ₃	15	6
T ₄	20	8
T ₅	25	10

Concerniente a la evaluación de las características físicas del cultivo rabanito que se observa en la Tabla 4, se aprecia que no hubo significancia; es decir las dosis de compost no influyeron en las características; sin embargo, el tratamiento T₅ con 10 tn/ha destacó en relación a las demás dosis. Por

lo que, este resultado se interpreta que, a mayor dosis de compost, que es el caso del tratamiento T₅ se aumentó la disponibilidad de nutrientes, que determinó una óptima absorción. Obteniéndose de esta manera buena presentación de su arquitectura de la planta, calidad de fruto y mayor rendimiento.

Tabla 4. Características físicas del cultivo de rabanito por tratamiento.

Tratamiento	Compost tn/ha	Longitud de planta (cm)	Peso total de planta (g)	Diámetro ecuatorial (cm)	Diámetro polar (cm)	Rendimiento comercial tn/ha
T ₅	10	24,23 a	31,96 a	3,55 a	4,22 a	5,112 a
T ₄	8	22,41 a	28,52 a	3,39 a	3,90 a	4,742 ab
T ₃	6	21,93 a	26,31 a	3,21 a	3,74 ab	4,209 ab
T ₂	4	20,78 a	23,26 a	3,03 a	3,47 ab	3,757 ab
T ₁	0	19,34 a	21,74 a	2,95 a	3,12 b	3,097 b
Significancia		**	**	**	**	**
Coefficiente de variación %		13,68	25,42	10,96	10,51	23,09

Significancia (*)

No significativo (**)

Análisis estadístico

Obtenidos los datos desde la siembra hasta la cosecha se procesaron mediante análisis de varianza y estos se compararon con los datos de la tabla de Fisher al 5 % error, esta operación estadística determinó si hubo efecto de dosis o no; es decir si influyeron las aplicaciones de compost o no. Después de efectuar el análisis de varianza, se procesó los datos con la prueba de Duncan al 5 % de error. Esta operación determinó que el tratamiento T₅ destaca con relación a los demás y si tienen relación homogénea o se diferencian estadísticamente.

Discusión

Características físicas del cultivo rabanito después de los 5 tratamientos aplicados

De acuerdo a la evaluación de las características físicas del cultivo de rabanito que se detalla en la Tabla 4, se indica que no hubo significancia; es decir las dosis de compost no influyeron; sin embargo, el tratamiento T₅

con 10 tn/ha destacó en todos los tratamientos evaluados.

Por lo que, se analiza que estas dosis de compost se incorporaron macronutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes en el suelo, que influyeron en el incremento de la disponibilidad nutricional, lo cual favoreció en el desarrollo vegetativo de la planta obteniéndose de esta manera buena arquitectura de la planta, rendimiento y calidad de fruto. Por lo tanto, para cultivos de hortalizas como betarraga, zanahoria, rabanito, leguminosas y otros se requiere de 3 a 6 tn de compost/ha (13). Asimismo, es importante hacer notar que depende de otros factores en la aplicación de esta proporción de compost/tn, como son el tipo de suelo y cultivo.

Beneficio de los residuos de tierra de blanqueo compostados

Se logró un producto ecológico y al mismo tiempo favorece en reducir la contaminación ambiental. Asimismo, se promueve el

aprovechamiento de residuos orgánicos tomando conciencia ambiental en reciclar o rehusar algunos residuos en especial los de naturaleza predominantemente orgánica.

CONCLUSIONES

Se determinó que la mayor dosis se relacionó con el mayor rendimiento, que es el tratamiento T₅, resultó un rendimiento de 5,11 tn/ha, por lo que se infiere que al aplicar esta dosis de compost obtenido de la biodegradación de los RTB, guanos de cuy y rastrojos, al suelo se incorporó una concentración de nutrientes, que proporcionó las condiciones para una mayor disponibilidad de componentes químicos en estado inorgánico para la absorción del cultivo rabanito, favoreciendo su desarrollo, en su arquitectura y rendimiento.

Se confirma que el reciclaje de los RTB por compostaje, son útiles para la elaboración de productos fertilizantes; y su aplicación da lugar a un mayor rendimiento y la obtención de productos ecológicos y más saludables al evitar el uso de fertilizantes comerciales los que tienen mayor carga química; por lo que la evaluación presentada es sostenible ambientalmente.

El presente trabajo de investigación motiva a desarrollar actividades de fertilización en áreas verdes de instituciones públicas y/o privadas, utilizando los RTB compostados para reducir la contaminación ambiental, reciclando por compostaje los residuos de tierras de blanqueo que desechan las fábricas aceiteras.

REFERENCIAS

1. Zahrani A, Daous M. Recycling of Spent Bleaching Clay and Oil Recovery, I. Chem. E (Institution of Chemical Engineers), 2000; pág. 224
2. Salazar A. Evaluación de la reutilización de tierras provenientes de la etapa de blanqueo en la refinación del aceite de palma. [Internet]. Proyecto integral de grado para optar al título de: Ingeniero químico. Fundación Universidad de América; 2019; Vol 8. Disponible en: <https://n9.cl/iyj3z>
3. Volcán de Bego T. Estado del Arte Sobre Producción de Tierras de Blanqueo: Inteligencia Tecnológica Aplicada. Cal. Tecn. Desarr. AgroInd [Internet]. 21 de diciembre de 2018 [citado 17 de enero de 2022]; 20:63 - 76. Disponible en: <https://revistas.uclave.org/index.php/catedea/article/view/2001>
4. Montaña D, Rosero M, Torres R. Arcillas activadas para el blanqueamiento del aceite de palma y remoción del colorante azul índigo carmín del agua. Prod + Limpia [Internet]. 2020;6;14(2):21-9. Disponible en: <https://n9.cl/nz035>
5. Baldini R. Mitigación de 3-MCPDE y GE mediante diversas tecnologías de proceso. Rev Palm [Internet]. 19 de diciembre de 2019 [citado 18 de enero de 2022];40(Especial T):69-5. Disponible en: <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13088>
6. Taylor D, Bleaching”, en Shahidi F. “Bailey’s Industrial Oil and Fat Products”, Sexta edición, vol 6, Wiley-Interscience, New Jersey, 2005; pp. 287-293, 302-308, 311, 312, 315, 316, 320-32
7. Haro C, Aragón C, De la Torre E, Guevara A. Regeneración de Arcillas de Blanqueo Empleadas en la Decoloración de Aceites Vegetales Comestibles. Rev. Politéc. [Internet]. 31 de agosto de 2014 [citado 17 de enero de 2022];34(1):42. Disponible en: <https://>

revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/317

8. Alexandra N, Hernández J, Villanueva S, Henríquez M. Preliminary overview: Agro-industrial Uses of Spent Bleaching Earth. *Ciencia En Revolución*; enero 30 del 2021. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4625946>

9. Llorca v, Jara D. Recuperación de aceite en tierra de blanqueo usada a través de extracción con solventes para obtener biodiesel. Trabajo de titulación previo a la obtención del título de ingeniero químico. Universidad de Guayaquil- Ecuador [Internet]. 2016. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/12676/1/Tesis%20Biodiesel.pdf>

10. FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Manual de compostaje del agricultor [Internet]. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 2015. 112 p. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i3388s/i3388S.pdf>

11. OPS/HEP/HES/URU/02.99. Manual para la elaboración de compost bases Conceptuales y procedimientos. Pres LA Repub oficina Planeamiento y Presupuesto Unidad Desarrollo Municipal Panam La salud Organ Mund LA SALUDOPS/HEP/HES/URU/0299 Man PARA LA Elaboración Compost Bases conceptuales y procedimientos [Internet]. :1999: 1-69. Disponible en: <http://www.ingenieroambiental.com/newinformes/compost.pdf>

12. Hirzel J, Salazar F. Guía de manejo y buenas prácticas de aplicación de enmiendas orgánicas en agricultura. *Boletín INIA*, 2016: Numero de publicación 325, 58. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6506>

13. Sirsd-S P. Pauta técnica para la aplicación de compost. *Serv Agric y Ganad* [Internet]. 2017;5. Disponible en: http://www.sag.cl/sites/default/files/pauta-tecnica-aplicacion-de-compost-conc.1-2-3_region_atacama.pdf