

Biol de segunda generación producido mediante fermentación homoláctica del biol de primera generación

Second generation biol produced by homolactic fermentation of first generation biol

Elvis H. Flores Calderón^{1,a}, Juan Juscamaita Morales^{1,b}, Lawrence Quipuzco Ushñahua^{1,c}

Recibido: 30/04/2023 - Aprobado: 06/06/2023 – Publicado: 06/10/2023

RESUMEN

Se propuso la elaboración de Biol II-G para mejorar las propiedades del Biol I-G de vaca, procedente de un biodigestor tubular de 10 m³ el cual registró valores promedio 7.05 de pH y conductividad eléctrica 5.01 dS/m. Para la elaboración se procedió a la fermentación láctica durante un tiempo de 5 días. Los parámetros que se evaluaron en las muestras de biol fueron el pH, acidez láctica, macronutrientes (N, P, K), micronutrientes, metales pesados y microbiológicas. El pH bajo en la fermentación aseguró la eliminación de microorganismos patógenos. Los resultados del ensayo de fitotoxicidad determinó que el biol diluido al 0.1% contribuyó en el crecimiento de la lechuga.

Palabras claves: Digestión anaerobia, fermentación láctica, digestor, biol de segunda generación, fitotoxicidad.

ABSTRACT

The elaboration of Biol II-G was proposed to improve the properties of Biol I-G from cows, coming from a 10 m³ tubular biodigester which registered average values of 7.05 pH and electrical conductivity 5.01 dS/m. For the preparation, lactic fermentation was carried out for a period of 5 days. The parameters that were evaluated in the biol samples were pH, lactic acidity, macronutrients (N, P, K), micronutrients, heavy and microbiological metals. The low pH in the fermentation ensured the elimination of pathogenic microorganisms. The results of the phytotoxicity test determined that the biol diluted to 0.1% contributed to the growth of lettuce.

Keywords: Anaerobic digestion, lactic fermentation, digester, second generation biol, phytotoxicity.

1 Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

a. Egresado de la carrera de Ingeniería Ambiental. E-mail: elvishflorescalderon@gmail.com – ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7003-7886>

b. Docente del Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias. E-mail: jjm@lamolina.edu.pe – ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2198-0461>

c. Docente del Departamento de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ciencias.

Autor para correspondencia: lquipuzco@lamolina.edu.pe – ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7282-0409>

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental representa una de los principales problemas debido a la gran cantidad de residuos sólidos que se generan diariamente y es un foco de infección al atraer moscas, roedores, etc., y con ellos enfermedades a la población (Capcha et al. 2016). El estiércol y residuos vegetales de actividades agropecuarias pueden ser reaprovechados para producir biocombustibles y fertilizantes orgánicos (Torres et al. 2013). El uso de agroquímicos empleado en la agricultura con el fin de mantener y conservar los cultivos vegetales, tienen efectos de impacto negativo al suelo debido a su uso excesivo en la aplicación, que conlleva a un grave problema hacia la erosión de suelos, ya que daña la actividad microbiana del suelo responsables de la degradación de la materia orgánica (Chávez-Bedoya et al. 2013). Por otra parte, reciclar residuos orgánicos para la recuperación de nutrientes y compuestos orgánicos de la materia orgánica, evita la generación de gases de efecto invernadero (Hwang et al. 2015).

En un digestor anaerobio, las bacterias transforman los residuos en dos subproductos: el biogás y el biol (Guevara, 1996). La fermentación láctica es un proceso biológico rápido que requiere un mezclado diario y control de la reducción de pH hasta 4, lo cual se obtiene aproximadamente en 5 días a una temperatura de 40 °C (Cupe & Juscamaíta, 2018). Las bacterias lácticas (B-Lac) empiezan a predominar en la fermentación anaerobia. Algunas especies producen ácido láctico (Homolácticas), otras producen ácido láctico, ácido acético y alcohol (heterolácticas) (Bossio, 2007, citado por Zanabria et al. 2019).

El objetivo de la presente investigación es evaluar la calidad del biol de segunda generación (Biol II-G) fabricado a partir del biol de primera generación (Biol I-G), utilizando estiércol de vacuno, por medio de un siguiente proceso de fermentación al biol de primera generación aplicando una fermentación homoláctica que incremente las concentraciones de nutrientes como el nitrógeno, fósforo y potasio, y se produzca la eliminación de agentes patógenos; siendo beneficioso para la aplicación a plantas de cultivo.

II. METODOLOGÍA

2.1 Ubicación

El estudio piloto fue realizado en el Laboratorio de Biotecnología Ambiental de la UNALM.

2.2 Insumos

El consorcio bacteriano B-Lac (Bacterias ácido lácticas), fue fabricado en el Laboratorio de Biotecnología Ambiental de la UNALM. Para su elaboración se usó melaza de caña y biol de estiércol de vaca de un biodigestor de 10 m³ en el distrito Matucana, Región Lima.

2.3 Materiales

Envases para el biol de segunda generación a escala laboratorio se utilizaron los siguientes materiales:

- 27 envases cerrados herméticamente.
- 27 envases plásticos de 1 litro con sus tapas.
- Bolsas de plástico de un 1 litro de capacidad.
- Guantes de plástico.

2.4 Reactivos y soluciones

- Solución buffer de pH 7,0.
- Solución Buffer de pH 4,0.
- Solución de calibración de conductímetro.
- Soda cáustica normalizado 0.1 N.
- Agua destilada.

2.5 Medición acidez titulable

El grado de acidez es un excelente indicador de la eficacia fermentativa (Carrasco et al. 2002). Cuando aumenta la acidez, el gas metano y el gas dióxido de carbono se solubilizan (Felix et al. 2008). El porcentaje de acidez titulable se determinó en términos de ácido láctico. Esto se logró diluyendo cinco gramos de muestra con agua destilada hasta obtener 50 ml de solución y centrifugándola a 5000 rpm en un tiempo de cinco minutos. El titulante fue el NaOH 0.1 N y los niveles de pH se encontraron en el rango 8.1 ± 0.2. Por último, se obtuvo el porcentaje de ácido láctico (% ácido láctico) según la Ecuación 1.

$$\% \text{ácido láctico} = \frac{V \cdot N \cdot f}{m} \times 100$$

Ecuación 1. Cálculo del porcentaje de ácido láctico

Donde:

V: Volumen consumido de NaOH en ml.

N: Normalidad del NaOH.

M: Masa de la muestra en gramos.

F: Factor de conversión del ácido láctico (f = 0.09)

2.6 Análisis físico químico

Se realizó la determinación en las muestras de los bioles de I-G y bioles de II-G de los siguientes parámetros: los macronutrientes (N, P, K, Ca, Na, Mg), el Nitrógeno, Nitrógeno amoniacal, Fósforo, Potasio, Calcio, Magnesio, Azufre; los Micronutrientes, el Sodio, Zinc, Cobre, Manganeso, Hierro y Boro; y otros parámetros relevantes, sólidos totales (ST) y materia orgánica (MO) en solución y relación C/N. La metodología que se utilizó para la determinación de C, N y P fueron la de Walkley y Black, Kjeldahl y Amarillo de Vanadato, respectivamente. La metodología que se utilizó para la determinación de K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn, Mn, Cr, Pb y Cd fue la de espectrometría de absorción atómica.

2.7 Análisis microbiológicos

El análisis microbiológico del biofertilizante obtenido (Biol II-G) se realizó en el laboratorio de ecología microbiana Mariano Tabusso, con el método del Número Más Probable (NMP) el cual sigue la metodología de la ICMSF (1983). Mediante este análisis se determinó número de coliformes totales, coliformes fecales, *Escherichia coli*, *Salmonella spp*, *Lactobacillus sp.*, mohos y levaduras.

2.8 Selección del mejor tratamiento

Para seleccionar el mejor tratamiento se utilizó los siguientes criterios: un pH menor a 4.5, no tener un mal olor y que no tengan levaduras o mohos. Además, se consideró la prueba estadística de los factores B-Lac y melaza sobre los parámetros pH y ácido láctico.

2.9 Estabilidad del biol de primera generación

El biol de primera generación (Biol I-G) fue alimentado con una mezcla de estiércol fresco de vacuno y agua, en una relación 1:3. Se tomó tres muestras durante el proceso de la elaboración del Biol I-G, para evaluar la estabilización del pH cercano a 7.

2.10 Producción de biol segunda generación (Biol II-G)

Fue instalado un experimento completamente al azar, en esquema factorial 3x3, con tres repeticiones, para la producción de Biol II-G, a través de la fermentación homoláctica. Los tratamientos evaluados (T1=B1C1, T2=B1C2, T3=B1C3, T4= B2C1, T5=B2C2, T6=B2C3, T7=B3C1, T8=B3C2 y T9=B3C3), fueron constituidos por los factores: B-Lac (B1=5%, B2=10%, B3=15%) y melaza de caña (C1=15%, C2=10% y C3=15%), tomando como base 500g de la mezcla en envases de un litro.

2.11 Ensayo de fitotoxicidad

Las semillas de lechuga fueron obtenidas del Centro de Investigación de Hidroponía de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Se hicieron las diluciones para los tratamientos y el control, utilizando agua de pozo de la UNALM. Las 360 semillas de lechuga fueron colocadas en 18 placas petri. Se midió la elongación de la radícula de la planta usando papel milimetrado, desde el nudo hasta la parte terminal de la raíz. Se determinó el Índice de Germinación (IG) calculando el Porcentaje de Germinación Relativo (PGR) y el Crecimiento de Radícula Relativo (CRR), según las Ecuaciones 2, 3 y 4.

$$IG = \frac{PRG \times CRR}{100}$$

Ecuación 2. Cálculo del porcentaje de ácido láctico

$$PRG = \frac{N^{\circ} \text{ de Semillas germinadas en el extracto} \times 100}{N^{\circ} \text{ de Semillas germinadas en el testigo}}$$

Ecuación 3. Cálculo del porcentaje de ácido láctico

$$CRR = \frac{\text{Elongación de radículas en el extracto} \times 100}{\text{Elongación de radículas en el testigo}}$$

Ecuación 4. Cálculo del porcentaje de ácido láctico

III. RESULTADOS

3.1 Estabilidad del Biol de primera generación

El biodigestor de 10 m³ se cargó con una mezcla comprendida por estiércol de vaca y agua en la relación 1:3 respectivamente, donde se cosechó el Biol I-G.

3.2 Evaluación de pH en los tratamientos

Las mezclas mostraron estabilidad de valores de pH a los cinco días. T1 (5% B-Lac y 5% melaza) y T2 (5% B-Lac y 10% melaza) alcanzaron valores mayores (3.75 y 3.76 respectivamente) debido a que las bacterias lácticas no tuvieron las fuentes de nutrientes necesarias para seguir produciendo ácido láctico y predominar en el medio (Holguín et. al. 2009).

El de menor valor de pH es el T9 con 3.53 (B-Lac 15 %, melaza 15 %) esto debido a una cantidad mayor de B-Lac y melaza. Los 3 tratamientos de pH más bajos al día 5 son: T5 con pH de 3.57, T6 con pH de 3.58 y T9 con pH de 3.53.

3.3 Evaluación de ácido láctico en los tratamientos

La evaluación del porcentaje de ácido láctico se realizó hasta el día 5. Al inicio de la evaluación, los tratamientos y el control presentaron un valor de ácido láctico menor al 0.5%. Los resultados del porcentaje de ácido láctico en los tratamientos T1, T4 y T7 (5% melaza) alcanzaron valores menores del 1.32%, debido a que no hubo azúcar fácilmente fermentable, y por lo tanto no hubo producción de ácido láctico. Los tratamientos al inicio presentan valores menores a 0.5%. Conforme aumenta la cantidad de melaza en cada tratamiento, las bacterias lácticas tienen más fuente de carbono para realizar la fermentación. La generación de ácido láctico continuará mientras haya suficiente reserva de melaza. Al quinto día, los tres tratamientos de porcentaje de acidez titulable más alto son: T3 con 1.72 % B-Lac, T6 con 1.92 % B-Lac y T9 con 2.09 % B-Lac. Estos resultados son cercanos a los estudios de Medina (2013) y Zanabria (2019) que varían al quinto día entre 2% y 2.5% de ácido láctico.

3.4 Elección del mejor tratamiento

La prueba de Tukey indica que los tratamientos T6, T3, T8, T9 son los subconjuntos de mayor significancia para poder generar bioles con mayor porcentaje de ácido láctico. Para elegir el mejor para la prueba piloto se tomaron los tres mejores tratamientos que obtuvieron el pH más ácido y mayor porcentaje de ácido láctico hasta el día 5. Se escogió como mejor tratamiento para producir biol la proporción de 15% melaza y 10% B-Lac, correspondiente al tratamiento T6 (Ver Tabla 1).

Tabla 1

Comparación de pH y Ácido láctico (AL) de los tratamientos al quinto día

Tratamiento	pH	Tratamiento	%AL
T9	3.53	T9	2.09
T5	3.57	T6	1.92
T6	3.58	T3	1.71
T8	3.65	T8	1.65
T3	3.66	T5	1.59
T4	3.71	T2	1.42

En la prueba piloto, el mejor tratamiento verificado en el estudio fue el constatado con el T6 (10% de B-Lac y 15% de melaza de caña). Al quinto día de evaluación, el pH del

T6 tenía un valor de 3.5. A partir de ese punto se observó una estabilización de ese parámetro, siendo que en el día 30, tenía un valor de 3.41. Con relación al ácido láctico, al quinto día presentaba un valor de 2.41%. (Figura 1)

3.5 Caracterización del Biol II-G de vaca

Los resultados de los análisis físico-químicos del Biol II-G, se detallan en la siguiente Tabla 2:

El Biol II-G tiene un mayor contenido de materia orgánica, macro y micronutrientes comparado a los bioles de Acidbiol y Casablanca. Además, el Biol II-G tiene una buena cantidad de nitrógeno respecto a Acidbiol.

El Biol II-G es superior en el contenido de N, P y K que el Biol I-G. Los resultados obtenidos fueron corroborados por Medina et al. (2013), quienes verificaron

que las concentraciones de nutrientes del Biol II-G, producidos a partir de estiércol de ovino, se incrementaron cinco veces con respecto a los valores del Biol I-G (Ver Figura 2).

Respecto al pH, el Biol II-G presenta valor inferior al verificado en el Biol I-G. Diferentemente, para la conductividad eléctrica (CE) y la concentración de materia orgánica (MO), el Biol II-G presenta altos niveles de ambos parámetros en comparación al Biol I-G (Ver Figura 3).

Según Guerrero (1993), citado por Peralta (2010), en un pH alcalino, en el estiércol y guano, el nitrógeno se pierde, originando un fuerte olor a amoníaco. Con respecto a la conductividad eléctrica, el valor disminuye cuando se preparan dosificaciones según los requerimientos del cultivo (dilución de 3 a 5 ml del biol por cada litro de agua).

Figura 1
Valores de pH y porcentaje de acidez láctica del Biol II-G

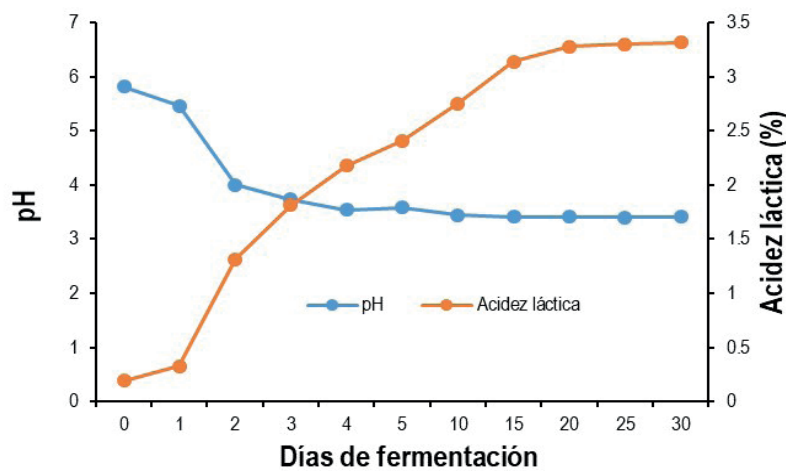


Tabla 2
Análisis agronómico de los bioles evaluados

Parámetro	Biol I-G	Biol II-G	Acidbiol (1)	Biol CB (2)
pH	---	7.05	3.89	3.6 – 3.8
C.E.	(dS/m)	5.1	19.7	23.4
M.O.	(g/L)	17.07	60.28	20.93
N total	(mg/L)	1309	2079	720
P total	(mg/L)	97.87	115.06	30
K total	(mg/L)	328	2702.5	1710
Ca total	(mg/L)	527.5	1000	1100
Mg total	(mg/L)	176.25	582.5	450
Na total	(mg/L)	122.5	277.5	180
Fe total	(mg/L)	26.1	17.1	---
Cu total	(mg/L)	0.35	0.35	180
Zn total	(mg/L)	2.18	1.98	340
Mn total	(mg/L)	3.73	2.5	610
B total	(mg/L)	2.36	2.15	2960

Fuente: Acidbiol de Enmiendas Orgánicas del Perú (2018); Biol Casa Blanca (estiércol de cuy), Siura y Dávila (2008) citados por Ricse (2013)

Figura 2

Contenido de nutrientes en el Biol I-G y Biol II-G

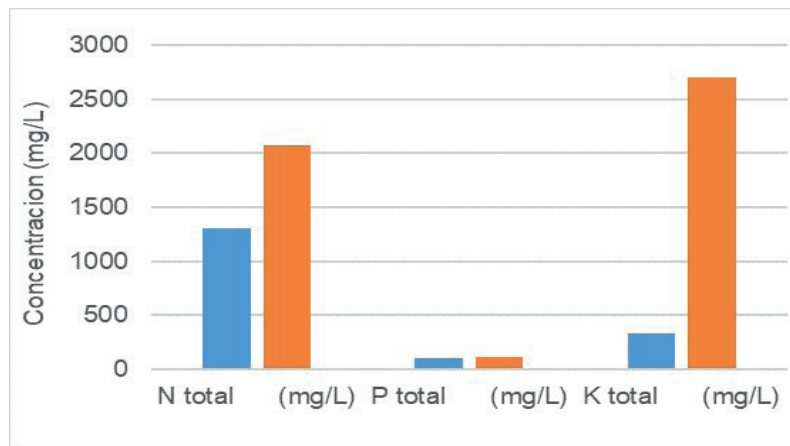
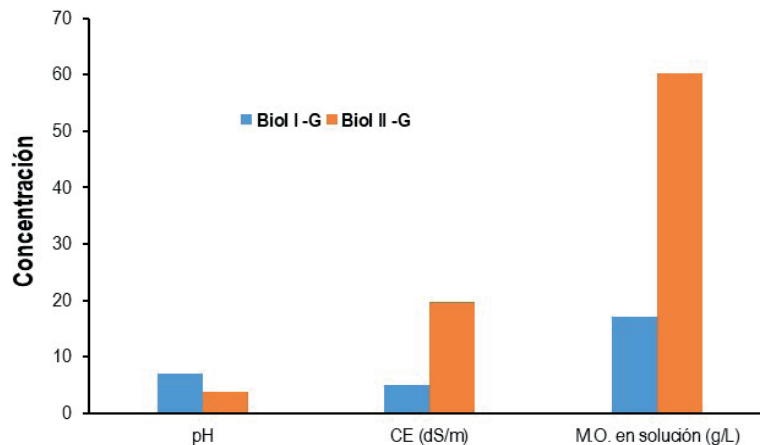


Figura 3

Contenido de nutrientes en el Biol I-G y Biol II-G



El Biol II-G evidencia la ausencia de patógenos (coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*) en relación al Biol I-G. En ambos tipos de bioles, no se detectó la presencia de *Salmonella sp.* Conforme Zanabria et al. (2019), el Biol II-G es un producto inocuo de patógenos, así como constatado en el presente estudio. Cardenas et al. (2013) reporta que el desarrollo de la fermentación ácido láctico elimina los patógenos, los olores y vectores acelerando la degradación de los sustratos y evitando el paso de putrefacción (Ver Figura 4). El pH ácido es el principal efecto inhibitorio de presencia de coliformes debido a la formación de ácidos orgánicos (Carrasco et al. 2002).

En la Tabla 3 se muestra los resultados de los metales pesados comparados con los límites permisibles establecidos por la NTP 311.557.

3.6 Evaluación de la fitotoxicidad del Biol II-G en semillas de lechuga

Según el método descrito por Sobrero y Ronco (2004), se prepararon 5 diluciones (100%, 10%, 1%, 0.1%, 0.01%) para cada biol mas un control, donde las semillas

fueron expuestas a las condiciones de ensayo excepto a las semillas con ausencia de biol (en su lugar se usó agua), y se obtuvieron valores de toxicidad entre el 0% y 100% (Ver Tabla 4) los valores de diluciones de pH y conductividad eléctrica (CE) del Biol II-G.

Los tratamientos de dilución 10/100 y (100/100) no fueron adecuadas para la germinación de semillas debido al pH bajo y alta conductividad eléctrica (Ver Tabla 5). Los rangos adecuados de pH y conductividad eléctrica para lechuga son de 5.5 a 7.0 de pH y C.E. menores a 1.5 mS/cm (Carrasco e Izquierdo, 1996).

Valores de IG mayores a 80% indican que no hay sustancias tóxicas o están en bajas concentraciones, por lo tanto, hay un adecuado desarrollo de germinación semillas y crecimiento radicular (Varnero et al. 2007). Las diluciones de concentración 0.1/100 y 0.01/100 presentaron un IG de 95.55 por ciento y 104.52 por ciento respectivamente (valores de IG > 80 %), siendo la última dilución (0.01/100) que supera el 100% debido a que presenta un pH de 6.2 y una CE de 0.01 mS/cm.

Figura 4
Concentración de agentes patógenos en el Biol I-G y Biol II-G

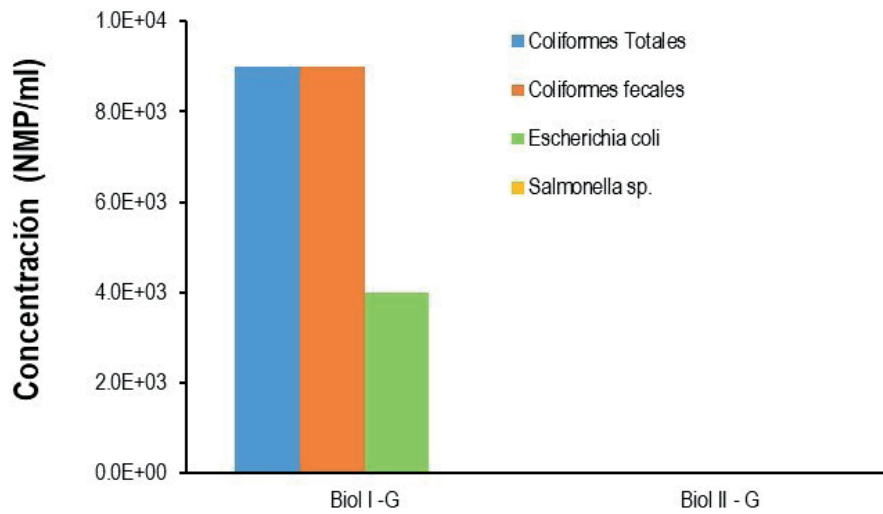


Tabla 3.
Metales pesados en el Biol I-G y Biol II-G

	Cd (mg/kg)	Cr (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Fuentes
Biol I - G	0.02	-	0.63	Propias
Biol II - G	0.07	0.1	0.93	Propias
Norma peruana	39	1200	300	NTP, 311.557 (2013)

Tabla 4
Valores de diluciones de pH y conductividad eléctrica (CE) del Biol II-G

Dilución (v/v)	pH	CE (mS/cm)
Puro (100 %)	3.6	19.56
10%	3.9	3.21
1%	4.12	0.37
0.10%	5.35	0.05
0.01%	6.2	0.01
Blanco (agua destilada)	6.5	0.01

Tabla 5
Parámetros asociados al ensayo de toxicidad aguda

Diluciones	Germinación		Crecimiento radicular			
	# semillas germinadas	PGR (%)	Elongación de la radícula (mm)	CRR (%)	IG (%)	
D0	0/100	19.33	---	28.17	-	-
D5	0.01/100	19.66	101.7	28.95	102.77	104.52
D4	0.1/100	19	98.3	27.39	97.23	95.55
D3	1/100	20	103.4	17.32	61.48	63.6
D2	10/100	0	0	0	0	0
D1	100/100	0	0	0	0	0

IV. DISCUSIÓN

El nitrógeno y potasio que contiene el Biol II-G es superior al Biol I-G. Además, el Biol II-G tiene ausencia de coliformes fecales, coliformes totales, *E. coli*, *Salmonella sp.* En el Biol II-G, las concentraciones de metales pesados están por debajo de las concentraciones máximas permitidas. El Biol II-G es un biol inocuo de microorganismos patógenos.

V. CONCLUSIONES

El Biol II-G presentó características propias de la fermentación ácido láctica y ayudó al aporte de nutrientes, ausencia de bacterias patógenas y sin efectos fitotóxicos. Los costos de materiales fueron bajos y se evitó la emisión de gases de efecto invernadero y otros problemas ambientales al valorizar el residuo.

VI. AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento a la RedBioLAC por el financiamiento al trabajo de investigación. A los Laboratorios de Ingeniería Ambiental y Biotecnología Ambiental de la Facultad de Ciencias de la UNALM

VII. REFERENCIAS

- Capcha Eulogio, M., Quipuzco Ushñahua, L., & Meza Contreras, V. (2016). Evaluación de la macroalga *Ulva lactuca* como aportante de nutrientes a un inóculo metanogénico en la producción de biogás y biol mediante digestión anaerobia de residuos orgánicos del comedor de la UNALM. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 19(38), 153–160. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v19i38.13582>.
- Cárdenas, J., Quipuzco, L., & Meza, V. (2013). Calidad de biogás y biol obtenidos a partir residuos orgánicos domésticos pretratados con la técnica del bocashi. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 16(32). <https://doi.org/10.15381/iigeo.v16i32.11322>
- Carrasco, G. e Izquierdo, J. (1996). Manual técnico: La empresa hidropónica de mediana escala: La técnica de solución nutritiva recirculante («NFT»). Universidad de Talca. Talca, Chile. <http://dspace.utalca.cl/handle/1950/2927>
- Carrasco, S., Scarincini, E. & Simonetta, C. (2002). Antibacterial Activity of Lactic Acid bacteria Isolated from Argentinian Dairy Products. *The Australian Journal of Dairy Technology*. Vol. 57. No. 1, 15-19. <https://www.proquest.com/openview/7b08749771c77c3c41bf2d10e0fa45db/1?pq-origsite=gscholar&cbl=36914>
- Cupe, B. & Juscamaita, J. (2018). Tratamiento de lodos residuales de una industria cervecera a través de fermentación homoláctica para la producción acelerada de abono orgánico. *Ecología aplicada*. 17(1): 107-118. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v17i1.1179>
- Chaves-Bedoya, Giovanni, Ortiz-Moreno, Martha Lucia, & Ortiz-Rojas, Luz Yineth. (2013). Efecto de la aplicación de agroquímicos en un cultivo de arroz sobre los microorganismos del suelo. *Acta Agronómica*, 62(1), 66-72. Retrieved February 14, 2023, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122013000100010&lng=en&tlng=es.
- Félix, J., Sañudo, R., Rojo, G., Martínez, R. & Olalde, V. (2008). Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai*. 4 (1): 57-67. <https://www.redalyc.org/pdf/461/46140104.pdf>
- Guevara, A. (1996). Fundamentos Básicos para el diseño de biodigestores Anaeróbios Rurales. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Lima – Perú. <https://es.scribd.com/doc/34464160/1-fundamentos-basicos-para-diseno-biodigestores-rurales#>
- Holguín M., Caicedo, L.; Veloza, L. (2009). Estabilidad de almacenamiento de ensilados biológicos a partir de residuos de pescado inoculados con bacterias acidolácticas. *Rev. Med. Vet. Zoot*, 2009(56): 95-104.
- Hwang, I., Aoyama, H., Abe, N., Matsuo, T. & Matsuto, T. (2015). Subcritical hydrothermal treatment for the recovery of liquid fertilizer from scallop entrails. *Environmental Technology*. 36(1): 11-18. <https://doi.org/10.1080/09593330.2014.934741>.
- Medina V., A., Quipuzco U., L., & Juscamaita M., J. (2013). Evaluación de la calidad de biol de segunda generación de estiércol de ovino producido a través de biodigestores. *Anales Científicos*, 76(1), Pág. 116–124. <https://doi.org/10.21704/ac.v76i1.772>
- NCh 2880 (Norma chilena 2880). (2005). Compost clasificación y requerimientos, oficializada a través del Decreto Exento N° 89 de 22 de febrero del 2005. <file:///C:/Users/user/Downloads/Formulaci%C3%B3n%20de%20Cargos.pdf>
- Peralta, R. (2010). Determinación de parámetros óptimos en la producción de fast- biol usando las excretas del ganado lechero del establo de la UNALM. Tesis Biólogo. Biblioteca Agrícola Nacional, código: F04 P42-T. UNALM. Lima-Perú. 11-20 p.
- Sobrero, M. & Ronco, A. (2004). Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga *Lactuca sativa*. México. <https://docplayer.es/193902315-Ensayo-de-toxicidad-aguda-con-semillas-de-lechuga-lactuca-sativa-1.html>
- Torres Torres, A., Quipuzco Ushñahua, L., & Meza Contreras, V. (2015). Influencia de la fermentación láctica (abono bokashi) en el pre-compost para la producción de biogás y biol en biodigestores tipo batch. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 16(32). <https://doi.org/10.15381/iigeo.v16i32.11367>
- Varnero, M., Rojas, C. & Orellana, R. (2007). Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. *Revista de Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*. 7 (1). <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912007000100003>
- Zanabria, J., Quipuzco, L. & Juscamaita, J. (2019). Evaluación de la calidad de biol de segunda y tercera generación de estiércol de cuy producido en un biodigestor instalado en el Instituto Regional de la Costa de la UNALM <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4044>.

Contribución de autoría

Conceptualización, Curación de datos, Análisis formal, Investigación, Metodología, Administración del proyecto, Redacción - borrador original: Elvis Flores Calderón.

Supervisión, Validación, Visualización, Redacción-revisión y edición: Juan Juscamaita Morales.

Adquisición de fondos, Recursos, Supervisión, Validación, Visualización, Redacción-revisión y edición: Lawrence Quipuzco Ushñahua.

Conflicto de intereses

El autor declara no tener conflictos de intereses.