






EFECTO DE LA ADICIÓN DE ROCA FOSFÓRICA Y ALFALFA EN EL CONTENIDO DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO DE TRES MUESTRAS DE BIOL

EFFECT OF THE ADDITION OF PHOSPHORIC ROCK AND ALFALFA ON THE CONTENT OF NITROGEN, PHOSPHORUS AND POTASSIUM OF THREE BIOL SAMPLES

Tany Yalú Azaña Colchado^{1*}; Ana Luisa Sánchez Ramos¹; José Manuel Villanueva Carlos¹

¹Facultad de Ciencias, Universidad Nacional del Santa, Perú. Av. Universitaria s/n. Ciudad Universitaria, Urbanización Bellamar, Nuevo Chimbote, Ancash, Perú.

Tany Azaña Colchado:
Ana Sánchez Ramos:
José Villanueva Carlos:

 <https://orcid.org/0000-0002-5309-8705>
 <https://orcid.org/0000-0003-3158-040X>
 <https://orcid.org/0000-0002-5056-0001>

Artículo original

Recibido: 24 de agosto 2021
Aceptado: 04 de noviembre 2021

Resumen

El presente trabajo evalúa el efecto de adicionar roca fosfórica y alfalfa en el proceso fermentativo de biol y su posterior contenido de nitrógeno, fósforo y potasio como nutrientes esenciales para el desarrollo y crecimiento foliar y radicular de las plantas. Para lo cual se usó un biodigestor por lote, donde se desarrolló el proceso fermentativo por un período de 90 días que fueron determinados por los valores de pH obtenidos por monitoreo constante, finalizado el proceso y obtenido el biol se procedió a realizar pruebas químicas para determinar la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en todas las muestras, obteniendo como resultado que el Tratamiento 3 (T3) que contenía alfalfa y roca fosfórica sobresalió en NPK con valores de 5,36% de nitrógeno, 0,63 mg/L de fósforo y 5,32 mg/L de potasio convirtiéndose en el biol óptimo para el uso en las plantas.

Palabras clave: Alfalfa, fósforo, nitrógeno, potasio, roca fosfórica.

Abstract

This work evaluates the effect of adding phosphoric rock and alfalfa in the fermentation process of biol and its subsequent content of nitrogen, phosphorus and potassium as essential nutrients for the development and foliar and root growth of plants. For which a batch biodigester was used, where the fermentation process was developed for a period of 90 days that were determined by the pH values obtained by constant monitoring, after the process was finished and the biol was obtained, chemical tests were carried out to determine the concentration of nitrogen, phosphorus and potassium in all the samples, obtaining as a result that Treatment 3 (T3) containing alfalfa and phosphoric rock excelled in NPK with values of 5.36% nitrogen, 0.63 mg/L of phosphorus and 5.32 mg/L of potassium becoming the optimal biol for use in plants.

Keywords: Alfalfa, nitrogen, potassium, phosphate rock, phosphorus.

* Autor para correspondencia: tany.azana@outlook.com

DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2021.41.02.04>

Citar como:

Azaña, T., Sánchez A., & Villanueva J. 2021. Efecto de la adición de roca fosfórica y alfalfa en el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio de tres muestras de biol. REBIOL, 41(2):187-194.



1. Introducción

La producción agrícola orgánica se ha convertido en la principal forma de reciclar residuos sólidos de origen vegetal y animal, por ser usados en la elaboración de compost, humus, bioles y otros (Hermann et al., 2011). Estos productos son obtenidos a través de procesos fermentativos aeróbicos o anaeróbicos según el tipo de bioabono que se requiera; puesto que, estudios previos han indicado que la aplicación de fertilizantes orgánicos cumplen con los requisitos de la agricultura sostenible y presentan ventajas sobre fertilizantes químicos (Guo et al., 2010). De estos procesos nace una alternativa de fertilización líquida llamada biol, que se ha desarrollado principalmente en países de América del Sur como una solución práctica y económica a los problemas agrícolas y ambientales (Winarso et al., 2016).

El biol, es un biofertilizante líquido obtenido por fermentación anaeróbica que estimula en las plantas la formación de raíces, crecimiento de flores, frutos y el desarrollo general de las mismas, que aplicado en pequeñas cantidades, promueve el desarrollo y proliferación de microorganismos que optimizan la estructura de los suelos y reduce las infecciones fúngicas y bacterianas (Fongaro et al., 2014). El proceso de elaboración de biol es realizado en ambientes anaeróbicos con el objetivo de promover el crecimiento de bacterias fermentativas que convierten los compuestos orgánicos simples producidos durante el proceso de hidrólisis en productos intermedios, principalmente ácidos orgánicos volátiles que dan lugar al incremento de la acidez del medio y por ende inhiben la presencia de microorganismos que inducen la putrefacción (Marín, 2015).

Durante el inicio fermentativo los nutrientes presentes en la materia orgánica serán aprovechados por las bacterias como el sustrato que da inicio al crecimiento, desarrollo y posterior degradación del mismo con el fin de obtener biofertilizante rico en contenido de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio (Rojas, 2014). Esto últimos, indispensables para el desarrollo de las plantas y del aumento de las propiedades físico- químicas del suelo (Ning et al., 2017). Así también la calidad del biol está determinada por el tipo de materia orgánica usada en el proceso fermentativo, puesto que la carga de proteínas, carbohidratos y grasas presentes al ser transformadas en moléculas simples serán aprovechadas por las plantas (Feiz & Ammenberg, 2017).

Para llevar a cabo los procesos fermentativos es necesario de contenedores herméticos conocidos como biodigestores, que por su diseño dan las condiciones ambientales óptimas para la biotransformación de la materia orgánica en su interior (Ning et al., 2017). La materia orgánica empleada juega también un papel indispensable en este proceso puesto que determinará la calidad del biofertilizante (Feiz & Ammenberg, 2017) por esta razón se hace uso de excretas animales, desechos frutales y hojas secas con la finalidad de liberar los nutrientes que mejoren el desarrollo de las plantas.

Por lo antes mencionado y ante la posibilidad de obtener un biofertilizante (biol) con mayor biodisponibilidad de NPK, resulta importante realizar un estudio sobre la evaluación de la biodisponibilidad química de nutrientes asociada a la producción de biol enriquecido con roca fosfórica y alfalfa. Debido a que el uso de fertilizantes para el acondicionamiento de los suelos resulta costoso y muchas veces perjudicial para los suelos; además, que no todos los sustratos de origen natural se adaptan a los tipos de suelos existentes a causa de los diferentes valores pH y conductividad que presentan.

Por lo que la finalidad del presente trabajo fue determinar el efecto de la adición de roca fosfórica y alfalfa en el proceso fermentativo del biol y el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en las muestras de biol en estudio a través de análisis químicos que ayudaron a la conclusión del estudio.

2. Materiales y Métodos

Construcción del biodigestor

Tal y como se observa en la figura 1; se diseñaron biodigestores por lote, usando tanques de polietileno de 30 L de capacidad modificados y adaptados para el control durante el proceso fermentativo: en la parte inferior del tanque a 30 cm de altura de la base se efectuó un agujero de 2 cm de diámetro en el que se acopló un tubo PVC de ½ plg de 7 cm de longitud, el mismo que fue conectado por un extremo a una válvula de PVC de ½ plg para el muestreo y control del pH de la fracción líquida de la fermentación (biol). En la parte superior sobre la tapa del tanque se acoplaron dos tubos de PVC de ½ plg, el primero de 100 cm de longitud conectado en el centro de la tapa del tanque e introducido hacia el interior del mismo para agitar la mezcla de materia orgánica.



Figura 1. Biodigestores por lote, usados en el proceso fermentativo de la materia orgánica. Se observan los tratamientos en estudio, así como el control.

Preparación y adaptación de la materia orgánica

El acondicionamiento de la materia orgánica en el biodigestor, tal y como se indica en la tabla 1, se inició con la dilución de 18 kg de estiércol vacuno en 36 L de agua

alcanzando una relación 1:3 para lograr homogeneidad en la mezcla, de forma seguida se adicionó los restos frutales de mango, durazno y manzana previamente seccionados en partes de 1,5 cm de longitud aproximadamente para

una degradación rápida y eficiente; posteriormente se adicionaron roca fosfórica y alfalfa tal y como lo indica la tabla 1.

Tabla 1. Distribución del tipo de materia orgánica en Kg, de acuerdo a cada tratamiento en estudio.

TRATAMIENTO	MATERIA ORGÁNICA				
	Estiércol vacuno (Kg)	Residuos de fruta (Kg)	Agua (L)	Alfalfa (Kg)	Roca fosfórica (Kg)
Control	18	1	36	0	0
T1	15	1	36	3	0
T2	15	1	36	0	3
T3	12	1	36	3	3

Tiempo de retención y medida de pH

El tiempo de retención de la materia orgánica en el proceso fermentativo estuvo determinado por los valores de pH, es decir desde un pH ácido de inicio de fermentación hasta un pH neutro de fin de fermentación.

Determinación de la calidad química en muestras de biol

Determinación del contenido de fósforo

Las evaluaciones del contenido de fósforo se iniciaron con la purificación de las muestras de biol, para lo cual se tomaron 5 mL de cada muestra y por separado se colocaron en un matraz, se adicionó 4 g de carbón activado sobre las mismas y 100 mL de NaHCO₃ al 0,5 N, se dejó actuar por 5 min y se filtró usando papel Wattman N° 25, este proceso fue realizado dos veces para eliminar la mayor cantidad de impurezas presentes en las muestras (Harris, 2007).

Se tomó 1 mL del líquido resultante y se adicionó 5 mL de solución de molibdato de amonio y 1 mL de solución diluida de SnCl₂, se aforó a 25 mL con agua destilada y se dejó reposar durante 10 min, para finalmente realizar la lectura usando espectrofotómetro a una longitud de onda de 660 nm y se determinó la concentración de fósforo de acuerdo a la ecuación obtenida a partir de la curva de calibración previamente realizada.

Determinación del contenido de nitrógeno total

Se usaron 5 mL de las muestras biol (por cada tratamiento) y por separado se colocó en un matraz kjeldahl, se adicionó

3g de mezcla catalizadora más 4 mL de solución digestora, se homogeneizó la mezcla hasta lograr el aumento de temperatura y presenciar un viraje hacia un color verde; de forma seguida se adicionaron 10 mL de agua destilada, 12 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 4% y 2 gotas de rojo fenol, así como 15 mL de solución concentrada de NaOH al 40%. Finalmente se tituló con HCl 0,05 N hasta que vire de azul a amarillo tomándose nota del volumen gastado. Para determinar el porcentaje de nitrógeno se usó la siguiente formula calculándose por el método volumétrico el porcentaje de nitrógeno (Olivares et al., 2012).

$$\%N = \frac{(Vm - Vb) \times NHCl \times 14 \times 100}{mg \text{ de muestra}}$$

Donde:

%N: Nitrógeno total

Vm: Volumen de HCl gastado en la muestra

Vb: Volumen de HCl gastado en el blanco

N: Normalidad de HCl

14: factor de conversión ácido-base

Determinación del contenido de potasio

Se usó el método de espectrofotometría de tipo UV-VIS usado por (Ramos et al., 2006), así como la determinación de curva de calibración. Se tomó 2,5 mL de cada tratamiento de biol y por separado, se agregó 25 mL de acetato de amonio 1N, la mezcla fue agitada por 10 min y

se dejó reposar por un período de 10 min, luego se filtraron las muestras usando papel Wattman N° 25; el líquido resultante constituyó el extracto de la muestra a partir del cual se realizaron las lecturas en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 780 nm. La concentración de potasio se determinó a partir de la curva de calibración realizada para el fósforo propia del autor.

3. Resultados

En la figura 2, se muestra el comportamiento del pH desde el inicio del proceso fermentativo de la materia orgánica hasta la conversión a biol. Se observa que los valores de pH al día 15 fueron ácidos y que progresivamente fueron estabilizándose a pH neutro, registrando valores de 7 a 7,12 tanto en la muestra control como en los tratamientos en estudio.

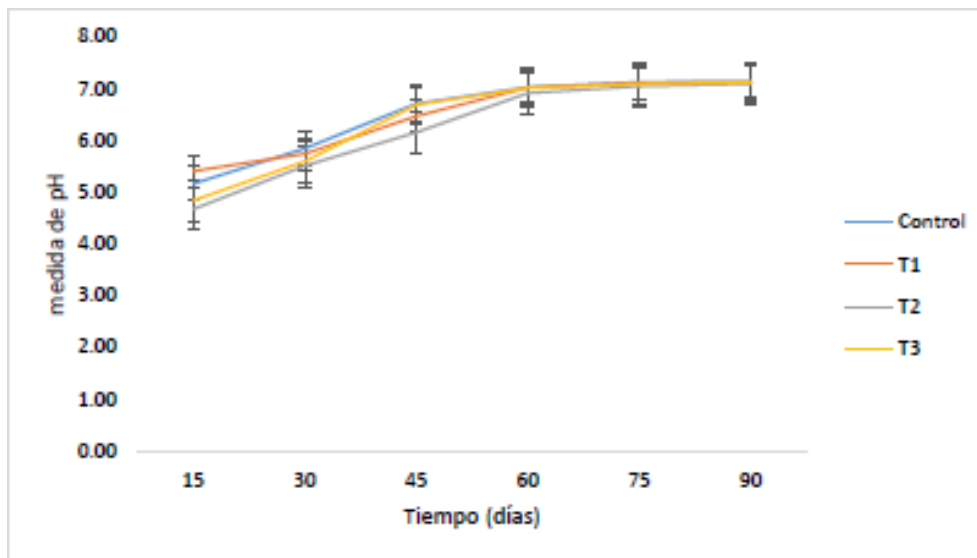


Figura 2. Monitoreo del comportamiento de pH en la muestra control y tratamientos durante los 90 días del proceso fermentativo de la materia orgánica hasta la obtención del biol. T1: tratamiento enriquecido con alfalfa, T2: tratamiento enriquecido con roca fosfórica, T3: enriquecido con alfalfa y roca fosfórica.

Por otro lado, en la figura 3, se muestran las variaciones de temperatura durante el proceso fermentativo como parte de parámetros ambientales bajo los cuales se llevó a cabo

el proceso, observando oscilaciones de temperatura entre los 17,1°C y los 22,8°C durante todo el tiempo de fermentación de la materia orgánica.

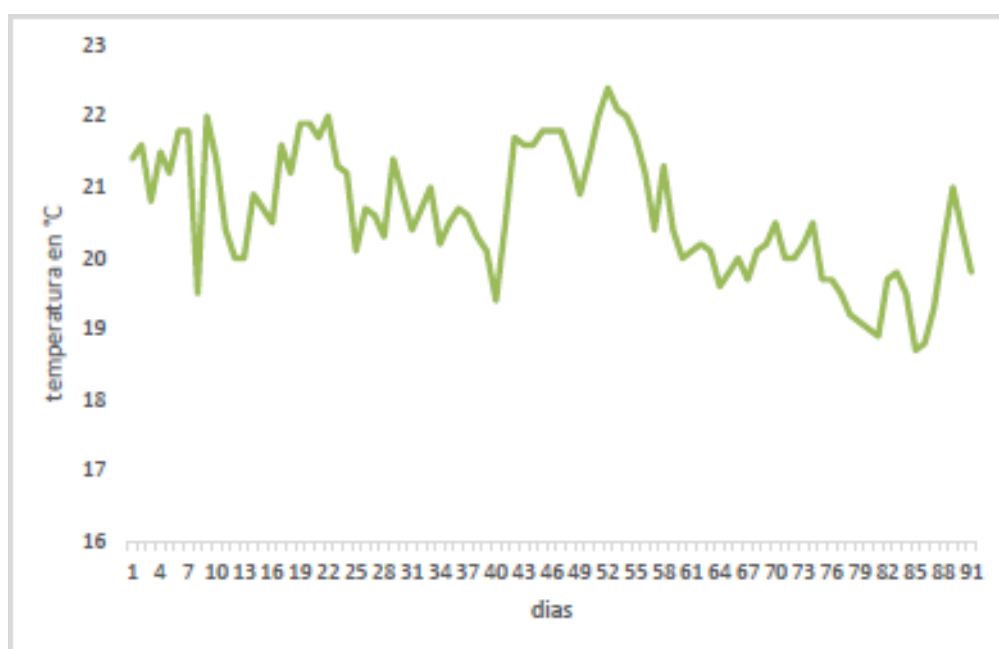


Figura 3. Variaciones de temperatura general en °C respecto a los 90 días del proceso fermentativo de la materia orgánica.

En la figura 4, los tratamientos T1 y T3 presentan mayores porcentajes de nitrógeno con 4,44 % y 5,36% respectivamente, la alfalfa estuvo presente en ambos

tratamientos como materia orgánica en el inicio de la fermentación, lo que indicaría los valores de nitrógeno elevados a diferencia de los tratamientos T2 y el control.

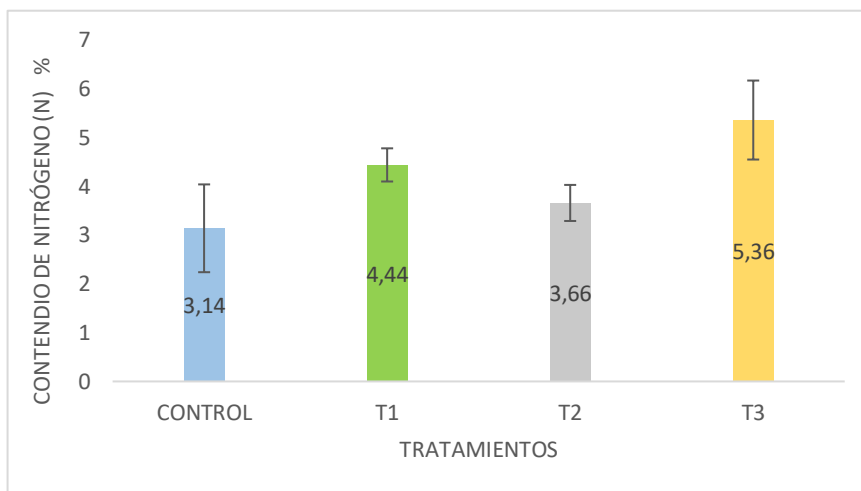


Figura 4. Contenido de nitrógeno en porcentaje (%) en las muestras de biol, provenientes del control y tratamientos 1, 2 y 3.

En la Figura 5, se observa la determinación del contenido de fósforo en mg/L en las muestras en estudio, siendo los tratamientos T2 y T3 con mayor contenido de nitrógeno con 0,62 mg/L y 0,63 mg/L respectivamente a

comparación del control y T1. Los tratamientos con mayor contenido de fósforo estuvieron enriquecidos con roca fosfórica como parte de la materia orgánica usado en el proceso de fermentación.

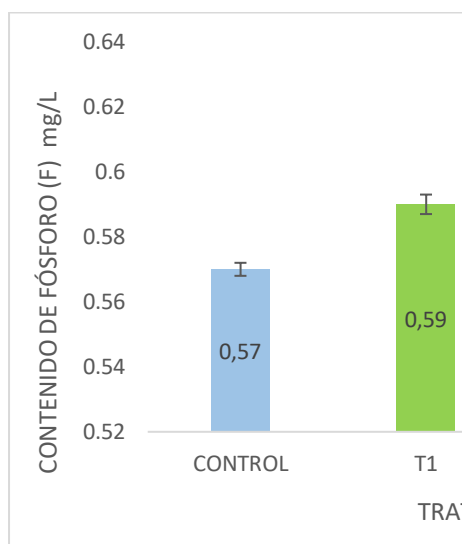


Figura 5. Contenido de fósforo en mg/L en las muestras de biol provenientes del control y tratamientos 1, 2 y 3.

Finalmente, en la figura 6, se observa el contenido de las muestras en estudio, siendo la muestra Control y el T3 las

que presentaron mayores contenidos de potasio con 4,78 mg/L y 5,37 mg/L respectivamente.

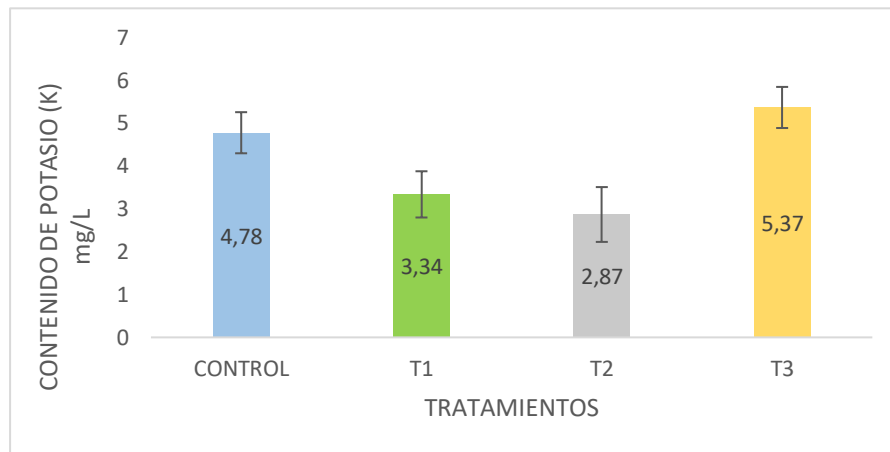


Figura 6. Contenido de Potasio en mg/L en las muestras de biol provenientes del control y tratamientos 1, 2 y 3.

Los resultados reportados mostraron diferencias estadísticamente significativas entre las medias de un tratamiento y otro, obteniendo un valor-P de la prueba F menor que 0,05 con un nivel de confianza de 95%, realizadas bajo un análisis ANOVA simple, usando el software Statics Graphic.

4. Discusión

Los valores de pH tienen una influencia directa sobre la producción de biol, por su acción sobre los procesos microbianos; razón por la cual se observan pH ácidos en la fase inicial de la fermentación tal como se indica en la figura 2, Ramos & Terry (2014), explica que este hecho se debe a que la conversión de la materia orgánica produce la liberación de ácidos orgánicos. De acuerdo a los resultados obtenidos del monitoreo de pH durante el período de fermentación en los cuatro tratamientos, se obtuvieron valores iniciales de pH ácidos que oscilan entre 4,67 a 5,16, siendo los tratamientos T2 y T3 los que mostraron mayor acidez con valores de 4,67 y 4,84 respectivamente. Sánchez-Monedero et al. (2001), mencionan que la baja de pH más pronunciada se debe a las condiciones anaeróbicas del biodigestor, puesto que se forman mayores cantidades de ácidos orgánicos además que tiene una influencia directa con el tipo y calidad de materia orgánica usada. En la segunda fase se produce la alcalinización de la materia orgánica, debido a la pérdida de los ácidos orgánicos y la generación de amoniaco procedente de la descomposición de proteínas, por lo que se obtuvieron valores de pH 6,15 y 6,45 y finalmente valores de pH de 7,01 que tienden a la

neutralidad por la formación de compuesto húmicos que le confieren la propiedad de tampón (Salamanca, 2009).

Por otra parte, la concentración NPK en el biol, depende de la materia orgánica usada y su capacidad de solubilización durante el proceso fermentativo (Leblanc et al., 2007), con relación al contenido de P se obtuvieron mayores concentraciones en los tratamientos T2 y T3 con 0,62 mg/L y 0,63 mg/L respectivamente; ambos tratamientos fueron enriquecidos con roca fosfórica como parte de la materia orgánica inicial en el biodigestor. Zapata & Roy (2007) mencionan que el pH ácido de los suelos, un alto contenido de materia orgánica y la disponibilidad de agua son los factores que influyen en la reactividad de la roca fosfórica aumentando su solubilización y por ende su efectividad agronómica; siendo el proceso fermentativo un ambiente óptimo para lograr su solubilización en fosfatos que son reflejados en los valores mayores de P en los tratamientos T2 y T3 a diferencia del T1 y control. Patiño & Sánchez (2014), han sugerido que una concentración de 0,2 mg/L de fósforo es suficiente para un desarrollo óptimo de las plantas.

Del mismo modo se determinó la concentración final de nitrógeno en los tratamientos en estudio, siendo los tratamientos T1 y T3 que presentaron mayores concentraciones de N con 4,41% y 5,36% respectivamente, ambos tratamientos fueron enriquecidos con alfalfa como parte de la materia orgánica en el proceso fermentativo. Duarte (2016) explica que la alfalfa contiene elevadas concentraciones de nitrógeno en sus nódulos obtenido mediante la relación simbiótica con el *Rizhobium* en el suelo durante su crecimiento; además, provee los elementos

químicos y medicinales que eliminan y controlan algunas plagas (Restrepo, 2011). Según Rendón (2013) realizaron enriquecimiento de biofertilizantes a base de codornaza y alfalfa obteniendo valores de 4,40% de nitrógeno. Por otro lado, Peralta et al. (2016), explica que el estiércol es una fuente rica en nitrógeno pero que su degradación dependerá de la humedad de la misma y la dieta a la que el animal fue sometido.

Finalmente, y como se muestra en la figura 6, se determinaron que la concentración de potasio se presentó con mayores valores en el Control y T3 con valores de 4,78 mg/L y 5,37 mg/L respectivamente. Dichos valores se deben al uso de estiércol vacuno como parte de la materia orgánica en el inicio de la fermentación (Figuroa et al., 2010). Cabos et al. (2019), elaboró biol solo usando estiércol vacuno y obtuvo valores de 1103,8 mg/L de potasio, lo que indica que la excreta animal es la fuente principal de potasio en los bioabonos, este hecho explica los mayores valores de potasio obtenidos en el control y el T3.

5. Conclusiones

Se determinó la adición de roca fosfórica y alfalfa como parte de la materia orgánica en la producción de biol por fermentación anaeróbica, aumenta los valores de NPK en el producto final, es así que el tratamiento 3 (T3) presentó los mayores valores de estos nutrientes con 5,36% de nitrógeno, 0,63 mg/L de fósforo y 5,37 mg/L de potasio, convirtiendo al biol enriquecido en un bioabono con valores óptimo que pueden ser usados en las plantas para lograr su desarrollo y crecimiento masal y radicular.

6. Contribución de los autores

T, Azaña: Redacción del artículo y desarrollo experimental.

A. Sánchez: Desarrollo experimental y datos estadísticos.

J. Villanueva: Elaboración de protocolos.

7. Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

8. Referencias Bibliográficas

Cabos, J., Bardales, C., León, C., & Gil, L. (2019). Evaluación de las concentraciones de Nitrógeno, Fósforo y Potasio del biol y biosol

obtenidos a partir de estiércol de ganado vacuno en un biodigestor de geomembrana de policloruro de vinilo. *Arnaldoa*, 26(3), 1165-1176.

Duarte, G. (2007). Fertilización de alfalfa. *Producción Animal*, 1-5. https://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_cultivadas_alfalfa/53-fertilizacion.pdf

Feiz, R., & Ammenberg, J. (2017). Assessment of feedstocks for biogas production, part I: A multicriteria approach. *Resources conservation and recycling*, 122, 373-387.

Figuroa, U., Cueto-Wong, A., Delgado, J., Núñez-Hernández, G., Reta-Sánchez, G., Quiroga-Garza, H., Faz-Contreras, R., & Márquez-Rojas, J. (2010). Estiércol de bovino lechero sobre el rendimiento y recuperación aparente de nitrógeno en maíz forrajero. *Terra Latinoamericana*, 28(4), 361-369.

Fongaro, G., Vianelli, A., Magri, M., Elmahdy, E., Biesus, L., Kich, J., Kunz, A., & Barardi, M. (2014). Utility of specific biomarkers to assess safety of swine manure for biofertilizing purposes. *Science of The Total Environment*, 479-480, 277-283.

Guo, J., Liu, J., Zhang, Y., Shen, L., Han, X., Zhang, W., Christie, P., Goulding, K., Vitousek, P., & Zhang, S. (2010). Significant Acidification in Major Chinese Croplands. *Science*, 327(1), 1008-1010.

Harris, D. (2007). *Análisis químico cuantitativo* (6ta ed.). Reverte. España.

Hermann, B., Debeer, L., De Wilde, B., Blok, K., & Patel, K. (2011). To compost or not to compost: Carbon and energy footprints of biodegradable materials' waste treatment. *Polymer degradation and stability*, 96(6), 1159-1171.

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

Marin, S. (2015). Biodegradabilidad anaeróbica de fracción orgánica de residuos urbano pretratado mediante esterilización [Tesis para título, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de minas y energía. España].

Ning, C., Gao, P., Wang, B., Lin, W., Jiang, N., & Cai, K. (2017). Impacts of chemical fertilizer reduction and organic amendments supplementation on soil nutrient, enzyme activity and heavy metal content. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(8), 1819-1831.

Olivares-Campos, M., Hernández-Rodríguez, A., Vences-Contreras, C., Jáquez-Balderrama, J., & Ojeda-Barrios, D. (2012). Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. *Universidad y ciencia*, 28(1), 27-37.

Patiño, C., & Sánchez, M. (2014). Efecto de la aplicación de roca fosfórica y la inoculación con bacterias solubilizadoras de fosfatos sobre el crecimiento del ají (*Capsicum annum* L.). *Acta Agronómica*. 63(2), 1-13.

Peralta, L., Juscamaíta, J., & Meza, V. (2016). Obtención y caracterización de abono orgánico líquido a través del tratamiento de excretas del ganado vacuno de un establo lechero usando un consorcio microbiano ácido láctico. *Ecología Aplicada*, 15(1), 1-10.

Ramos, A., Durango, J., Grandett, G., Díaz, B., & Barrera, J. (2006). Evaluación de las diferentes formas de potasio en suelos de la zona platanera de Córdoba. *Agronomía Colombiana*, 24(2), 334-339.

Ramos, D., & Terry, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos tropicales*, 35(4), 52-59.

Rendón, A. (2013). Elaboración de abono orgánico tipo biol a partir de estiércol de codorniz enriquecido con alfalfa y roca fosfórica para elevar su contenido de nitrógeno y fósforo. [Tesis para título, Universidad técnica de Ambato. Ecuador].

Restrepo, J. (2011). Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares: experiencias con agricultores en Mesoamérica y Brasil. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Costa Rica.

Rojas, H. (2014). Estudio del efecto de la aplicación de microorganismos efectivos en la calidad de biol en un proceso de biodigestión anaeróbica [Tesis para título, Universidad Nacional Agraria La

Molina. Perú].

- Salamanca, J. (2010). Diseño, construcción y puesta en marcha de un biodigestor a escala piloto para la generación de biogás y fertilizante orgánico [Tesis para título, Universidad San Francisco de Quito. Ecuador].
- Sánchez-Monedero, M., Roig, A., Paredes, C., & Bernal, P. (2001). Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. *Bioresource Technology*, 78(3), 301-308.
- Winarso, S., Pandutama, H., & Dwi, D. (2016). Effectivity of Humic Substance Extracted from Palm Oil Compost as Liquid Fertilizer and Heavy Metal Bioremediation. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 9, 146-157.
- Zapata, F., & Roy, R. (2007). Utilización de las rocas fosfóricas para una agricultura sostenible. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. FAO.