

Proyecto de Ingeniería Aplicada**Caracterización y análisis para la aplicación de biol obtenido a partir de residuos orgánicos en la Unidad Experimental de Producción de Biogás en los laboratorios de Petróleo, Gas y Energías de la Universidad Privada del Valle****Biol characterization and analysis for its application obtained from organic residues in the Experimental Biogas Production Unit in the Oil, Gas and Energy laboratories of Del Valle Private University**

Juan Pablo Espinoza Merino 1.

Carla Apaza Rojas 2.

Iván Luizaga Herrera 3.

1. Estudiante de la Carrera de Ingeniería de Petróleo Gas y Energías, Universidad Privada del Valle
juanpis_vinc_1593@hotmail.com
2. Ingeniera Química. Coordinadora de Laboratorios de Petróleo Gas y Energías, Universidad Privada del Valle capazar@univalle.edu
3. Ingeniero Químico. Coordinador de mantenimiento y control de residuos, Universidad Privada del Valle iluizagah@univalle.edu

RESUMEN

La Unidad Experimental de Producción de Biogás (UEPB) de la Universidad Privada del Valle, los últimos 10 años se ha enfocado únicamente en la producción de biogás, el cual es un gas que se genera mediante la descomposición anaeróbica de materia orgánica, donde participan bacterias metanogénicas que se encargan de producción. El presente proyecto se enfoca en la caracterización y aprovechamiento del biol como subproducto del proceso, el cual es un abono orgánico también llamado biofertilizante líquido, que contiene nutrientes de alto valor nutritivo, por lo que es necesario su análisis y evaluación de propiedades físicas y químicas del biol para su aplicación como biofertilizante en diferentes áreas verdes dentro el campus universitario.

Los resultados de los análisis del biol mostraron valores elevados en su composición respecto a nitrógeno (7135,5 mg/L) y fósforo (93,45 mg/L);

dichos nutrientes son fundamentales para el crecimiento de pasto. La aplicación del biol fue realizada en áreas verdes de la UEPB, donde el pasto en las áreas determinadas fue escaso, como resultado se pudo observar el crecimiento de pasto donde el área con mejores fue la dosis de 1:20 de biol en agua.

Palabras clave: Biodigestor. Biogás. Biofertilizante. Biol. UEPB.

ABSTRACT

The Experimental Unit of Biogas Production (UEPB) of the Private University of the Valley, the last 10 years focuses solely on the production of Biogas, which is a gas that is generated through the anaerobic decomposition of organic matter, where methanogenic bacteria participate who are in charge of production. This project focuses on the characterization and use of Biol as a by-product of the process, which is an organic

fertilizer also called liquid biofertilizer that contains nutrients of high nutritional value, so it is necessary to analyze and evaluate the physical and chemical properties of the Biol for its application as biofertilizer in different green areas within the university campus.

The results of the Biol analysis showed high values in its composition with respect to Nitrogen (7135.5 mg/L) and Phosphorus (93.45 mg/L), these nutrients are essential for the growth of vegetation. The application of the Biol was carried out in areas of the UEPB where the grass in the determined areas was scarce; as a result, the growth of grass can be observed where the area with the best was the 1:20 dose of Biol in water.

Keywords: Biodigester. Biofertilizer. Biogas. Biol. UEPB.

INTRODUCCIÓN

La Universidad del Valle promueve el uso y aplicación de energías alternativas para el cuidado del medio ambiente a través del Departamento de Ingeniería en Petróleo, Gas y

Energías (IPG), que enfoca su trabajo en el estudio de biocombustibles. En ese contexto, el año 2007 se puso en funcionamiento un biodigester de 20 m³ de capacidad para generar 6 m³/día de biogás promedio a partir de estiércol porcino. La principal función es la producción de biogás, este biocombustible gaseoso se produce a partir de residuos orgánicos, y como subproducto se tiene biol.

La investigación está enfocada en el aprovechamiento del biol producido y la determinación de sus propiedades físicas y químicas para poder potenciar el uso como biofertilizante en diferentes áreas, propias de la universidad con escasa vegetación, y poder generar un nuevo ingreso con la comercialización del biol producido.

Tabla N°1. Cronograma de producción

Lotes de producción	Fecha	Descripción
L1801	23/06/2018	Carga de prueba
L1802	11/08/2018	Producción
L1803	29/09/2018	Producción
L1804	13/10/2018	Producción

Fuente: Elaboración propia, 2018.

METODOLOGÍA

La investigación se basa en el estudio de una carga de prueba y 3 lotes consecutivos con el respectivo seguimiento a la producción de biogás y biol. La obtención de ambos productos inicia con el acopio de estiércol de cerdo, que ingresa al reactor en mezcla con agua en relación de 1:3, en el cual mediante un proceso de descomposición

anaeróbico y con la presencia de bacterias, principalmente, metanogénicas dan paso a la formación del biogás (gaseoso) y, posteriormente, el biol (líquido).

El cronograma de producción se presenta en la Tabla 1, donde se detallan las fechas:

Tabla N°2. Características de la materia prima

Características	Muestra de estiércol 1	Muestra de estiércol 2	Muestra de estiércol 3
Estado	Aguanoso	Seco	Seco
Color	Verdusco	Negro – verdusco	Amarillo
Olor	suave	medio	fuerte
Temperatura (°C)	9,8	14,5	15
pH	7,94	7,75	6,90

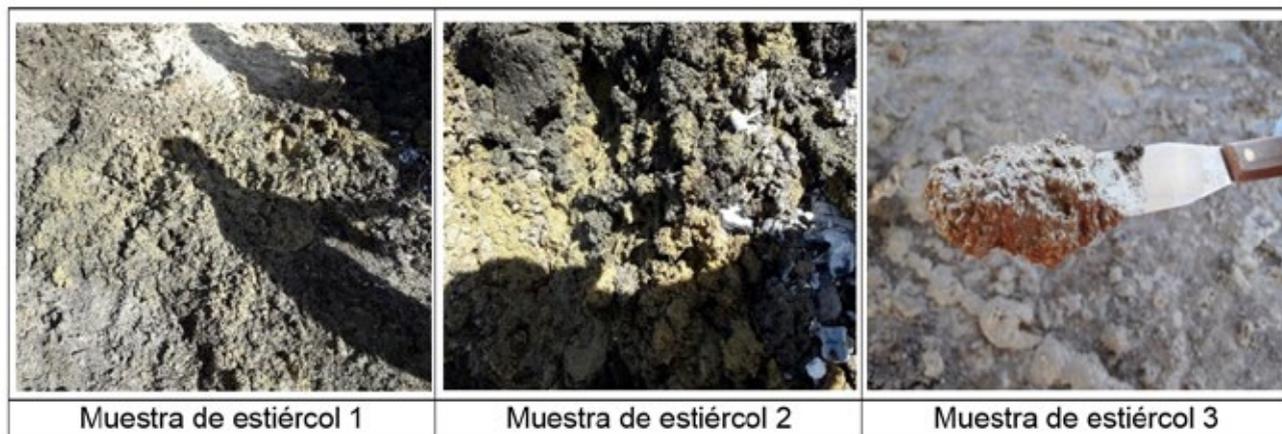
Fuente: Elaboración propia, 2019.

Evaluación de la materia prima

La materia prima utilizada proviene de granjas porcinas cercanas al campus Tiquipaya,

particularmente la granja porcina “ESCOBAR”. La Tabla 2 describe las características del estiércol de cerdo utilizado durante los lotes de producción.

Figura N°1. Recolección de materia prima



Fuente: Elaboración propia, 2018.

El estado de la materia prima no fue uniforme debido a los lugares de acumulación dentro la granja, en algunos casos se encuentra expuesto al

sol y eso hace que cambien algunas propiedades como ser el color y el olor, lo que implica un grado de descomposición (Figura 1).

Tabla N°3. Análisis del estiércol de cerdo

Ítem	Parámetros	Unidad	Resultado de laboratorio
1	Nitrógeno	%	0,63
2	Carbohidratos	%	31,1
3	Cenizas	%	4,40
4	Humedad	%	39,97

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Análisis del estiércol de cerdo

Las muestras recolectadas de la granja porcina "Escobar" fueron analizadas por el laboratorio de

Centro de Investigación Química (CIQ), la Tabla 3 muestra los parámetros analizados que posee el estiércol utilizado.

Tabla N°4. Características de la materia prima

Clase de ganado	kg por día por 1000 K	% N		% P		% K	
		sólido	líquido	sólido	líquido	sólido	líquido
Vacas	70 - 100	0,5	0,25	0,11	0,06	0,41	0,21
Cerdos	70	0,5	0,1	0,13	0,42	0,37	0,09
Gallinas	60	1,5		0,43		0,41	

Fuente: Hinish, 1974.

El reporte de análisis muestra un contenido de 0,63% de nitrógeno, 4,40% de ceniza. En la Tabla 4 se aprecia el contenido de nutrientes que posee teóricamente el estiércol según el tipo de ganado. La composición del estiércol depende del tipo de alimentación que reciben los cerdos, en la granja "Escobar" se brinda una alimentación balanceada. El estiércol utilizado para las diferentes pruebas de producción se encontraba en un estado sólido con un cierto porcentaje de humedad, debido al lugar de almacenamiento en que se encontraba depositado el estiércol en la granja.

Proceso de obtención de biol

El proceso inició con la mezcla estiércol-agua al Biodigestor en relación 1:3 (Vamero, 2011). Es importante que la relación sea exacta debido a que se pudo comprobar que, a menor carga de agua, existe mayor cantidad de impurezas en el biogás presente, y el volumen de producción

de biol es menor (Vamero, 2011). La obtención del biol consiste en la degradación anaeróbica del estiércol dentro del biodigestor, el cual depende del tiempo de retención que pueda llevar en el interior del biodigestor, y mediante la presencia de microorganismos -que depende de la temperatura que opera en su interior- para degradar y convertir parte del estiércol en biol.

El mecanismo de producción del biol consiste en el llenado de la cámara de recepción del Biol que queda a la salida del biodigestor una vez realizado la nueva carga, esta cámara se llena y de manera manual se extrae el biol.

Figura N°2. Mezcla Estiércol Agua en piscina de recolección



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cantidad de agua usada durante la carga

Según la relación estiércol – agua (1:3), debe ingresar 3 m3 de agua potable para 1 m3 de estiércol. Según la Figura 2, los volúmenes de agua se controlaron mediante el caudal y el tiempo de

la fuente de agua, los valores medidos para los lotes estudiados se encuentran detallados en la Tabla 5.

Tabla N°5. Cantidad de agua utilizada en producción

Lote de producción	Cantidad total de agua (L)	Cantidad de estiércol (m³)
L1801	1980	1,4
L1802	2574	1,4
L1803	3139	1,4
L1804	3624	1,4

Fuente: Elaboración propia, 2019.

La cantidad de agua utilizada en las dos primeras cargas fue menor al volumen establecido, debido a que el estado del estiércol se encontraba húmedo y el ingreso al biodigestor fue acelerado. Mientras que, en los otros dos lotes, el estado del estiércol estaba más sólido para lo que se requirió de mayor cantidad de agua.

Análisis del agua

El agua utilizada en el proceso es agua potable, la cual fue analizada en el Centro de Investigación Química (CIQ), con el objetivo de verificar la

calidad para el uso previsto e identificar variables que puedan modificar o alterar la descomposición de materia prima y/o catalizadores dentro del Biodigestor y, a la vez, observar si sus características influyen en la composición del Biol producido.

La Tabla 6 muestra los resultados del análisis del agua, se puede comprobar que el agua potable utilizado para las cargas se encuentra bajo los rangos de aceptación que establece la Norma Boliviana NB-512 (IBNORCA, 2005).

Tabla N°6. Comparación de resultados del agua

Ítem	Parámetros	Unidad	Resultado de laboratorio	Especificación de Norma Boliviana NB 512 (IBNORCA, 2005) calidad del agua para el consumo humano
1	pH	adimensional	6,75	6,5 – 9,0
2	Conductividad	uS/cm	241	1500 µS/cm
3	Cloro residual	mg/L	< 0,1	0,2 – 1,0 mg/L
4	Manganeso	mg/L	< 0,002	0,1 mg/L
5	Alcalinidad	mg/L	134	370,0 mg/L
6	Dureza total	mg/L	104	500 mg/L
7	Hierro Total	mg/L	< 0,005	0,3 mg/L

Fuente: Centro de Investigación Química, 2019.

Obtención del Biol

Para la obtención del biol se adecuó un tapón en la cámara de recepción, según muestra la Figura 3, con el objetivo del llenado de dicha cámara y posterior extracción manual.

Figura N°3. Cámara de recepción del Biol



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Para el almacenamiento se utilizaron turriles plásticos de 200 L de capacidad (Figura 4), así mismo, estos fueron almacenados en ambientes alejados de la luz solar y herméticamente cerrados.

Figura N°4. Almacenaje del Biol



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Las cantidades producidas de biol se muestran en la Tabla 7, donde se observa que el lote L1801 como carga de prueba mostró una cantidad mínima recolectada, debido al tiempo de retención, el cual es descartado por carga de inicio y/o prueba inicial y continúa con el análisis en los lotes restantes.

Tabla N°7. Recolección de Biol

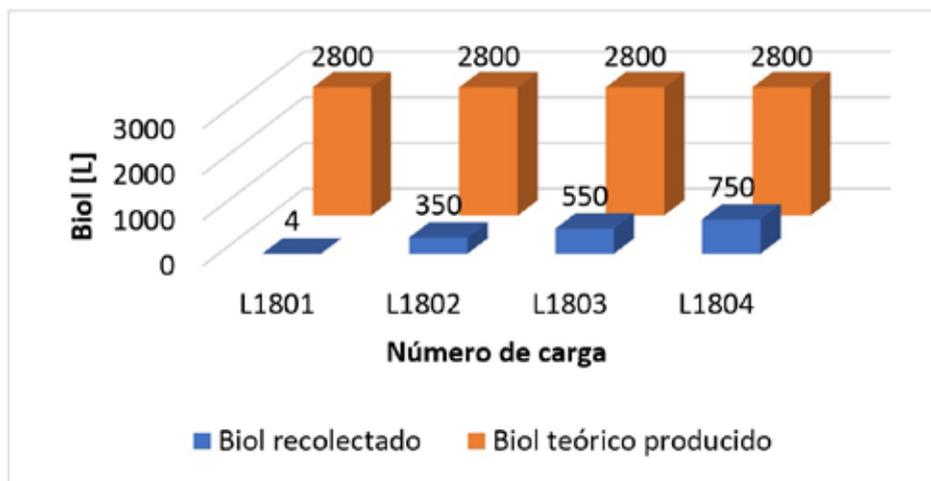
Número de carga	Biol producido (L)	Tiempo de retención (días)
L1801	4 L	180
L1802	350 L	50
L1803	550 L	51
L1804	750 L	15

Fuente: Elaboración propia, 2019.

El biorreactor donde se realiza la descomposición anaeróbica contempla un espacio para contener una parte líquida (biol) y otra gaseosa (biogás). Normalmente, se da un espacio del 75% del volumen total a la fase líquida, y del 25% restante a la fase gaseosa (Martí, 2008). Basados en este, se estima una producción de biol para el biodigestor

de 2800 L después de realizar cargas continuas y lograr una producción constante. En la Figura 5 se observa que la producción teórica es de 2800 L de biol, pero experimentalmente se pudo almacenar hasta 750 L, lo que representa una pérdida del 73% de biol a causa del diseño inicial que no contempla su recolección para su uso.

Figura N°5. Cantidad de Biol recolectado



Fuente: Elaboración propia, 2019.

El estudio contempla la producción desde el lote L1802, debido a que el primer lote es considerado como lote piloto o de prueba.

Aplicación del Biol

El Biol almacenado fue aplicado en diferentes concentraciones en áreas de prueba delimitadas para poder observar el crecimiento, procediendo con el riego con distintos tipos de fertilizantes. El regado con biol, en primera dosis, fue considerando una relación 1:10 y 1:20 con agua, utilizando un total de 100 L por dosis aplicados en 3 meses realizando el regado día por medio.

El espacio destinado para las pruebas del biol fue dentro del Campus Univalle en las instalaciones de la Unidad Experimental de Producción de Biogás. El número de áreas que se delimitaron para las pruebas fueron en total 6 áreas de 10 m². (Tabla 8).

Inicialmente, cada área se encontraba cubierta de vegetación muerta (amarillento), o sin vegetación alguna, es por eso que el criterio de selección respecto a estas áreas fue con el objetivo de observar crecimiento y regeneración de la vegetación, particularmente el pasto.

Tabla N°8. Dosificación aplicada a cada área

Número del área	Nombre del área	Producto utilizado	Dosificación
1	Regado con agua	Agua de pozo	-
2	Regado con Biol	Biol	1:10
3	Regado con Biol	Biol	1:20
4	Regado con Urea 45-0-0	Urea	5 kilos
5	Regado con Biol	Biol	Puro
6	Regado con Biol	Biol	1:20

Fuente: Elaboración propia, 2019.

El tiempo de riego a todas las áreas se realizó durante 3 meses, aplicando un riego en horas de la mañana, día por medio.

RESULTADOS

Análisis del Biol

a) **Análisis cualitativo:** A continuación, se presentan los resultados de inspecciones visuales como color y olor realizadas durante el proceso de recolección del biol:

1. Color: El color del Biol no presentó variabilidad en los lotes de producción estudiados, en la Figura 6 podemos observar que el color evidenciado es un verde oscuro, según bibliografía, si el biol presenta un color verde azulado, indicaría que la degradación anaeróbica está contaminada, además, muchos agricultores reconocen que un buen biol ha terminado su proceso de descomposición cuando presenta una coloración verdoso oscuro, indicando en muchos casos que se parece al color de té o café (Díaz, 2017).

Figura N°6. Color del Biol



Fuente: Elaboración propia, 2019.

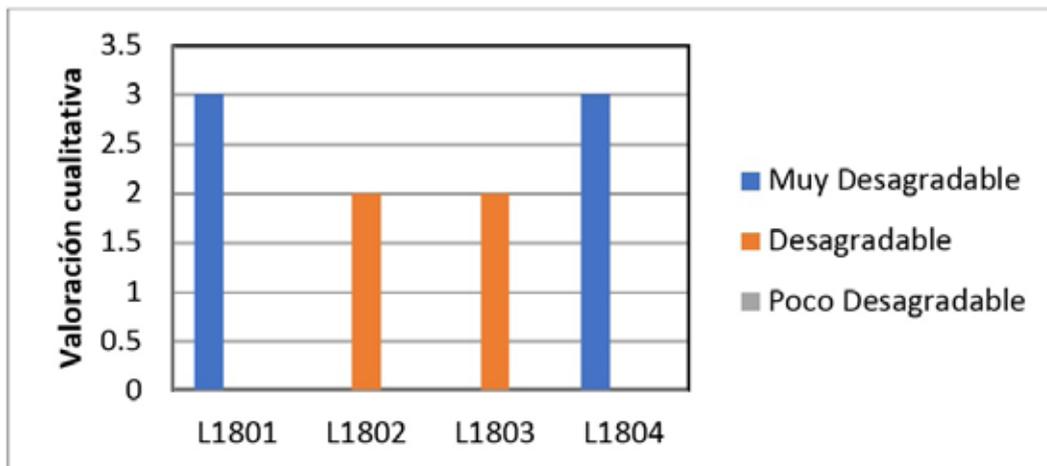
2. Olor El olor del Biol fue evaluado en forma cualitativa por el personal, donde se calificó en una escala entre: “muy desagradable”, “desagradable”, “normal” y “agradable”.

El olor del Biol durante el proceso de obtención tuvo cambios grandes entre el primer lote y el último lote; los olores percibidos en el primer lote

fueron de muy desagradable, posteriormente, los otros lotes fueron considerados desagradables.

En la Figura 7 se muestra la variación del olor percibido durante el proceso de obtención del biol. Estos resultados muestran información respecto a los olores percibidos expresado en porcentaje para todas las cargas.

Figura N°7. Variación del olor durante el proceso de obtención del biol



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Durante la determinación del olor se realizó una descripción detallada de cada olor percibido relacionado con olores conocidos. La Tabla 9 muestra la descripción de estos olores:

Tabla N°9. Olores asociados a las categorías de descripción de olor en biol

Categorías	Olores asociados
Muy desagradable	Olor nauseabundo putrefacto, insoportable, apestoso, olor a huevo podrido.
Desagradable	Olor apestoso, parecido a estiércol en descomposición, desagüe, guano fresco y pescado descompuesto.
Normal	Olor a estiércol seco, compost descompuesto, macerado de hierbas en descomposición.
Agradable	Fragancia aromática, olor similar a: tierra húmeda, macerada de hierbas y chicha joven.

Fuente: Díaz, 2017.

Respecto a las características físicas estudiadas y analizadas: olor y color, se observó que cada uno de ellos presenta una variación independiente. El olor del biol es desagradable, el cual es un indicativo de calidad, ya que un buen biol debería tener un olor agradable, similar a tierra fresca y, además, los agricultores indican que un buen biol

ha terminado su proceso de descomposición y está listo para ser utilizado cuando presenta un olor agradable (Díaz, 2017).

b) Análisis cuantitativo: En la Tabla 10 se presentan resultados de análisis de los 3 lotes obtenidos de biol durante el periodo de pruebas:

Tabla N°10. Parámetros analizados del Biol

Parámetro	Unidad	Biol L1802	Biol L1803	Biol L1804
Acidez	mg/l	359	1006	329
DBO ₅	mgO ₂ /l	4612	5843	
DQO	mgO ₂ /l	13540	9738	
Nitrógeno orgánico total	mg/l	2247	7135,5	253
Fosforo total	mg/l	93,45	61,74	45,67
Magnesio	mg/l	24,56	230	
Sodio	mg/l	9,59	358	2,28
Azufre	mg/l	22,06	55,27	

Fuente: Centro de Investigación Química, 2019.

Según los resultados que se realizaron a los 3 lotes de biol, se puede observar que presenta un cierto grado de acidez, el cual puede afectar al momento de la aplicación a los suelos, afectando el intercambio catiónico entre los nutrientes del suelo y la planta (Quino, 2016). Referente a los resultados de DBO y DQO, es un indicativo de restos materia orgánica biodegradables, debido a la presencia de trazas de estiércol fresco en el biol. En la composición se destaca la concentración de nitrógeno, el cual tiene valores elevados, principalmente, en el segundo lote de producción, debido al tiempo de retención ya que la materia degradada fue mayor, el cual mejoró la composición del biol, además de poseer fósforo

en cantidades elevadas el cual ayuda en el crecimiento y estructura de la planta.

Resultados de la aplicación del Biol

En las Figuras 8, 9 y 10 se presenta un registro fotográfico de las áreas en las que se aplicó el biol en diferentes concentraciones, al lado izquierdo se muestra el estado inicial del área antes de la aplicación del biol y, a la derecha se observa el estado final luego del riego directo con el fertilizante preparado y aplicado durante los meses de septiembre y octubre del año 2018, dichos meses no presentaron precipitaciones fluviales.

Figura N°8. Aplicación de Biol concentración 1:10



Fuente: Centro de Investigación Química, 2019.

Tabla N°11. Comparación de valores físico-químicos entre el área 2 y área 3

Parámetros del suelo	Unidad	Área 2 (Biol 1:10)		Área 3 (Biol 1:20)	
		Sin riego	Con riego	Sin riego	Con riego
Textura	%	F	FA	FA	FA
pH		7,6	7,5	7,9	7,4
Potasio	me/100g	0,73	0,75	0,52	0,53
Nitrógeno total	%	0,086	0,084	0,112	0,114
Fósforo disponible	Ppm	6,47	27,9	2,4	8,34
Materia orgánica	%	1,69	1,81	2,29	2,17

Fuente: Laboratorio de suelos y aguas UMSS, 2019.

El tipo de suelo que se tiene en ambas áreas es franco arenoso (FA), los cuales son considerados aptos para el crecimiento de vegetación. El pH del suelo es considerado una de las principales variables en los suelos, ya que afecta específicamente en la disponibilidad de los nutrientes de las plantas, el rango de pH óptimo de suelo para la mayoría de las plantas oscila entre 5,5 y 7,0 (Padilla, 2002). Como se puede observar en la Tabla 11, los rangos de pH de la tierra se encuentran fuera del rango teórico, teniendo un valor de 7,9.

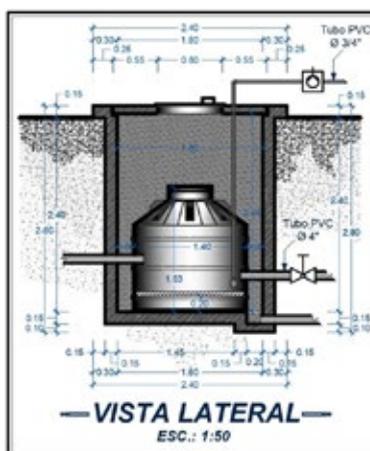
Ambas áreas se consideran ligeramente alcalinas debido a que su rango oscila entre 7,4 y 7,9; donde es posible encontrar deficiencia de boro, cobre y zinc y puede no estar disponible el fósforo (Padilla, 2002). El pH del suelo tiene relativamente poco efecto sobre el nitrógeno. En la Tabla 11 se puede apreciar como el fósforo incremento una vez aplicado el biol en las áreas de prueba.

Respecto al nitrógeno y potasio de cada una de las áreas, después de que se aplicó el biol, incrementó en su composición, cabe recalcar que el incremento no fue muy grande pero el biol cumplió la función de mejorar las condiciones de las áreas y a la vez enriqueciendo más los nutrientes que tiene un suelo, y así tener un mejor crecimiento de vegetación en dichas áreas.

Propuesta de una nueva cámara de recepción del biol

La cámara actual no está diseñada para recibir grandes volúmenes de biol y debido a eso no se puede realizar la recolección total del biol producido. Debido a los inconvenientes previamente mencionados se propone una nueva cámara recepción como se puede observar en la Figura 11.

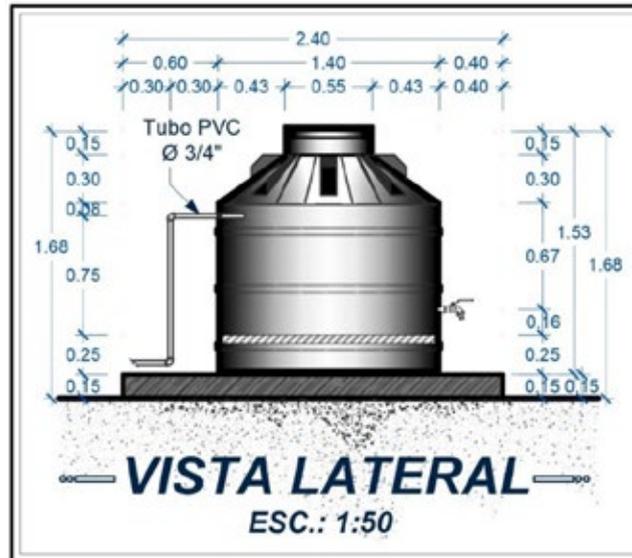
Figura N°11. Plano del tanque de recepción del Biol



Fuente: Elaboración propia, 2019.

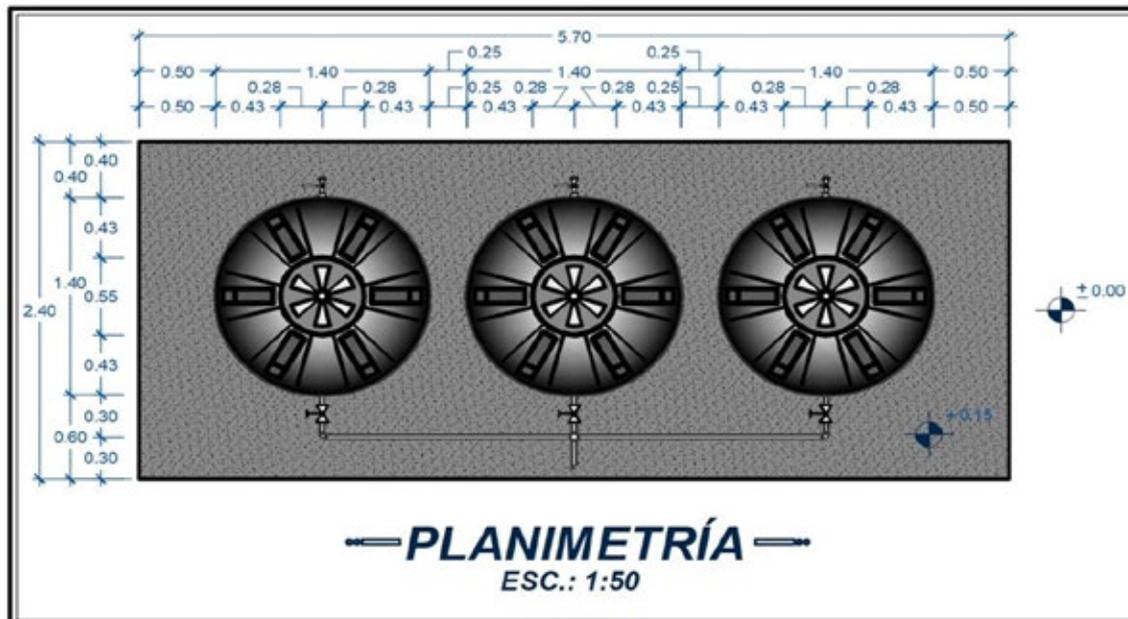
EL tanque será de PVC y tendrá una capacidad de 2000 L y se encontrará enterrado al mismo nivel del suelo, una vez llenado el tanque mediante una bomba, el biol será transportado a los tanques de almacenaje (Figuras 12 y 13).

Figura N°12. Vista lateral de almacenamiento del Biol



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Figura N°13. Planimetría de almacenamiento del Biol



Fuente: Elaboración propia, 2019.

El sistema de almacenaje del biol comprende 3 tanques de PVC con una capacidad de 2000 L cada uno, donde en cada tanque existirá una rejilla que contenga el material sólido y sedimentos. Además, cada tanque tendrá una llave de paso para su respectiva extracción del Biol para sus diferentes aplicaciones.

Evaluación económica

El costo de producción de 1 L de biol en la unidad, tomando en cuenta ítems como ser: mano de obra, agua potable, estiércol de cerdo y traslado, entre otros, llega a un total de Bs. 3107,92; para una producción óptima de 2800 L de biol, después de un funcionamiento continuo del biodigestor es de Bs.1,077/L.

El costo de comercialización, considerando el envase plástico de 2 L (Bs. 0,20), se tiene un precio de venta de Bs. 2,17; dicho precio es demasiado bajo comparado con el biol producido en el extranjero, donde la botella de 2 L llega a costar hasta Bs.17 (Toalombo, 2013).

DISCUSIÓN

Dentro las variables que influyen en el proceso de obtención del Biol y biogás, se encuentra la temperatura, la cual juega un papel importante, debido a que las cargas se realizaron justo en temporada de invierno, donde la temperatura oscila en los 25°C; y las bacterias encargadas de producir biogás y descomponer la materia orgánica operan entre 25 a 30°C. Otro factor importante es la cantidad de agua, que varió en cada lote, lo que afectó directamente composición del biogás y la cantidad de biol producido.

El tiempo de retención de la materia orgánica dentro del biodigestor fue otro factor que afectó de manera directa a la composición del biol, debido a que, a menor temperatura, el tiempo de residencia debería ser mayor, y a elevadas temperaturas el tiempo de residencia tiende a ser menor, es por eso que los lotes donde se tuvo días más prolongados de retención de materia se obtuvo un biol con mejores valores en su composición química.

La aplicación del biol con dosis 1:20 tuvo mejor resultado respecto a la dosis 1:10 donde el crecimiento de pasto en esta área fue más acelerado, y tuvo una cobertura del 100% de crecimiento en el área.

Las áreas estudiadas inicialmente no poseían vegetación, y en cierta parte tenían pasto muerto (amarillento). Desde que se inició el regado día intercalado con biol, las condiciones del pasto empezaron a mejorar hasta tomar la coloración verdusca y tener un crecimiento de 6 cm por semana. También cabe recalcar que las condiciones iniciales del terreno cambiaron una vez aplicado el biol, mejorando la composición del terreno enriquecido con nutrientes.

El biol obtenido en la unidad en su composición presenta trazas de estiércol de cerdo, el cual es un indicativo de que no es biol puro, por tanto, requiere de tratamientos y modificaciones en la estructura del biodigestor, para poder eliminar el olor y las trazas presentes. Además, se pudo comprobar que existe poco espacio dentro del biodigestor para que la materia orgánica se degrade. Según la revisión de la ficha técnica del biodigestor, tiene una altura de 3,4 m. Esta altura se redujo hasta 1,4 m debido a la acumulación de sólidos (costras secas) el cual afectó de manera directa al espacio de degradación de la materia prima que ingresa.

La producción del biodigestor de la Universidad Privada del Valle produce teóricamente 2800 L de biol, pero según los volúmenes registrados de recolección durante los cuatro lotes de producción se tuvo hasta 750 L recolectados respecto al último lote de producción, teniendo alrededor del 73% de pérdidas respecto al total producido por el biodigestor, debido a que la cámara de recepción del biol no está diseñada para poder recolectar lo que repercutió directamente en su recolección.

CONCLUSIONES

Las pruebas de aplicación con el biol obtenido en las diferentes áreas dentro de la universidad se llevaron a cabo en diferentes dosis, destacando la tercera área. Con una dosis de 1:20, es decir 1 L de biol con 19 L de agua potable.

El biol producido en la Unidad Experimental de Producción de Biogás se considera un biofertilizante debido a que en su composición química presenta nutrientes, como ser el Nitrógeno (7135,5 mg/L) y Fósforo (93,45 mg/L), los cuales son característicos de fertilizantes. Respecto a las propiedades cualitativas del biol, presenta un color verde oscuro, el cual se mantuvo durante los 4 lotes de producción; y el olor del biol se considera desagradable, debido a que presenta trazas de estiércol debido al tiempo de retención.

Se puede confirmar que el color está bajo el parámetro práctico de conocimiento de los agricultores, pero respecto al olor, se encuentra fuera de lo habitual ante un biol producido por los agricultores.

El agua utilizada para las cargas al biodigestor, según los resultados del análisis, indica que no afecta absolutamente en nada en el proceso de degradación de la materia orgánica, debido a que cumple con todos los requisitos que la Norma Boliviana NB-512 (IBNORCA, 2005) establece bajo sus reglamentos.

La materia prima utilizada para las cargas al biodigestor para la producción del biogás y biol se recolecta de la granja porcina "Escobar", donde se pudo comprobar que existe una mezcla de estiércol de cerdo entre seco y húmedo, donde la composición del estiércol varía según el tipo de alimentación que reciben los cerdos durante su etapa de vida, con el fin de poseer una materia prima uniforme se introdujeron mezclas de estiércol.

El estado inicial de las áreas de prueba tenía una baja fertilidad y una compactación alta, presentaban pasto muerto y en una gran parte no existía ningún tipo de vegetación. Al aplicar el biol se pudo observar la regeneración del pasto existente, y se pudo lograr el crecimiento de pasto en sectores donde no existía.

La composición inicial de los suelos ya poseía nutrientes, después de la aplicación de biol se pudo observar que los valores se incrementaron, especialmente el nitrógeno y potasio, mejorando las condiciones de las áreas y, a la vez, enriqueciendo más los nutrientes que tiene el suelo, lo cual permitió el crecimiento de vegetación en dichas áreas.

La comparación entre el área regado con urea y el área regado con Biol 1:20 solo fue de manera visual, controlando el crecimiento de la longitud del pasto, debido a la falta de presupuesto para los análisis químicos con el objetivo de observar las diferencias en los suelos al aplicar diferentes fertilizantes.

La producción del biol tomando en cuenta todos los ítems, se considera rentable debido a que la materia prima es económica y los insumos que se utilizan no son costosos, cabe recalcar que se tiene que hacer análisis al biol obtenido en cada lote de producción con el objetivo de controlar los parámetros que posee el biol para su respectiva aplicación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Díaz, A. J. (2017). Características fisicoquímicas y microbiológicas de proceso de elaboración de biol y su efecto en germinación de semillas. Lima: Lima.
- Hinish, S. (1974). Pig excrement as a new feedstuf for ruminants. Great Britain: Pig News
- Instituto Boliviano de Normalizacion y calidad - IBNORCA. (2005). Norma Boliviana NB – 512. Control de calidad del agua para el consumo humano.
- Martí, H. (28 de Octubre de 2008). Biodigestores familiares: Guía de diseño y manual de instalación. Biodigestores de polietileno tubular de bajo costo para trópico, valle y altiplano. Obtenido de <http://www.bivica.org/upload/biodigestores-familiares.pdf>
- Padilla, W. (2002). Libro de Suelos (1ed). Quito Ecuador: UPS FUNDAGRO.
- Quino, R. (2016). Efecto de dos concentraciones de biol en cuatro fases fenológicas del cultivo de cebada en el altiplano norte (tesis de grado). La Paz, Bolivia.
- Toalombo, M. C. (2013). Aplicacion de abonos orgánicos líquidos tipo biol al cultivo de mora (tesis de grado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador.
- Vamero, M. T. (2011). Manual de Biogas. (1, Ed.) Chile: AFO.

Derechos de Autor (c) 2020 Juan Pablo Espinoza Merino; Carla Apaza Rojas; Iván Luizaga Herrera



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](#).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia - Texto completo de la licencia](#)