



Biofertilizante "biol": caracterización física, química y microbiológica

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i20.219>

Biofertilizer "biol": physical, chemical and microbiological characterization

Biofertilizante "biol": caracterização física, química e microbiológica

Luis Arturo Gil Ramírez¹
luis.gil@unj.edu.pe

Frans Allinson Leiva Cabrera²
fleiva@unitru.edu.pe

Martha Karina Lezama Escobedo³
mlezamae@upao.edu.pe

Cecilia Betzabet Bardales Vásquez³
cbardalesv@upao.edu.pe

Carlos Alberto León Torres²
cleon@unitru.edu.pe

¹Universidad Nacional de Jaén. Cajamarca, Perú

²Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú

³Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú

Artículo recibido el 15 de marzo 2023 / Arbitrado el 26 de abril 2023 / Publicado el 20 de mayo 2023

RESUMEN

El biol es un abono orgánico de consistencia líquida que se produce en un biodigestor a partir de la fermentación del estiércol de animales y de residuos vegetales, este producto se emplea actualmente como un abono foliar, el cual promueve el desarrollo y crecimiento saludable de diversos cultivos. El objetivo de la presente investigación es evaluar las características físico-químicas y microbiológicas del biol de la Estación Experimental de Bioquímica Aplicada de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo (E.E.B. A-CC.BB-UNT). Para la obtención de los datos se empleó un conductímetro, pH-metro, el método de espectroscopia de absorción atómica, el método de fósforo reactivo, método de Kjeldahl, método azul de metileno y el método del Número más Probable y se obtuvo los siguientes datos: 16,32 mS cm⁻¹ para la conductividad eléctrica, 6.90 para el pH, 290,0 mgL⁻¹, 17,78 mgL⁻¹, 111,7 mgL⁻¹, 153,2 mgL⁻¹, 0,360 mgL⁻¹, 0,080 mgL⁻¹, 1,530 mgL⁻¹, 0,300 mgL⁻¹ y 0,017 mgL⁻¹, para el nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, sulfuros, cobre, hierro, manganeso, zinc, y cadmio respectivamente, para plomo y cromo se obtuvo valores inferiores a 0,005 mgL⁻¹; así también se reportó ausencia de coliformes totales y fecales (< 1,8 NMP/100 mL). El biol del presente estudio cuenta con las características físico-químicas y microbiológicas para un óptimo crecimiento de diversos cultivos, así también, de ser empleado como una alternativa de solución frente a los agroquímicos convencionales que impactan de una manera negativa el sector agrícola y el medio ambiente.

Palabras clave: Biol; Biofertilizante; Biodigestor; Caracterización; Orgánico

ABSTRACT

Biol is an organic fertilizer of liquid consistency that is produced in a biodigester from the fermentation of animal manure and plant residues, this product is currently used as a foliar fertilizer, which promotes the development and healthy growth of various crops. The objective of this research is to evaluate the physicochemical and microbiological characteristics of the biol from the Experimental Station of Applied Biochemistry of the Faculty of Biological Sciences of the National University of Trujillo (E.E.B. A-CC.BB-UNT). To obtain the data, a conductivity meter, pH meter, atomic absorption spectroscopy method, reactive phosphorus method, Kjeldahl method, methylene blue method and the Most Probable Number method were used and the following data were obtained: 16.32 mS cm⁻¹ for electrical conductivity, 6.90 for pH, 290.0 mgL⁻¹, 17.78 mgL⁻¹, 111.7 mgL⁻¹, 153.2 mgL⁻¹, 0.360 mgL⁻¹, 0.080 mgL⁻¹, 1.530 mgL⁻¹, 0.300 mgL⁻¹, 0.140 mgL⁻¹ and 0.017 mgL⁻¹, for nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium, sulfides, copper, iron, manganese, zinc, and cadmium, respectively; for lead and chromium, values lower than 0.005 mgL⁻¹ were obtained; The absence of total and fecal coliforms (< 1.8 NMP/100 mL) was also reported. The biol of the present study has the physicochemical and microbiological characteristics for optimal growth of various crops, as well as to be used as an alternative solution to conventional agrochemicals that have a negative impact on the agricultural sector and the environment.

Key words: Biol; Biofertilizer; Biodigester; Characterization; Organic

RESUMO

O biol é um fertilizante orgânico de consistência líquida produzido em um biodigestor a partir da fermentação de esterco animal e resíduos vegetais. Esse produto é usado atualmente como fertilizante foliar, que promove o desenvolvimento e o crescimento saudável de várias culturas. O objetivo desta pesquisa é avaliar as características físico-químicas e microbiológicas do biol da Estação Experimental de Bioquímica Aplicada da Faculdade de Ciências Biológicas da Universidade Nacional de Trujillo (E.E.B. A-CC.BB-UNT). 90 para pH, 290,0 mgL⁻¹, 17,78 mgL⁻¹, 111,7 mgL⁻¹, 153,2 mgL⁻¹, 0,360 mgL⁻¹, 0,080 mgL⁻¹, 1,530 mgL⁻¹, 0,300 mgL⁻¹, 0,140 mgL⁻¹ e 0,017 mgL⁻¹ para nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, sulfetos, cobre, ferro, manganês, zinco e cádmio, respectivamente; para chumbo e cromo, foram obtidos valores inferiores a 0,005 mgL⁻¹; também foi registrada a ausência de coliformes totais e fecais (< 1,8 NMP/100 mL). O biofertilizante do presente estudo tem as características físico-químicas e microbiológicas para um crescimento ideal de diversas culturas, bem como para ser usado como uma solução alternativa aos agroquímicos convencionais que têm um impacto negativo no setor agrícola e no meio ambiente.

Palavras-chave: Biol; Biofertilizante; Biodigestor; Caracterização; Orgânico

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el uso indiscriminado de los fertilizantes sintéticos, ha desplazado el uso del estiércol en la actividad agrícola convencional y con ello también ha traído grandes impactos negativos a la salud humana, la calidad del aire, del suelo y del agua (1). Se sabe que el empleo de los fertilizantes inorgánicos promueve la pérdida de la fertilidad de los suelos y la muerte de un grupo grande de especies microbianas, a comparación de los fertilizantes orgánicos (biol y compost), estos últimos mejoran la productividad de los cultivos y proveen al suelo de propiedades físico-químicas beneficiosas (2).

El abono orgánico es un compuesto que se obtiene de la descomposición de la materia orgánica por el trabajo que realizan cierto grupo de microorganismos presentes en el medio, los cuales transforman desechos orgánicos, en compuestos más beneficiosos. Este proceso de descomposición de los residuos orgánicos puede llevarse a cabo en presencia o ausencia de oxígeno, dando lugar a un producto estable que aporta nutrientes al suelo y a las plantas que se desarrollan en él (3). Actualmente, se sabe que los abonos orgánicos se utilizan como abonos, porque contienen cantidades importantes de nitrógeno mineral y oligoelementos que favorecen el crecimiento y desarrollo de las plantas; aumentan la cantidad de material orgánico del suelo y mejoran la cantidad de potasio, calcio y magnesio disponibles (4).

El biol es un abono orgánico de textura líquida, el cual se obtiene de la descomposición

de los desechos orgánicos a través de la digestión anaeróbica llevado a cabo en el interior de un digestor, este producto sirve como fertilizante y pueden ser empleado en la agricultura reemplazando los fertilizantes químicos, pues en su composición presenta una fuente amplia de fitorreguladores que, al ser aplicados a los diferentes cultivos, permite desarrollar en gran cantidad el número de raíces de las plantas, mejorando así el proceso fotosintético y la producción y calidad de la cosecha (5). Así también los fertilizantes orgánicos líquidos son ricos en nitrógeno, amoníaco, hormonas vegetales (auxinas y giberelinas), vitaminas (tiamina y riboflavina) y aminoácidos que ayudan a regular el metabolismo de las plantas, favoreciendo el enraizamiento, el tamaño de las plantas, la floración, la germinación de las semillas e incluso la protección contra posibles plagas, enfatizando estas propiedades, el biol se convierte en una buena alternativa como un buen fertilizante (6;7).

Entre las ventajas que este biofertilizante nos ofrece, podemos destacar el aumento de la fertilidad natural del suelo, el acelerado crecimiento y desarrollo de las plantas, la resistencia frente al ataque de posibles plagas y enfermedades, el aumento de la tolerancia a condiciones climáticas adversas (heladas y granizadas), el incremento de la fertilidad natural del suelo y el impedimento de la contaminación del aire, el agua, el suelo y de productos obtenidos tras la aplicación de este bioabono (8), debido a estas propiedades de gran utilidad que contiene el biol, el propósito de esta

investigación fue evaluar las propiedades físico-químicas y microbiológicas del biol de estiércol de ganado vacuno producido en la E.E.B.A–CC.BB-UNT.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material biológico que se utilizó para la investigación fue el biol de estiércol de ganado vacuno que se obtuvo de la E.E.B.A–CC.BB-UNT, para la evaluación de los diferentes parámetros de la muestra de biol se siguieron diversos procedimientos analíticos del laboratorio de calidad de la empresa SEDALIB Sac, para la cuantificación de la conductividad eléctrica, se colocó en un depósito de vidrio la muestra de biol, hasta que la muestra halla cubierto totalmente el sensor del conductímetro, el cual ha sido previamente calibrado y colocado el sensor dentro del recipiente de vidrio, posterior a ello se procedió a realizar la lectura en el equipo digital, respecto a la evaluación del pH, se colocó en un vaso de precipitación la muestra de biol, hasta que la muestra halla cubierto totalmente el electrodo del PH-metro, el cual ha sido previamente calibrado con tres soluciones buffers y colocado el electrodo dentro del recipiente de vidrio, seguidamente se procedió a realizar la lectura en el equipo.

En relación a la evaluación del potasio, magnesio, cobre, fierro, manganeso, zinc, cadmio, plomo y cromo se emplearon diversas soluciones patrones, un patrón específico para cada elemento a evaluar, posterior a ello se construyó una curva de calibración para cada elemento a valorar y se

procedió a leer la muestra con la ayuda del software del espectrofotómetro de absorción atómica (9), para la cuantificación del fósforo se tomó 25 mL de la muestra tratada previamente a través del método de digestión de Persulfato ácido, se agregó a una celda y se le añadió 0,25 g del reactivo Fosver 3 Fosfato, se homogenizo y se procedió a realizar la lectura en el espectrofotómetro de absorción atómica (10), respecto a la evaluación de los sulfuros se empleó el método de azul de metileno, para lo cual se llenó una celda con 25 mL de muestra, a la cual se le adicionó 1,0 mL del reactivo sulfuro 1, se agito y se mezcló, seguidamente se adicionó 1,0 mL de reactivo sulfuro 2, se agito, mezcló y se procedió a realizar la lectura en el espectrofotómetro de absorción atómica (10).

Respecto a la evaluación del nitrógeno se empleó el método de Kjeldahl, para ello se agregó 10 mL. de la muestra en un tubo de vidrio del digestor Kjeldahl, al cual se le adicionó una tableta Kjeldahl y 8mL. de H_2SO_4 concentrado, se tapó el tubo y se procede a dar inicio al proceso de digestión por medio del digestor, la nueva muestra es tratada en el destilador por un tiempo de 5 min. en donde se le adicionó 100 mL. de ácido bórico con el indicador mixto Tashiro en un recipiente de vidrio, posterior a ello se le adiciono 50 mL. de agua y 70 mL. de NaOH al 30%, finalmente la muestra obtenida del destilador es titulada con H_2SO_4 al 0.1N, seguidamente se procede a realizar los cálculos correspondiente para la cuantificación del nitrógeno (11) y con lo que concierne a la evaluación de los coliformes totales y fecales se

empleó el método del Número más probable, para ello se homogenizó la muestra de biol, se agregó 10 mL de biol a cinco tubos que contenían 10 mL de Caldo Lauril Sulfato Triptosa (LST) doble concentrado, luego se agregó 1 mL de biol a cinco tubos que contenían LST a concentraciones normales, posteriormente se realizaron diluciones de 10^{-1} ; 10^{-2} ; 10^{-3} y 10^{-4} , de las cuales se tomó 1 mL de cada dilución para agregarle a cinco tubos de cada grupo correspondiente, finalmente se procedió a homogenizar la siembra y se incubó a 35,5 °C durante un periodo entre 24-48 horas, posterior a ello se realizaron las lecturas correspondientes, observándose ausencia de crecimiento, producción de gas y acidez (12).

RESULTADOS

Los resultados obtenidos acerca del biofertilizante "biol": caracterización física, química y microbiológica se presenta a continuación en las siguientes tablas.

La Tabla 1 muestra el valor de 16,32 mS cm^{-1} para la conductividad eléctrica y la Tabla 2 destaca el valor de 6.90 para el pH del biol, estos resultados son buenos, dado que estos valores de estos dos parámetros ayudan a que una gran cantidad de cultivos puedan crecer y desarrollarse de manera normal.

Tabla 1. Rangos y significados de Magurran.

Parámetro	Valor	Método
Conductividad eléctrica	16,32 mS cm^{-1}	Conductimetría

Tabla 2. pH del biol de la E.E.B. A–CC.BB-UNT.

Parámetro	Valor	Método
pH	6,90	Potenciometría

La Tabla 3 muestra los siguientes valores para los principales macro y micronutrientes del biol: 290,0 mgL^{-1} , 17,78 mgL^{-1} , 111,7 mgL^{-1} , 153,2 mgL^{-1} , 0,360 mgL^{-1} , 0,080 mgL^{-1} , 1,530 mgL^{-1} , 0,300 mgL^{-1} , 0,140 mgL^{-1} para el nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, sulfuros, cobre, hierro, manganeso,

zinc respectivamente; estos resultados evidencian que la muestra del biol producido en la E.E.B. A–CC.BB-UNT. cuenta con cantidades considerables de macro y micronutrientes que ayudaran al crecimiento y desarrollo de los diversos cultivos.

Tabla 3. Concentraciones de los principales macro y micronutrientes del biol de la E.E.B. A–CC.BB-UNT.

Elementos	Concentración mgL ⁻¹	Método
Nitrógeno (N)	290,0	Kjeldahl
Fosforo (P)	17,78	Fosforo reactivo
Potasio (K)	111,7	Espectroscopia de absorción atómica
Magnesio (Mg)	153,2	Espectroscopia de absorción atómica
Sulfuros (S-2)	0,360	Método Azul de metileno
Cobre (Cu)	0,080	Espectroscopia de absorción atómica
Hierro (Fe)	1,530	Espectroscopia de absorción atómica
Manganeso (Mn)	0,300	Espectroscopia de absorción atómica
Zinc (Zn)	0,140	Espectroscopia de absorción atómica

La Tabla 4 presenta los siguientes valores: 0,017 mgL⁻¹ para el cadmio y < a 0,005 mgL⁻¹ para el plomo y cromo, así también la Tabla 5 muestra el valor de < 1,8 NMP/100 mL para los coliformes totales y coliformes fecales, estos datos justifican

que el biol producido en la E.E.B. A–CC.BB-UNT. puede ser empleado como un abono para el sector agrario, sin riegos a ocasionar impactos negativos en los diversos ecosistemas y especies.

Tabla 4. Concentraciones de los principales metales pesados del biol de la E.E.B. A–CC.BB-UNT.

Elementos	Concentración Mgl-1	Método
Cadmio (Cd)	0,017	Espectroscopia de absorción atómica
Plomo (Pb)	< a 0,005	Espectroscopia de absorción atómica
Cromo (Cr)	< a 0,005	Espectroscopia de absorción atómica

Tabla 5. Evaluación microbiológica del biol de la E.E.B. A–CC.BB-UNT.

Bacterias	Recuento en NMP / 100 mL
Coliformes Totales	< 1,8
Coliformes Fecales	< 1,8

Nota: NMP: Número más probable.

DISCUSIÓN

Análisis de los parámetros físico-químicos del biol

La Tabla 1 muestra que el dato obtenido para el parámetro de conductividad eléctrica es de $16,32 \text{ mS cm}^{-1}$, mientras que otro estudio realizado por Soria y colaboradores encontraron un de valor de $4,08 \text{ mS cm}^{-1}$ (13), las bajas concentraciones de la conductividad eléctrica están asociado al consumo de compuestos solubles por parte de microorganismos, debido a que estos están en una etapa de crecimiento acelerado. A pesar que el dato obtenido para la conductividad eléctrica es relativamente elevado, este bioabono con esta característica se puede emplear en suelos de baja salinidad o para la siembra de ciertas plantas con resistencia a esta propiedad (14).

El valor del pH del biol evaluado es de 6.90, el cual se muestra en la Tabla 2, este valor difiere del trabajo realizado por Linares y su grupo de investigación, en donde el valor obtenido de pH es de 3.8; cabe mencionar que en este último trabajo se obtuvo el biol a partir de pasta de soya, melaza de caña, estiércol de bovino y agua en proporciones de 10,10,22 y 58 % respectivamente (15), el cual a comparación de la presente investigación es mucho más ácido. El valor del pH hallado en el biol de la E.E.B. A-CC.BB-UNT. se encuentra en un rango aceptable, este compuesto puede ser empleado como un buen fertilizante orgánico, favoreciendo el crecimiento de diversos cultivos, en el que el desarrollo de los

sembríos este condicionado entre otros factores, al de un pH de 6.90 o cercano a este valor; dado que si este parámetro toma valores muy ácidos o básicos podría provocar precipitaciones de ciertos nutrientes y con ello a un desarrollo deficiente de ciertos cultivos (13,16).

Análisis de los macro y micronutrientes del biol

Los valores obtenidos de la muestra de biol para el nitrógeno, potasio y fósforo fueron de $290,0 \text{ mgL}^{-1}$, $111,7 \text{ mgL}^{-1}$ y $17,78 \text{ mgL}^{-1}$, respectivamente, los cuales se presentan en la tabla 3, en un estudio similar realizado por Quiñones y sus colaboradores encontraron valores de 3700 mgL^{-1} , 660 mgL^{-1} y 8700 mgL^{-1} para el nitrógeno, potasio y fósforo respectivamente, para un biol que había sido producido a partir de un consorcio de microbios de heces de alpaca, suero de leche, melaza y ácido láctico en una proporción de 40:40:15:5 (17). Las diferencias obtenidas en las investigaciones mencionadas se deben al grado de dilución de los residuos orgánicos en el proceso de fermentación, así como también se le atribuye al consumo y asimilación de los diferentes alimentos consumidos por el ganado (18). Las concentraciones de nitrógeno, potasio y fósforo se consiguieron a partir de un biol diluido en agua en proporción de 1/5 con agua; a pesar de ello estas concentraciones pueden ayudar a los diferentes cultivos a producir un mayor número de hojas, a fomentar el crecimiento de nuevas raíces, a la formación de semillas y frutos, así como

también a brindar protección y a combatir ciertas enfermedades en los diversos cultivos (6,7).

De igual forma, la Tabla 3 nos muestra que los valores obtenidos de la muestra de biol es de $153,2 \text{ mgL}^{-1}$, $1,530 \text{ mgL}^{-1}$ y $0,300 \text{ mgL}^{-1}$ para el magnesio, fierro y manganeso respectivamente y el azufre en forma de sulfuro con un valor de 0.360 mgL^{-1} . Un estudio similar realizado por Peralta y su grupo de investigación encontró valores de 1740 mgL^{-1} , 516 mgL^{-1} y 28 mgL^{-1} para magnesio, hierro y manganeso respectivamente, mientras que no se encontraron valores para el azufre, en forma de sulfuro, dado que este elemento no fue considerado en la evaluación (18). Las diferencias entre el biol estudiado y los valores de micronutrientes encontrados en la investigación ya mencionada, se debe a que el primero se prepara a partir de excrementos bovinos diluidos 1/5 con agua, mientras que el segundo fue preparado con melaza, consorcio microbiano y excretas pretratadas en proporciones de 20, 15 y 65%, todos estos componentes y sus proporciones de dilución afectan directamente la disponibilidad de los micro y macronutrientes en cada biofertilizante diferente (18). Los valores encontrados de magnesio, fierro, manganeso y azufre encontrados en el biol de la E.E.B. A-CC.BB-UNT. ayudará a mejorar el proceso fotosintético, la síntesis de diferentes aminoácidos, vitaminas y hormonas y contribuirá en gran medida al proceso de división celular de diversos cultivos (19-21), estos atributos son ideales para poder generar

cultivos ricos en cantidades proteicas lo cual influye de manera positiva en el buen rendimiento y calidad de los cultivos (22).

De igual forma, los datos obtenidos para el zinc y cobre del biol estudiado fueron de 0.140 mgL^{-1} , 0.080 mgL^{-1} , respectivamente (Tabla 3). En otro estudio similar, donde se preparó biol a partir de agua, estiércol fresco, gallinaza, alfalfa y purín de res en una proporción de 77:18:2:1:1, con diez unidades de cáscara de huevo adicionadas, se obtuvo los valores de $6,0 \text{ mgL}^{-1}$ de zinc y 1.0 mgL^{-1} para el cobre (23). Las diferencias entre los valores de los micronutrientes obtenidos en la presente investigación y la de Condori se les atribuye a los alimentos que recibe el ganado, muchos de estos alimentos no son absorbidos en su totalidad por el ganado y son desechados como excretas, las cuales son tratadas en un biodigestor y finalmente muchos de los micronutrientes pasan a formar parte del biol (18). Los valores encontrados de zinc y cobre en el biol de la E.E.B. A-CC.BB-UNT. ayudaran a producir cultivos de tallos fuertes, resistentes al estrés oxidativo y a bajas temperaturas, mejorara los procesos enzimáticos, fotosintéticos y de fabricación de fitohormonas, así como también ayudaran a evitar algún tipo de enfermedad en los cultivos por algún tipo de deficiencia de estos micronutrientes, estas características nos ayudaran a obtener cultivos en buenas condiciones, ricos en proteínas y con probabilidades bajas de que estos puedan presentar algún tipo de enfermedad (24,25).

Análisis de los metales pesados del biol

Respecto a la Tabla 4 se muestra que los valores obtenidos para plomo y cromo es $< 0,005 \text{ mgL}^{-1}$ y para el cadmio es de $0,017 \text{ mgL}^{-1}$; en otra investigación realizada por Medina y su grupo de investigación, obtuvieron los siguientes resultados: 0.329 mgL^{-1} ; 0.000 mgL^{-1} y 0.073 mgL^{-1} para plomo, cadmio y cromo respectivamente. La presencia de estos metales pesados en cantidades pequeñas en la producción del biol se le atribuye a que los alimentos del ganado en algún momento lograron estar en contacto con estos contaminantes (18), en base a la normatividad sobre calidad de agua doméstica, los límites permitidos para plomo, cadmio y cromo son 0.010 mgL^{-1} , 0.003 mgL^{-1} y 0.050 mgL^{-1} (26), estos valores indican que se puede emplear el biol como un abono orgánico, siempre y cuando se controle el valor de cadmio, dado que los metales evaluados pueden interaccionar en el medio ambiente, afectando de manera negativa la producción de los diferentes cultivos y la salud de animales y humanos (27-29).

Análisis del examen microbiológico del biol

Los datos microbiológicos obtenidos en la Tabla 5 muestran la ausencia de coliformes totales y fecales ($< 1.8 \text{ NMP}/100 \text{ ml}$), estos resultados son muy similares a otro estudio realizados por Quiñones y su grupo de investigación en donde obtuvieron un valor de $< 3 \text{ NMP}/\text{g}$ de Alpa-biol (17). La ausencia de estos microorganismos en el biol analizado se debe a la presencia de sustancias

inhibidoras durante la digestión anaeróbica (30), así como también al proceso de esterilización térmica realizado al final del proceso del biol producido en la E.E.B. A–CC.BB-UNT., estos resultados permiten el empleo del biol como un fertilizante inocuo y seguro, ya que al utilizarlo como abono en las actividades agrícolas este nos asegura la inocuidad del producto final (31).

CONCLUSIONES

Los datos obtenidos para la conductividad eléctrica ($16,32 \text{ mS cm}^{-1}$) en la muestra de biol, revela que este compuesto puede emplearse en suelos con baja salinidad o cultivos resistentes a esta propiedad, respecto al valor del pH (6.90), este favorece a un buen desarrollo óptimo de varios cultivos que parte de su crecimiento y desarrollo está condicionado a valores de pH cercanos al 6,90.

El biol de estiércol de ganado vacuno producido en la E.E.B.A.–CC.BB-UNT contiene una cantidad considerable de macro y micronutrientes (Tabla 3), lo cual ayudaría a mejorar las características del suelo y a influir de manera positiva el desarrollo y crecimiento de diversos cultivos de uso agrícola.

Las concentraciones mínimas de cadmio, plomo y cromo (0.017 mgL^{-1} ; $< 0,005 \text{ mgL}^{-1}$ y $< 0,005 \text{ mgL}^{-1}$ respectivamente) y la ausencia de coliformes totales y fecales ($< 1,8 \text{ NMP} / 100 \text{ mL}$) en la muestra de biol, evidencia que este biofertilizante de origen natural puede ser empleado para la producción de diversos cultivos,

garantizando la salud de los ecosistemas y cultivos, así como también la salud del consumidor final.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran no tener conflicto de interés.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Medina A, Quipuzco L, Juscamaita J. Evaluación de la calidad de biol de segunda generación de estiércol de ovino producido a través de biodigestores. *Anales Científicos*, 2015; 76(1): 116-124. <https://doi.org/10.21704/ac.v76i1.772>
2. Vásquez H, Maraví C. Efecto de fertilización orgánica (biol y compost) en el establecimiento de morera (*Morus alba L.*). *Revista RICBA*, 2017; 1(1): 33-39. <http://dx.doi.org/10.25127/ricba.20171.173>
3. Ramos-Agüero D, Terry-Alfonso E. Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 2014; 35(4): 52-59. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193232493007>
4. Courtney G, Mullen J. Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types. *Bioresour. Technol*, 2008; 99(8): 2913-2918. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852407005238>
5. Cabos J, Bardales C, León C, Gil L. 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*, 2019; 26(3): 1165-1176. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992019000300021&script=sci_arttext
6. Álvarez-Solís D, Gómez-Velasco D, León-Martínez S, Gutiérrez-Miceli A. Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Agrociencia*, 2010; 44(5): 575-586. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952010000500007
7. Bello-Moreira I, Vera-Delgado H, Vera-Baque C, Macías-Chila R, Anchundia-Muentes R, Avellán-Chancay M. Fertilización foliar con biol en cebolla de bulbo (*Allium cepa L.*) valorando rendimiento. *Ciencias Agronómicas*, 2016; 28: 17-25. <https://core.ac.uk/download/pdf/159379042.pdf>
8. FONCODES. Producción y uso de abonos orgánicos: biol, compost y humus. Lima: Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social. 2014. 44p. <https://acortar.link/K0tABE>
9. Skoog D, Holler F, Crouch S. Principios de Análisis Instrumental. 7ª ed. Ciudad de México: Cengage Learning. 2018. 888 p. <https://n9.cl/i72su>
10. HACH. Manual de análisis de agua. 2ª ed. Loveland: Hach Company. 2000. 217 p.
11. López-Ritas J, López-Melida J. Diagnóstico de suelos y plantas: Métodos de campo y laboratorio. 4ª ed. Madrid: Mundi Prensa. 1990. 363 p.
12. ICMSF. Microorganismos de los alimentos 2. Métodos de muestreo para análisis microbiológico: Principios y aplicaciones específicas. 2ª ed. Zaragoza: ACRIBIA S.A. 1999. 382 p.
13. Soria-Fregoso M, Ferrera-Cerrato R, Etchevers-Barra J, Alcántar-González G, Trinidad-Santos J, Borges-Gómez L, Pereyda-Pérez G. Producción de biofertilizantes mediante biodigestión de excreta líquida de cerdo. *Terra Latinoamericana*; 2001; 19(4): 353-362. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57319408.pdf>
14. Cano-Hernández M, Bennet-Eaton A, Silva-Guerrero E, Robles-González E, Sainos-Aguierre U, Castorena-García H. Caracterización de bioles de la fermentación anaeróbica de excretas bovina y porcina. *Agrociencia*, 2016; 50(4): 471-479. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v50n4/1405-3195-agro-50-04-471.pdf>
15. Linares-Gabriel A, López-Collado C, Tinoco-Alfaro C, Velasco-Velasco J, López-Romero G. Aplicación de biol, fertilizante inorgánico y polímeros superabsorbentes en el crecimiento de heliconia (*Heliconia psittacorum cv. Tropica*). *Rev Chapingo Ser Hortic*, 2016; 23(1): 35-48. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2016.02.004>

16. Garro-Alfaro J. El suelo y los abonos orgánicos: Acciones climáticas en el sector agropecuario. San José de Costa Rica: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria; 2017. 113 p
17. Quiñones-Ramírez H, Trejo-Cadillo W, Juscamaita-Morales J. Evaluación de la calidad de un abono líquido producido vía fermentación homoláctica de heces de alpaca. *Ecol. apl.*, 2016; 15(2): 133-142. <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v15n2/a09v15n2.pdf>
18. Peralta-Veran L, Juscamaita-Morales J, Meza-Contreras V. 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. *Ecol. apl.*, 2016; 15(1): 1-10. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v15i1.577>
19. Cakmak I, Kirkby E. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. *Physiol. Plant.* 2008; 133(4): 692-704. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2007.01042.x>
20. Meléndez G, Molina E. Fertilización foliar: Principios y aplicaciones. Costa Rica: Universidad de Costa Rica; 2002. 126 p
21. Gómez-Miguel V, Soté V. El Manganeseo y la Viticultura: una revisión. Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente; 2014. 84
22. Alfaro M, Bernier R, Iraira S. Efecto de fuentes de azufre sobre el rendimiento y calidad de trigo y pradera en dos andisoles. *Agricultura Técnica*, 2006; 66(3):283-294. <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072006000300007>
23. Condori-Mamani P, Loza-Murguía M, Sainzz-Mendoza H, Guzmán-Calla J, Mamani-Pati F, Marza-Mamani F, Gutiérrez-González D. Evaluación del efecto del biol sobre catorce accesiones de papa nativa (*Solanum ssp.*) en la estación experimental kallutaca. *JSAB*, 2017; 5(1):15-28. http://www.scielo.org.bo/pdf/jsab/v5n1/v5n1_a03.pdf
24. Villegas-Torres O, Domínguez-Patiño M, Martínez-Jaimes P, Aguilar-Cortes M. Cobre y Níquel, microelementos esenciales en la nutrición vegetal. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 2015; 2(2):285-295. https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Ciencias_Naturales_y_Agropecuarias/vol2num2/Ciencias%20Naturales%20y%20Agropecuarias%20Vol%202%20Num%202%20Final_22.pdf
25. Gil A, Marroquín M, Martínez L. Efecto del zinc sobre la inducción de ramas productivas en gulupa (*Passiflora edulis Sims*). *Rev.colomb. cienc. hortic.* 2012, 6(2):152-160. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v6n2/v6n2a04.pdf>
26. MINSA. Reglamento de calidad del agua para consumo humano: DS N° 031-2010-SA. Lima: Ministerio de Salud; 2011. 46 p.
27. Liao M, Xie X. Effect of heavy metals on substrate utilization pattern, biomass and activity of microbial communities in a reclaimed mining wasteland of red soil area. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2007; 66(22) 217-223. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0147651305002988?via%3Dihub>
28. Alloway B. Micronutrient Deficiencies in Global Crop Production. New York: Springer; 2008. 380 p.
29. Muñiz O. Los microelementos en la agricultura. La Habana: Editorial Agroinform; 2008. 132 p.
30. Insam H, Franke-Wittle I, Goberna M. Microbes at work. From wastes to resources. New York: Springer, 2010. 329 p.
31. Cruz E, Martínez V, Naranjo Sosa R, Postal G, Brava P. Evaluación microbiológica del efluente anaerobio de un biodigestor de cúpula fija. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*. 2004; 11(2): 89-95. <https://docplayer.es/75006656-Revista-computadorizada-de-produccion-porcina-vol-11-no-evaluacion-microbiologica-del-efluente-anaerobio-de-un-biodigestor-de-cupula-fija.html>