









## EVALUACIÓN DEL BIOGÁS, BIOL Y BIOSOL GENERADO EN DOS BIODIGESTORES EN EL CENTRO DE PRODUCCIÓN DE TINGUA - 2022

### EVALUATION OF BIOGAS, BIOL AND BIOSOL GENERATED IN TWO BIODIGESTERS AT THE TINGUA PRODUCTION CENTER - 2022

Carlos Poma Villafuerte<sup>1</sup>  Rosario Polo Salazar<sup>1</sup>  Mario Leyva Collas<sup>1</sup>   
Kiko Depaz Celi<sup>1</sup>  Yony Rodríguez Minaya<sup>1</sup>  Yolaina Macedo Rojas<sup>1</sup>   
Martín Huamán Carranza<sup>1</sup>  Silvia Alegre Meza<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz, Perú.

#### Correspondencia:

Dra. Rosario Polo Salazar  
rpolos@unasam.edu.pe

**Como citar este artículo: Poma, C., Polo, R., Leyva, M., Depaz, K., Rodríguez, Y., Macedo, Y., & Huamán, M. (2024). Evaluación del biogás, biol y biosol generado en dos biodigestores en el Centro de Producción de Tingua - 2022. *Revista de Investigación Científica Huamachuco*, 2(1), 75-89. <https://doi.org/10.61709/wjzjx184>**

#### RESUMEN

Las excretas de los vacunos al ser expuestas al ambiente se fermentan, produciendo metano, dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero. El objetivo de este estudio fue utilizar biodigestores y aprovechar las excretas, para la producción controlada de metano y usarla como fuente de energía. La proporción de la mezcla inicial fue 1:5 (553.8 Kg. estiércol fresco + 16.614 m<sup>3</sup> de agua), sellándose herméticamente. El biogás se generó en mayor cantidad a los 20 días, tiempo en el cual la carga microbiana se ha adaptado y degrada las excretas. Al final del proceso, se obtuvo el biol del biodigestor tubular conteniendo mayor cantidad de potasio, 867.8 mg/l y de 242.5 mg/l de magnesio; el biol del biodigestor Rotoplas contenía 299.8 mg/l de sulfato. El biosol del biodigestor Rotoplas contenía 400 mg/l de Calcio; estas cantidades son favorables para la agricultura. Ambos biodigestores funcionaron de manera óptima a 22.1°C y 1.25 atm. de presión, produciéndose 4.96Kg/día de metano. El uso de biodigestores es una buena alternativa para utilizar el estiércol de vacuno evitando impactos negativos al ambiente y a la sociedad.

**Palabras clave:** Estiércol de vacuno; biogás; biol; biosol; biodigestores; biodigestor tubular.

#### ABSTRACT

When cattle manure is exposed to the environment, it ferments, producing methane, carbon dioxide and other greenhouse gases. The objective of this study was to use biodigesters and take advantage of the manure for the controlled production of methane and use it as an energy source. The initial mixture ratio was 1:5 (553.8 kg of fresh manure + 16,614 m<sup>3</sup> of water), and it was hermetically sealed. The biogas was generated in greater quantities after 20 days, during which time the microbial load had adapted and



degraded the manure. At the end of the process, the biol obtained from the tubular biodigester contained a greater quantity of potassium, 867.8 mg/l, and 242.5 mg/l of magnesium; the biol from the Rotoplas biodigester contained 299.8 mg/l of sulphate. The biosol from the Rotoplas biodigester contained 400 mg/l of calcium; These quantities are favorable for agriculture. Both biodigesters worked optimally at 22.1°C and 1.25 atm. of pressure, producing 4.96 kg/day of methane. The use of biodigesters is a good alternative to use cattle manure, avoiding negative impacts on the environment and society.

**Keywords:** Beef manure; biogas; biol; biosol; biodigesters; tubular biodigester.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad se ha mostrado un auge en la demanda del consumo energético en todo el planeta y la dependencia de fuentes de energía no renovable, asociado a ello se tienen los problemas ambientales generados por la acumulación de estiércol de animales; lo que obliga a los profesionales a buscar nuevas tecnologías y fuentes energéticas (Durazno, 2018). En la búsqueda de nuevas alternativas de generación de energía se ha prestado interés por los biocombustibles, tales como el biodiesel y bioetanol; sin embargo, estos requieren el consumo de reactivos en el proceso, a comparación de la digestión anaerobia de una biomasa húmeda residual (estiércol), que no consume reactivos y producen tres productos: biogás, biol y biosol que son biofertilizantes, eliminando con esto una fuente de contaminación y disminuyendo emisiones de metano y otros gases al exterior (Pérez et al, 2017). La producción de biogás es un proceso natural de que ocurre en forma espontánea en un entorno anaerobio, es decir, carente de oxígeno. Dicho proceso lo realizan microorganismos, que involucra la fermentación de materiales orgánicos para obtener el biogás. Este producto se realiza dentro de biodigestores lo cual busca optimizar la producción de biogás (Gonzales et al, 2017).

Barrena et al, (2019) en su estudio instaló un sistema de producción de biogás y bioabonos constituido por un biodigester tubular de geomembrana de PVC de 12 m<sup>3</sup>, con 9 m<sup>3</sup> de volumen de trabajo, para determinar el rendimiento del biogás como combustible y la influencia de los bioabonos sobre

el desarrollo de pasto para bovinos. En el biodigester se desarrolla un proceso en anaeróbico sobre el estiércol de bovino. El biodigester es alimentado con mezcla estiércol: agua en la proporción de 1:5. El tiempo de retención hidráulico fue 29 días a una temperatura ambiente promedio de 14,4 °C. El biogás producido satisface la demanda como combustible de una cocina para la preparación diaria de los alimentos de la familia. El biol y el biosol, efluentes del biodigester, se emplearon como abonos orgánicos para el pasto en parcelas experimentales; se aplicó biol (T2) y biosol (T3) tuvieron mayor crecimiento de sus tallos superando casi el doble del tamaño al testigo. El biosol favoreció la mayor producción de peso fresco y en consecuencia de peso seco de los pastos evaluados, contribuyendo a la mejora de los suelos del fundo, reduciendo la dependencia de insumos externos. Este sistema también sirve para reducir el impacto ambiental de la actividad ganadera, al confinar el metano para emplearlo como combustible de cocina, en vez que se disipe a la atmósfera por la descomposición no controlada del estiércol.

Así, mismo, Brito et al (2017), manifiesta que la obtención de biogás a partir del estiércol de ganado se realizó en el Rancho Verónica de la provincia de Orellana, cuyo propósito principal es dar solución a la problemática ambiental, generada por la acumulación de excrementos de animales de ganadería en el rancho, con el aprovechamiento de este, para generar un tipo de energía alternativa con una adecuada disposición final del excremento. La construcción de un biodigester fue a escala piloto



utilizando el método cuantitativo, para determinar los componentes principales del diseño, como la cámara de biodigestión donde se deposita el material orgánico, tubería de conducción de gas y una válvula de presión artesanal. El diseño cuenta con un sistema de biodigestores de 4 tanques plastigama de 5000 litros colocados de forma continua, cumpliendo con un factor de seguridad del 5 % y un tiempo de retención de 40 días para el proceso de degradación biológica.

Tay (2017), sustenta que las actividades agrícolas y pecuarias generan estiércol y rastrojos de cosecha, material orgánico que puede ser aprovechado para la producción de biogás, evitando la contaminación que genera su degradación. Siendo el objetivo determinar el rendimiento de biogás y biofertilizante en la digestión anaerobia de estiércol de animales y rastrojos en Lambayeque. Se colectaron estiércoles de aves de corral, *Cavia porcellus* "cuy", *Bos taurus* "vacuno", *Sus scrofa domesticus* "porcino" y rastrojos de *Zea mays* L. "maíz". Se formularon cuatro mezclas con una relación C30:N1 con 50 % de sólidos totales, se pre fermentaron 1 mes a temperatura ambiente y luego se fermentaron con líquido ruminal como inóculo en digestores de 3,5 L de capacidad, a escala de laboratorio. La mezcla de estiércol-rastrojos con la que se alcanzó la mayor presión de biogás, se llevó a digestión anaerobia en un biorreactor tipo tanque de 75 L de capacidad, durante 90 días, determinándose el volumen de producción del biogás y biofertilizante producidos. El estiércol presentó 38,7 – 48,9 % de carbono; 1,98-3,78 % de nitrógeno; 11,5 – 19,5 relación C: N y 26,2 – 82,2% de sólidos totales. La mezcla de estiércol de vacuno y rastrojos fue seleccionada porque alcanzó la mayor presión manométrica: 28,690 bares, durante 27 días. La digestión anaerobia de esta mezcla produjo 790 L de biogás durante tres meses, con un volumen de producción de 0,013 m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup> y un rendimiento de biol de 81,57 %. Se demostró la producción de biogás y biofertilizante por la digestión anaerobia de estiércol de animales

y rastrojos.

El centro de producción de Tingua de la universidad nacional Santiago Antúnez de Mayolo presta servicio a la comunidad del Callejón de Huaylas en la producción de leche y productos lácteos; así mismo, facilita a futuros profesional a realizar sus prácticas preprofesionales en sus instalaciones. Un problema que enfrenta el centro de producción es la generación de estiércol proveniente de los animales vacunos, ovinos y animales menores; que son expuestos al aire libre ocasionando el malestar de la población por la presencia de malos olores e insectos, alterando el ambiente. Para mitigar dicho problema, al inicio del trabajo de investigación se instalaron dos biodigestores, uno tipo manga y otro de Rotoplast, adecuados para generar biogás como fuente de energía y biofertilizantes de suelos (Biol y Biosol), para este proceso se utilizó el estiércol del ganado vacuno como materia prima, del centro de producción de Tingua, evitando de esta manera el incremento de metano y otros gases de efecto invernadero que son liberados a la atmósfera.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se desarrolló en el Centro de Producción de Tingua, ubicada en el centro poblado de Tingua, Distrito de Mancos, Provincia de Yungay (Fig. 1)

Se realizó el proceso estructural, como: el levantamiento topográfico, señalización de las cajas y tuberías, movimiento de tierra, instalación de los biodigestores y arranque de funcionamiento.

La población empleada en la investigación se enfoca en todo el estiércol del ganado vacuno que se encuentren en el centro de producción de Tingua. La muestra de la investigación es la cantidad de carga del estiércol y agua (mezcla inicial) que ingresa al Biodigestor para la generación del biogás, biol y biosol.



**Obtención de las muestras:** La primera muestra fue la mezcla inicial entre el estiércol con el agua en una relación de 1:5 (mezcla inicial), luego de 15 días se extrajo la primera muestra (M1), luego de 15 días la segunda muestra (M2) y 15 días más la tercera muestra (M3) para la obtención del Biol en ambos biodigestores. En el caso del Biosol solo se pudo extraer dos muestras (M1 y M2); ya que su degradación amerita un tiempo mucho mayor al Biol.

### FIGURA 1

*Vista frontal del Centro de Producción de Tingua*



### \*Resultados del Análisis del Biol – Biodigestor Tubular

La Tabla 1 y Figura 2, muestra que la mezcla inicial tiene una cantidad alta de nitrógeno total y va

disminuyendo a medida que pasa el tiempo, este cambio ocasiona el aumento del amonio que va disminuyendo posteriormente, el nitrato aumenta lentamente, por la poca presencia de oxígeno.

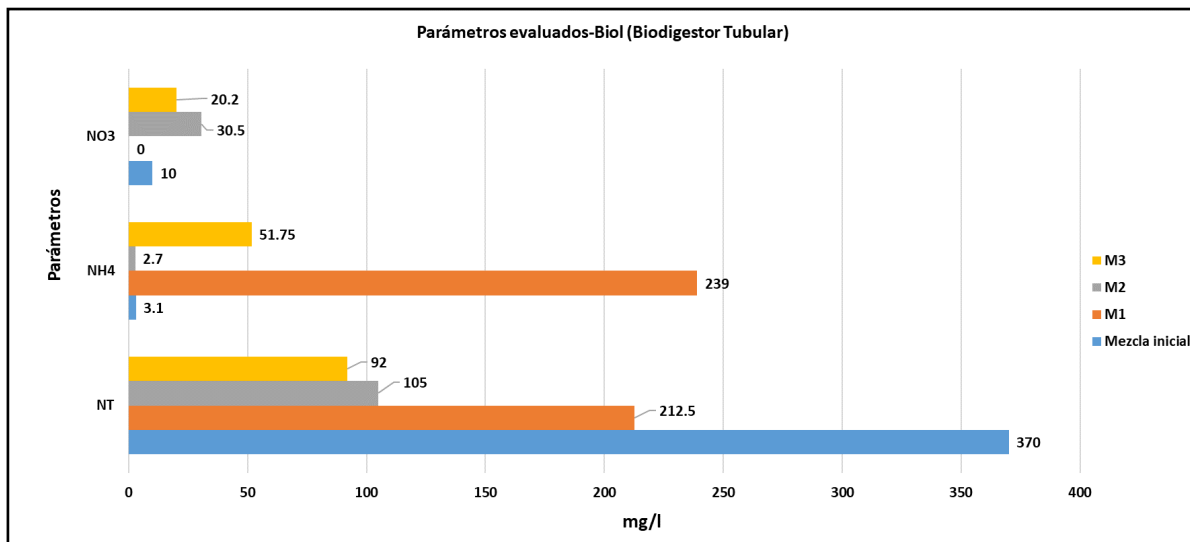
### TABLA 1

*Resultados del análisis de Biol del Biodigestor tubular*

Parámetros	Muestra Inicial (mezcla estiércol + agua) mg/l	Biol (biodigestor tubular) mg/l		
		M1	M2	M3
NT	370	212.5	105	92
NH4	3.1	239	2.7	51.75
NO3	10	0	30.5	20.2
SO4	50	0	39.5	62.1
P	3.53	106.5	12.52	13.64
PO4	10.8	325.9	38.3	41.8
K	27	581.5	472.4	867.8
Mg	81	162.5	132	242.5
Ca	190	155	300	350

**FIGURA 2**

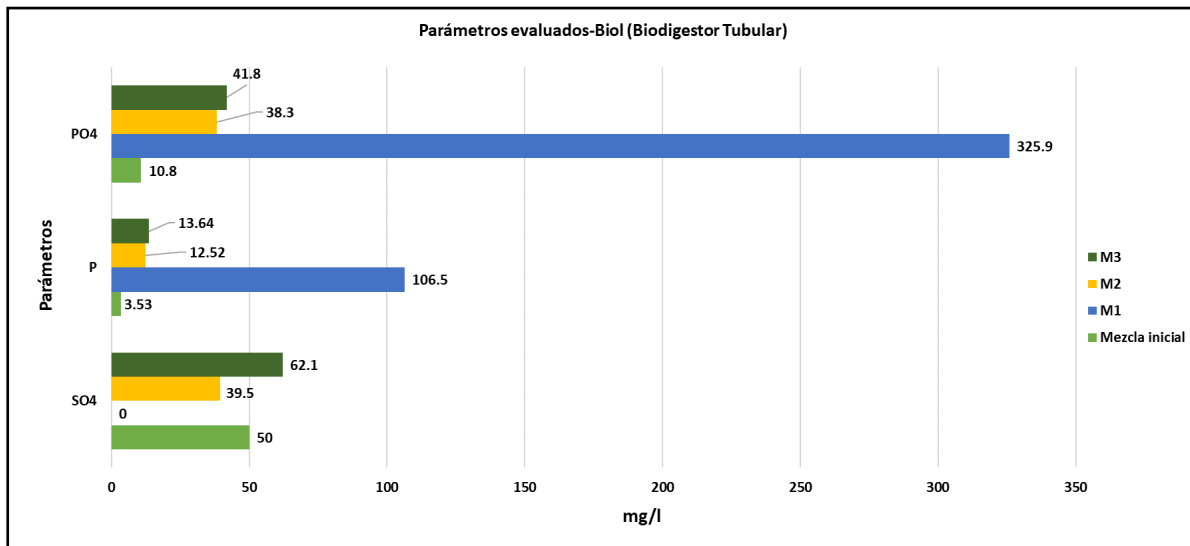
Resultados de NT, NH4 y NO3 del Biol del Biodigestor tubular



En la Figura 3, se observan cantidades moderadas de fósforo y sulfato presentan cantidades altas a los 15 días del arranque, disminuyendo posteriormente.

**FIGURA 3**

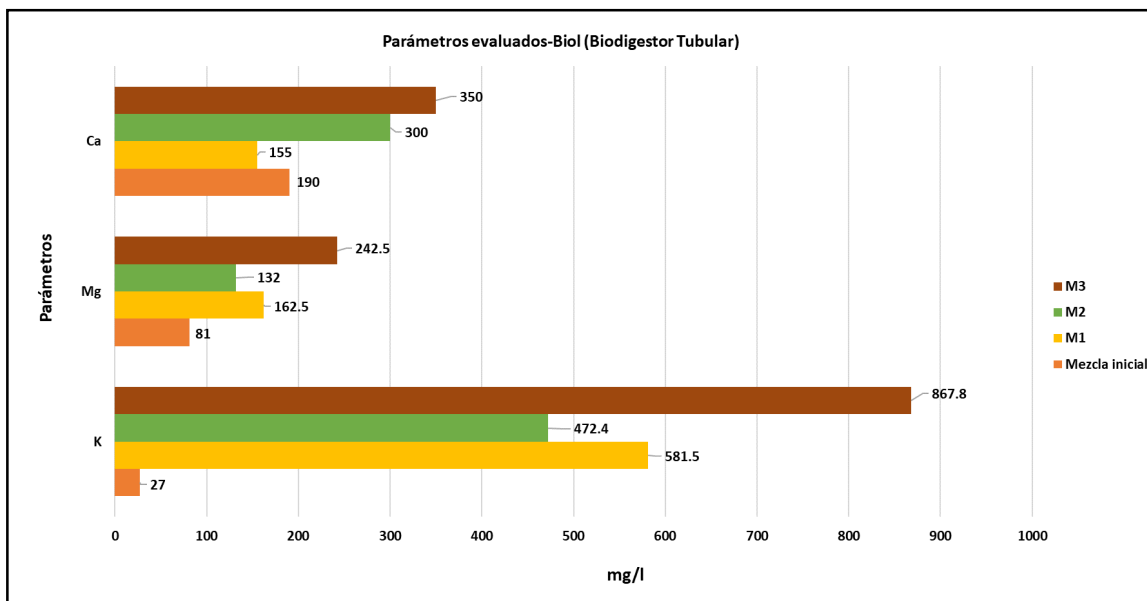
Resultados de PO4, P y SO4 del Biol del Biodigestor tubular



La Figura 4 muestra la variación de nutrientes (Ca, Mg y K), en la muestra inicial se encontraban en valores bajos y a medida que pasa el tiempo, las cantidades de estos se incrementan, siendo utilizados en los suelos agrícolas.

FIGURA 4

Resultados de Ca, Mg y K del Biol del Biodigestor tubular



#### \*Resultados del Análisis del Biol – Biodigestor Rotoplas

La Tabla 2 y Figura 5, evidencian que en la mezcla inicial la cantidad de nitrógeno total es alto sobre todo a los 15 días de llenado el biodigestor, luego

va disminuyendo a medida que pasa el tiempo, este cambio ocasiona el inicio del aumento del amonio y del nitrato de manera lenta, debido a la poca presencia de oxígeno.

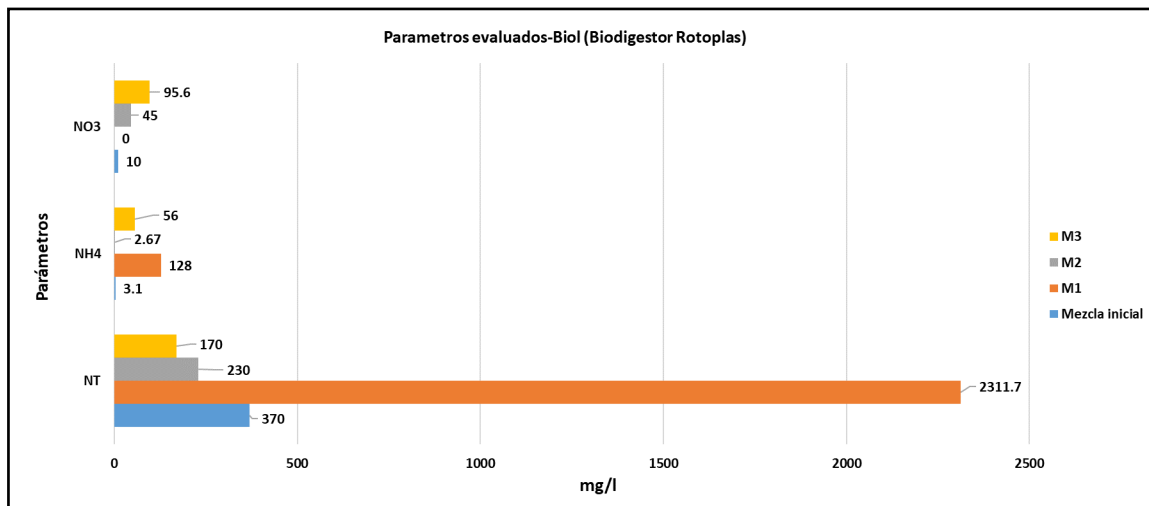
TABLA 2

Resultados del análisis de Biol del Biodigestor Rotoplas

Parámetros	Muestra Inicial (mezcla estiércol + agua) mg/l	Biol (biodigestor Rotoplas) mg/l		
		M1	M2	M3
NT	370	2311.7	230	170
NH4	3.1	128	2.67	56
NO3	10	0	45	95.6
SO4	50	896.9	122.8	299.8
P	3.53	227.8	8.66	29.17
PO4	10.8	697	26.5	89.3
K	27	977	1138.8	722.5
Mg	81	311	362.5	230
Ca	190	260	875	275

**FIGURA 5**

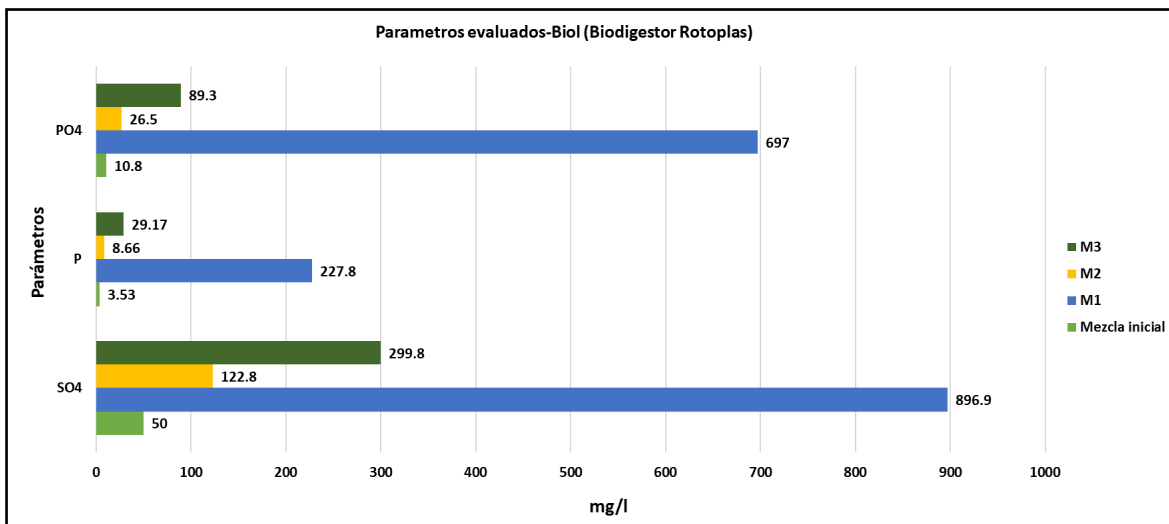
Resultados de NT, NH4 y NO3 del Biol del Biodigestor Rotoplas



La Figura 6, en cuanto al sulfato se observan altas a los 15 días del arranque, disminuyendo cantidades elevadas al final del proceso; , en cuanto al fósforo y fosfato presentan cantidades

**FIGURA 6**

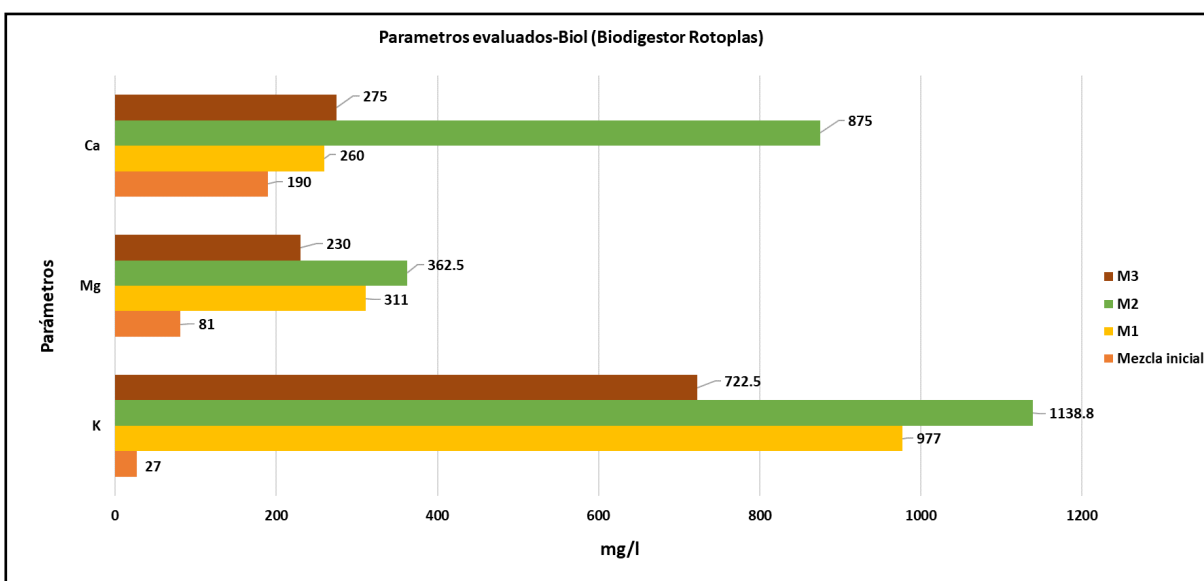
Resultados de PO4, P y SO4 del Biol del Biodigestor Rotoplas



La Figura 7 reporta la variación de nutrientes (Ca, Mg y K), en la muestra inicial se encontraban en valores bajos, pero al pasar el tiempo las cantidades de estos se van incrementando.

FIGURA 7

Resultados de Ca, Mg y K del Biol del Biodigestor Rotoplas



### Resultados del Análisis del Biosol – Biodigestor Tubular

La Tabla 3 y Figura 8, muestran que en la mezcla inicial la cantidad de nitrógeno total es alto, luego

va disminuyendo a medida que pasa el tiempo, este cambio ocasiona el inicio del aumento del amonio y del nitrato de manera lenta debido a la poca presencia de oxígeno.

TABLA 3

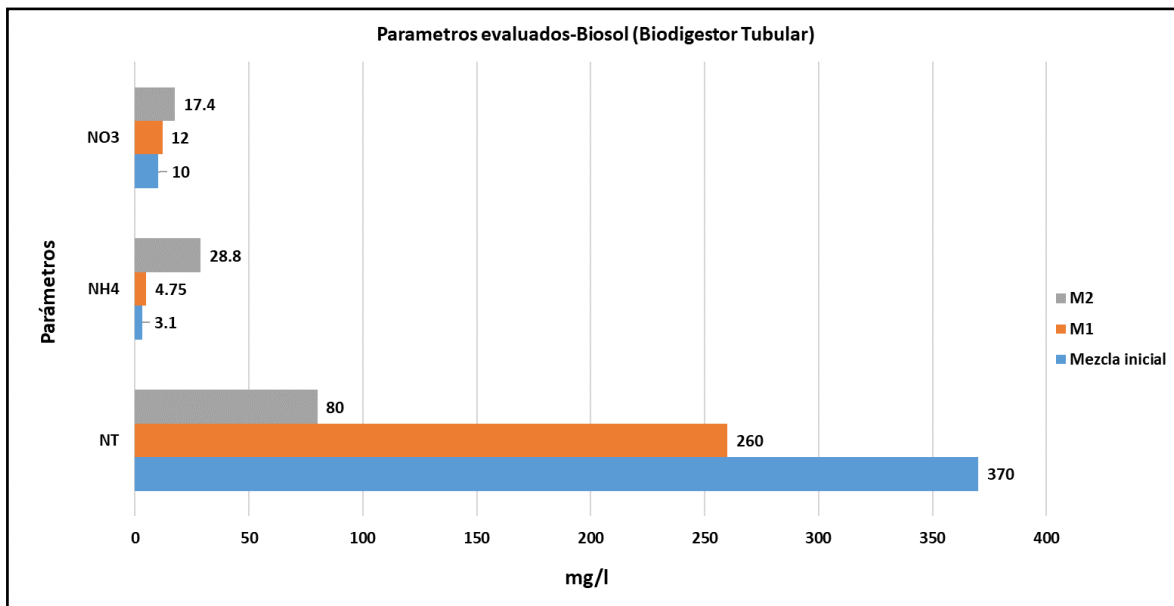
Resultados del análisis de Biosol del Biodigestor Tubular

Parámetros	Muestra Inicial (mezcla estiércol + agua) mg/l	Biosol (biodigestor Tubular) mg/l	
		M1	M2
NT	370	260	80
NH4	3.1	4.75	28.8
NO3	10	12	17.4
SO4	50	44.8	51.4
P	3.53	7.92	12.32
PO4	10.8	24.5	37.7
K	27	59.2	44.3
Mg	81	177.5	133
Ca	190	300	240



**FIGURA 8**

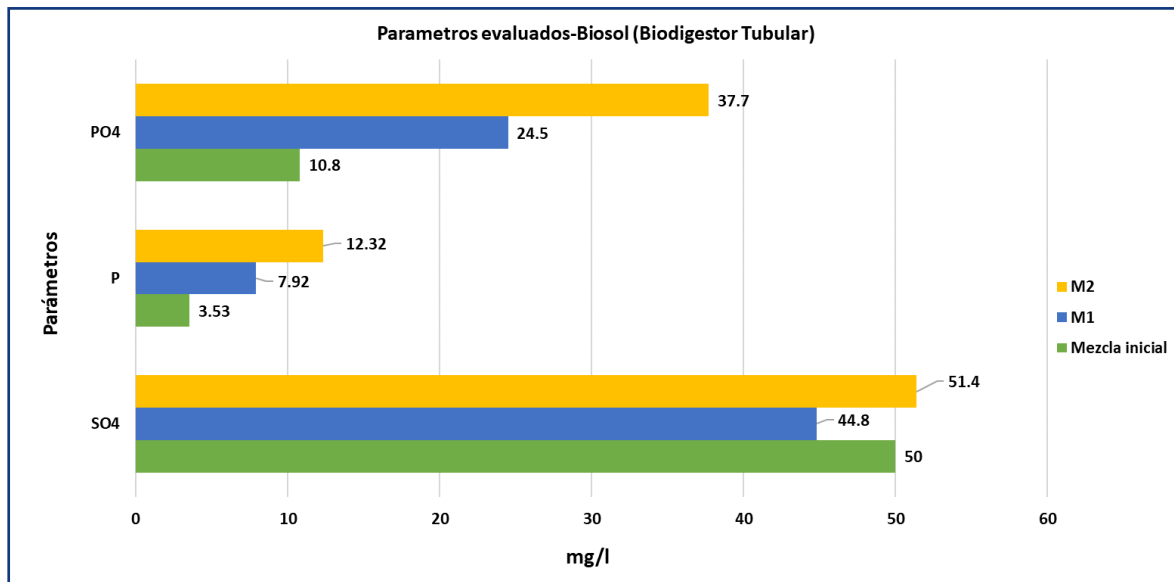
Resultados de NT, NH4 y NO3 del Biosol del Biodigestor tubular



La Figura 9, en cuanto al sulfato se observa su incremento lento, al igual que el fosforo y fosfato presentan cantidades bajas.

**FIGURA 9**

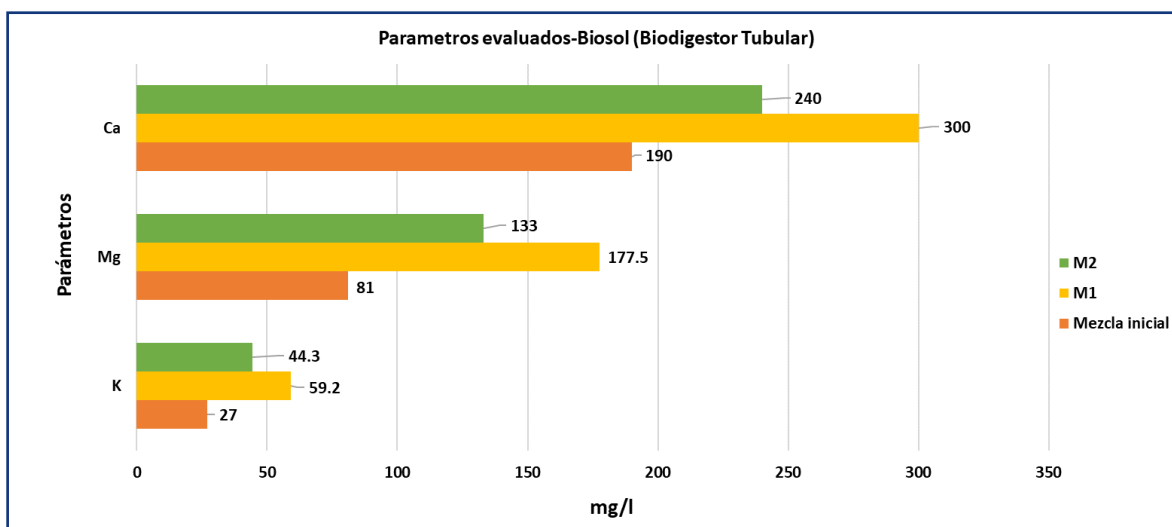
Resultados de PO4, P y SO4 del Biosol del Biodigestor tubular



La Figura 10, muestran la variación de nutrientes (K, Mg y Ca), en la muestra inicial se encontraban en valores bajos, pero al pasar el tiempo las cantidades de estos se incrementan, en especial el Calcio.

**FIGURA 10**

Resultados de Ca, Mg y K del Biosol del Biodigestor

**Resultados del Análisis del Biosol – Biodigestor Rotoplas**

La Tabla 4 y Figura 11, muestran que en la mezcla inicial la cantidad de nitrógeno total es alto, en

especial a los 15 días, luego va disminuyendo a medida que pasa el tiempo, este cambio ocasiona el inicio del aumento del amonio y del nitrato de manera lenta debido a la poca presencia de oxígeno.

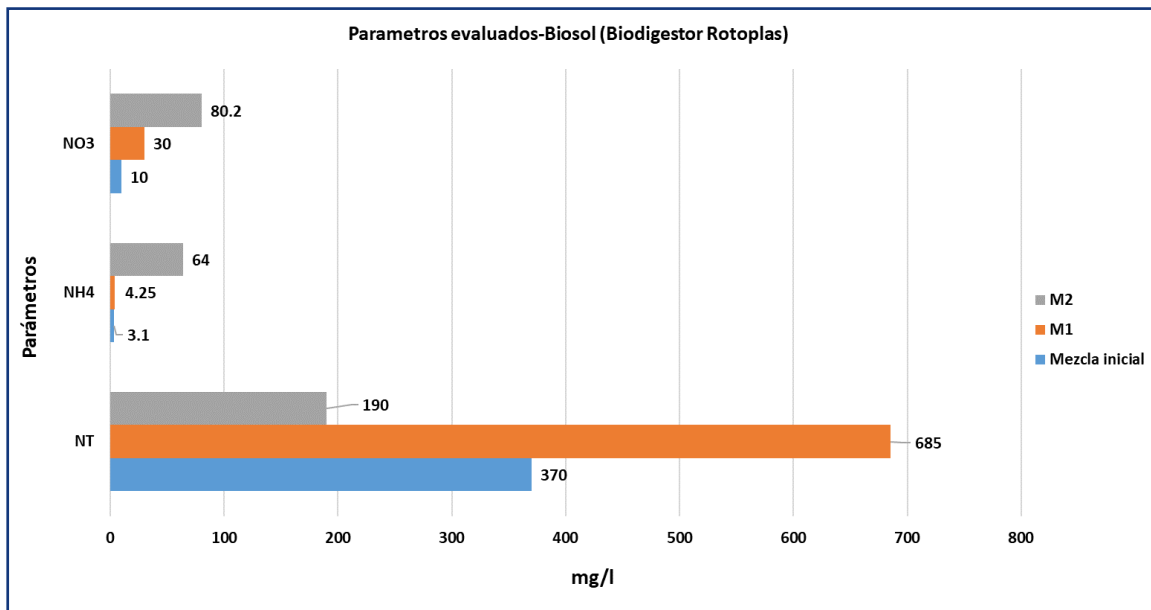
**TABLA 4**

Resultados del análisis de Biosol del Biodigestor Rotoplas

Parámetros	Muestra Inicial (mezcla estiércol + agua) mg/l	Biosol (biodigestor Rotoplas) mg/l	
		M1	M2
NT	370	685	190
NH4	3.1	4.25	64
NO3	10	30	80.2
P	3.53	7.76	21.36
PO4	10.8	23.5	62.8
SO4	50	118.5	267
K	27	79	62.5
Mg	81	237	187.5
Ca	190	375	400

**FIGURA 11**

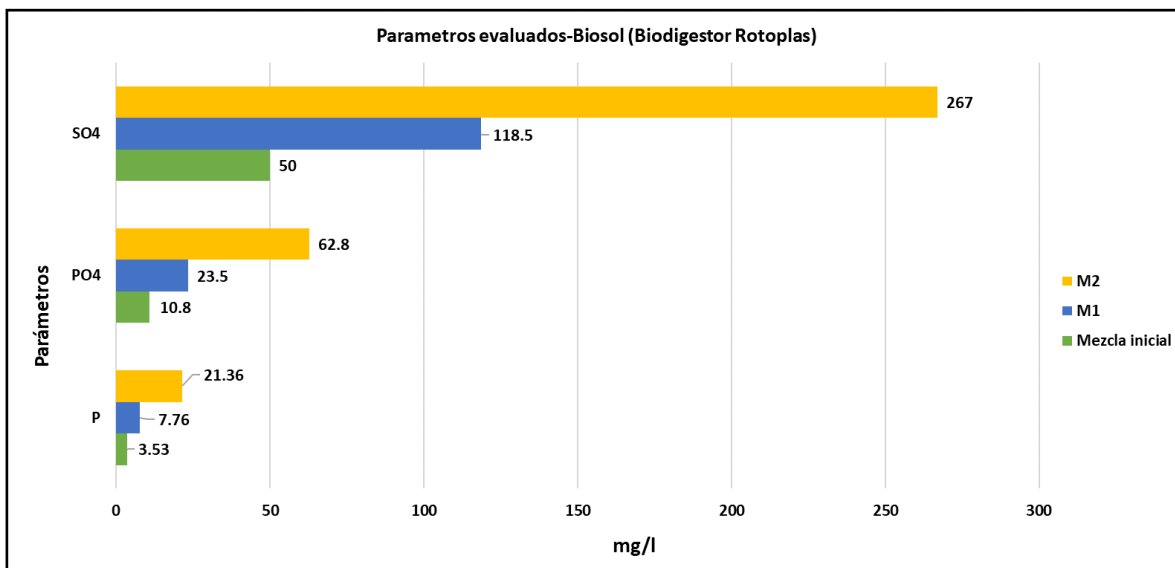
Resultados de NT, NH4 y NO3 del Biosol del Biodigestor Rotoplas



La Figura 12, en cuanto al sulfato se observa su incremento lento, al igual que el fosforo y fosfato presentan cantidades bajas, que posteriormente empieza su ascenso.

**FIGURA 12**

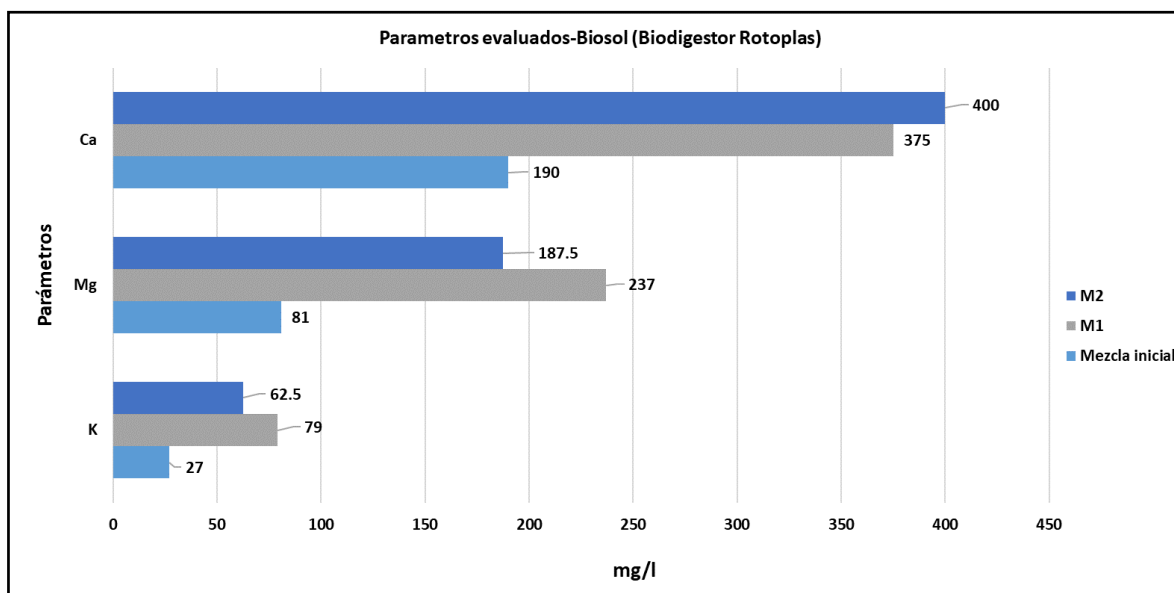
Resultados de PO4, P y SO4 del Biosol del Biodigestor Rotoplas



La Figura 13, muestran la variación de nutrientes (K, Mg y Ca), en la muestra inicial se encontraban en valores bajos, pero al pasar el tiempo las cantidades de estos se incrementan, en especial el Calcio, seguido del Magnesio.

FIGURA 13

Resultados de Ca, Mg y K del Biosol del Biodigestor Rotoplas

**Resultados del Biogás**

En cuanto a la producción del biogás generada de la mezcla de carga 1:5 (estiércol + agua), en

el biodigestor y almacenado en el gasómetro, se obtuvieron los siguientes datos (Tabla 5):

TABLA 5

Resultados de la Temperatura

Temperatura	T1	T2	T3	T4	T5	T6	Promedio
°C	21.7	21.7	22.6	21.8	21.7	23.0	22.1

Datos:

- Temperatura (°K) = 295.25
- Presión Manométrica (atm) = 1.25
- Volumen del gasómetro (lt) = 6000
- Constante R de gases ideales (lt x atm/mol x °K) = 0.082

La masa del gas natural producido se determina mediante la aplicación de la ecuación de gases ideales, debido a la presión baja, es decir < 2 atm. La fórmula para aplicar es la siguiente:

Se despeja la masa, quedando de la siguiente manera:

Reemplazando los datos mencionados anteriormente, la masa del Metano es igual a 4.96 Kg.

$$\text{Presión} \times \text{Vol.} = \frac{\text{Masa}}{\text{Peso Molecular}} \times \text{RT}$$

El Biogás generado que se ha usado en el área de lechería del centro de producción de Tingua, favoreciendo a la disminución del consumo de gas comercial y en cuanto a la evaluación cualitativa se obtuvo: 2.13 Kg. de CO<sub>2</sub>, 0.36 Kg. de H<sub>2</sub> y 0.28 Kg. de N<sub>2</sub>, junto a los 4.96 Kg. de Metano, cuya duración al usarlo en la cocina es de 1 hora.

## DISCUSIÓN

Se instaló un biodigestor tubular y un biodigestor Rotoplas en el centro de producción de Tingua con la finalidad de usar el estiércol que se acumula expuesto al ambiente, generando malos olores, presencia de vectores y otros efectos negativos; como producto final. el biogás que se genera de ambos biodigestores se destina para utilizarlos en el área de lechería, favoreciendo el ahorro en el uso del gas comercial, junto a ello se obtuvo el biol (biofertilizante líquido) y biosol (biofertilizante sólido), ambos ricos en nutrientes solubles de fácil disponibilidad para las plantas. Los biodigestores presentan un proceso anaeróbico y es herméticamente cerrado, en el cual se utiliza residuos orgánicos que por actividad microbiana generan biogás y bioles (Páez, 2016).

Los biodigestores instalados generaron el biogás a partir del día 20 a una temperatura ambiente promedio de 22.1°C, a diferencia de Barrena et al, (2019) en donde el biogás se generó a partir del día 29 a una temperatura de 14.4°C, mostrando que la temperatura si influye en el proceso anaeróbico de un biodigestor; así mismo, los bioabonos generados se usaron en las plantaciones de pastos, para el ganado. Para el arranque de los biodigestores se utilizó la proporción de 1:5, recomendada por Barrena et al. (2019).

Diez, (2020) diseñó un sistema de digestión anaeróbica para producir biogás por medio de un biodigestor tubular flexible, el cual podrá ser empleado en el emprendimiento, para generar energía térmica reemplazando parcial o totalmente los combustibles fósiles que se emplean actualmente. Por medio de este biodigestor se busca reducir el impacto ambiental y generar combustible alternativo proveniente de fuentes renovables para ser empleado en el propio emprendimiento, en remplazo de una parte de la energía convencional consumida. Los biodigestores flexibles serían una excelente alternativa para emprendimientos

medianos a chicos de cría porcina en corral donde la captación de los desechos, puede hacerse prácticamente en un 100 %. La inversión inicial no es elevada, son fáciles de mantener y operar, producen ahorro de energía y reducen los impactos ambientales asociados al manejo de los desechos.

En el estudio de los componentes nitrogenados en el biol, observamos que en el biodigestor tubular y Rotoplas al inicio tiene cantidades altas de 370 mg/l, pero en el biodigestor tubular en el transcurso del tiempo disminuye generándose amonio que va disminuyendo, generándose nitrato en el segundo y tercer muestreo con cantidades de 30.5 y 20.2 mg/l. A diferencia del biol en el Rotoplas, después de iniciado el proceso la cantidad de nitrógeno y amonio se incrementan y luego disminuye incrementándose al final el nitrato con 95.6 mg/l, siendo mayor que en el biol del biodigestor tubular.

En relación con el Fósforo y Fosfato, tanto en el biodigestor tubular como en el biodigestor Rotoplas, al inicio del proceso se incrementa tanto el Fósforo como el Fosfato que posteriormente van disminuyendo, siendo al final el Fósforo con 13.64 mg/l y el Fosfato 41.8 mg/l en el biodigestor tubular y 29.17 mg/l de Fósforo y 89.3 mg/l de Fosfato en el biodigestor Rotoplas. En cuanto a los sulfatos, en el biodigestor tubular al inicio es alto, disminuyendo y nuevamente de incrementa llegando a 62.1 mg/l al final del proceso; en el caso del biodigestor Rotoplas al inicio del proceso se incrementa hasta 896.9 mg/l, disminuyendo posteriormente llegando a 299.8 mg/l al final del proceso.

Los nutrientes en el biol del biodigestor tubular al final del proceso de obtuvo 867.8 mg/l de Potasio, 242.5 mg/l de Magnesio y 350 mg/l de Calcio, de igual manera en el biodigestor Rotoplas se obtuvo 722.5 mg/l de Potasio, 230 mg/l de Magnesio y 275 mg/l de Calcio; siendo la cantidad de nutrientes mayor en el biol del biodigestor tubular.



En el caso del biosol obtenido del biodigestor tubular, el nitrógeno está en cantidades altas, a medida que pasa el tiempo disminuye transformándose a amonio y nitrato, con cantidades de 28.8 mg/l y 17.4 mg/l respectivamente. En el biodigestor Rotoplas el nitrógeno al inicio es alto y luego va disminuyendo hasta 190 mg/l, obteniéndose al final 64 mg/l de amonio y 80.2 mg/l de nitrato. Siendo el biosol del biodigestor Rotoplas el que mayor cantidad de amonio y nitrato contiene.

En el caso del Fósforo y Fosfato, tanto en el biosol del biodigestor tubular y Rotoplas ambos van incrementándose a medida que pasa el tiempo, obteniéndose al final 12.32 mg/l de Fosforo y 37.7 mg/l de Fosfato en el biodigestor tubular y 21.36 mg/l de Fosforo y 62.8 mg/l de Fosfato en el biodigestor Rotoplas. Siendo mayor la obtención de Fosfato en el biodigestor Rotoplas.

En cuanto al sulfato del biosol, en el biodigestor tubular se observa que al inicio es alto y luego disminuye, volviendo a incrementarse con un valor de 51.4 mg/l; mientras que en el biodigestor Rotoplas el sulfato se incrementa al pasar el tiempo llegando a un valor de 267 mg/l. Siendo el biosol del Rotoplas que contiene mayor Sulfato.

En cuanto al contenido de nutrientes, en el biosol del biodigestor tubular se obtuvo 44.3 mg/l de Potasio, 133 mg/l de Magnesio y 240 mg/l de Calcio, y en el biosol del biodigestor Rotoplas se obtuvo 62.5 mg/l de Potasio, 187.5 mg/l de Magnesio y 400 mg/l de Calcio. Por lo que se encuentra mayor cantidad de nutrientes solubles en el biosol del biodigestor Rotoplas.

Hernández & Zapata, (2018) diseñaron un tanque de biodigestor de acero, a partir de las recomendaciones del diseño, debido a que existe muy poca información sobre este tipo de diseño, el cual almacena este tipo de mezcla (agua y estiércol). Además, se seleccionó el diseño del biodigestor

vertical con fondo semicónico y domo en forma semiesférica. La forma geométrica del biodigestor permite distribuir la presión interna de manera uniforme, esto evita reducir la deformación en todo el recubrimiento del tanque; el fondo semicónico permite el desplazamiento de la mezcla evitando la formación de sedimentos. Para la selección del diseño se tuvo en cuenta, cinco criterios de selección como son: costo, mantenimiento, operatividad, geometría y seguridad. El uso del agitador de fluidos permite mezclar el flujo de agua y estiércol de manera uniforme, reduciendo el tiempo de retención, esto haría más eficiente la producción de biogás.

El uso de biodigestores es una buena alternativa para generar energía usando excretas de ganado, reduciendo el impacto ambiental del centro de producción, al igual que Diez, (2020) en cuya tesis propone la instalación de un biodigestor tubular flexible con la finalidad de generar energía reemplazando las fuentes de energía convencionales. La cantidad de biogás que se genera en el biodigestor tubular es de 4.96 Kg. al día, permitiendo de esta manera el ahorro del gas comercial en el área de lechería, teniendo una duración de 1 hora.

## CONCLUSIONES

La evaluación cuantitativa del biogás en el biodigestor tubular fue la generación de 4.96 Kg. de metano al día

La calidad nutritiva del biol y biosol obtenido en ambos biodigestores contienen cantidades altas de nutrientes como el  $\text{NO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{PO}_4$ , K, Ca y Mg, de fácil asimilación por las plantas, en la agricultura.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barrena, M., Cubas, A., Gosgot, W., Ordinola, C., & Rascón, J. (2019). Sistema de producción de biogás y bioabonos a partir del estiércol de bovino, Molinopampa, Chachapoyas, Amazonas,



- Perú. *Revista del Museo de Historia Natural Arnaldoa*, 26 (2), 725-734. <http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v26n2/a14v26n2.pdf>
- Brito, H., Echevarría, M., Yaulema, F., Palmay, P., Mendoza, M., Patiño, T., Toala, E., Haro, C., & Robalino, P. (2017). *Generación de biogás a partir de estiércol de ganado a nivel de finca en el oriente ecuatoriano*. XXXV Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 59 Congreso Internacional Agua, Saneamiento, Ambiente y Energía Renovable Cartagena, Colombia
- Diez, J. (2020). Diseño de un biodigestor tubular flexible para la producción de biogás a partir de desechos porcinos generados en una granja con sistema de ciclo completo. <https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/6083/TESIS%20Ulises%20Diez%20G%C3%B3mez%20%281%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Durazno, A. (2018). Valoración de estiércol bovino y porcino en la producción de biogás en un biodigestor de producción por etapas. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15445/1/UPS-CT007585.pdf>
- Hernández, M. Zapata, M. (2018). *Diseño de un biodigestor con estiércol de ganado vacuno para el caserío La Zanja – Cajamarca*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Señor de Sipán]. <https://repositoio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/5583/Hern%C3%A1ndez%20Gil%20%26%20Zapata%20Vigil.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Páez, J. (2016). Diseño de un biodigestor para el manejo de residuos orgánicos producidos en el embalse Daule-Peripa. [Tesis de Licenciatura, Universidad Central del Ecuador] <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/8789/1/TUCE-0004-64.pdf>
- Pérez, S., Bautista, M., Hernández, A., & Enríquez, J. (2017). Evaluación del potencial de generación de estiércol como materia prima para la producción de biogás en la Zona Altamira, Tamaulipas. *Revista de Sistemas Experimentales*, 4(10):34-40. [https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Sistemas\\_Experimentales/vol4num10/Revista\\_de\\_Sistemas\\_Experimentales\\_V4\\_N10\\_5.pdf](https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Sistemas_Experimentales/vol4num10/Revista_de_Sistemas_Experimentales_V4_N10_5.pdf)
- Tay, M. (2017). Rendimiento de biogás y biofertilizante en la digestión anaerobia de estiércol de animales y rastrojos en Lambayeque. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/6060>

