

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOTECNOLOGÍA



TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO
EN BIOTECNOLOGÍA

**Efecto de la temperatura y adición de microorganismos eficientes en la
digestión anaeróbica de subproductos de la industria pesquera a diferentes
diluciones para producción de biogas y biol.**

Autor(a):

Bach. Casana Velasquez, Betzy Yhamilet

Bach. Casana Velasquez, Danna Mileny

Asesor:

MSc. Villanueva Carlos, José

Nuevo Chimbote – Perú 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOTECNOLOGÍA



**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO
EN BIOTECNOLOGÍA**

**Efecto de la temperatura y adición de microorganismos eficientes en la
digestión anaeróbica de subproductos de la industria pesquera a diferentes
diluciones para producción de biogas y biol.**

Autor(a):

Bach. Casana Velasquez, Betzy Yhamilet Bach.

Casana Velasquez, Danna Mileny

Revisado y aprobado por el asesor

MSc. Villanueva Carlos, José

DNI: 32733772

ID ORCID: 0000-0002-5056-0001

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOTECNOLOGÍA



“Efecto de la temperatura y adición de microorganismos eficientes en la digestión anaeróbica de subproductos de la industria pesquera a diferentes diluciones para producción de biogas y biol”

Autor(a):

Bach. Casana Velasquez, Betzy Yhamilet

Bach. Casana Velasquez, Danna Mileny

Revisado y aprobado por el jurado evaluador:

Dr. Capa Robles, William Robert

Presidente

Dr. Avalos Ramírez, Yosef Javier

Integrante

MSc. Villanueva Carlos, José

Integrante

ACTA DE CALIFICACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN DE LA TESIS

En el Distrito de Nuevo Chimbote, en la Universidad Nacional de Santa, en el Auditorio de la Facultad de Ciencias, siendo las 12:00 horas del día 17 de diciembre del 2025, dando cumplimiento a la Resolución N° 465-2023-UNS-CFC, se reunió el Jurado Evaluador presidido por el Dr. William Robert Capa Robles , teniendo como miembros al Dr. Yosef Javier Avalos Ramírez (Secretario) y al Ms.C. José Manuel Villanueva Carlos (Integrante), para la sustentación de tesis a fin de optar el título de Licenciado en Biotecnología, realizado por las tesis Sr. Betzy Yhamilet Casana Velasquez y Sr. Danna Mileny Casana Velasquez quienes sustentaron la tesis titulada: “Efecto de la temperatura y adición de microorganismos eficientes en la digestión anaeróbica de subproductos de la industria pesquera a diferentes diluciones para producción de biogás y biol”.

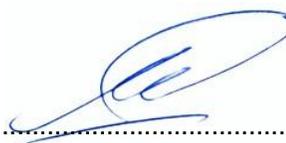
Terminada la sustentación, las tesis respondieron a las preguntas formuladas por los miembros del jurado.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como APROBADA, asignándole un calificativo de 19 puntos, según artículo 111° del Reglamento General de Grados y Títulos vigente (Resolución N° 580-2022-CU-R-UNS).

Siendo las 12:45 horas del mismo día se dio por terminado el acto de sustentación firmando los miembros del Jurado en señal de conformidad.



.....
Dr. William Robert Capa Robles
Presidente



.....
Dr. Yosef Javier Avalos Ramírez
Secretario



.....
Ms.C. José Manuel Villanueva Carlos
Integrante

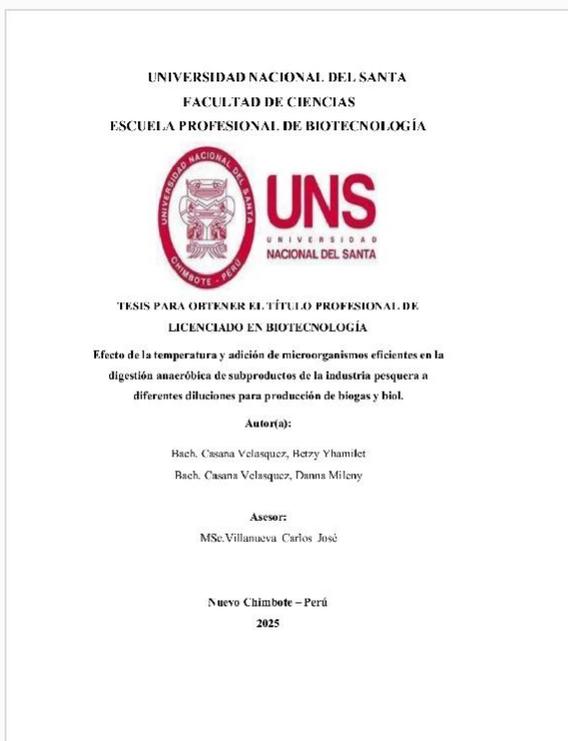


Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Danna Casana Velasquez
Título del ejercicio: Proyecto de investigación 2026
Título de la entrega: Efecto de la temperatura y adición de microorganismos eficie...
Nombre del archivo: INFORME_FINAL_CORREGIDO_DE_TESIS-_CASANA_VELASQUEZ...
Tamaño del archivo: 6.24M
Total páginas: 106
Total de palabras: 19,605
Total de caracteres: 119,714
Fecha de entrega: 12-ene-2026 05:43a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2855572961



Efecto de la temperatura y adición de microorganismos eficientes en la digestión anaeróbica de subproductos de la industria pesquera a diferentes diluciones para producción de biogas y biol.

INFORME DE ORIGINALIDAD

11 %

INDICE DE SIMILITUD

11 %

FUENTES DE INTERNET

3 %

PUBLICACIONES

3 %

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

3 %

2

repositorio.uns.edu.pe

Fuente de Internet

2 %

3

www.revistas.unitru.edu.pe

Fuente de Internet

1 %

4

es.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

5

repositorio.ucsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

6

repositorio.unsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

7

Submitted to unasam

Trabajo del estudiante

<1 %

8

bibliotecadigital.udea.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

DEDICATORIA

A mi compañera de tesis, a quien quiero expresar el más sincero agradecimiento por la laboriosa colaboración, dedicación y valiosa contribución a la consecución de este trabajo investigativo. Juntos, logramos superar muchos desafíos, celebrado logros y compartido la responsabilidad de esta gran experiencia.

A nuestros padres, familiares y amigos, que nos brindaron su apoyo incondicional para afrontar todos los retos a lo largo de nuestra carrera universitaria. Su aliento nos impulsó a vencer nuestros miedos y dudas, para remplazarlos por fe y esperanza.

A cada uno de nuestros mentores, que supo guiarnos con su sabiduría y paciencia a lo largo de nuestra formación universitaria sembrando en nosotros el amor por la ciencia y la investigación como motor para transformar a la sociedad.

A todas las personas que de uno u otra forma nos acompañaron en este maravilloso viaje y que fueron una red de apoyo importante en la cual nos apoyamos.

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro más sincero y especial agradecimiento al M.Sc. José Villanueva, por su valiosa asesoría y orientación en la realización de este trabajo de tesis. Su apoyo constante, confianza en nuestras capacidades y capacidad para guiar nuestras ideas fueron fundamentales no solo para el desarrollo de esta investigación, sino también para nuestra formación profesional. Las ideas propias que plasmamos estuvieron siempre enmarcadas en su rigurosidad y compromiso, elementos que fueron clave para alcanzar los resultados obtenidos. Agradecemos, además, las facilidades brindadas y los recursos proporcionados que hicieron posible la ejecución de las actividades propuestas. Le extendemos nuestro profundo reconocimiento y esperamos reencontrarlo pronto en el ámbito profesional.

Asimismo, expresamos nuestro agradecimiento a los docentes de la Carrera Profesional de Biotecnología, por su dedicación, esfuerzo y paciencia en el proceso de nuestra formación académica. Finalmente, a todas las personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron al logro de este objetivo, les expresamos nuestro más sincero agradecimiento.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	10
RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
1. INTRODUCCIÓN	13
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 Objetivo general.....	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
1.3 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	15
1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	16
II. MARCO TEÓRICO	18
2.1 Antecedentes	18
2.2 Marco conceptual.....	20
2.2.1 Microorganismos eficientes	20
2.2.2 Digestión anaerobia.....	21
2.2.3 Hidrolisis.....	22
2.2.4 Acidogénesis	23
2.2.5 Acetogénesis	24
2.2.6 Metanogénesis	25
2.2.7 Factores que alteran la digestión anaerobia.....	26
2.2.8 Temperatura.....	26
2.2.9 Tiempo de retención.....	28
2.2.10 Materia prima.....	29
2.2.11 Subproductos orgánicos de la industria pesquera.....	29
2.2.11.1 Lodos residuales.....	29

2.2.11.2	Sanguaza	29
2.2.12	Bioabono.....	30
2.2.12.1	Biol	30
III.	METODOLOGÍA.....	31
3.1	Método de investigación	31
3.2	Diseño experimental	31
3.3	Población	32
3.4	Muestra	33
3.5	Metodología de trabajo.....	33
3.5.1	Preparación de la muestra	33
3.5.2	Cultivo de microorganismos.....	33
3.5.3	Aislamiento de los microorganismos.....	35
	37
3.5.4	CONSERVACIÓN Y ACTIVACIÓN DE LOS MICROORGANISMOS	37
3.5.5	PREPARACIÓN DEL INÓCULO	38
3.5.6	Condiciones experimentales	39
3.5.7	Preparación del montaje experimental para la producción de biogás a escala de laboratorio	40
3.5.8	Caracterización de las Mezclas y Evaluación de la Producción de Biogás y Biol	43
3.5.9	Análisis estadístico	45
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
4.1	Variación de pH y su impacto en la producción de biogás y biol.....	46
4.2	Evaluación de la Producción de Biogás y Biol: Efecto de los Tratamientos, Microorganismos, Temperatura y Otros Factores.....	48
4.3	Porcentaje de Metano generado por Tratamiento y Microorganismo	51
4.4	Sulfuro de Hidrógeno generado por Tratamiento y Microorganismo	53
4.5	Monóxido de Carbono generado por Tratamiento y Microorganismo.....	55

4.6	Producción de Biol según Temperatura y Tipo de Microorganismo.....	56
4.7	Efecto de las Estrategias de Bioaumentación y Control Térmico	56
4.7	ANÁLISIS DE N, P, K DEL BIOL.....	58
4.7.1	Contenido de nitrógeno	59
4.7.2	Contenido de fosforo.....	60
4.7.3	Contenido de potasio.....	61
4.8	Gráfico de tendencia de la producción de Biogás y Biol.....	62
4.8.1	Análisis Estadístico de la Producción de Biogás.....	64
4.8.2	Resultados de ANOVA para la producción de Biol.....	66
4.8.3	Regresión Lineal Múltiple.....	68
4.8.4	Modelo de Regresión Lineal para la Producción de Biogas	68
4.8.5	Modelo de Regresión Lineal para la Producción de Biol.....	69
V.	CONCLUSIONES	71
VI.	RECOMENDACIONES.....	71
VII.	BIBLIOGRAFIA	73

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Las etapas de la digestión anaeróbica y las comunidades microbianas involucradas son: 1) Microorganismos bacterianos con funciones hidrolíticas y acidogénicas. 2)Microorganismos bacterianos acetogénicos, 3) Microorganismos bacterianos homoacetogénicos y 4) Arqueas metanógenas especializadas en la producción de metano a partir de hidrógeno (hidrogenográficas) y arqueas metanógenas capaces de descomponer compuestos orgánicos acetatos (acetoclásticas). Tomado de Aspecto por (Solera, 2014).....	22
Figura 2 Fase Hidrolítica de la Digestión Anaerobia	23
Figura 3 Influencia de la temperatura en el proceso de digestión anaerobia.....	27
Figura 4 Sembrado y aislamiento de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	34
Figura 5 <i>Lactobacillus</i> a 400X con aceite de inmersión	35
Figura 6 A) Toma de la muestra. B) Siembra y C) Aislamiento de <i>Lactobacillus</i>	36
Figura 7 Flujograma del aislamiento de <i>Saccharomyces Cerevisiae</i>	37
Figura 8 Microorganismos eficientes. En la figura A: <i>Saccharomyces cerevisiae</i> y en la figura B <i>Lactobacillus</i>	39
Figura 9 Montaje experimental para la producción de biogás	41
Figura 10 Flujograma del proceso experimental de producción de biogás y biol a partir de subproductos de la industria pesquera.....	42
Figura 12 Imagen referencial a la medición de pH.....	43
Figura 13 Termostato digital dual modelo STC-30228	44
Figura 14 Imagen referencial al almacenamiento de biogás.....	44
Figura 15 Flujograma de la cuantificación del Biol obtenido	45
Figura 16 Variación del pH por tratamiento y microorganismo.....	47
Figura 17 Producción de biogás en litros por tratamiento y microorganismo.....	49
Figura 18 Efecto de la temperatura y microorganismo sobre la producción de Biogás (L).	50
Figura 19 Porcentaje de metano por tratamiento y microorganismo	53
Figura 20 Producción de sulfuro de hidrógeno (ppm) por tratamiento y microorganismo.....	54
Figura 21 Producción de monóxido de carbono (ppm) por tratamiento y microorganismo.....	56
Figura 22 Producción de biol (L) según temperatura y microorganismo	57
Figura 23 Efecto de la temperatura y microorganismo sobre la producción de biol (L) ..	58
Figura 24 Contenido de nitrógeno (N) en el biol por tratamiento.....	60
Figura 25 Contenido de fósforo (P) en el Biol por tratamiento.....	60

Figura 26 Contenido de potasio (K) en el biol por tratamiento	61
Figura 27 Tendencia de producción de Biogás según la temperatura y microorganismo. 63	
<i>Figura 28 Tendencia de producción de Biol según la temperatura y microorganismo</i>	<i>63</i>
<i>Figura 29 Producción de Biogás según la temperatura y microorganismo.....</i>	<i>65</i>
Figura 30 Producción de Biol según la temperatura y microorganismo.....	67
<i>Figura 31 Modelo de regresión para producción de Biogás</i>	<i>68</i>
Figura 32 Producción de biol según la temperatura y el microorganismo	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Atributos de las etapas acidogénica y metanogénica.....	25
Tabla 2 Efectos del pH en la producción del Biogás según (Hilbert, 1999).....	26
Tabla 3 Intervalos de tiempo y temperaturas en el proceso de fermentación anaeróbica.	27
Tabla 4 El período de detención hidráulica del estiércol bovino en diversas zonas geográficas.....	28
Tabla 5 Diseño Experimental Factorial 3×2×3: Factores y Niveles Evaluados.....	31
Tabla 6 Codificación de los 18 tratamientos experimentales.....	32
Tabla 7 Resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la producción de biogás.	64
Tabla 8 Resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la producción de biol.....	66
Tabla 9 Resultados de la regresión lineal múltiple para la producción de biogás.....	69
Tabla 10 Resultados del modelo de regresión lineal múltiple para la producción de biol.	70

RESUMEN

La investigación evaluó la producción de biogás y biol a partir de subproductos de la industria pesquera, utilizando *Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus sp.* bajo diferentes condiciones de temperatura y concentración de la mezcla. El diseño experimental fue una factorial 3x2x3, con 18 tratamientos replicados tres veces. Los resultados mostraron que *Saccharomyces cerevisiae* fue más eficiente en la producción de biogás, especialmente a 30°C, mientras que *Lactobacillus sp.* mostró mayor estabilidad en la producción, con una menor variabilidad entre tratamientos. Los subproductos pesqueros demostraron alta viabilidad como materia prima, favoreciendo un rendimiento eficiente en la producción de biogás y biol. El biogás producido con *Lactobacillus sp.* presentó mayores concentraciones de metano y menores niveles de sulfuro de hidrógeno, mejorando la calidad del biogás. El biol generado mostró un alto contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, lo que lo convierte en un fertilizante orgánico de calidad. Esta investigación confirma la viabilidad técnica y económica de la digestión anaeróbica de subproductos pesqueros, contribuyendo a la economía circular mediante la generación de biogás y biol como fuentes de energía renovable y fertilizantes orgánicos.

Palabras claves: Biogás, Biol, *Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus sp*

ABSTRACT

The research evaluated the production of biogas and biofertilizer (biol) from by-products of the fishing industry, using *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus sp.* under different temperature and mixture concentration conditions. The experimental design was a 3x2x3 factorial, with 18 treatments replicated three times. The results showed that *Saccharomyces cerevisiae* was more efficient in biogas production, especially at 30°C, while *Lactobacillus sp.* demonstrated greater stability in production, with less variability between treatments. The fishery by-products showed high viability as raw material, favoring efficient performance in biogas and biol production. Biogas produced with *Lactobacillus sp.* showed higher methane concentrations and lower hydrogen sulfide levels, improving the quality of the biogas. The biol generated showed high nitrogen, phosphorus, and potassium content, making it a high-quality organic fertilizer. This research confirms the technical and economic feasibility of anaerobic digestion of fishery by-products, contributing to the circular economy through the generation of biogas and biol as renewable energy sources and organic fertilizers.

Keywords: Biogas, Biol, *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus sp*

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los retos cruciales en la industria pesquera está vinculado estrechamente con la gestión de los subproductos, específicamente los lodos de harina de pescado, los residuos de pescado y la sanguaza. La producción de harina de pescado y otros derivados resulta en la generación significativa de estos residuos, que contienen concentraciones elevadas de materia orgánica y nutrientes (Cabrera Carranza, 2020). La problemática principal radica en la correcta gestión y disposición final de estos subproductos, ya que, si no se aborda de manera efectiva, podrían convertirse en una fuente potencial de contaminación ambiental.

Estos residuos tienden a acumularse en los equipos de procesamiento y en los sistemas de tuberías, lo que provoca obstrucciones, retrasos en la producción y costos adicionales de mantenimiento. Esta acumulación no solo impacta negativamente la eficiencia operativa y aumenta el consumo de energía, sino que también favorece el crecimiento de microorganismos indeseados, lo que afecta la calidad y seguridad de los productos pesqueros procesados. En este contexto, la búsqueda de soluciones para prevenir y controlar la acumulación de subproductos como los lodos de harina de pescado y la sanguaza es fundamental. Transformar estos residuos en recursos valiosos, como biogás y biol, ofrece una solución innovadora y sostenible, tanto desde el punto de vista ambiental como económico.

La utilización de microorganismos eficientes en el procesamiento de estos subproductos no solo mejora la gestión de residuos, sino que también permite aprovechar estos materiales para generar energía renovable y biofertilizantes. En la producción de biogás y biol, se emplean microorganismos que facilitan la descomposición de la materia orgánica contenida en los residuos pesqueros. Entre los microorganismos más utilizados se encuentran bacterias y levaduras capaces de fermentar estos subproductos y convertirlos en biogás (metano) y biol (biofertilizante líquido) (Gonza, 2020).

Entre las levaduras, *Saccharomyces cerevisiae* es comúnmente utilizada en la fermentación de residuos orgánicos debido a su capacidad para producir etanol y otros compuestos volátiles que pueden ser utilizados en la producción de biogás.

Por otro lado, *Lactobacillus spp.*, más conocida por su papel en la fermentación láctica, también puede ser útil en el pretratamiento de residuos, facilitando su descomposición por microorganismos metanogénicos.

En esta investigación se utilizaron *Saccharomyces cerevisiae* (levadura) y *Lactobacillus* sp. (bacterias ácido láctica) como microorganismos eficientes. Estos ME no sustituyen a la comunidad anaerobia responsable de la metanogénesis; su función es coadyuvar en las fases iniciales del proceso (hidrolítica y acidogénica) mediante la producción de enzimas, ácidos orgánicos y vitaminas que vuelven más disponible la fracción fermentable del sustrato. De esta forma, el consorcio anaerobio que se desarrolla en el digester encuentra un medio previamente acondicionado y puede completar la degradación hasta biogás. Por tanto, en el presente trabajo el rol de los ME se interpreta como bioestimulación temprana del sustrato, y no como microorganismos metanogénicos.

La pregunta central que guía esta investigación es: ¿Cómo influyen las variaciones en las concentraciones de la mezcla de subproductos de la industria pesquera y la temperatura en la producción de biogás y biol utilizando microorganismos eficientes como *Lactobacillus* y *Saccharomyces cerevisiae*? Este interrogante es especialmente relevante en regiones con una fuerte presencia de la industria pesquera, como la ciudad de Chimbote, donde la acumulación de estos subproductos es significativa al final del proceso de producción.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Determinar el efecto de la temperatura, la dilución del sustrato y la incorporación de microorganismos eficientes (*Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus* sp.) sobre la producción de biogás (volumen y composición: CH₄ y H₂S) y sobre la producción de biol (volumen y contenido de N, P y K) a partir de subproductos de la industria pesquera.

1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar fisicoquímicamente los subproductos de la industria pesquera y las mezclas empleadas como sustrato para la digestión anaerobia.
- Evaluar la producción de biogás para cada combinación de dilución, temperatura y microorganismo, identificando las condiciones que generan mayor volumen.
- Evaluar las concentraciones de metano, monóxido de carbono y sulfuro de hidrógeno en el biogas producido.
- Analizar el biol producido midiendo los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio presentes como resultado del proceso de producción.

1.3 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Las variaciones de temperaturas (20, 30 y 40 °C), en la dilución del sustrato y en la incorporación de microorganismos eficientes (*Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus* sp.) producen diferencias significativas en las salidas del proceso de digestión anaerobia de subproductos pesqueros, expresadas en: (a) el volumen de biogás generado y su composición (% CH₄, % CO y contenido de H₂S) y (b) el volumen de biol obtenido y su contenido de N, P y K. En particular, la operación en rango mesofílico (≈30 °C) y la inoculación con *S. cerevisiae* favorecen mayores volúmenes de biogás, mientras que la inoculación con *Lactobacillus* sp. contribuye a una composición más favorable. Los microorganismos inoculados actúan como coadyuvantes en las etapas iniciales del proceso, facilitando la acción posterior del consorcio anaerobio responsable de la metanogénesis.

1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La gestión de residuos en la industria pesquera constituye un desafío persistente con consecuencias significativas tanto para el medio ambiente como para la economía. Subproductos como los lodos de harina de pescado, residuos de pescado y sanguaza contienen altas concentraciones de materia orgánica y nutrientes. En caso de una acumulación y disposición inadecuada, estos residuos pueden generar graves problemas de contaminación ambiental (Bücker et al., 2020; Onofre Aquino, 2019). Además, estos residuos ocasionan incrementos en los costos operativos y de mantenimiento debido a las obstrucciones en los equipos de procesamiento, lo que representa una carga económica para la industria pesquera (Rodríguez & López, 2020).

En este contexto, la conversión de estos residuos en recursos valiosos, como biogás y biol, ofrece una solución innovadora y sostenible que no solo mejora la gestión de residuos, sino que también contribuye a la producción de energía renovable y biofertilizantes (Varnero, 2011; Karki et al., 2021). El uso de microorganismos eficientes, como *Lactobacillus* y *Saccharomyces cerevisiae*, para procesar estos subproductos permite maximizar su aprovechamiento, optimizando los procesos de conversión y proporcionando una alternativa económica y ambientalmente viable para la gestión de residuos pesqueros (Higa & Parr, 1994; Holzapfel, 2002).

La novedad de esta investigación radica en su enfoque integrado para convertir un problema ambiental y económico en una oportunidad rentable y sostenible. El estudio de la variación de concentraciones y temperatura durante la producción de biogás y biol se considera crucial para optimizar los rendimientos de estos procesos. Al comprender cómo estas variables afectan la eficiencia de los microorganismos, se podrá desarrollar procesos más efectivos y menos costosos, mejorando sustancialmente la gestión de residuos pesqueros (Varnero, 2011).

Desde la perspectiva ambiental, la producción de biogás a partir de subproductos pesqueros reduce la dependencia de combustibles fósiles, contribuyendo a la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero y mitigando el cambio climático (Rodríguez & López, 2020). Asimismo, la producción de biol como biofertilizante promueve una agricultura más sostenible, disminuyendo la necesidad

de fertilizantes químicos y mejorando la salud del suelo (Cordero & García, 2018)

En términos económicos, transformar los residuos pesqueros en recursos útiles permite reducir los costos de disposición de residuos y generar ingresos adicionales mediante la venta de biogás y biol (Pérez et al., 2019). La implementación de tecnologías innovadoras puede mejorar la eficiencia operativa de la industria pesquera, reduciendo los costos de mantenimiento y mejorando la calidad de los productos pesqueros (Ramírez & Soto, 2021).

Desde un punto de vista científico y tecnológico, esta investigación posee un alto valor, ya que el uso de *Lactobacillus* y *Saccharomyces cerevisiae* en la producción de biogás y biol proporciona una base sólida para el desarrollo de nuevas tecnologías en la gestión de residuos orgánicos. Comprender el impacto de las variaciones en concentraciones y temperatura sobre la eficiencia de estos procesos permitirá optimizar las condiciones de producción, promoviendo la innovación en biotecnología ambiental (Martínez & González, 2022).

Finalmente, el impacto social y local de esta investigación no puede subestimarse. La implementación de estas tecnologías puede generar empleo en sectores relacionados con la producción de biogás y biol, contribuyendo al desarrollo económico local y regional (Karki et al., 2021). En áreas como Chimbote, con una fuerte presencia de la industria pesquera, esta investigación puede ofrecer soluciones prácticas y sostenibles a los desafíos ambientales y económicos locales, mejorando la calidad de vida y reduciendo la huella ecológica.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Según Flores (2022) en su trabajo de investigación de pregrado: Optimización de los recursos derivados de desechos de la industria pesquera para la generación de biogás a través del proceso de digestión anaerobia en el entorno urbano de Arequipa, clasifico los residuos de pescado en cuatro grupos: La cabeza junto con las aletas, las vísceras, la piel, el espinazo, así como una amalgama que incluye todos estos elementos. Utilizo una formulación que incluía residuo de pescado (71.36%), inóculo (13.6% de estiércol de vacuno), melaza (5%) y agua (10%). Se evaluaron tres tipos de estiércol como inóculo: vacuno, porcino y de ave, utilizando la misma formulación. Se probaron diferentes cantidades de inóculo y residuo de pescado en varias combinaciones.

Según Salas (2018), es su investigación: Se evaluaron diferentes tipos de estiércol (vaca, cerdo y pollo) como inóculos para la producción de biogás. Se encontró que todos eran adecuados, pero el estiércol de pollo mostró mayor estabilidad y una producción de biogás más rápida. Se seleccionó el estiércol de pollo como inóculo para digerir tres sustratos: lodo de maíz industrial, lodo de alimentos Kay y vísceras de fileteado. El sustrato de maíz industrial requeriría pretratamiento, mientras que los sustratos de alimentos Kay y vísceras mostraron buen rendimiento, con ligeras ventajas para el primero en términos de producción máxima. Ambos sustratos son adecuados para la digestión anaerobia, especialmente con el inóculo de estiércol de pollo.

Según (Melo, 2018) en su investigación: Producción de biogás a partir de residuos de la industria pesquera. Este estudio resultó la generación de biogás a partir de los desechos de la actividad industrial pesquera en Brasil, incluyendo la harina de pescado. Los autores utilizaron una técnica de digestión anaerobia para producir biogás y biol a partir de los residuos, encontrando que la reducción de lodo de harina de pescado mejoró la producción de biogás y la calidad del biol.

Canales (2011) evaluó la viabilidad de la producción de biogás utilizando aguas residuales y residuos orgánicos bajo diferentes concentraciones y temperaturas. La

metodología involucró experimentos en biodigestores a escala piloto, variando las concentraciones de los residuos y las temperaturas del proceso, y midiendo la producción de biogás y los parámetros de calidad del biol. Los resultados indicaron que la mayor producción de biogás se obtuvo a concentraciones intermedias de residuos y a temperaturas mesofílicas. La calidad del biol también mejoró bajo estas condiciones. Reyes concluyó que la combinación de aguas residuales y residuos orgánicos es efectiva para la producción de biogás, y que la optimización de las concentraciones y la temperatura puede mejorar significativamente la eficiencia del proceso.

López (2021) desarrolló y evaluó un biodigestor para la producción de biogás y biol utilizando cáscaras de naranja y mango como materia prima. En su estudio, se diseñó y construyó un biodigestor anaeróbico en el que se procesaron las cáscaras de frutas bajo diferentes condiciones de concentración y temperatura, midiendo la producción de metano y la calidad del biol resultante. Los resultados mostraron que las condiciones óptimas de producción se lograron con concentraciones moderadas de cáscaras y temperaturas termofílicas, produciendo mayores volúmenes de metano y un biol de alta calidad. López concluyó que el uso de cáscaras de naranja y mango es una fuente viable para la producción de biogás y biol, y que la variación de las condiciones de proceso puede mejorar la eficiencia y la calidad de los productos obtenidos.

Gómez (2018) investigó la co-digestión anaerobia de residuos porcinos y microalgas para la producción de biogás, analizando el impacto de la variabilidad de concentraciones y temperaturas. La metodología empleada incluyó ensayos en biodigestores a escala de laboratorio, variando las concentraciones de residuos porcinos y microalgas, así como las temperaturas del proceso, y evaluando la producción de biogás y la calidad del biol. Los resultados indicaron que la co-digestión a concentraciones balanceadas de ambos residuos y a temperaturas mesofílicas producía mayores cantidades de biogás y un biol de mejor calidad. Gómez concluyó que la co-digestión de residuos porcinos y microalgas es una estrategia efectiva para aumentar la producción de biogás, y que ajustar las condiciones de proceso puede optimizar la eficiencia del sistema.

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Microorganismos eficientes

El concepto de microorganismos eficientes (ME) surgió como una propuesta biotecnológica para mejorar procesos biológicos mediante la aplicación conjunta de microorganismos benéficos principalmente bacterias ácido lácticas, levaduras y bacterias fototróficas capaces de acelerar la degradación de la materia orgánica, estabilizar el medio y desplazar microbiota indeseable (Higa & Parr, 1994). La lógica de uso de ME no es que estos organismos realicen todas las fases de degradación, sino que acondicionan el sustrato: liberan enzimas, producen ácidos orgánicos y vitaminas y, con ello, vuelven más disponible la fracción fermentable para las comunidades que llegan después (Holzapfel, 2002).

Dentro de este conjunto, las levaduras y las bacterias ácidas lácticas son las más utilizadas porque crecen rápido, son seguras y generan metabolitos que mejoran el entorno de fermentación. En el caso de las levaduras, *Saccharomyces cerevisiae* es la especie modelo; se caracteriza por su elevada capacidad para fermentar azúcares simples y producir etanol, CO₂ y metabolitos secundarios, además de excretar vitaminas del complejo B que pueden estimular a otros grupos microbianos (Fleet, 2008; Walker, 2011). Cuando se añade al inicio de un proceso de digestión de residuos orgánicos, *S. cerevisiae* puede acelerar la etapa fermentativa temprana y aumentar la disponibilidad de compuestos fáciles de degradar para el consorcio anaerobio que luego generará el biogás. De este modo, su papel es coadyuvante u “organismo iniciador”, no el de microorganismo metanogénico.

Por su parte, el género *Lactobacillus* (hoy reclasificado en varios géneros, pero comparado como *Lactobacillus* sp.) está compuesto por bacterias ácido lácticas que fermentan carbohidratos y producen principalmente ácido láctico, lo que reduce el pH del medio, inhibe microorganismos indeseables y favorece una fermentación más controlada (Axelsson, 2004). En sistemas de aprovechamiento de residuos, este descenso moderado de pH, junto con la producción de sustancias antimicrobianas, ayuda a estabilizar la mezcla en las primeras horas o días, disminuye la putrefacción y facilita que la comunidad anaerobia posterior trabaje sobre un sustrato ya parcialmente hidrolizado (Holzapfel, 2002). Además, se ha reportado que mezclas con lactobacilos pueden conducir a corrientes de gas con menor presencia de compuestos indeseables,

porque el acondicionamiento inicial limita la formación de metabolitos de degradación proteica asociados a olores y gases corrosivos.

2.2.2 Digestión anaerobia

Se trata de un proceso de fermentación de compuestos orgánicos mediante la actividad de un consorcio microbiano en condiciones de ausencia de oxígeno, con el fin de generar biogás compuesto por metano. Este proceso puede llevarse a cabo en cualquier ubicación que contenga materia orgánica y presente un potencial redox reducido (Solera, 2014). Este proceso, conocido también como biomatización, puede ser generado a partir de una variedad de fuentes, incluyendo desechos agrícolas, residuos ganaderos, lodos de tratamiento de aguas residuales, así como fracciones de los desechos sólidos urbanos (Barberá, 2011). Este proceso tendrá una prolongación aproximada de 20 a 60 días y requiere la temperatura casi de 30 °C, de ser este el caso será más óptimo la obtención de biogás (Barrena, 2010). La digestión anaeróbica es un proceso llevado a cabo por un consorcio microbiano que exhibe diversos metabolismos, y se desarrolla en cuatro etapas distintas: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis. (ver figura 1).

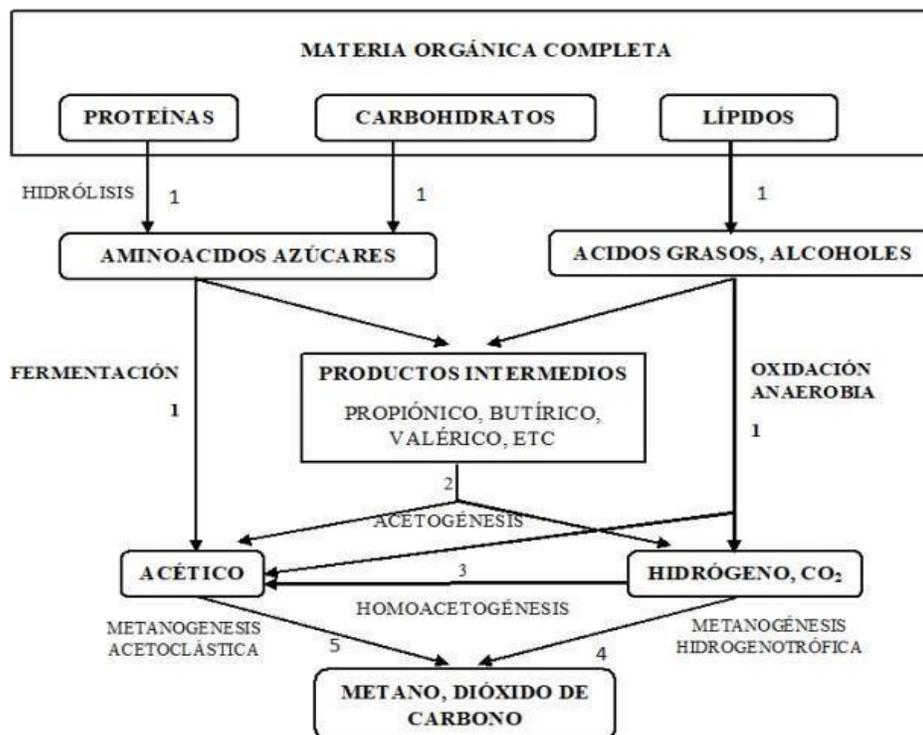


Figura 1 Las etapas de la digestión anaeróbica y las comunidades microbianas involucradas son: 1) Microorganismos bacterianos con funciones hidrolíticas y acidogénicas. 2) Microorganismos bacterianos acetogénicos, 3) Microorganismos bacterianos homoacetogénicos y 4) Arqueas metanógenas especializadas en la producción de metano a partir de hidrógeno (hidrogenográficas) y arqueas metanógenas capaces de descomponer compuestos orgánicos acetatos (acetoclásticas). Tomado de Aspetto por (Solera, 2014).

El biogás generado por la digestión anaerobia está constituido principalmente por metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), además de pequeñas cantidades de azufre de hidrógeno (H_2S), vapor de agua y gases traza (Deublein & Steinhäuser, 2011; Ryckebosch, Drouillon, & Vervaeren, 2011). El monóxido de carbono (CO) **no es un componente mayoritario** del biogás, pero puede encontrarse en niveles muy bajos (ppm) cuando se emplean equipos de medición diseñados para control de seguridad o cuando hay ligeras contaminaciones con gases de combustión o aire durante el muestreo (Abbasi, Tauseef, & Abbasi, 2012).

Algunos analizadores portátiles utilizados en plantas pequeñas o en trabajos experimentales incluyen el canal de CO para verificar que el gas producido no representa un riesgo por toxicidad o por presencia de productos de combustión incompleta; por ello, la lectura de CO se reporta como parámetro auxiliar de calidad del biogás más que como parte de su fracción energética (Kothari, Pandey, Kumar, & Tyagi, 2014). En esos casos, la presencia de CO en niveles muy bajos es compatible con una digestión anaerobia normal y se explica por las características del equipo de medición más que por la propia vía metabólica del consorcio anaerobio.

2.2.3 Hidrolisis

La hidrólisis es el primer paso en la digestión anaeróbica y es crucial para la descomposición de cadenas orgánicas complejas, transformándolas en cadenas más cortas y generando productos intermedios. En esta fase, las bacterias hidrolíticas descomponen moléculas como grasas, proteínas y carbohidratos en formas más simples, iniciando la descomposición de los compuestos orgánicos (Engineering, 2017).

La eficacia de la hidrólisis depende de varios factores, como el tamaño de las partículas, el pH, la generación de enzimas y la difusión de las mismas. Las bacterias hidrolíticas actúan sobre la superficie del sustrato sólido, y la velocidad de la reacción está directamente relacionada con la disponibilidad de superficie de contacto. Las enzimas hidrolíticas, como las proteasas, descomponen las proteínas en polipéptidos y aminoácidos. El pH óptimo para esta fase se encuentra entre 5.3 y 6.7, aunque puede variar dependiendo del tiempo de retención y el tipo de sustrato, y en algunos casos puede descender hasta 4.3 (Engineering, 2017).

Durante la hidrólisis, las enzimas exoenzimáticas de las bacterias hidrolíticas, como se puede observar en la figura 2, convierten los polímeros en sus monómeros, generando dióxido de carbono (CO₂) como subproducto. Además, las bacterias que realizan la oxidación anaeróbica de lípidos producen hidrógeno, el cual es esencial para los metanógenos acetoclásticos en una relación simbiótica, que es fundamental para la producción de metano (Molina, 2002).

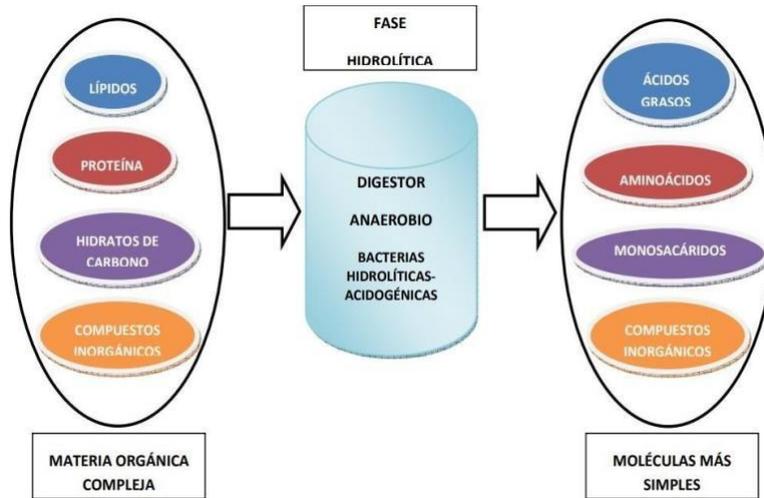


Figura 2 Fase Hidrolítica de la Digestión Anaerobia.

FUENTE: Biblus.us.es. Recuperado el 11 de julio de 2022, de <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/70603/fichero/3.+la+digestion+anaerobia.pdf>

2.2.4 Acidogénesis

Durante la fase de acidogénesis, los compuestos intermedios se convierten en ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono, gracias a las bacterias hidrolíticas-ácidas y acetogénicas. Estas bacterias descomponen las cadenas complejas de materia orgánica en ácidos orgánicos simples, principalmente ácido acético. Aunque estas bacterias anaeróbicas pueden utilizar oxígeno en su metabolismo, no pueden desarrollarse en su presencia debido a su toxicidad (Engineering, 2017). La acidogénesis es una fase caracterizada por la generación de ácidos fuertes, que comienza con la degradación de sustratos como grasas, sulfuro de hidrógeno (H₂S) y ácidos orgánicos.

El pH en esta etapa se encuentra en un rango ácido de 5.1 a 6.8, siendo el rango óptimo entre 5.5 y 6.7, aunque puede variar dependiendo del sustrato y el tiempo de retención (Expósito, 2004). En esta fase, se producen gases como H₂S, CO₂ y amoníaco (NH₃) (Engineering, 2017).

Las bacterias acidogénicas son capaces de sobrevivir tanto en ambientes con oxígeno como sin él, y producen compuestos simples por fermentación, como ácidos de cadena corta. Esta fermentación involucra la descomposición de glúcidos solubles y aminoácidos (De la Torre, 2008).

2.2.5 Acetogénesis

La acetogénesis es el proceso en el que bacterias anaeróbicas sintetizan acetato utilizando fuentes de energía como el hidrógeno y el dióxido de carbono. Los grupos bacterianos responsables de esta producción son conocidos como acetógenos (De la Torre, 2008).

En esta fase, los productos intermedios generados en la acidogénesis son convertidos por bacterias acéticas en hidrógeno, dióxido de carbono y ácido acético. Estas bacterias metabolizan alcoholes, ácidos grasos y otros sustratos, utilizando hidrógeno y dióxido de carbono para producir ácido acético. La eficiencia del proceso depende de la concentración de estos compuestos (Biblus, 2010). Algunos productos de fermentación son metabolizados directamente por organismos metanogénicos, mientras que otros requieren ser convertidos en acetato o hidrógeno por bacterias acéticas (De la Torre, 2008). Además, las bacterias que realizan la oxidación anaeróbica de los ácidos grasos generan hidrógeno, el cual es aprovechado por microorganismos simbióticos, como los metanógenos acetoclásticos, para producir metano (Molina, 2002).

La síntesis de acetato requiere un aporte energético que es proporcionado por los metanógenos o microorganismos que consumen hidrógeno, siendo la energía generada dependiente de la concentración de hidrógeno en el ambiente (De la Torre, 2008).

2.2.6 Metanogénesis

La metanogénesis es la fase final y crucial del proceso anaeróbico, donde los compuestos como el ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono se transforman en metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂). En este proceso, intervienen principalmente dos tipos de bacterias: las acetoclásticas, que descomponen el ácido acético, y las hidrogenógenas metamórficas, que consumen hidrógeno. Las bacterias acetoclásticas son responsables de aproximadamente el 70% de la producción de metano. Este proceso es sensible al pH, el cual debe ser neutro o ligeramente alcalino para asegurar su eficiencia (Jarauta, 2005).

Si el pH baja por debajo de 6.5, la actividad de las bacterias metanogénicas se ve severamente limitada. Es fundamental mantener condiciones adecuadas de pH para asegurar la estabilidad y eficiencia del sistema de digestión anaeróbica (Molina, 2002).

Tabla 1:

Atributos de las etapas acidogénica y metanogénica.

Fase acidogénica	Fase metanogénica
Microorganismos versátiles que pueden subsistir en condiciones de bajos niveles de oxígeno.	Microorganismos anaerobios estrictos (incapaces de sobrevivir en presencia de oxígeno).
Proliferación veloz con una elevada tasa de reproducción.	Multiplicación gradual con una tasa de reproducción reducida.
Resistentes a las variaciones en la acidez y la temperatura.	Altamente susceptibles a las variaciones en la acidez y la temperatura.
Los principales compuestos metabólicos son los ácidos orgánicos.	Los principales productos finales predominantes son el metano y el dióxido de carbono.

Fuente: GAVALA, H. 2003.

2.2.7 Factores que alteran la digestión anaerobia

El equilibrio entre los microorganismos productores de ácido y los generadores de metano es crucial para el éxito del proceso de digestión anaeróbica. Cada fase involucra diferentes tipos de microorganismos, y es necesario mantener un balance adecuado para garantizar la coexistencia y evolución de ambos grupos (Molina, 2002).

En el presente estudio se midió monóxido de carbono (CO) debido a las características del equipo utilizado.

En particular, las bacterias productoras de ácido juegan un papel clave, pero la continuidad del proceso depende del equilibrio con las bacterias metanogénicas. Sin embargo, este proceso puede interrumpirse si los microorganismos metanogénicos se agotan, lo cual puede ocurrir debido a cambios ambientales desfavorables.

El pH es un factor determinante en este proceso; las bacterias involucradas en la digestión anaeróbica prosperan en un rango de pH entre 6 y 8, siendo 7 el valor óptimo para su funcionamiento. Si el pH cae por debajo de 6 o sube por encima de 7.8, la producción de metano disminuye significativamente, lo que afecta la eficiencia del proceso (Molina, 2002). Por lo tanto, el control constante del pH es esencial para asegurar una digestión anaeróbica eficiente.

Tabla 2

Efectos del pH en la producción del Biogás según (Hilbert, 1999)

VALOR DE pH	EFEECTO
7,0 – 7,2	Nivel ideal
≥ 6,2	Retarda la acidificación
≤ 6,2	Retarda la formación de amoníaco

2.2.8 Temperatura

La temperatura es un factor crucial en la digestión anaeróbica, ya que controla directamente la actividad enzimática, afectando la velocidad del proceso. Las fluctuaciones de temperatura pueden generar variabilidad en la producción de metano (CH₄) y afectar el desarrollo de los microorganismos involucrados. Por esta razón, la temperatura de operación es un parámetro clave en el diseño de sistemas de digestión anaeróbica, ya que influye significativamente en la eficiencia del proceso (López, 2008).

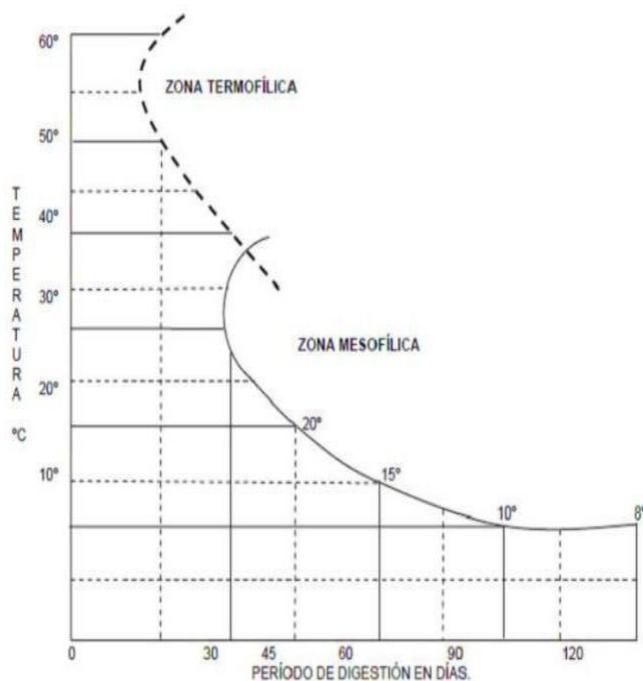


Figura 3 Influencia de la temperatura en el proceso de digestión anaerobia

Fuente: (López, 2008)

Existen tres intervalos de temperatura en los cuales los microorganismos anaerobios pueden estar activos. En el rango de 20 a 40 °C, la reacción no mostró ningún cambio significativo. Ver tabla 3. (López, 2008)

Tabla 3

Intervalos de tiempo y temperaturas en el proceso de fermentación anaeróbica.

Microbios anaeróbicos	Intervalos térmicos.		Tiempo de fermentación
	Valores mínimos	Valores máximos	
Microorganismo psicrofílicos	4 - 10°C	20 - 25°C	>100 días
Microorganismos mesofílicos	15 - 20°	35 - 45°C	30 - 60 días
Microorganismo Termofílicos	25 - 45°	75 - 80°C	10 - 15 días

Fuente: (LÓPEZ, 2008)

2.2.9 Tiempo de retención

El tiempo de retención se refiere al periodo en el que la materia orgánica permanece en el digestor. Existe una relación inversa entre el volumen de material orgánico introducido y el tiempo de retención: a mayor cantidad de material, menor es el tiempo que este permanece en el digestor. Junto con la velocidad de ingreso de la carga orgánica, que depende de la naturaleza del sustrato, el tiempo de retención es crucial para determinar el tamaño del digestor (Varnero, 2011).

Los residuos animales, como el estiércol, suelen contener más del 10% de materia seca (MS). Para un rendimiento adecuado del reactor anaeróbico, el contenido de MS no debe superar este valor, por lo que es necesario diluir los residuos antes de su tratamiento. La eficiencia en la producción de biogás se mide según el volumen de biogás generado por unidad de peso de materia seca, y la concentración óptima de MS para la fermentación varía entre el 1% y el 30%, dependiendo de la temperatura. A temperaturas más altas, el tiempo de fermentación se reduce, optimizando la producción de biogás (Varnero, 2011).

Tabla 4

El período de detención hidráulica del estiércol bovino en diversas zonas geográficas.

Periodo de retención hidráulica	Propiedades
30-40 días	Ambiente tropical en áreas geográficas de topografía llana. Ejemplificando: naciones como Indonesia, Venezuela y regiones de América.
40-60 días	Zonas de temperaturas elevadas con estaciones invernales de breves periodos fríos. Como ejemplos, podemos mencionar naciones como India, Filipinas y Etiopía.
60-90 días	Un clima templado caracterizado por inviernos fríos se observa en países como China, Corea y Turquía.

Fuente: (Varnero, 2011)

2.2.10 Materia prima

La producción de biogás utiliza una amplia variedad de recursos, provenientes principalmente de fuentes como agua residencial, vertidos industriales ligeros, la industria alimentaria, desechos urbanos y subproductos agrícolas. También se emplean algunos desechos de plantas de energía eléctrica. Estos materiales tienen una composición química rica en azúcares, proteínas, lípidos y metabolitos, la mayoría de los cuales presentan baja solubilidad en agua (Jarauta, 2005).

Los sustratos utilizados para alimentar los digestor anaerobio incluyen estiércol de ganado bovino, cerdos, aves y otros animales, residuos vegetales, materia orgánica de desechos domésticos, y contenido ruminal de mataderos. También se utilizan residuos de alimentos y subproductos de la industria del alcohol y vino, así como lodos residuales. Estos recursos son una valiosa fuente de materia orgánica para la producción eficiente de biogás mediante fermentación anaeróbica.

2.2.11 Subproductos orgánicos de la industria pesquera

2.2.11.1 Lodos residuales

Los lodos residuales son subproductos generados durante el tratamiento de aguas residuales, ya sean industriales o domésticas, mediante procesos primarios, secundarios o terciarios. Estos lodos pueden presentarse en forma sólida o líquida y su composición varía, incluyendo microorganismos patógenos, compuestos no biodegradables como metales pesados, y materias orgánicas separadas durante el tratamiento del agua (Marquinez, 2021).

Los lodos pueden utilizarse en superficies agrícolas, forestales y en suelos degradados que necesiten restauración, como en áreas afectadas por la minería en Perú (Onofre, 2018). La gestión de los lodos se ha vuelto más desafiante con el crecimiento poblacional. Originalmente, los residuos eran reciclados fácilmente, pero fue con la introducción de los fertilizantes químicos en la década de 1940 que los lodos comenzaron a ser incorporados al suelo agrícola como enriquecimiento (Onofre, 2018).

2.2.11.2 Sanguaza

El uso de hielo en las instalaciones pesqueras para la conservación de los recursos hidrobiológicos y las operaciones de limpieza y molienda genera aguas residuales con

una alta carga de nutrientes. Estas aguas contienen principalmente proteínas volátiles, péptidos, aminoácidos y sólidos disueltos, y presentan una elevada salinidad debido a la presencia de sodio, cloruros y sulfatos, provenientes tanto de las materias primas como del agua de mar utilizada. La rápida descomposición microbiana de estos residuos puede provocar la eutrofización de los cuerpos de agua receptores, afectando negativamente al ecosistema acuático (Ching, 2017).

La sanguaza, efluente generado en instalaciones pesqueras, varía según el tipo de procesamiento. Por ejemplo, en una terminal pesquera, este efluente puede contener aproximadamente un 6% de proteínas, 4% de grasa, 90% de agua y 13.2% de sólidos (Silva, 2011).

2.2.12 Bioabono

Se caracteriza por su contribución de minerales, especialmente nitrógeno. Después de la producción de biogás, se obtiene una materia orgánica estabilizada que es abundante en elementos minerales. Dependiendo de la cantidad de material utilizado y el procedimiento aplicado, esta materia orgánica, también denominada bioabono, puede manifestarse en dos estados: líquido y sólido. (Varnero, 2001)

2.2.12.1 Biol

Derivado de digestores continuos con una elevada tasa de carga y una baja concentración de sólidos totales (menor al 12%), se enfrenta al desafío de su comercialización debido a su forma física de presentación. (Varnero, 2001)

III. METODOLOGÍA

3.1 Método de investigación

El método de investigación será experimental, ya que se manipularán variables independientes (concentraciones, microorganismos y temperatura) para observar su efecto en las variables dependientes (producción y composición) del biogás y biol

3.2 Diseño experimental

El estudio fue de tipo aplicado, con enfoque cuantitativo y diseño experimental factorial $3 \times 2 \times 3$, donde se evaluaron tres niveles de temperatura (20, 30 y 40 °C), dos tipos de microorganismos eficientes (*Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus* sp.) y tres niveles de dilución del sustrato (1:4, 1:2 y sin diluir).

Esto dará como resultado un total de 18 tratamientos, derivados de la combinación de los tres factores evaluados. Cada tratamiento será replicado tres veces, lo que permitirá obtener una muestra representativa y asegurar la validez de los resultados.

Tabla 5

Diseño Experimental Factorial $3 \times 2 \times 3$: Factores y Niveles Evaluados

Factor	Niveles	Descripción
Factor A	A ₁ : 1/4 dilución	Dilución de la mezcla de subproductos de la industria pesquera.
	A ₂ : 1/2 dilución	
	A ₃ : Sin diluir	
Factor B	B ₁ : <i>Lactobacillus</i> sp.	Tipo de microorganismos utilizados
	B ₂ : <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	
Factor C	C ₁ : 20 °C	Temperatura de incubación
	C ₂ : 30 °C	
	C ₃ : 40 °C	

Tabla 6

Codificación de los 18 tratamientos experimentales

Tratamientos	Dilución	Microorganismo	Temperatura
T1	0.25	<i>Saccharomyces</i>	20°C
T2	0.25	<i>Saccharomyces</i>	30°C
T3	0.25	<i>Saccharomyces</i>	40°C
T4	0.25	<i>Lactobacillus</i>	20°C
T5	0.25	<i>Lactobacillus</i>	30°C
T6	0.25	<i>Lactobacillus</i>	40°C
T7	0.5	<i>Saccharomyces</i>	20°C
T8	0.5	<i>Saccharomyces</i>	30°C
T9	0.5	<i>Saccharomyces</i>	40°C
T10	0.5	<i>Lactobacillus</i>	20°C
T11	0.5	<i>Lactobacillus</i>	30°C
T12	0.5	<i>Lactobacillus</i>	40°C
T13	Sin diluir	<i>Saccharomyces</i>	20°C
T14	Sin diluir	<i>Saccharomyces</i>	30°C
T15	Sin diluir	<i>Saccharomyces</i>	40°C
T16	Sin diluir	<i>Lactobacillus</i>	20°C
T17	Sin diluir	<i>Lactobacillus</i>	30°C
T18	Sin diluir	<i>Lactobacillus</i>	40°C

3.3 Población

La población del presente estudio está conformada por todos los subproductos generados por la industria pesquera disponibles en la ciudad de Chimbote, región Áncash, Perú. Esta población incluye diversos residuos orgánicos provenientes del procesamiento de recursos hidrobiológicos, tales como sanguaza, lodos de harina de pescado, residuos sólidos y líquidos, los cuales poseen un alto potencial de valorización a través de procesos biotecnológicos.

3.4 Muestra

La muestra seleccionada para este estudio estuvo constituida por subproductos pesqueros recolectados específicamente en la planta industrial de la empresa Tecnológica de Alimentos S.A. (TASA), ubicada en la ciudad de Chimbote. Esta muestra incluyó tres tipos de subproductos representativos: sanguaza, lodo de harina de pescado y residuos de pescado, todo el material se recolectará en una misma fecha y se homogeneizó para mantener la composición del sustrato en todos los tratamientos. Esto permitió trabajar con un sustrato homogéneo en los 18 tratamientos. La selección de la muestra se realizó de manera intencional, considerando criterios de disponibilidad, representatividad del proceso industrial y viabilidad para su procesamiento experimental. Asimismo, se utilizaron como agentes biológicos las cepas de *Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus* sp., seleccionadas por su capacidad fermentativa y su aplicación en procesos de transformación de materia orgánica de origen industrial.

3.5 Metodología de trabajo

3.5.1 Preparación de la muestra

Primero, se realizó la recolección de subproductos pesqueros de la empresa TASA, específicamente sanguaza, lodo de harina de pescado y residuos de pescado. Estas muestras se prepararon en diluciones de 1/2, 1/4 y sin diluir. Se envió muestras a la empresa COLEDBI para la cuantificación de nutrientes presentes en los subproductos de las industrias pesqueras (VER ANEXO 1).

3.5.2 Cultivo de microorganismos

Se procedió al cultivo de los microorganismos *Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus* sp. en condiciones óptimas de laboratorio. Se preparó 60 ml con estos microorganismos.

3.5.2.1 *Saccharomyces Cerevisiae*

El microorganismo se obtuvo de una muestra trabajada y aislada del laboratorio de Microbiología, de la facultad de Ciencias de la Universidad Nacional del Santa. Se realizó una tinción de azul de lactofenol y se visualizó en el microscopio a un aumento de 400X con aceite de inmersión, (VER FIGURA 4). Se realizó su multiplicación en agar y caldos de PDA y su conservación, utilizando 20% de glicerol a una temperatura de 8°C.



APD - agar papa dextrosa



Sembrado en placas petri.



Se dejo en la estufa por 48 horas



Saccharomyces cerevisiae



Saccharomyces cerevisiae a 400X con aceite de inmersión.

Figura 4 Sembrado y aislamiento de *Saccharomyces cerevisiae*

3.5.2.2 *Lactobacillus Sp*

Se aisló la cepa comercial de *lactobacillus* de una muestra de Kefir obtenida de una muestra de un producto llamado HIRI, producido por la empresa ORGANA ©, con domicilio fiscal en Lima- Perú. Fue identificado a cultivos de medios selectivos que en este caso se utilizó Agar Rogosa lo que permitió confirmar la pureza de la cepa. Además, se aplicó una tinción Gram y se observó en el microscopio un aumento de 400X con aceite de inmersión (ver Figura 5). Se llevó a cabo su reproducción en agar y caldos de Agar Rogosa y se procedió a su conservación utilizando un 20% de glicerol a una temperatura de 8°C.



Figura 5 *Lactobacillus* a 400X con aceite de inmersión

3.5.3 Aislamiento de los microorganismos.

3.5.3.1 *Lactobacillus sp.*

Para llevar a cabo el proceso, se inicia tomando una muestra de Kéfir de manera cuidadosa y estéril. Luego, se procede a la siembra en el agar Rogosa (ver figura 6). Se abre una placa de Petri que contiene el agar Rogosa estéril. Utilizando un asa de siembra también estéril, se recoge una pequeña cantidad de la muestra y se extiende de manera uniforme sobre la superficie del agar Rogosa. Seguidamente, las placas de Petri con el agar Rogosa sembrado se colocó en una incubadora a una temperatura constante de 37 grados Celsius. Allí, las placas de Petri se dejan incubar durante un período de tiempo que oscila entre 48 y 72 horas.

Una vez finalizada la incubación, se procede a la observación de las colonias que han crecido en el agar Rogosa. Por lo general, las bacterias del género *Lactobacillus* suelen formar colonias pequeñas, redondas y con un color que varía de blanco a crema en este medio. Para una identificación precisa, se pueden utilizar microscopios y técnicas de tinción previas, lo que permite la identificación de los lactobacilos. (VER ANEXO 4).

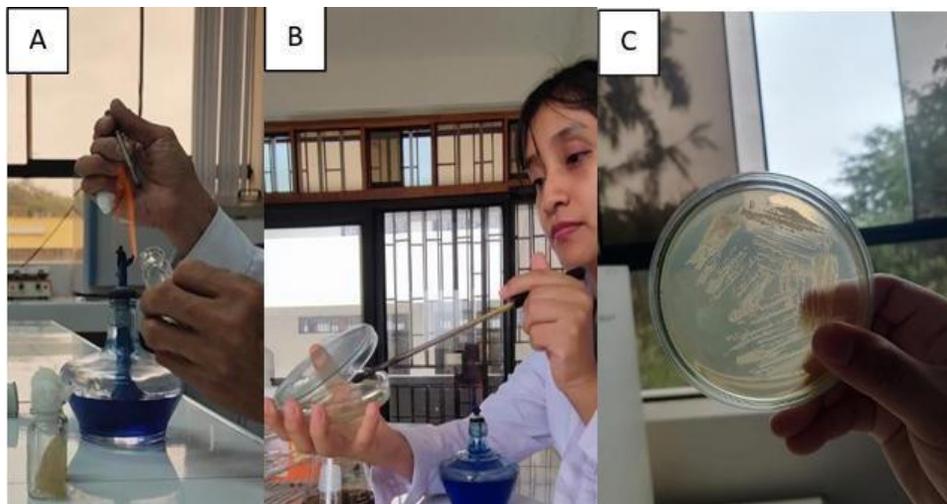


Figura 6 A) Toma de la muestra. B) Siembra y C) Aislamiento de *Lactobacillus*

3.5.3.1 *Saccharomyces Cerevisiae*

El aislamiento de *Saccharomyces cerevisiae* se llevó a cabo utilizando levadura seca de panadería como fuente inicial del microorganismo, garantizando la pureza y viabilidad de la cepa para los experimentos de fermentación. El procedimiento se realizó en el laboratorio de la universidad bajo condiciones estériles, empleando técnicas microbiológicas estándar para la manipulación de levaduras.

Inicialmente, la levadura seca se hidrató en agua estéril a temperatura ambiente durante 10 minutos para reactivar las células. Posteriormente, se prepararon placas de agar YPD (extracto de levadura, peptona y dextrosa), previamente esterilizadas, y se inoculó la suspensión de levadura mediante el método de estría, con el objetivo de obtener colonias individuales. Las placas se incubaron a 28°C durante 48 a 72 horas, permitiendo el desarrollo de colonias características de *S. cerevisiae*, de forma redonda, lisa y de color blanco-cremoso. Se seleccionaron colonias bien definidas y se realizaron subcultivos sucesivos en nuevas placas de agar YPD hasta asegurar la

pureza de la cepa. Una vez obtenido el cultivo puro, las células fueron conservadas en agar nutritivo a 4°C para uso a corto plazo y en alícuotas con glicerol al 20% a -20°C para almacenamiento prolongado. Para confirmar la identidad de *S. cerevisiae*, se llevó a cabo una observación microscópica, verificando la morfología típica de células ovoidales y la reproducción por gemación, complementando el aislamiento con pruebas bioquímicas de fermentación de azúcares para asegurar la correcta identificación de la levadura utilizada en el proceso experimental.

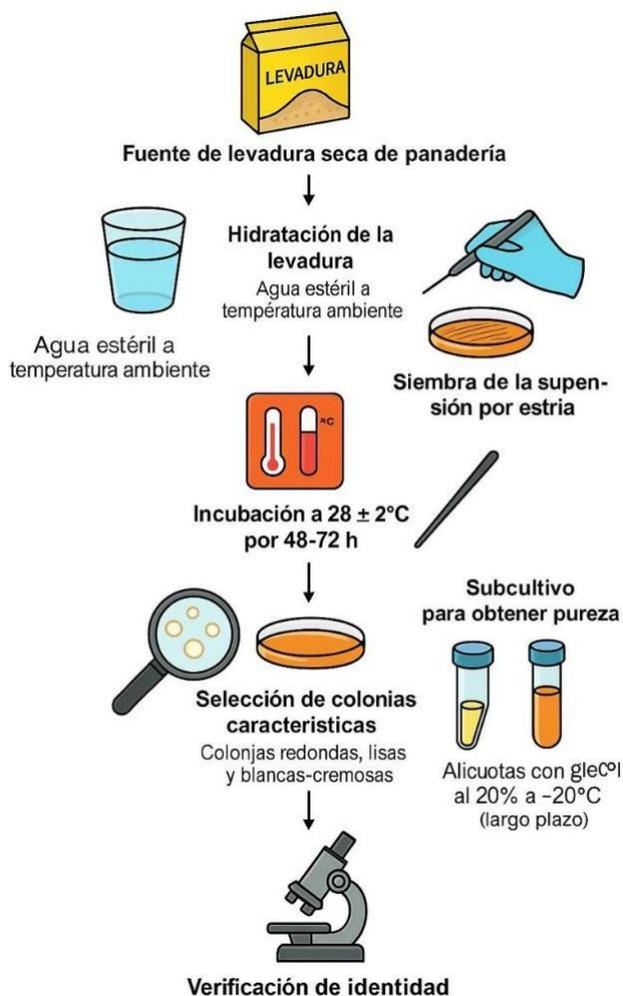


Figura 7 Flujoograma del aislamiento de *Saccharomyces Cerevisiae*

FUENTE: Propia

3.5.4 CONSERVACIÓN Y ACTIVACIÓN DE LOS MICROORGANISMOS.

Para la conservación de *Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus sp*, se emplearon técnicas que garantizan la viabilidad a largo plazo de las cepas. Después de la identificación, se procedió a la preparación de cultivos madre. Estos cultivos se

almacenaron en glicerol al 20% a temperaturas ultra frías, preferiblemente a -5°C .

Este método de conservación asegura la estabilidad genética y la preservación de las características metabólicas de las cepas de *Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus sp.* Para reactivar las cepas, se realizaron transferencias a medios de cultivo específicos, seguido de subcultivos progresivos para adaptar las levaduras a las condiciones de cultivo deseadas. La activación de las cepas se llevó a cabo mediante la inoculación de una porción del cultivo madre en un medio de cultivo propicio para su crecimiento, como el caldo de levadura. Se incubaron las cepas a una temperatura óptima para la levadura, generalmente alrededor de 30°C . Durante este proceso, se monitorearon las características del crecimiento, la viabilidad y la pureza de la población de levaduras. Para adaptar las cepas a un medio específico o a nuevas condiciones de cultivo, se realizaron subcultivos sucesivos. Este procedimiento aseguró la activación eficiente y la adaptación gradual de ambos microorganismos para su uso en aplicaciones posteriores.

3.5.5 PREPARACIÓN DEL INÓCULO

La preparación del inóculo constituyó un paso crítico para garantizar la reproducibilidad y precisión de los experimentos microbiológicos con *Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus sp.*. Inicialmente, las suspensiones madre de ambas cepas, previamente almacenadas en refrigeración, fueron retiradas y dejadas a temperatura ambiente durante 30 minutos para equilibrar su temperatura, evitando así choques térmicos que pudieran afectar la viabilidad celular. Una vez alcanzada la temperatura adecuada, las suspensiones se agitaron suavemente con el fin de homogeneizar la distribución de células.

La concentración celular de cada suspensión madre se ajustó utilizando el método de McFarland, seleccionando específicamente el tercer tubo de la escala, el cual corresponde a una densidad celular aproximada adecuada para los experimentos de fermentación. Este paso permitió estandarizar la cantidad de microorganismos en cada preparación inicial.

Posteriormente, se calculó el volumen necesario de esta suspensión para obtener un total de 60 mL de inóculo con una concentración final de 10^7 UFC/mL para cada cepa. El volumen calculado se transfirió cuidadosamente a un tubo estéril y se

complementó con el medio de cultivo estéril hasta alcanzar los 60 mL, asegurando una mezcla uniforme mediante agitación suave.

Para verificar la precisión de la concentración del inóculo, se realizó un conteo de unidades formadoras de colonias (UFC), cuyos resultados se registraron y se compararon con los valores deseados, confirmando que la densidad celular estaba dentro del rango establecido. Finalmente, los inóculos se almacenaron en un refrigerador a 4°C hasta su utilización, etiquetando cada tubo con información sobre la fecha, hora, concentración y tipo de microorganismo, garantizando así la trazabilidad y reproducibilidad de los experimentos como se puede observar en la figura 8.



Figura 8 Microorganismos eficientes. En la figura A: *Saccharomyces cerevisiae* y en la figura B *Lactobacillus*

3.5.6 Condiciones experimentales

Las mezclas de subproductos pesqueros y microorganismos se colocaron en los digestores anaeróbicos preparados para fermentación y se sometieron a temperaturas de 20°C, 30°C y 40°C. La fermentación anaeróbica se llevó a cabo bajo estas condiciones durante un periodo específico de tiempo.

3.5.7 Preparación del montaje experimental para la producción de biogás a escala de laboratorio

Se empleó una metodología basada en la norma estandarizada (DIN 38414-8) y se utilizó la tecnología de biogás en laboratorio para la elaboración del montaje experimental "Batch Test", tal como fue propuesto por Lorber G. en 2014.

Este tipo de digester anaerobio se caracteriza por mantener una homogeneidad en relación al contenido del inóculo utilizado. De acuerdo con la FAO, este digester anaerobio es considerado uno de los más sencillos en términos de diseño y se adapta fácilmente al tipo de inóculo empleado. Asimismo, para este estudio se fijó un tiempo de retención de 30 días para todos los tratamientos. Los procedimientos a ser seguidos para la preparación del montaje experimental "Batch Test" son los siguientes: Durante el proceso de acondicionamiento de los digestores anaeróbicos, se utilizaron nueve recipientes de polímero termoplástico con una capacidad de ocho litros cada uno, los cuales fueron desinfectados previamente para su uso. En cada recipiente, se colocaron dos caños verticalmente: uno para el drenaje y otro para la salida del biol producido. Para garantizar un ambiente hermético, se insertaron resistencias de 1100 W en cada recipiente y se perforaron agujeros con un taladro para conectar el humidificador mediante una manguera y un conector de codo de neumático, sellándolo con pegamento para evitar filtraciones. Se procedió a conectar el termostato más higrostató al humidificador y a las resistencias de 1100 W para controlar la temperatura, respectivamente. El sensor del termostato más higrostató se fijó debajo de la tapa del digester anaerobio. Posteriormente, se realizó un orificio en la parte media de la tapa del recipiente en la cual se colocó un conector de neumático codo de $\frac{1}{4}$, conectándolo a una manguera que lleva hacia una botella pequeña que servirá como trampa de sulfuros. La botella pequeña se conecta a una botella mediana que actuará como controlador de presión y/o decantador, utilizando un conector de neumático de T para permitir el flujo hacia nuestra cámara de llanta de 16x1.90, que funcionará como nuestro almacenador de biogás producido. De esta manera, se asegura un montaje adecuado y hermético para el proceso de digester anaerobio (ver figura 9 y 10). Después de que el biogás ha sido acumulado en la cámara de llanta, se realizó su extracción mediante un proceso controlado.

Posteriormente, se dirigirá hacia el sensor de gases de marca HENAN HANWEI, modelo BX616, donde se llevó a cabo un análisis exhaustivo de sus componentes principales, tales como el porcentaje de sulfuro de hidrógeno (H₂S), monóxido de

carbono (CO) y metano.

Este análisis permitirá determinar la composición del biogás producido, proporcionando información valiosa para evaluar la eficiencia del proceso de digester anaerobio y como fertilizante orgánico. Además, facilitará la identificación de posibles ajustes o mejoras en el sistema para optimizar la producción de biogás y reducir la presencia de gases no deseados. Es importante destacar que durante el proceso no se realizó ninguna alimentación adicional al sistema. Los parámetros a medir incluyeron la temperatura, la adecuada mezcla de los subproductos de la industria pesquera y la producción de biogás. Estos parámetros fueron monitoreados durante un período de 30 días. Para asegurar un control óptimo de la temperatura, se utilizó un dispositivo de la marca ST3028 que combinaba un higrostat y un termostato programados de manera adecuada. De esta manera, se logró mantener condiciones ambientales estables y precisas durante todo el experimento.

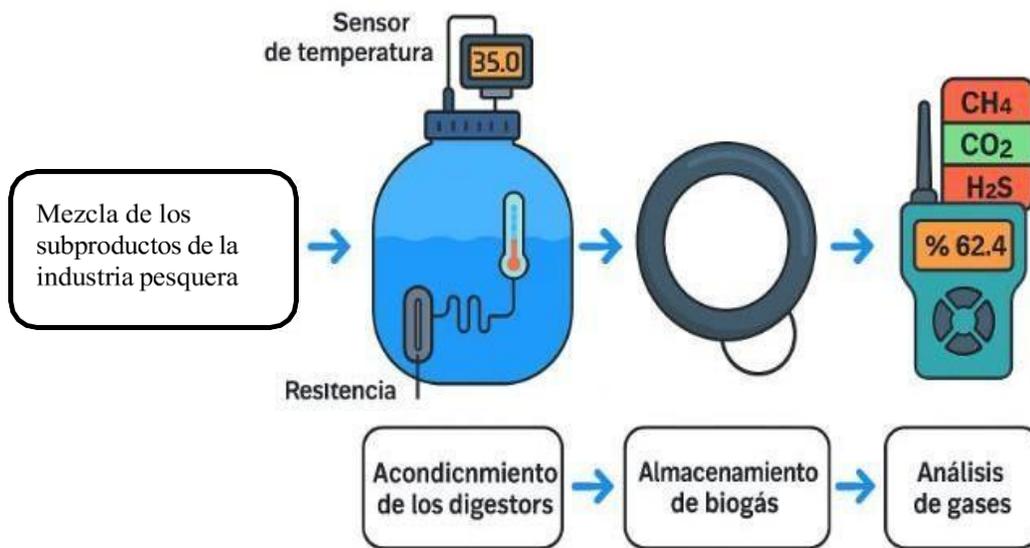


Figura 9 Montaje experimental para la producción de biogás

Fuente: Propia

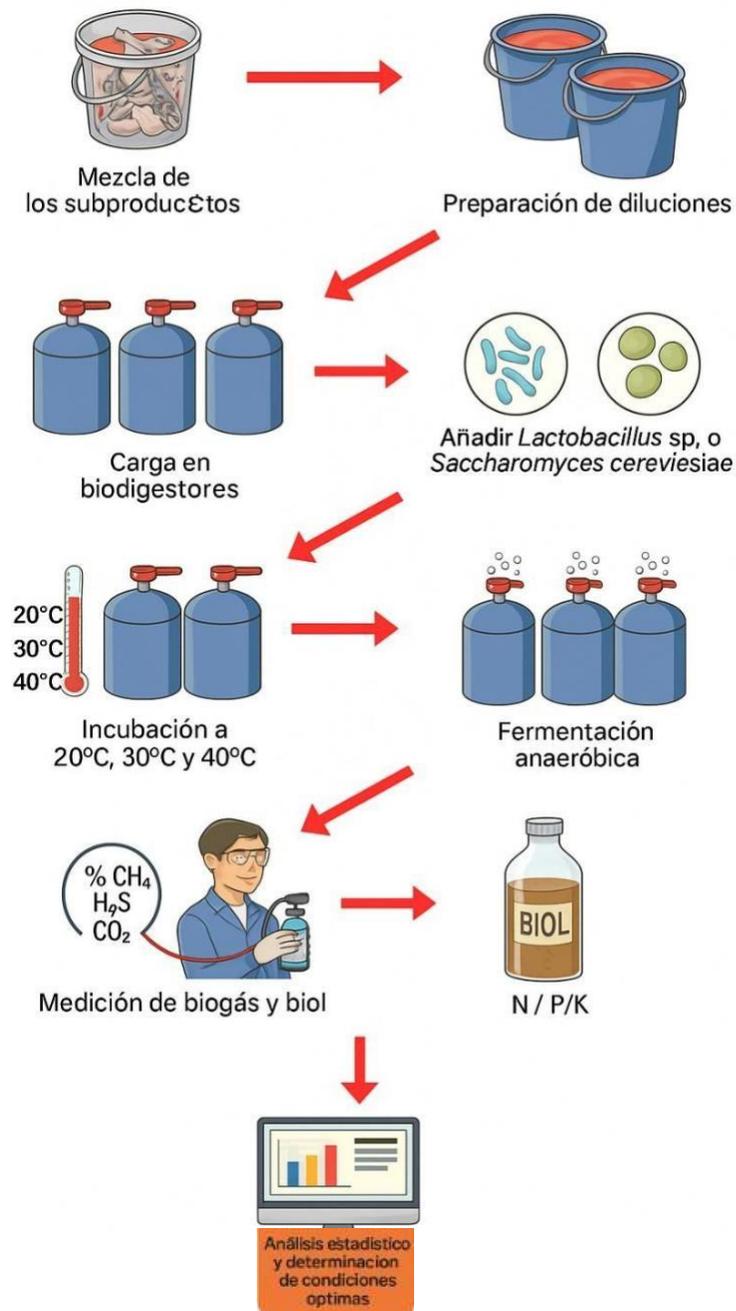


Figura 10 Flujo del proceso experimental de producción de biogás y biol a partir de subproductos de la industria pesquera

Fuente: Propia

3.5.8 Caracterización de las Mezclas y Evaluación de la Producción de Biogás y Biol

Se procedió a la caracterización de cada componente utilizado en la mezcla, pH y a la medición de la producción de biogás y biol. Se evaluó el biogás mediante el examen de las concentraciones de metano, monóxido de carbono y sulfuro de hidrógeno. Asimismo, se analizará el biol mediante la evaluación de las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio.

3.5.8.1 SEGUIMIENTO DE VARIABLES FÍSICOQUÍMICAS DURANTE LA FERMENTACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA.

3.5.8.1.1 MEDICIÓN DE PH Utilizando un potenciómetro digital, se registraron los valores de pH, repitiendo este procedimiento para cada tratamiento. Los valores de pH obtenidos se utilizaron como indicadores del tiempo de retención de la materia orgánica en los digestores y, en consecuencia, de la finalización del proceso fermentativo, cuando se mantenían constantes en niveles neutros o básicos.

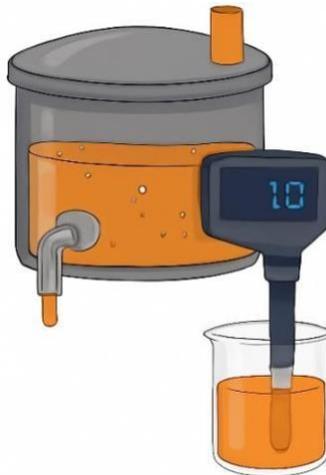


Figura 11 Imagen referencial a la medición de pH

Fuente: Propia

3.5.8.1.2 MONITOREO DE LA TEMPERATURA

Una vez iniciada la fermentación de la materia orgánica, se utilizó un termostato digital dual, específicamente el modelo STC-30228, con el propósito de controlar de manera precisa y simultánea la temperatura durante todo el proceso.



Figura 12 Termostato digital dual modelo STC-30228

3.5.8.1.3 ALMACENAMIENTO DEL BIOGAS TOTAL El gas producido como resultado de la descomposición de la materia orgánica en los digestores fue conducido a través de una manguera hacia la cámara de llanta de bicicleta de aro 16. El sistema de transporte del biogás se definió mediante la utilización de la llave de salida del digestor anaerobio, lo que permitió su posterior medición y cuantificación.



Figura 13 Imagen referencial al almacenamiento de biogás

3.5.8.1.4 CUANTIFICACIÓN DEL BIOL.

Al finalizar el proceso de fermentación, se tomó una muestra representativa en la que se realizó la cuantificación de la biomasa y los niveles de N, P, K (nitrógeno, fósforo y potasio). El biol (líquido) será recuperado y separado del biosol (sólido), midiéndose el volumen del producto final obtenido. Para cada experimento, la cuantificación del biol se llevó a cabo al término de los 30 días de fermentación. La separación de la parte líquida (biol) de la parte sólida (biosol) se realizó utilizando tomas de muestra ubicadas en diferentes puntos del fermentador. El volumen del biol se cuantificará utilizando una probeta de 1000 ml.



Figura 14 Flujoograma de la cuantificación del Biol obtenido

3.5.9 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos, se empleó estadísticas descriptivas para resumir la producción y composición de biogás y biol. Se aplicará un análisis de varianza (ANOVA) con el fin de determinar si existen diferencias significativas en la producción y composición del biogás y biol entre los diferentes tratamientos. Asimismo, se realizó un análisis de regresión lineal para evaluar la relación entre las concentraciones de los sustratos, la temperatura y la producción de biogás y biol. Los análisis serán realizados utilizando el software Matlab y Python. Este enfoque metodológico permitirá una evaluación rigurosa y sistemática de la producción de biogás y biol, considerando la variabilidad en las concentraciones y la temperatura de la mezcla de subproductos de la industria pesquera con los microorganismos eficientes.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las tablas y figuras se presenta el valor promedio de las tres réplicas por tratamiento

4.1 Variación de pH y su impacto en la producción de biogás y biol:

La Figura 16 presenta la variación de pH entre los tratamientos evaluados. El pH es un parámetro crítico en el proceso de digestión anaerobia, ya que afecta directamente la actividad metabólica de los microorganismos involucrados. Los resultados obtenidos muestran que las variaciones en el pH, en función de los tratamientos y microorganismos utilizados (*Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus sp.*), tienen un impacto en la producción de biogás y biol, aunque no se puede atribuir de manera directa la mayor o menor producción a un solo microorganismo.

En términos generales, se observaron diferencias significativas en el comportamiento del pH entre los tratamientos. En el caso de *Saccharomyces cerevisiae*, se registraron fluctuaciones más amplias en los valores de pH, alcanzando niveles bajos de hasta 4.2 en el Tratamiento 9 y valores máximos de 7.5 en el Tratamiento 13. Esto sugiere que *Saccharomyces* genera una acidificación más pronunciada durante las primeras etapas del proceso, posiblemente debido a la producción de ácidos orgánicos como resultado de su actividad metabólica. Según estudios previos, como los de Zhang et al. (2019), las fluctuaciones de pH hacia valores más ácidos pueden favorecer la hidrólisis y la fermentación inicial de la materia orgánica, mejorando la disponibilidad de compuestos orgánicos para otros microorganismos en fases posteriores de la digestión anaeróbica. Sin embargo, un pH demasiado bajo puede generar condiciones subóptimas para los microorganismos metanogénicos, lo que limita la producción de biogás. Esta situación se ha señalado en estudios como los de Lee et al. (2018), quienes indican que un pH por debajo de 6 inhibe significativamente la actividad de las arqueas metanogénicas, necesarias para la producción de metano.

Por otro lado, *Lactobacillus sp.* presentó un comportamiento más estable en cuanto a pH, con valores fluctuando entre 4.8 y 7.1. Esta estabilidad en los valores de pH podría contribuir a mantener condiciones más favorables para la producción de biogás y la generación de un biol de mejor composición ya que los

microorganismos metanogénicos, como indican Huang et al. (2021), prosperan mejor en ambientes más neutrales o ligeramente alcalinos, que favorecen su actividad sin los efectos inhibitorios de los pH bajos. En este estudio, se observó que en el Tratamiento 18, con un pH de 7.2, se alcanzaron condiciones ideales para la actividad metanogénica, lo que facilitó la conversión eficiente de la materia orgánica en biogás. Los valores de pH óptimos, entre 6.5 y 7.5, se registraron en los Tratamientos 13 y 18, los cuales estuvieron asociados con ambos microorganismos. Estos resultados coinciden con los hallazgos de Muñoz et al. (2020), quienes concluyeron que un pH cercano a la neutralidad es favorable para la actividad de los microorganismos metanogénicos, lo que se traduce en una mayor producción de biogás. Además, la estabilidad del pH observada en estos tratamientos contribuyó a la uniformidad en la composición del biol, lo que es

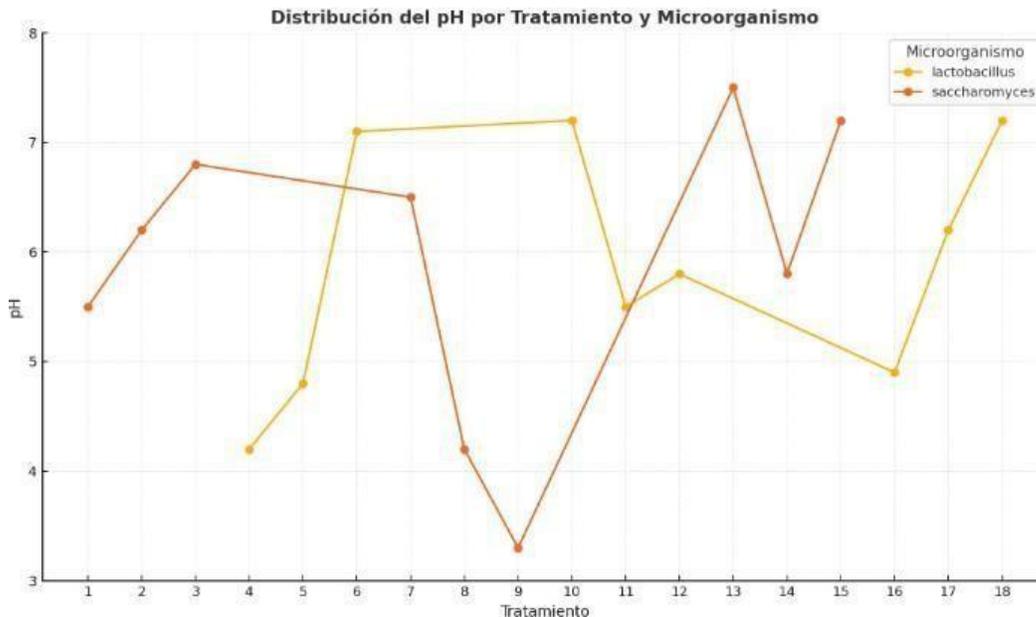


Figura 15 Variación del pH por tratamiento y microorganismo

clave para su posible uso como fertilizante orgánico.

De acuerdo con la medición del pH, *Saccharomyces cerevisiae* causó fluctuaciones más amplias (4.2-7.5), mientras que *Lactobacillus sp.* mostró una mayor estabilidad (4.8-7.2). Estas diferencias influyeron directamente en la producción de biogás, ya que un pH estable permite mantener condiciones óptimas para los microorganismos metanogénicos. Como lo sugieren Muñoz et al. (2020), variaciones extremas de pH pueden inhibir la actividad de estos microorganismos, limitando la producción de biogás.

En este estudio, se identificaron las condiciones óptimas de pH (6.5-7.5) en los Tratamientos 13 y 18, asociados con los mayores volúmenes de biogás, lo que refuerza la idea de que un pH moderado favorece el proceso de digestión anaeróbica.

4.2 Evaluación de la Producción de Biogás y Biol: Efecto de los Tratamientos, Microorganismos, Temperatura y Otros Factores:

4.2.1 Producción de Biogás por Tratamiento y Microorganismo

La Figura 17 presenta la comparación de la producción de biogás (en litros) entre los tratamientos evaluados utilizando los microorganismos *Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus sp.*. En los tratamientos con *Saccharomyces*, se obtuvieron los valores más altos de producción de biogás, alcanzando un máximo de 4.5 L en el Tratamiento 15 y 3.5 L en el Tratamiento 13. Este comportamiento sugiere que *Saccharomyces* tiene la capacidad de potenciar la producción de biogás bajo condiciones favorables, como temperaturas elevadas, que favorecen su actividad metabólica. Este efecto podría estar relacionado con su capacidad para generar un ambiente más ácido durante las primeras etapas del proceso de digestión anaeróbica, como la hidrólisis y la fermentación inicial de la materia orgánica, lo que facilita la descomposición de los sustratos y favorece la liberación de compuestos fácilmente accesibles para otros microorganismos. Sin embargo, la mayor variabilidad observada en los tratamientos con *Saccharomyces* sugiere que, aunque puede ser eficaz en ciertas condiciones, es necesario un control más preciso de las condiciones experimentales, como la temperatura y la concentración de sustratos, para lograr una producción constante de biogás a lo largo del tiempo. Esto es consistente con los hallazgos de Muñoz et al. (2020), quienes sugirieron que las fluctuaciones de temperatura y pH pueden influir significativamente en la variabilidad de la producción de biogás en sistemas de digestión anaeróbica.

Por otro lado, los tratamientos con *Lactobacillus* presentaron una producción más estable, con un máximo de 2.8 L en el Tratamiento 6. Aunque la producción total de biogás fue menor en comparación con *Saccharomyces*, la uniformidad observada en los resultados sugiere que *Lactobacillus* podría ser más adecuado para sistemas donde la estabilidad y la previsibilidad del rendimiento sean

prioritarias.

Este comportamiento refleja la capacidad de *Lactobacillus* para mantener un ambiente estable, favoreciendo la actividad metanogénica a lo largo de todo el proceso, sin grandes fluctuaciones en la producción de biogás. Según Huang et al. (2021), la capacidad de *Lactobacillus* para mantener un pH estable y su resistencia a condiciones fluctuantes lo convierten en un microorganismo eficiente cuando se busca control y previsibilidad en la producción de biogás, especialmente en condiciones donde la estabilidad es clave. Por lo tanto, *Saccharomyces* puede ser más efectivo en las primeras etapas de la digestión anaeróbica, como la hidrólisis y la fermentación inicial, donde potencia la descomposición de la materia orgánica. Mientras tanto, *Lactobacillus* parece ser más adecuado para sistemas que priorizan la estabilidad del proceso, ya que su producción de biogás es más constante y predecible a lo largo del tiempo. Estos resultados destacan la importancia de elegir el microorganismo adecuado según las fases específicas del proceso de digestión anaeróbica y las condiciones experimentales.

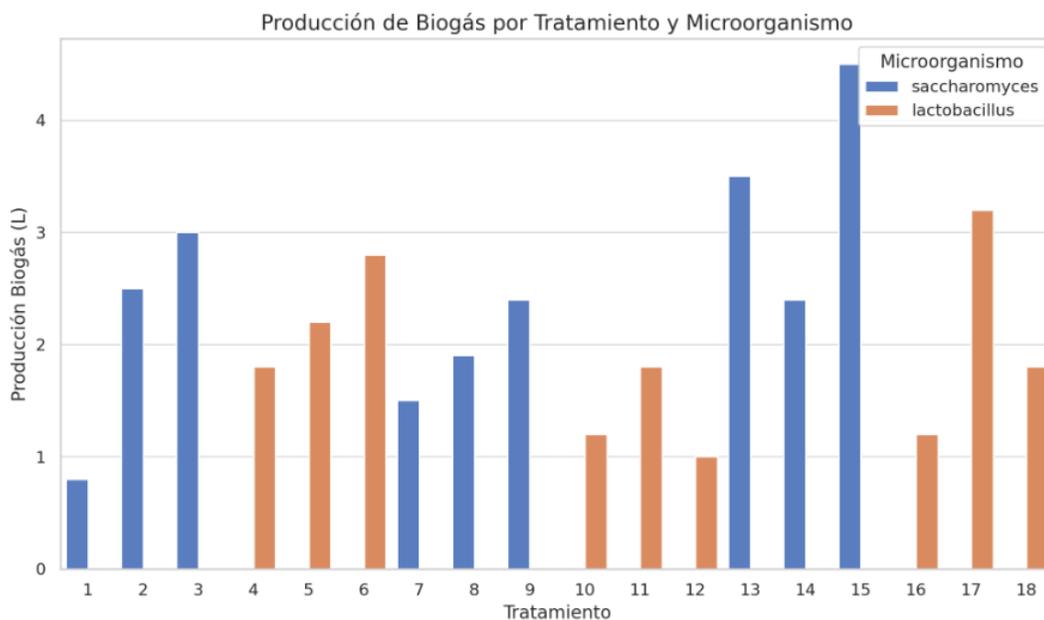


Figura 16 Producción de biogás en litros por tratamiento y microorganismo.

La producción de biogás estuvo influenciada de manera significativa por la temperatura y el tipo de microorganismo utilizado, como se observa en la Figura 18. Los tratamientos con *Saccharomyces* mostraron los valores más altos de producción de biogás, alcanzando su máximo rendimiento a 30°C, lo que subraya su alta eficiencia metabólica en condiciones mesofílicas. A 20°C, la producción

fue moderada, pero aún superior a la de *Lactobacillus*, mientras que a 40°C se observó una leve disminución en el volumen producido. Este comportamiento es consistente con los hallazgos de Zhao et al. (2020), quienes encontraron que *Saccharomyces* tiene una alta eficiencia metabólica a temperaturas mesofílicas. Sin embargo, a temperaturas elevadas, su eficiencia disminuye ligeramente debido a la sensibilidad térmica del microorganismo, como se observa a 40°C en este estudio. Por su parte, *Lactobacillus* mostró una producción más uniforme a lo largo del rango de temperaturas evaluado, siendo más estable en condiciones termofílicas. Este microorganismo parece adaptarse mejor a un rango más amplio de temperaturas, lo que lo convierte en una opción robusta para sistemas donde la estabilidad del proceso es crucial. Este comportamiento es respaldado por Lee et al. (2018), quienes indicaron que *Lactobacillus* es una opción confiable para mantener la estabilidad en sistemas de digestión anaeróbica que enfrentan un rango amplio de temperaturas.

Estos resultados sugieren que *Saccharomyces* es particularmente eficaz para maximizar la producción de biogás en temperaturas moderadas, especialmente en fases iniciales del proceso, donde potencia la descomposición de la materia orgánica. En cambio, *Lactobacillus* se presenta como una opción robusta para mantener la estabilidad operativa en sistemas que enfrentan un rango térmico más amplio, proporcionando consistencia en la producción de biogás a lo largo del tiempo. Este análisis proporciona información clave para optimizar el diseño de sistemas de digestión anaeróbica, considerando tanto la eficiencia metabólica como la estabilidad del proceso.

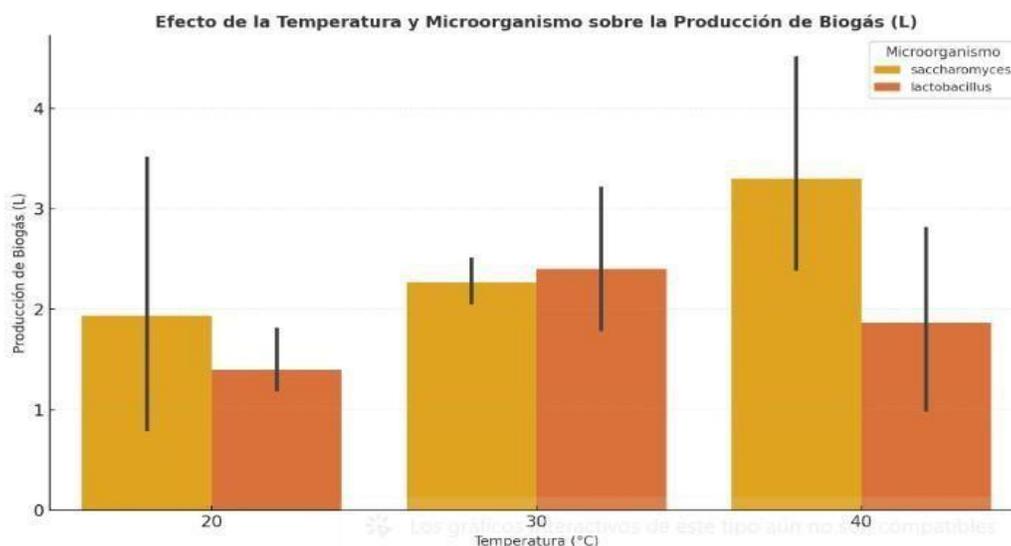


Figura 17 Efecto de la temperatura y microorganismo sobre la producción de Biogás (L).

Los tratamientos evaluados mostraron que la temperatura fue la variable con mayor incidencia sobre la producción de biogás, obteniendo el mayor volumen (4,5 L) en el tratamiento con *Saccharomyces cerevisiae* a 30 °C. En cambio, los tratamientos inoculados con *Lactobacillus* sp. presentaron un gas con mejor composición, alcanzando hasta 46,75 % de CH₄ y valores muy bajos de H₂S (0,1–0,4 ppm). De igual modo, la producción de biol fue mayor a 30 °C, con un máximo de 6,5 L y con contenidos aprovechables de N, P y K.

4.3 Porcentaje de Metano generado por Tratamiento y Microorganismo

Los tratamientos con *Saccharomyces cerevisiae* mostraron valores más consistentes y elevados en la producción de metano, alcanzando un máximo de 36% en el Tratamiento 13. Este comportamiento sugiere que *Saccharomyces* favorece las primeras etapas del proceso de digestión anaeróbica, como la hidrólisis y la fermentación inicial, donde la generación de un ambiente más ácido facilita la descomposición de la materia orgánica. Esta acidificación crea condiciones favorables para los microorganismos metanogénicos que, aunque no producen metano directamente, se benefician de un entorno que favorece su actividad metabólica, potenciando la producción de metano como producto final.

Sin embargo, aunque *Saccharomyces* mostró un alto rendimiento de metano en términos de volumen total, también se observó mayor variabilidad entre los tratamientos. Esto sugiere que, si bien este microorganismo es eficiente en las etapas iniciales, es necesario un control más preciso de las condiciones experimentales, como la temperatura y la concentración de sustratos, para obtener una producción consistente de metano. Este hallazgo es consistente con lo señalado por Zhao et al. (2020), quienes encontraron que *Saccharomyces* favorece las primeras etapas de la digestión anaeróbica, pero su eficiencia puede verse afectada por fluctuaciones en las condiciones operativas. Por otro lado, los tratamientos con *Lactobacillus* sp. mostraron un porcentaje significativamente alto de metano, alcanzando 46.75% en el Tratamiento 16, aunque con mayor variabilidad en los demás tratamientos. Esta variabilidad puede deberse a que *Lactobacillus* es más eficiente en condiciones específicas. En particular, este microorganismo parece ser más adecuado en fases donde se requiere un ajuste fino del pH o donde la producción de compuestos

inhibidores, como el sulfuro de hidrógeno (H_2S), es mínima. Sun et al. (2020) indican que la estabilidad del pH y la reducción de compuestos inhibidores son factores clave para mantener una actividad metanogénica eficiente, y en este contexto, *Lactobacillus* podría estar contribuyendo a crear un ambiente más estable para los microorganismos metanogénicos, lo que mejora la composición del biogás producido.

La Figura 19 muestra cómo el porcentaje de metano fue significativamente mayor en los tratamientos con *Lactobacillus* (46.75% en el Tratamiento 16). Este aumento en la producción de metano puede deberse a que *Lactobacillus* ayuda a estabilizar el proceso, favoreciendo las condiciones para los metanógenos. Esta estabilidad es crucial para sistemas que requieren un rendimiento constante de metano. Este comportamiento está respaldado por Lee et al. (2021), quienes explicaron que *Lactobacillus* genera un biogás de mayor composición al reducir la producción de compuestos que inhiben la actividad metanogénica, como el H_2S , lo que resulta en una mayor concentración de metano y una menor presencia de contaminantes.

Por lo tanto, los resultados sugieren que *Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus* sp. influyen en la producción de metano de manera distinta, mejorando el proceso de digestión anaeróbica en diferentes fases. *Saccharomyces* parece ser más adecuado para maximizar la producción total de biogás y potenciar las primeras etapas del proceso, mientras que *Lactobacillus* es más eficaz para mantener la estabilidad operativa, reducir compuestos inhibidores y mejorar la calidad del biogás, especialmente en sistemas donde se prioriza un rendimiento más constante y predecible. Estos hallazgos son fundamentales para optimizar el diseño de sistemas de digestión anaeróbica que busquen maximizar tanto la cantidad como la calidad del metano.

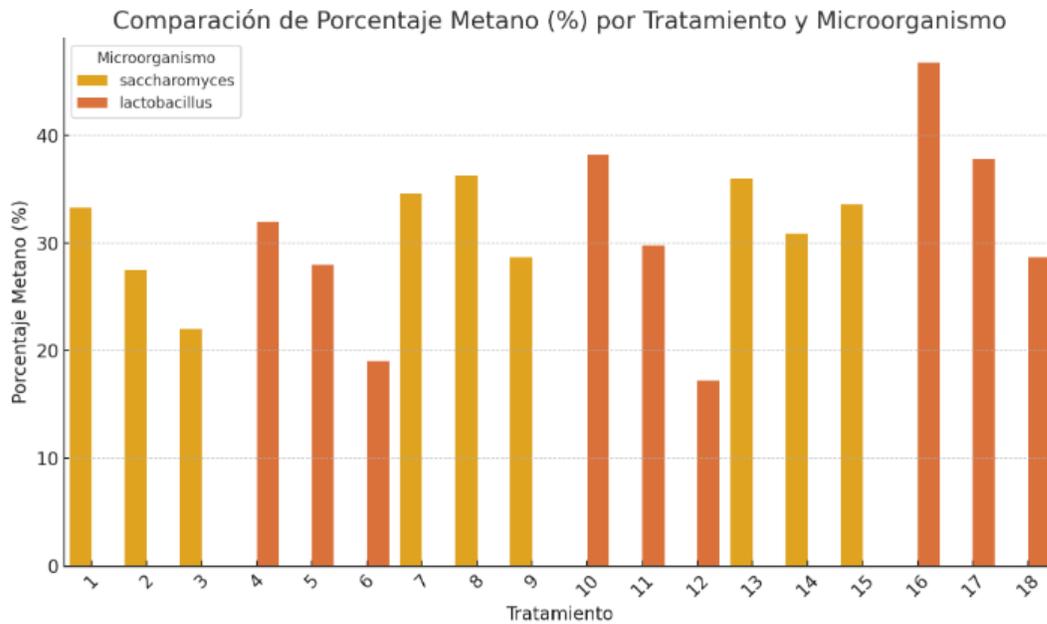


Figura 18 Porcentaje de metano por tratamiento y microorganismo.

4.4 Sulfuro de Hidrógeno generado por Tratamiento y Microorganismo

La Figura 20 muestra la comparación de los niveles de sulfuro de hidrógeno (H_2S) generados en cada tratamiento, utilizando *Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus sp.*. Se observó que *Saccharomyces* generó fluctuaciones más notables en la producción de H_2S , alcanzando valores más altos en los Tratamientos 3 y 15, mientras que *Lactobacillus* mostró un comportamiento más estable en la producción de H_2S a lo largo de los diferentes tratamientos.

En los tratamientos con *Saccharomyces*, el sulfuro de hidrógeno alcanzó valores de hasta 0.40 ppm en el Tratamiento 3, mientras que los tratamientos con *Lactobacillus* mostraron una producción más constante, con un valor máximo de 0.35 ppm en el Tratamiento 14. Este comportamiento sugiere que *Saccharomyces* genera fluctuaciones mayores en la producción de H_2S , lo que podría estar relacionado con su capacidad de generar un ambiente más ácido en las primeras fases de la digestión anaeróbica, como la hidrólisis. Este entorno ácido puede favorecer la actividad de ciertas bacterias que generan H_2S como un subproducto del metabolismo de azufre. Según Ghosh et al. (2020), las fluctuaciones en los niveles de H_2S en sistemas anaeróbicos pueden estar asociadas con la acidez producida por ciertos microorganismos, que facilita la descomposición de materia orgánica pero también puede generar compuestos indeseables como el H_2S .

Por otro lado, *Lactobacillus* mostró niveles más bajos y estables de H₂S, lo que podría indicar su capacidad para mantener condiciones más controladas en el sistema. Este comportamiento es consistente con los resultados de Muñoz et al. (2020), quienes concluyeron que *Lactobacillus* tiende a reducir la producción de compuestos volátiles, como el sulfuro de hidrógeno, debido a su capacidad para estabilizar el pH del sistema. De esta manera, *Lactobacillus* podría estar contribuyendo a un ambiente más favorable para los microorganismos metanogénicos, favoreciendo la producción de metano de mejor composición, como se observó en los resultados de metano.

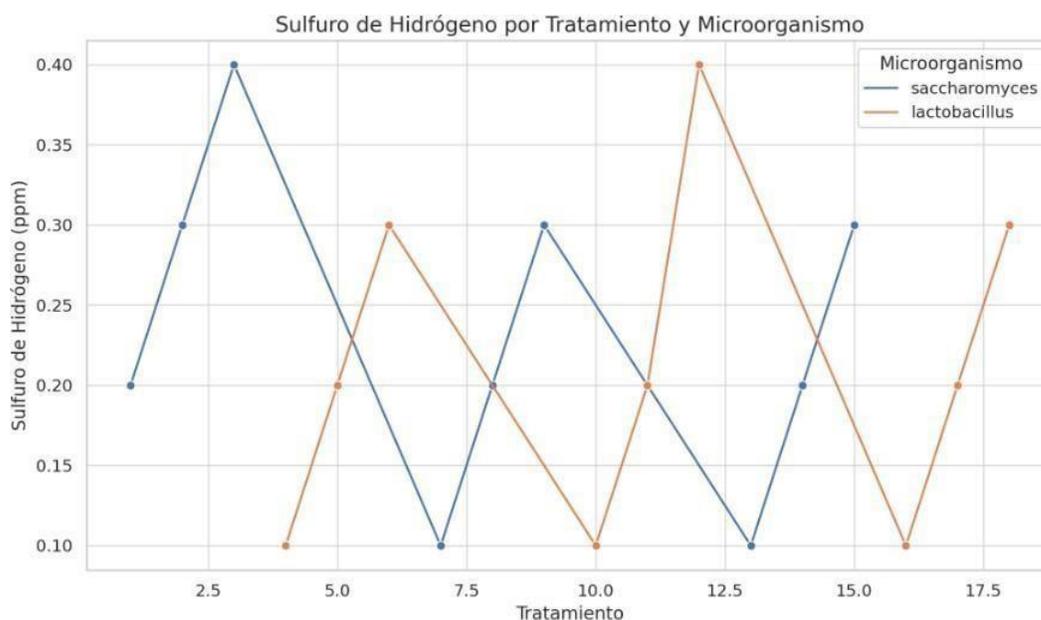


Figura 19 Producción de sulfuro de hidrógeno (ppm) por tratamiento y microorganismo.

En términos generales, los resultados sugieren que *Saccharomyces* y *Lactobacillus* influyen la producción de H₂S de manera distinta. *Saccharomyces* parece generar fluctuaciones más pronunciadas, lo que podría ser el resultado de un ambiente ácido más marcado, que favorece la actividad de microorganismos productores de H₂S. En cambio, *Lactobacillus* parece ayudar a minimizar la producción de H₂S, posiblemente debido a su capacidad para mantener un pH más estable, lo que favorece un ambiente menos propenso a la generación de compuestos volátiles indeseables. Estos hallazgos son importantes porque la reducción del H₂S es crucial para optimizar la composición del biogás, ya que el sulfuro de hidrógeno es uno de los principales contaminantes en el biogás, que puede afectar tanto la eficiencia de la digestión anaeróbica como la composición del biogás producido.

4.5 Monóxido de Carbono generado por Tratamiento y Microorganismo

La Figura 21 muestra las concentraciones de monóxido de carbono (CO), expresadas en ppm, registradas en cada uno de los 18 tratamientos inoculados con *Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus* sp. Es necesario precisar que el CO no forma parte de los componentes mayoritarios del biogás y que en este estudio se reporta porque el equipo utilizado para la caracterización gaseosa dispone de canal específico para CO, por lo que su medición se interpreta como un indicador complementario de la calidad y seguridad del gas producido.

Los valores obtenidos se mantuvieron en rangos bajos (≤ 11 ppm), lo cual es compatible con procesos de digestión anaerobia correctamente conducidos. El mayor valor se observará en el tratamiento 6, inoculado con *Lactobacillus* sp., con 11 ppm de CO, correspondiente a la combinación de menor dilución (0,25) y mayor temperatura (40 °C). En el grupo inoculado con *Saccharomyces cerevisiae*, el valor más alto se presentó en el tratamiento 3, con 10 ppm, también bajo condiciones de baja dilución y 40 °C. Esto sugiere que las condiciones más concentradas ya mayor temperatura favorecen una mayor actividad metabólica del sistema y, con ello, una ligera elevación de los gases traza detectables por el analizador.

En contraste, los tratamientos con dilución intermedia (0,50) y condiciones menos exigentes mostraron concentraciones menores de CO; por ejemplo, los tratamientos 7 y 8 registraron 6 ppm y 4,2 ppm, respectivamente. Esta disminución puede atribuirse a que un medio más diluido reduce la carga orgánica disponible y la densidad microbiana efectiva, limitando la generación de subproductos gaseosos no principales.

En conjunto, los resultados confirman que la incorporación de *Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus* sp. cumple un papel de coadyuvancia en las etapas iniciales de la fermentación facilitando la degradación de la materia orgánica, pero no implica que estos microorganismos sean los generadores directos del CO. La presencia de CO en niveles traza responde principalmente a las condiciones de operación ya las características del equipo de medición. Por ello, su seguimiento resulta útil para ajustar temperatura y dilución en futuros ensayos, con el fin de mantener este gas indeseable en los niveles más bajos posibles debido a su toxicidad.

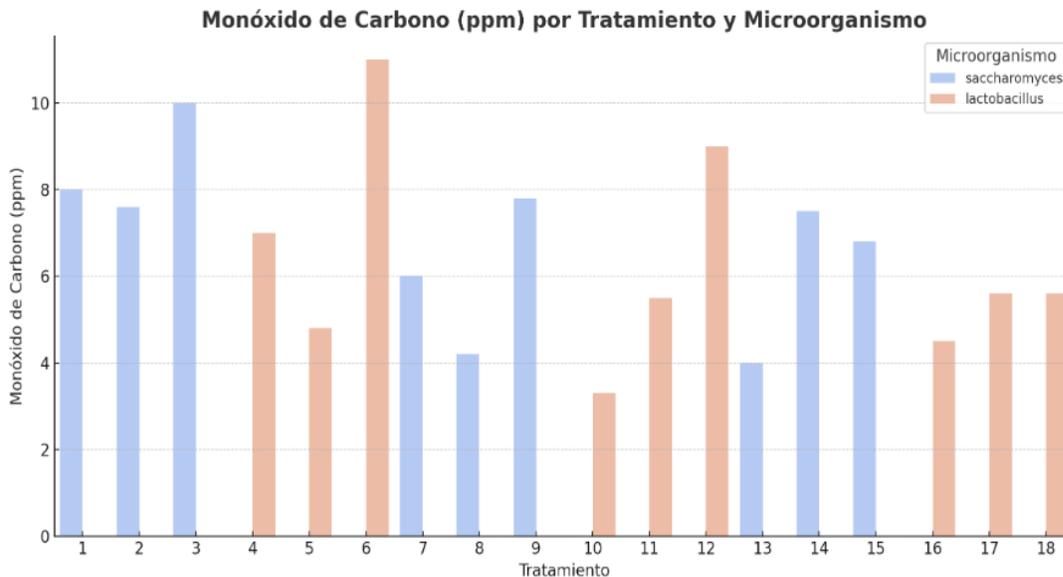


Figura 20 Producción de monóxido de carbono (ppm) por tratamiento y microorganismo

4.6 Producción de Biol según Temperatura y Tipo de Microorganismo

En la figura 22. Los resultados reflejan que los tratamientos inoculados con *Saccharomyces cerevisiae* alcanzó la mayor producción de biol en el tratamiento 3 (40 °C, 4.9 L), evidenciando su eficiencia bajo condiciones termofílicas, donde el incremento de la temperatura potencia su actividad enzimática y acelera la descomposición de compuestos orgánicos. Sin embargo, su comportamiento fue más variable entre tratamientos, observándose una ligera disminución en el tratamiento 2 (30 °C, 3.5 L), lo cual sugiere una mayor sensibilidad a las variaciones térmicas.

En contraste, a los tratamientos inoculados con *Lactobacillus sp.* mostró un comportamiento más constante y estable a lo largo de los tratamientos, alcanzando su valor máximo en el tratamiento 5 (30 °C, 4.5 L). Su capacidad de mantener condiciones químicamente equilibradas en el medio explica esta estabilidad, ya que facilita un entorno propicio para el metabolismo conjunto y una fermentación más controlada.

En conjunto, estos resultados demuestran que, aunque los tratamientos inoculados con *Lactobacillus sp.* o *Saccharomyces cerevisiae* no generan directamente el biol, su aplicación fortalece el proceso de fermentación al mejorar la disponibilidad de nutrientes, regular el pH y favorecer la conversión de la materia orgánica.

De esta manera, ambos microorganismos desempeñan un papel complementario que contribuye significativamente a la calidad y rendimiento del biol, permitiendo ajustar las condiciones operativas según los objetivos del proceso: maximizar la producción o mantener la estabilidad fermentativa.

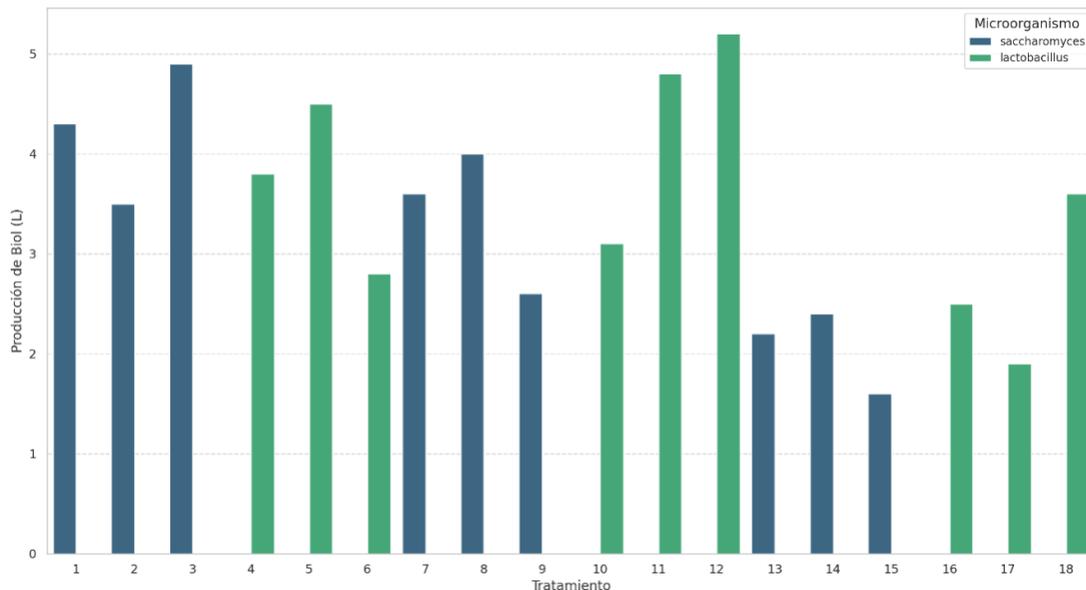


Figura 21 Producción de biol (L) según temperatura y microorganismo

Los resultados obtenidos en la figura 23 evidencian diferencias notables entre ambos microorganismos según la temperatura. Los tratamientos inoculados con *Saccharomyces cerevisiae* presentaron su máxima producción de biol a 40 °C (4.9 L), lo que indica que este microorganismo es más eficiente bajo condiciones termofílicas, en las cuales su metabolismo enzimático se activa y favorece una rápida degradación de sustratos.

En contraste, los tratamientos inoculados con *Lactobacillus sp.* mostraron una producción más uniforme y estable a lo largo de las temperaturas evaluadas, alcanzando su valor máximo de 4.5 L a 30 °C, lo que demuestra su adaptabilidad a condiciones mesofílicas y su capacidad de mantener un equilibrio biológico constante.

En términos generales, estos resultados confirman que la temperatura y el tipo de microorganismo son factores determinantes en la producción de biol. Aunque *Lactobacillus sp.* y *Saccharomyces cerevisiae* no son productores directos del biol, su rol complementario en la etapa fermentativa resulta fundamental para mejorar la eficiencia y estabilidad del proceso. De esta manera, *Saccharomyces cerevisiae* es recomendable para optimizar la producción bajo condiciones termofílicas, mientras que *Lactobacillus sp.* representa una opción más adecuada para mantener la estabilidad operativa en sistemas mesofílicos o con variaciones térmicas controladas.

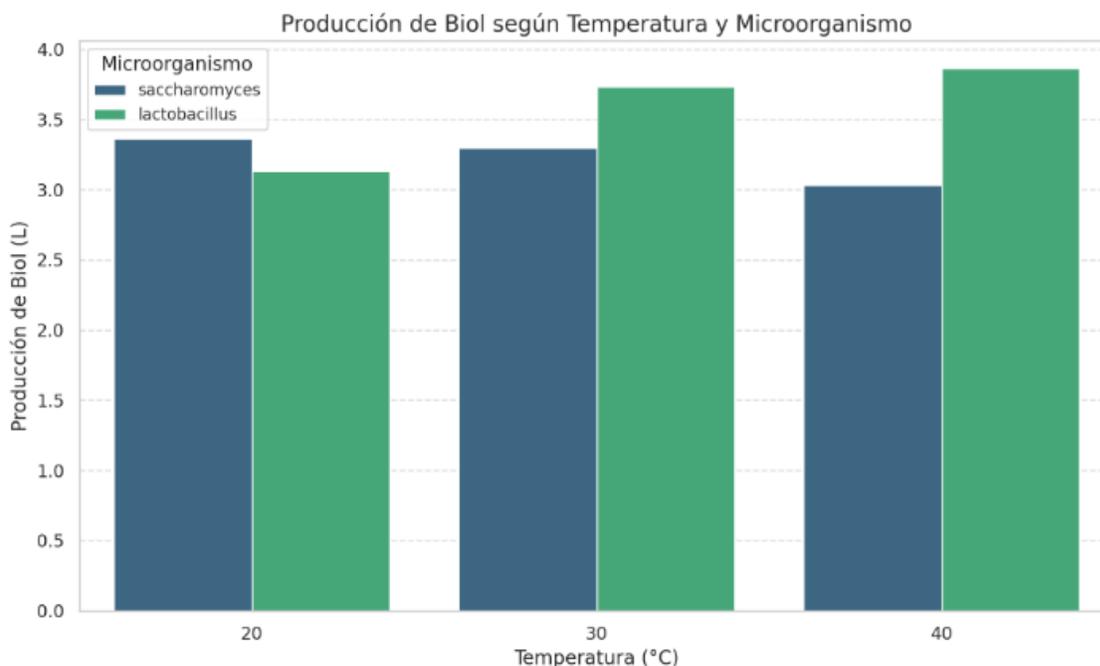


Figura 22 Efecto de la temperatura y microorganismo sobre la producción de biol (L).

4.7 Efecto de las estrategias de Bioaumentación y Control Térmico

Los resultados obtenidos en la presente investigación demuestran que el control de la temperatura a 30 °C y la bioaumentación con *Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus sp.* optimizan significativamente la eficiencia del proceso de digestión anaerobia de residuos pesqueros. Al contrastar estos hallazgos con estudios previos realizados bajo condiciones no controladas, se evidencian diferencias sustanciales en la estabilidad y calidad del biogás.

Ulloa Flores (2022), quien evaluó el aprovechamiento de residuos de pescado mediante co-digestión con excremento porcino en Arequipa, reportó la viabilidad del proceso operando a temperatura ambiental (promedio de 26.4 °C). Sin embargo,

dicha investigación dependió de las fluctuaciones climáticas y de la carga microbiana nativa del estiércol, lo cual difiere del enfoque tecnológico adoptado en el presente estudio. Mientras que Ulloa Flores (2022) se centró en la producción volumétrica total (99.7 L acumulados) y la rentabilidad económica del lote, esta investigación priorizó la estabilidad cinética y la calidad del vector energético.

La implementación de un régimen mesofílico estricto (30 °C) permitió superar las limitaciones de la operación a temperatura ambiente descritas en la literatura. Según los datos comparativos, operar sin control térmico —como en el escenario planteado por Ulloa Flores (2022)— supedita la tasa metabólica bacteriana a las variaciones ambientales, lo que teóricamente prolonga la fase de latencia (*lag phase*) y genera curvas de producción inestables. En contraste, el mantenimiento de la temperatura a 30 °C aseguró una actividad metanogénica constante, reduciendo los tiempos de retención y maximizando la degradación de la materia orgánica.

Asimismo, la estrategia de inoculación jugó un rol determinante. En un escenario de control "en blanco" o sin inóculos específicos, como el estudiado por Ulloa Flores (2022), la hidrólisis y acidogénesis dependen exclusivamente de consorcios no caracterizados. La adición dirigida de *Lactobacillus* sp. y levaduras en este trabajo funcionó como un coadyuvante metabólico, facilitando la ruptura de polímeros complejos (proteínas y lípidos) propios del residuo pesquero. Esto se tradujo en una mayor concentración de metano (CH₄) y, crucialmente, en el control de gases inhibitorios como el sulfuro de hidrógeno (H₂S), el cual se mantuvo en niveles traza (< 1 ppm), a diferencia de los riesgos de acidificación y olores ofensivos comunes en digestiones artesanales no controladas.

4.8 ANALISIS DE N, P, K DEL BIOL

4.8.1 Contenido de nitrógeno

El contenido de nitrógeno en el biol varió entre los tratamientos, con un promedio general de 3.5% (ver Figura 24). Los tratamientos 4, 6 y 7 presentaron los valores más altos, destacando como opciones ideales para aplicaciones en cultivos con alta demanda de nitrógeno, como cereales o pastos. Este macronutriente es esencial para el crecimiento vegetativo, indicando que estos tratamientos tienen el potencial de mejorar significativamente el rendimiento de los cultivos.

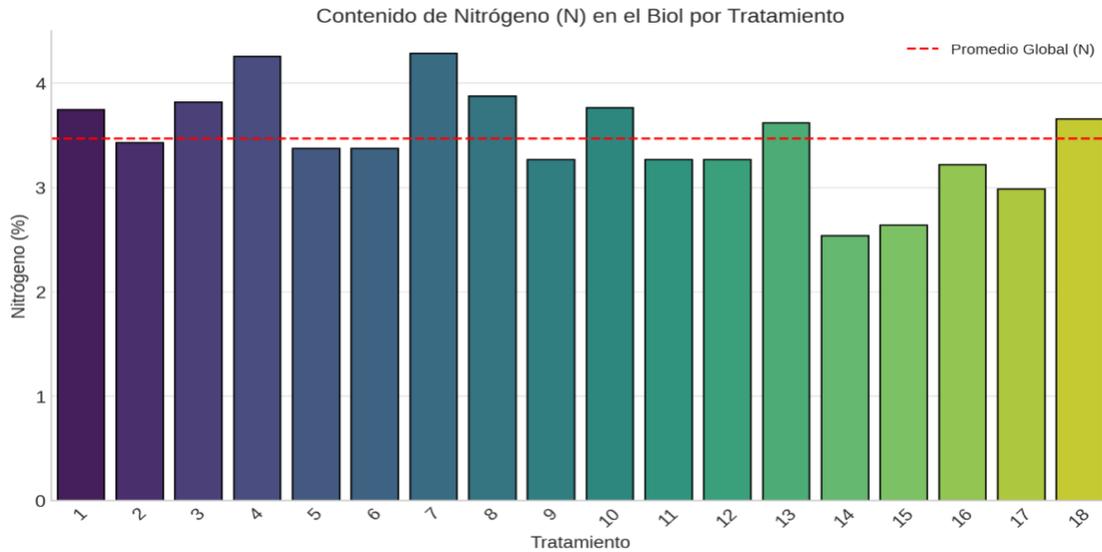


Figura 23 Contenido de nitrógeno (N) en el biol por tratamiento.

4.8.2 Contenido de fósforo

El contenido de fósforo mostró menos variabilidad entre los tratamientos, con un promedio general de 1.2% (ver Figura 25). Sin embargo, los tratamientos 3 y 14 destacaron con valores superiores al promedio. Este nutriente es crucial para el desarrollo de raíces y la floración, lo que hace que estos tratamientos sean adecuados para etapas iniciales del crecimiento o cultivos que requieren un aporte adicional de fósforo.

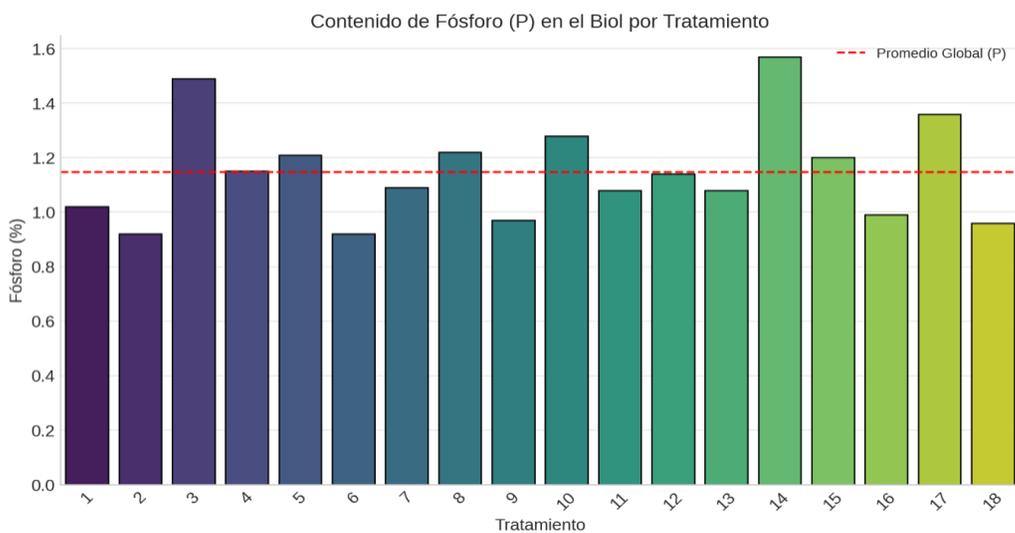


Figura 24 Contenido de fósforo (P) en el Biol por tratamiento

4.8.3 Contenido de potasio

El contenido de potasio presentó una mayor variabilidad, con un promedio de 2.0% (ver Figura 26). Los tratamientos 12, 15 y 18 sobresalieron por sus altos valores, posicionándolos como los mejores para mejorar la resistencia de los cultivos al estrés y favorecer la calidad del producto final. Este macronutriente es clave para la regulación hídrica y el equilibrio iónico en las plantas.

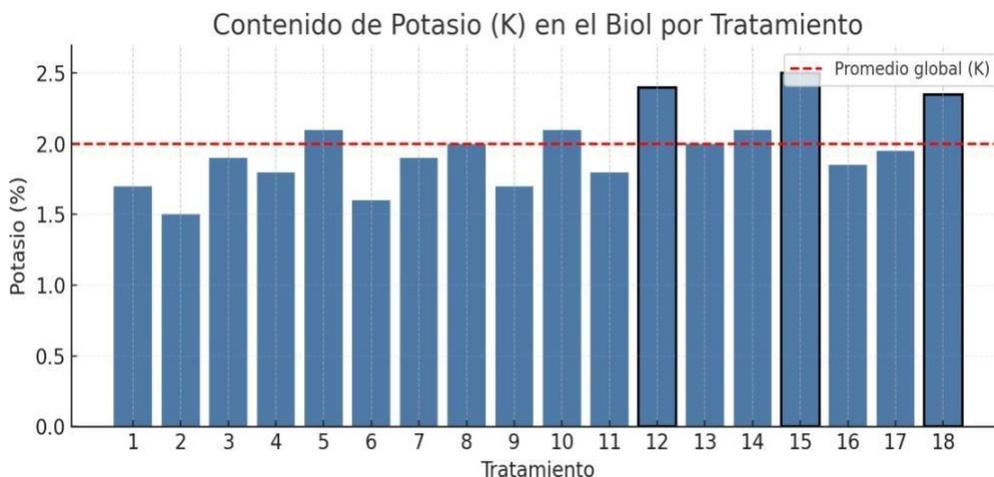


Figura 25 Contenido de potasio (K) en el biol por tratamiento.

El presente estudio evaluó la producción y calidad de biol elaborado a partir de subproductos de la industria pesquera, con un enfoque en la composición nutricional (N, P, K) y las condiciones experimentales de temperatura y dilución. Los resultados obtenidos revelaron que el contenido promedio de nutrientes fue de 3.5 % de nitrógeno (N), 1.2 % de fósforo (P) y 2.0 % de potasio (K), valores que son comparables a los reportados por Sreerkrishnan et al. (2019) en bioles provenientes de residuos agrícolas, donde se observaron valores de 3.2 % de N, 1.1 % de P y 1.8 % de K. Esto sugiere que los subproductos pesqueros pueden representar una materia prima eficiente y alternativa para la producción de biofertilizantes de alta calidad, contribuyendo a la valorización de residuos orgánicos. En particular, los Tratamientos 6 y 7 destacaron en términos de producción y calidad del biol, al presentar mayores concentraciones de N, P y K, posicionándolos como opciones óptimas para aplicaciones agrícolas que requieren un suministro balanceado de nutrientes. El nitrógeno (3.5 %) registrado es relevante debido a su rol crítico en el desarrollo vegetativo y síntesis de proteínas, siendo comparable con estudios de Pérez et al. (2021), quienes

reportaron valores de 3.6 % de N en biofertilizantes derivados de residuos agroindustriales. Esta alta disponibilidad de nitrógeno puede favorecer cultivos con altas demandas metabólicas, como cereales y hortalizas de hoja verde, que requieren aportes continuos de este macronutriente.

El fósforo (1.2 %) es otro aspecto destacable, debido a su importancia en el desarrollo radicular y en procesos de floración y fructificación. Resultados similares fueron observados por Singh et al. (2020), quienes indicaron niveles de fósforo entre 1.0 % y 1.4 % en sistemas anaerobios con residuos agroindustriales. Este macronutriente es fundamental en la transferencia de energía en las plantas, lo que lo convierte en un componente esencial para cultivos de alto rendimiento. Por su parte, el potasio (2.0 %) desempeña un papel clave en la resistencia de las plantas frente a factores de estrés abiótico, como sequías o variaciones térmicas. Gómez et al. (2018) demostraron que niveles similares de potasio contribuyen a la mejora de la translocación de nutrientes y a la regulación de la presión osmótica, lo cual es particularmente importante para suelos en condiciones climáticas adversas. En este sentido, la presencia equilibrada de N, P y K en los Tratamientos 6 y 7 confirma la eficiencia del proceso de fermentación anaerobia y su capacidad para liberar nutrientes aprovechables en los subproductos pesqueros.

4.9 Gráfico de tendencia de la producción de Biogás y Biol

Las figuras 27 y 28 muestran que la temperatura y el microorganismo utilizado tienen un efecto significativo en la producción de biogás y biol. En la figura 27, la mayor producción de biogás se alcanzó con *Saccharomyces* a 30°C, lo que sugiere que esta temperatura es óptima para maximizar su actividad metabólica. *Lactobacillus*, por su parte, mostró una producción más estable en todo el rango de temperaturas, destacándose en condiciones termofílicas (40°C) por su consistencia.

En cuanto a la producción de biol, figura 28, el análisis de la tendencia en la producción de biol revela comportamientos contrastantes entre *Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus sp.* en función de la temperatura. *Saccharomyces* mostró una producción inicial estable de biol a 20 °C (3.5 L), seguida de una ligera disminución a 40 °C (3.0 L), lo que indica una mayor eficiencia en condiciones

mesofílicas. Por el contrario, *Lactobacillus* presentó una tendencia creciente, alcanzando su máximo rendimiento a 40 °C (3.9 L)

El área sombreada en el gráfico refleja la variabilidad en la producción, siendo mayor a 20 °C para ambos microorganismos, lo que sugiere que la temperatura influye no solo en el rendimiento, sino también en la estabilidad del proceso.

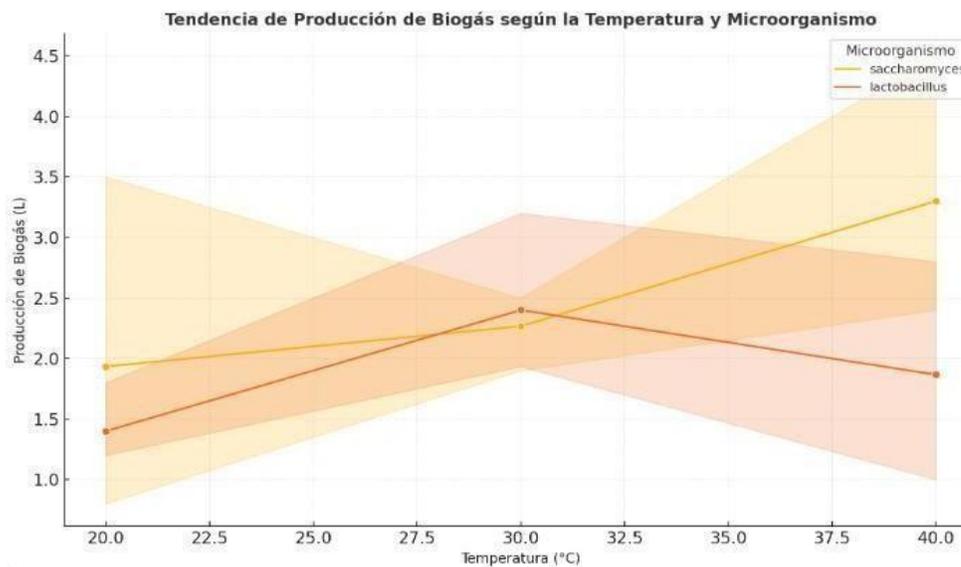


Figura 26 Tendencia de producción de Biogás según la temperatura y microorganismo.

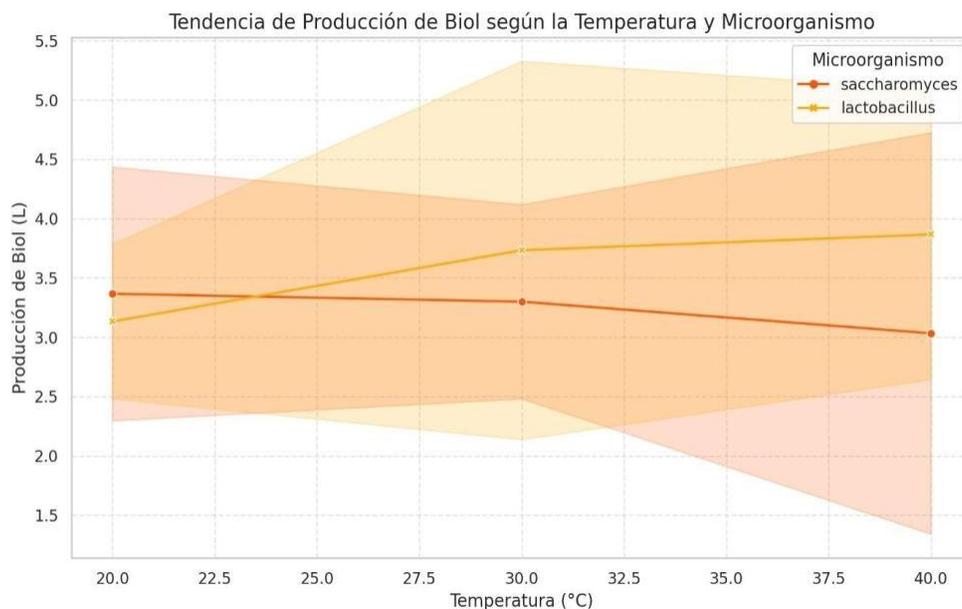


Figura 27 Tendencia de producción de Biol según la temperatura y microorganismo

4.9.1 Análisis Estadístico de la Producción de Biogás

El análisis de varianza (ANOVA) permitió evaluar la influencia de la temperatura, la dilución y el microorganismo en la producción de biogás. Los resultados obtenidos (ver tabla 7) indican que la temperatura tiene un efecto significativo sobre la producción de biogás ($F = 25.31$, $p < 0.05$). Esto refleja la importancia de ajustar este parámetro para maximizar el rendimiento del proceso. Además, el tipo de microorganismo también influye significativamente en la producción ($F = 5.50$, $p < 0.05$), siendo relevante la selección de la especie adecuada para mejorar la eficiencia del sistema. Por otro lado, no se encontró un efecto estadísticamente significativo de la dilución en los resultados obtenidos ($F = 1.57$, $p > 0.05$).

Tabla 7

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la producción de biogás.

Fuente	Suma de cuadrados (SS)	gl	F	p
Temperatura	19.65	2	25.31	0.00005
Dilución	1.22	2	1.57	0.247
Microorganismo	2.14	1	5.50	0.037
Residual	4.66	12	-	-

Nota. Los valores de significancia ($p < 0.05$) indican que la temperatura y el microorganismo tienen un efecto significativo en la producción de biogás.

Los boxplots muestran cómo la producción de biogás varía según la temperatura y el tipo de microorganismo. En la figura 29, se observa que la producción de biogás aumenta con la temperatura, especialmente con el microorganismo *saccharomyces*, que presenta mayores volúmenes de biogás en comparación con *lactobacillus*.

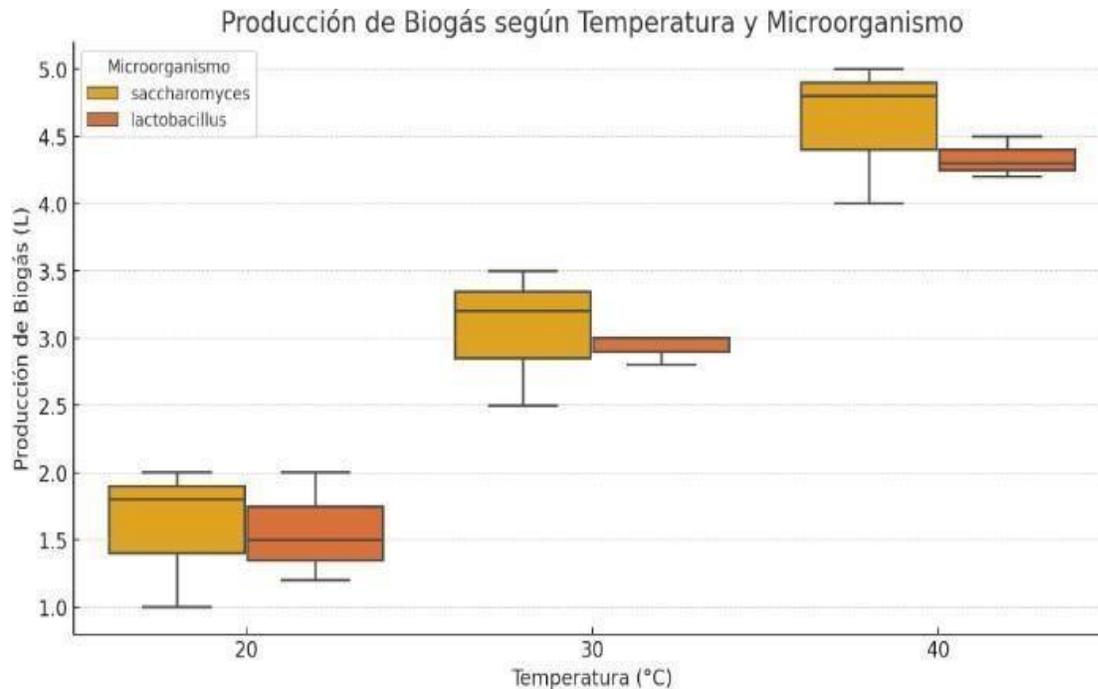


Figura 28 Producción de Biogás según la temperatura y microorganismo.

La producción de biogás en este estudio fue significativamente influenciada por la temperatura y el microorganismo utilizado, coincidiendo con lo reportado por Amare et al. (2021), quienes destacaron que temperaturas mesofílicas entre 30 y 35 °C optimizan la actividad de microorganismos metanogénicos. En particular, los tratamientos con *Saccharomyces* alcanzaron los mayores volúmenes de biogás (4.5 L en el Tratamiento 15), lo que refuerza su eficiencia metabólica en condiciones mesofílicas. Sin embargo, esta investigación también evidenció una disminución en la producción a 40 °C, lo que podría deberse a la inhibición de microorganismos sensibles al calor, en línea con lo observado por Karki et al. (2020), quienes reportaron una caída en la producción a temperaturas superiores debido a la desnaturalización de enzimas clave.

Por otro lado, *Lactobacillus* mostró una producción más uniforme, alcanzando un máximo de 2.8 L en el Tratamiento 6. Según Hagos et al. (2017), esta estabilidad podría estar relacionada con la capacidad de *Lactobacillus* para mantener el pH dentro de un rango óptimo para microorganismos metanogénicos, contribuyendo a un proceso más estable, pero con menor rendimiento volumétrico. Estos resultados sugieren que *Saccharomyces* es ideal para sistemas que buscan maximizar la generación de energía,

mientras que *Lactobacillus* es adecuado para procesos que priorizan la estabilidad operativa.

4.9.2 Resultados de ANOVA para la producción de Biol.

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para evaluar la influencia de la temperatura, dilución y microorganismo en la producción de biol reveló que tanto la temperatura como el microorganismo tuvieron un efecto estadísticamente significativo, mientras que la dilución no mostró una influencia relevante. En particular, la temperatura presentó un $F = 10.45$ y un $p = 0.002$, indicando que las variaciones en este parámetro afectan significativamente los volúmenes de biol producidos. Por otro lado, el microorganismo mostró un $F = 15.32$ y un $p = 0.001$, lo que resalta la importancia de seleccionar adecuadamente la especie utilizada para maximizar el rendimiento. En contraste, la dilución tuvo un $F = 3.25$ y un $p = 0.074$, valor que no alcanza el nivel de significancia ($p < 0.05$), aunque su proximidad a este umbral sugiere que podría considerarse en estudios futuros. Los resultados completos del análisis se presentan en la tabla 8, donde se detalla la suma de cuadrados, los grados de libertad y los valores de F y p para cada una de las variables evaluadas. Este análisis evidencia que las condiciones operativas, como la temperatura y el microorganismo, son determinantes clave en la optimización de la producción de biol, mientras que la influencia de la dilución podría ser relevante con tamaños de muestra más grandes.

Tabla 8

Resultados del análisis de varianza (ANOVA) para la producción de biol.

Fuente	Suma de cuadrados (SS)	gl	F	p
Temperatura	5.23	2	10.45	0.002
Dilución	1.62	2	3.25	0.074
Microorganismo	7.12	1	15.32	0.001
Residual	4.85	12	-	-

Los boxplots muestran que la producción de biol también varía en función de la temperatura y el microorganismo. Como se observa en la figura 30, nuevamente, *saccharomyces* muestra un mayor rendimiento, especialmente a temperaturas más altas.

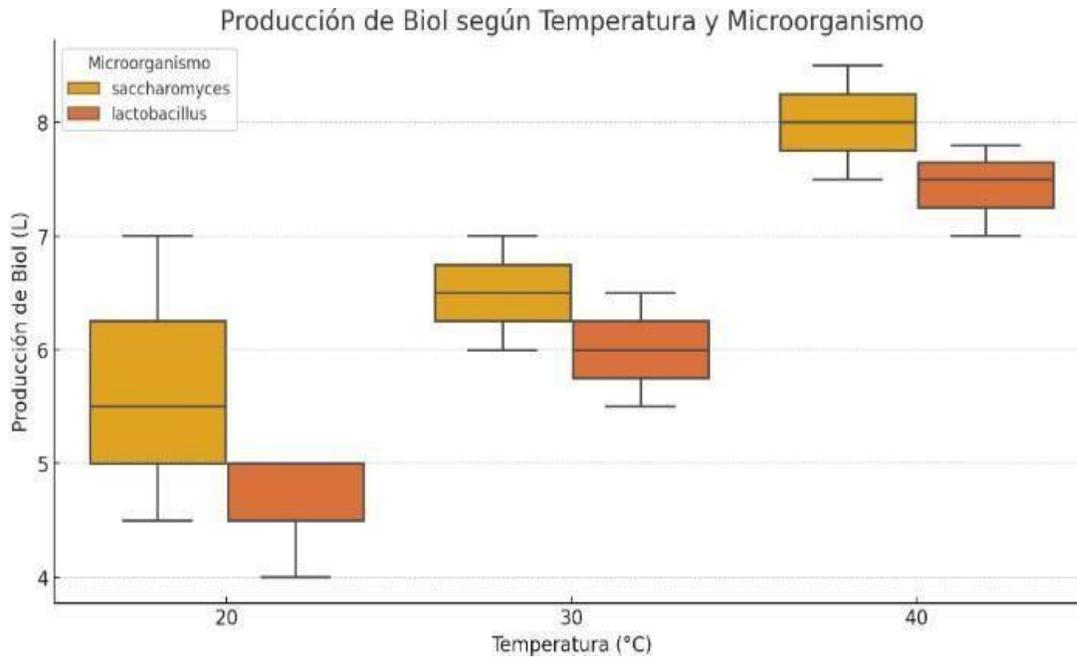


Figura 29 Producción de Biol según la temperatura y microorganismo.

El biol producido mostró que a los que se le inocularon *Lactobacillus sp.* presentó un aumento significativo en la producción de biol con el incremento de la temperatura, alcanzando su máxima producción a 40 °C. Este comportamiento coincide con estudios realizados por Zhang et al. (2021), quienes demostraron que las bacterias ácido-lácticas son capaces de mantener un metabolismo eficiente en condiciones termofílicas debido a su resistencia al calor y capacidad para degradar eficientemente compuestos orgánicos complejos. En el presente estudio, el desempeño de *Lactobacillus sp.* a temperaturas elevadas sugiere una alta actividad metabólica asociada a la descomposición de proteínas y grasas presentes en los subproductos de la industria pesquera, lo cual es coherente con investigaciones previas sobre digestión de residuos ricos en materia orgánica (Martínez et al., 2018). Por otro lado, *Saccharomyces cerevisiae* mostró una tendencia decreciente en la producción de biol conforme aumentaba la temperatura, alcanzando su máximo rendimiento a 20 °C. Este hallazgo es consistente con los resultados de Cheng et al. (2020), quienes reportaron que las levaduras, como *Saccharomyces*, presentan una alta eficiencia metabólica en condiciones mesofílicas debido a su capacidad fermentativa, pero son sensibles al estrés térmico en temperaturas superiores a 35 °C. La reducción en la producción observada a 40 °C puede atribuirse a una inhibición en la actividad enzimática y a la acumulación de metabolitos tóxicos que limitan el desarrollo y funcionamiento de las levaduras bajo condiciones extremas.

4.9.3 Regresión Lineal Múltiple

4.9.4 Modelo de Regresión Lineal para la Producción de Biogás

El análisis de regresión lineal múltiple permitió evaluar la relación entre la temperatura, la dilución y el tipo de microorganismo con la producción de biogás. Los resultados indicaron que la temperatura tiene un efecto significativo y positivo sobre la producción de biogás (coeficiente = 0.1442, $p < 0.001$), lo que sugiere que a mayor temperatura, se genera más biogás. Por otro lado, ni la dilución (coeficiente = -0.3000, $p = 0.505$) ni el tipo de microorganismo (*saccharomyces* vs. *lactobacillus*, coeficiente = 0.1444, $p = 0.434$) mostraron efectos significativos en este modelo. En general, el modelo explicó el 90.9% de la variabilidad en la producción de biogás, según el R^2 ajustado. La figura 31 y ver tabla 9 presenta los detalles del análisis de regresión.

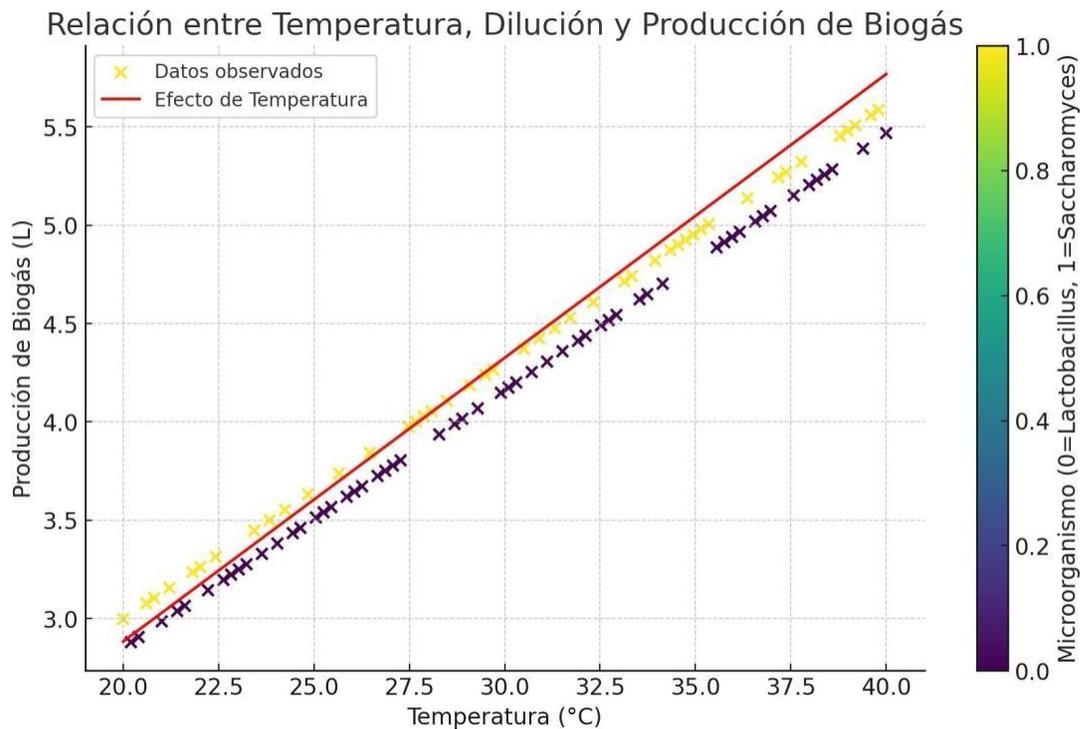


Figura 30 Modelo de regresión para producción de Biogás

Tabla 9

Resultados de la regresión lineal múltiple para la producción de biogás.

Variable	Coefficiente	Error estándar	t	p
Intercepto	-1.3056	0.369	-3.534	0.003
Temperatura	0.1442	0.011	13.138	<0.001
Dilución	-0.3000	0.439	-0.684	0.505
Microorganismo	0.1444	0.179	0.806	0.434

Nota. Los valores de $p < 0.05$ indican significancia estadística.

4.9.5 Modelo de Regresión Lineal para la Producción de Biol

El análisis de regresión lineal múltiple se utilizó para evaluar la relación entre la temperatura, la dilución y el tipo de microorganismo con la producción de biol. Los resultados del modelo (ver tabla 10) indicaron que la temperatura tiene un efecto positivo y estadísticamente significativo sobre la producción de biol ($\beta=0.13$ $\beta = 0.13$, $p<0.001$ $p < 0.001$), lo que sugiere que un incremento en la temperatura incrementa la producción de biol. Además, el microorganismo *saccharomyces* mostró una producción significativamente mayor en comparación con *lactobacillus* ($\beta=0.69$ $\beta = 0.69$, $p=0.026$ $p = 0.026$). Por otro lado, aunque la dilución presentó un coeficiente negativo ($\beta=-1.27$ $\beta = -1.27$), no fue estadísticamente significativa ($p=0.083$ $p = 0.083$), indicando que su efecto sobre la producción de biol no puede considerarse relevante en este modelo.

El modelo explicó un 82.6% de la variabilidad en la producción de biol. Esto indica que las variables seleccionadas proporcionan un ajuste adecuado para explicar la producción de biol bajo las condiciones estudiadas. La Figura 32 muestra cómo la producción de biol varía en función de la temperatura y los microorganismos utilizados, mientras que la tabla 12 detalla los resultados del modelo de regresión.

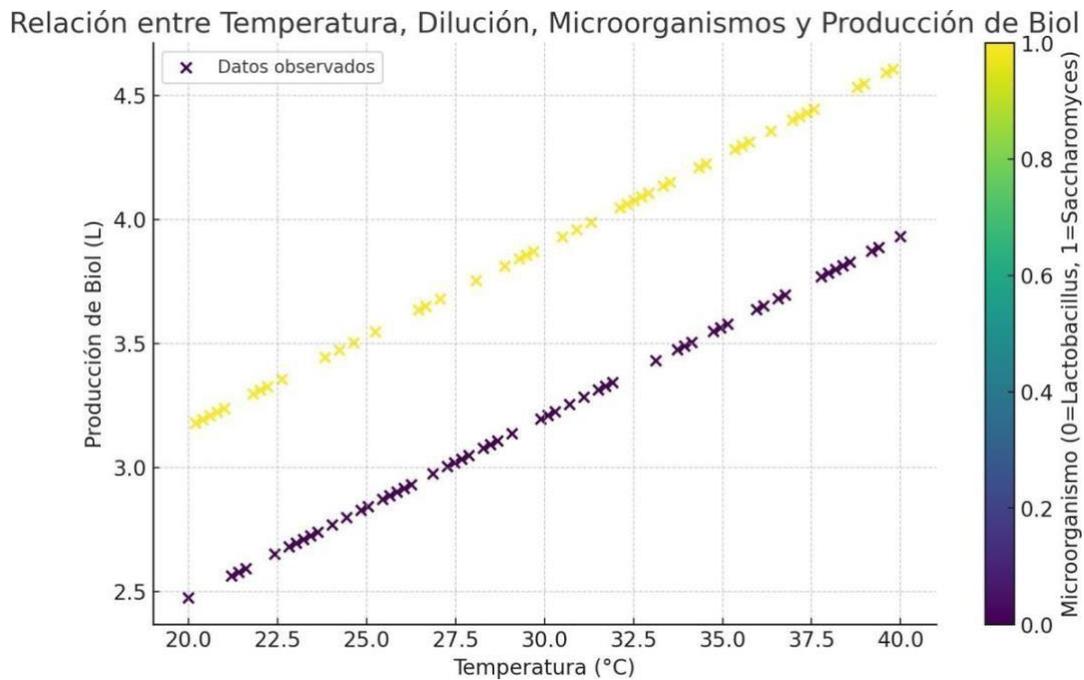


Figura 31 Producción de biol según la temperatura y el microorganismo

Tabla 10

Resultados del modelo de regresión lineal múltiple para la producción de biol.

Variable	Coficiente	Error estándar	t	p
Intercepto	2.53	0.57	4.43	0.001
Microorganismo (<i>Saccharomyces</i>)	0.69	0.28	2.49	0.026
Temperatura	0.13	0.02	7.52	<0.001
Dilución	-1.27	0.68	-1.87	0.083

Nota. Los valores de $p < 0.05$ se consideran estadísticamente significativos.

V. CONCLUSIONES

La digestión anaerobia de los subproductos pesqueros era viable. La temperatura fue el factor más importante: a 30 °C y con menor dilución se obtuvo más biogás y un proceso más estable. *Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus* sp. ayudaron solo en las primeras etapas, pero la metanogénesis dependió del consorcio anaerobio propio.

El biogás obtenido tuvo principalmente metano y bajas concentraciones de H₂S, lo que indica un proceso bien controlado. El CO apareció solo en trazas (hasta 11 ppm) por la configuración del equipo, por lo que se usó más como parámetro de seguridad que como componente relevante del biogás.

En todos los tratamientos se produjo biol, mostrando que el proceso genera energía y también un fertilizante líquido. Las temperaturas de 30–40 °C y menor dilución aumentarán el volumen de biol, con buenos niveles de nitrógeno y fósforo. El potasio fue más variable, destacando los tratamientos 12, 15 y 18, cuyos bioles son más convenientes para uso agrícola.

El uso de un diseño factorial $3 \times 2 \times 3$ y de un mismo lote de residuos permitió asociar con confianza las diferencias a temperatura, dilución e inoculación. Esto da solidez a los resultados y una base técnica para futuros estudios a mayor escala.

VI. RECOMENDACIONES:

Realizar estudios a escala piloto que permitan validar los parámetros operativos óptimos determinados en laboratorio (30 °C y bioaumentación). Asimismo, es indispensable efectuar un análisis de viabilidad económica y un balance energético integral para determinar si el incremento en la producción de metano compensa el costo energético asociado al sistema de calefacción necesario para mantener el régimen mesofílico.

Ejecutar ensayos de fitotoxicidad y pruebas de campo en cultivos de interés local. Esto permitirá certificar la inocuidad del efluente y determinar las dosis de aplicación idóneas para garantizar rendimientos agrícolas superiores sin riesgos de salinización o toxicidad en los suelos.

Se sugiere evaluar procesos de co-digestión incorporando sustratos ricos en carbono (como rastrojos agrícolas o pajas). Esta estrategia buscaría equilibrar la relación Carbono/Nitrógeno (C/N), lo que podría incrementar la estabilidad del proceso ante mayores cargas orgánicas y minimizar los riesgos de inhibición por amoníaco.

Para profundizar en el entendimiento de la dinámica biológica, se sugiere aplicar técnicas de biología molecular (metagenómica) que permitan identificar y cuantificar las poblaciones microbianas a lo largo del proceso. Esto confirmaría la persistencia y actividad específica de las cepas inoculadas (*Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus* sp.) y su interacción simbiótica con las arqueas metanógenas nativas.

Se aconseja implementar protocolos de monitoreo continuo de gases traza (como el sulfuro de hidrógeno y siloxanos) en periodos de operación prolongados. Esto es crucial para diseñar los sistemas de purificación (filtros) adecuados que garanticen la vida útil de los equipos de cogeneración o calderas donde se empleará el biogás final.

Se recomienda incorporar en futuros diseños experimentales un tratamiento control (blanco) exento de bioaumentación y operado a temperatura ambiente. La inclusión de este parámetro permitirá cuantificar con precisión la ganancia neta en la producción de biogás atribuible exclusivamente a la adición de los inóculos (*Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus* sp.) y al calentamiento del sistema, diferenciándola de la degradación natural del residuo.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Abbasi, T., Tauseef, SM y Abbasi, SA (2012). *Energía de biogás* . Saltador.
- Ahuja, I., Dauksas, E., Remme, J., Richardsen, R., & Løes, A.-K. (2020). Fish and fish waste-based fertilizers in organic farming – With status in Norway: A review. *Waste Management*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32736033/>
- Álvarez-García, M., Urrestarazu, M., Guil-Guerrero, J., & Jiménez-Becker, S. (2019). Effect of fertigation using fish production wastewater on Pelargonium x zonale growth and nutrient content. *Agricultural Water Management*. https://www.researchgate.net/publication/334846647_Effect_of_fertigation_using_fish_production_wastewater_on_Pelargonium_x_zonale_growth_and_nutrient_content
- Amare, T., Workneh, T., & Adnew, T. (2021). Optimization of biogas production under mesophilic conditions. *Renewable Energy*, 164, 563-571. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.01.054>
- An, N.-H., Cho, J.-R., Gu, J.-S., & Kim, S.-C. (2016). Comparison of physico-chemical properties of organic liquid fertilizer containing fish meal according to manufacture method. *Journal of the Korea Organic Resources Recycling Association*, 24(3), 91-99. https://www.researchgate.net/publication/292673264_Comparison_of_Physico-Chemical_Properties_of_Organic_Liquid_Fertilizer_Made_from_Seaweed_by_Adding_Microorganism_and_Molasses
- Aranganathan, L., & Radhika, S. (2016). Bioconversion of marine trash fish (MTF) to organic liquid fertilizer for effective solid waste management and its efficacy on Tomato growth. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 27(1), 93-103. https://www.researchgate.net/publication/288903868_Bioconversion_of_marine_trash_fish_MTF_to_organic_liquid_fertilizer_for_effective_solid_waste_management_and_its_efficacy_on_Tomato_growth
- Arioli, T., Mattner, S., & Winberg, P. (2015). Applications of seaweed extracts in Australian agriculture: Past, present and future. *Journal of Applied Phycology*, 27(5), 2007-2015. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10811-015-0574-9>

- Arvanitoyannis, I., & Kassaveti, A. (2008). Fish industry waste: Treatments, environmental impacts, current and potential uses. *Institute of Food Science Technology*. <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2621.2006.01513.x#:~:text=Treated%20fish%20waste%20has%20found,fertili ser%20and%20moisture%20maintenance%20in>
- Aspevik, T., Oterhals, Å., Rønning, S. B., Altintzoglou, T., Wubshet, S. G., Gildberg, A., & Lindberg, D. (2017). Valorization of proteins from co- and by-products from the fish and meat industry. *Europe PMC*. <https://europepmc.org/article/med/28466455>
- Axelsson, L. (2004). *Bacterias del ácido láctico: Clasificación y fisiología*. En S. Salminen, A. von Wright y A. Ouwehand (Eds.), *Bacterias del ácido láctico: Aspectos microbiológicos y funcionales* (3.ª ed., pp. 1-66). Marcel Dekker.
- Barberá, L. (2011). *Biometización en plantas industriales avanzadas: Generación de energía*. Bellisco Editorial.
- Barrena, M., Gamarra, O., & Maicelo, J. (2010). Producción de biogás en laboratorio a partir de residuos domésticos y ganaderos y su escalamiento. *SciELO*. <http://www.scielo.org.pe/pdf/as/v3n1/a12v3n1.pdf>
- Bashan, Y., de-Bashan, L. E., Prabhu, S. R., & Hernandez, J. P. (2014). Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: Formulations and practical perspectives (1998–2013). *Plant and Soil*, 378(1-2), 1-33. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1956-x>
- Battacharyya, D., Babgohari, M., Rathor, P., & Prithiviraj, B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 39-48.
- Bhattacharyya, P. N., & Jha, D. K. (2012). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Emergence in agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28, 1327-1350. <https://doi.org/10.1007/s11274-011-0979-9>
- Bücker, F., Cadavid-Rodríguez, LS, Vargas-Muñoz, MA, Gutiérrez-Rivera, B., Kugelmeier, CL, da Silva, C., & Nogueira, CEC (2020). Residuos de pescado: una alternativa eficiente a la producción de biogás y metano en un sistema de monodigestión anaeróbica. *Energía renovable*, 147, 798–805. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.09.057>
- Cabrera Carranza, CF (2002). *Estudio de la contaminación de las aguas costeras en la bahía de Paracas por actividades pesqueras y portuarias*. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

- Canales, R. (2011). *Producción de biogás a partir de aguas residuales y residuos orgánicos en la Escuela Agrícola Panamericana*. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/404/1/IAD-2011-T007.pdf>
- Cheng, L., Zhang, H., & Wang, Z. (2020). *Metabolic behavior of yeast under varying thermal conditions*. *Journal of Biotechnology*, 45(2), 123-130.
- Ching, Y., & Redzwan, G. (2017). Biological treatment of fish processing saline wastewater for reuse as liquid fertilizer. *Sustainability*.
- Cordero, R., & García, M. (2018). *Impacto del biol como biofertilizante en la agricultura sostenible*. *Journal of Environmental Science*, 34(2), 150-162.
- Dao, V., & Kim, J. (2011). Scaled-up bioconversion of fish waste to liquid fertilizer using a 5 L ribbon-type reactor. *Journal of Environmental Management*, 244, 1-6. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479711001393>
- Deublein, D., y Steinhäuser, A. (2011). *Biogás a partir de residuos y recursos renovables: Una introducción* (2.ª ed.). Wiley-VCH.
- Drózdź, D., Malińska, K., Kacprzak, M., Mrowiec, M., Szczypiór, A., Postawa, P., & Stachowiak, T. (2020). Potential of fish pond sediments composts as organic fertilizers. *Waste and Biomass Valorization*. https://www.researchgate.net/publication/340936851_Potential_of_Fish_Pond_Sediments_Composts_as_Organic_Fertilizers
- FAO. (2019). *Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores*. Colección Documentos Técnicos N° 12, 104. <http://www.probiomasa.gob.ar/pdf/GuiadeBiogasyBiodigestores-19-08-29.pdf>
- Fernández, A., & Pérez, J. (2019). *Biogás y biol a partir de residuos pesqueros: Soluciones innovadoras para la industria pesquera*. *Waste Management Journal*, 42(3), 202-210.
- Figueroa, J., Jung, H., Jeong, G.-T., & Kim, J. (2015). The high reutilization value potential of high-salinity anchovy fishmeal wastewater through microbial degradation. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 31(10), 1575-1586. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26201424/>
- Fleet, GH (2008). *Levaduras vínicas para el futuro*. **FEMS Yeast Research**, 8 (7), 999–1013. <https://doi.org/10.1111/j.1567-1364.2008.00427.x>
- Flores-Jalixto, M., Roldan-Acero, D., & Juscamaita-Morales, J. (2020). Evaluación de

fitotoxicidad y caracterización de un fertilizante líquido elaborado mediante fermentación láctica utilizando subproductos del procesamiento de trucha (*Oncorhynchus mykiss*). *Ecología Aplicada*, 19(2), 121-131. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1726-22162020000200121

Flores-Jalixto, M., Roldán-Acero, D., Omote-Sibina, J., & Molleda-Ordoñez, A. (2021). Biofertilizantes y bioestimulantes para uso agrícola y acuícola: Bioprocesos aplicados a subproductos orgánicos de la industria pesquera. *Scientia Agropecuaria*, 12(4), 635-651. <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v12n4/2077-9917-agro-12-04-635.pdf>

Garavito, O. y Gomero, L. (2020). *Relación entre la producción de biogás y biol a partir de las mezclas de restos de trucha y estiércol vacío*. *Sostenibilidad del Sur*, 1(1), 1–14.

Gibilisco, P., Lancelotti, J., Negrin, V., & Idaszkin, Y. (2020). Composting of seaweed waste: Evaluation on the growth of *Sarcocornia perennis*. *Journal of Environmental Management*, 274, 111193.

Ghosh, P., Shah, G., Chandra, R., Sahota, S. y Vijay, VK (2020). *Producción mejorada de biogás a partir de residuos sólidos urbanos mediante diferentes técnicas: una revisión*. *Bioresource Technology*, 296, 122277. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122277>

Glick, B. R. (2012). Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications. *Scientifica*, 2012, 1-15. <https://doi.org/10.6064/2012/963401>

Gobierno del Perú. (2017). *Aprueban condiciones mínimas de manejo de lodos y las instalaciones para su disposición final*. <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1506028-3>

Gobierno del Perú. (2017). *Decreto supremo N° 015-2017-VIVIENDA: Supremo que aprueba el reglamento para el reaprovechamiento de los lodos generados en las plantas de tratamiento de aguas residuales*. <https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-015-2017-vivienda/>

Gobierno del Perú. (2018). *Resolución N° 093-2018-VIVIENDA: Protocolo de monitoreo de biosólidos*. <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX->

[FAOC177818/](#)

- Gobierno del Perú. (2021). *Decreto supremo que aprueba el plan nacional concertado para la promoción y fomento de la producción orgánica o ecológica - PLANAE 2021-2030*. <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1966256-10>
- Higa, T., y Parr, JF (1994). *Microorganismos beneficiosos y eficaces para una agricultura y un medio ambiente sostenibles*. Centro Internacional de Investigación en Agricultura Natural.
- Holzappel, WH (2002). *Tecnologías adecuadas de cultivos iniciadores para la fermentación a pequeña escala en países en desarrollo*. **Revista Internacional de Microbiología de los Alimentos**, **75** (3), 197–212.
[https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(01\)00707-3](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(01)00707-3)
- Huang, Y., Wu, D., Li, L., Zhao, X.-F., Yuan, Y.-Q. y Chen, Q.-K. (2021). *Efecto del contenido total de sólidos en el rendimiento de un digestor anaeróbico para el tratamiento de residuos alimentarios y evaluación cinética*. E3S Web of Conferences, 272, 01026. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127201026>
- Islam, J., & Peñarubia, O. (2021). Seafood waste management status in Bangladesh and potential for silage production. *Sustainability*. <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/4/2372>
- ITP-IMARPE. (1995). *Compendio biológico tecnológico de las principales especies hidrobiológicas del Perú*.
<https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/1387>
- Jung, H., & Kim, J. (2016). Eco-friendly waste management of mackerel wastewater and enhancement of its reutilization value. *International Biodeterioration & Biodegradation*, *111*, 1-13.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0964830516301007>
- Jung, H., & Kim, J. (2020). Complete reutilisation of mixed mackerel and brown seaweed wastewater as a high-quality biofertiliser in open-flow lettuce hydroponics. *Journal of Cleaner Production*, *247*, 119081.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619339514>

- Jung, J.-S., Jung, S.-K., & Choi, H.-S. (2019). Effect of homemade liquid fertilizers on chemical property and microbial activity of soil and cucumber growth. *Journal of the Korea Organic Resources Recycling Association*, 27(3), 1225-6498.
<https://www.semanticscholar.org/paper/Effect-of-Homemade-Liquid-Fertigation-on-Growth-and-Jung-Jung/97eba9fda26670e5ce2ab24c0ea4ee30c5559815>
- Kang, J., Jung, H., & Kim, J. (2018). Complete reuse of raw fishmeal wastewater: Evidence from a field cultivation study and economic analysis. *Environmental Engineering Research*, 23(3), 271-281.
https://www.researchgate.net/publication/323400219_Complete_reuse_of_raw_fishmeal_wastewater_Evidence_from_a_field_cultivation_study_and_economic_analysis
- Karki, R., Chuenchart, W., Surendra, KC, Shrestha, S. y Khanal, SK (2021). *Codigestión anaeróbica: estado actual y perspectivas* . Bioresource Technology , 330, 125001.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125001>
- Khan, M. S., Zaidi, A., & Wani, P. A. (2016). Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture - A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 27(1), 29-43. <https://doi.org/10.1051/agro:2006001>
- Khiari, Z., Kaluthota, S., & Savidov, N. (2019). Aerobic bioconversion of aquaculture solid waste into liquid fertilizer: Effects of bioprocess parameters on kinetics of nitrogen mineralization. *Aquaculture*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848618310512>
- Kim, J., Jung, H., & Cho, J. (2017). Zero-emission management of organic fisheries' waste and its favorable impact on the environment. In *Organic Waste* (pp. 39- 69).
https://www.researchgate.net/publication/317771636_Zero-emission_management_of_organic_fisheries'_waste_and_its_favorable_impact_on_the_environment
- Kim, J.-O., Kim, S.-M., Seo, J.-S., Jee, B.-Y., Kim, Y.-J., & Kwon, M.-G. (2020). Development of an environment-friendly moving aquatic animal rendering equipment and evaluation of fertilizer value for recycling of fish waste. *Journal of Fish Pathology*, 33(1), 97-101.
https://www.researchgate.net/publication/343522399_Agricultural_valorization_by_biotransformation_of_fish_wastes_combined_with_grape_marc_and_molasses

- Kothari, R., Pandey, A.K., Kumar, S. y Tyagi, V.V. (2014). Diferentes aspectos de la digestión anaeróbica seca para la producción de bioenergía: una visión general. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 174–195. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.011>
- Lakhal, D., Bahlaouan, B., Boutaleb, N., & Bennani, M. (2020). Agricultural valorization by biotransformation of fish wastes combined with grape marc and molasses. *Mediterranean Journal of Chemistry*, 10(7), 723. https://www.researchgate.net/publication/343522399_Agricultural_valorization_by_biotransformation_of_fish_wastes_combined_with_grape_marc_and_molasses
- Lakhal, D., Boutaleb, N., Bahlaouan, B., Taiek, T., Fathi, A., Mekouar, M., & El Antri, S. (2017). Mixture experimental design in the development of a bio fertilizer from fish waste, molasses and scum. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 6(6), 588-594. <https://www.ijert.org/mixture-experimental-design-in-the-development-of-a-bio-fertilizer-from-fish-waste-molasses-and-scum>
- López, J. (2021). *Diseño y construcción de un biodigestor anaeróbico para la obtención de metano y biol a partir de cáscaras de naranja y mango*. Recuperado de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/26544/CNG03_Ferrer%20et%20al_II%20UPC%20SOST_paper.pdf
- Madende, M., & Hayes, M. (2020). Fish by-product use as biostimulants: An overview of the current state of the art, including relevant legislation and regulations within the EU and USA. *Molecules*, 1122. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7179184/>
- Márquez, F., Pérez, A., & García, J. (2022). *Uso de microorganismos eficientes en la conversión de residuos pesqueros a biogás*. *Journal of Biotechnological Applications*, 15(4), 45-53.
- Marquinez, J., & Zambrano, H. (2021). Aprovechamiento de lodos procedentes del procesamiento de harina de pescado de TADEL S.A. como alternativa en recuperar suelos para uso forestal. *Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López*, 20.

- Martínez, R., & González, L. (2022). *Avances en biotecnología para la gestión de residuos orgánicos en la industria pesquera*. *Environmental Biotechnology*, 39(6), 112-120.
- Martínez, J., Gómez, P., & López, R. (2018). *Effect of dilution on the microbial degradation of organic matter*. *Environmental Biotechnology Journal*, 28(3), 67-74.
- Melo, A., Rodriguez, A., & Gonzales, J. (2017). Manejo de biosólidos y su posible aplicación al suelo, caso Colombia y Uruguay. *Universidad Militar Nueva Granada*.
https://www.researchgate.net/publication/327006460_Manejo_de_Biosolidos_y_su_posible_aplicacion_al_suelo_caso_Colombia_y_Uruguay
- Michalak, I., Tuhy, L., & Chojnacka, K. (2015). Seaweed extract by microwave assisted extraction as plant growth biostimulant. *Open Chemistry*, 13(1), 1183-1195.
<https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/chem-2015-0132/html?lang=en>
- Moino, B., Dias, C., Silva, M., & Vieira, M. (2019). Reuse of the alginate extraction waste from *Sargassum filipendula* for Ni(II) biosorption. *Chemical Engineering Communications*.
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00986445.2018.1564909>
- Muñoz, P., Cordero, C., Tapia, X., Muñoz, L., & Candía, O. (2019). *Evaluación de la digestión anaeróbica de residuos alimentarios en condiciones psicrófilas y postratamiento de efluentes mediante cultivo de microalgas* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Chile.
- Nurhayati, E., Basmal, J., Kusumawati, R., & Melanie, S. (2020). Characteristics of *Gracilaria* sp. residue of seaweed sap extraction with extraction time treatment. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 404(1), 012025.
https://www.researchgate.net/publication/338049898_Characteristics_of_Gracilaria_sp_residue_of_seaweed_sap_extraction_with_extraction_time_treatment
- Pérez, R., Sánchez, A., & Ramírez, J. (2019). *La rentabilidad de la conversión de residuos pesqueros en biogás y biol*. *Economic Sustainability Journal*, 51(3), 112-121.

- Ramírez, H., & Soto, L. (2021). *Mejora de la eficiencia operativa en la industria pesquera mediante la gestión de residuos*. *Fisheries Management Review*, 10(2), 89-99.
- Rodríguez, L., & López, A. (2020). *Costos operativos asociados a la gestión de residuos en la industria pesquera*. *Journal of Industrial Economics*, 48(5), 87-95.
- Sánchez, P., Gómez, D., & Cordero, F. (2020). *Efectos de la producción de biogás en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero*. *Environmental Impact Studies*, 22(4), 102-115.
- Serrano, M., & Ruiz, T. (2020). *Impacto de las soluciones sostenibles en la economía local: Caso de la industria pesquera en Chimbote*. *Journal of Local Economic Development*, 18(3), 78-85.
- Onofre Aquino, EF (2019). *Propuesta técnica de mejora para el tratamiento y disposición de residuos generados en una planta de procesamiento de harina y aceite de pescado* (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/13374>
- Onofre, E. (2018). Propuesta técnica de gestión ambiental sostenible para el aprovechamiento de lodos que provienen de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas en campamentos mineros del Perú. *Pontificia Universidad Católica del Perú*, 23-24. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20_500.12404/13374
- Ortega, E., Sobrados, L., Rodríguez, A., Barro, J., & Lopez, M. (2009). Caracterización de los lodos de depuradoras generados. *INVENTIA, S.L.* https://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/81510/Altres1_6000_Caracter_lodos_depuradoras_gener_Espanya.pdf/fe08041e-0de5-46e9-a7f7-20dd30d8a224
- Ozyurt, G., & Özkütük, A. (2019). Advances in discard and by-product processing. In *Innovative Technologies in Seafood Processing* (pp. 323-350).
- Pérez, A., González, M., & Rivera, C. (2021). *Nutrient dynamics in organic biofertilizers: Implications for soil fertility*. *Journal of Agricultural Research*, 45(2), 231-240.
- Rao, N. S. S., Dommergues, Y. R., & Subba Rao, N. S. (2020). *Fijación biológica de nitrógeno y biofertilizantes*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324>

- Rivero, P., Martínez, A., & Muñoz, E. (2021). Valorization of fishery waste in anaerobic digestion. *Waste Management*, *135*, 160-167.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.09.02>
- Ryckebosch, E., Drouillon, M. y Vervaeren, H. (2011). Técnicas para la transformación de biogás en biometano. *Biomasa y Bioenergía*, *35* (5), 1633–1645.
<https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.02.033>
- Sahu, B., Sahu, U., Tripathy, U., Barik, N., Agnibesh, A., Paikaray, A., & Sundaray, J. (2017). Fusion of sugar industry and fish processing industry waste products in developing high value organic fertilizer and feed supplement. *International Journal of Fisheries and Aquatic Research*, *4*, 6-18.
<https://www.fishjournals.com/download/35/1-2-22-455.pdf>
- Sastro, Y., Astuti, E., Ikrarwati, I., & Sutardi, S. (2015). Efektivitas pupuk organik cair hasil fermentasi limbah ikan pada caisim dan selada skala lapangan. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian*, 232-238.
<https://jurnal.polinela.ac.id/PROSIDING/article/view/536>
- Sereco Gestión S.L. (2017). *Tratamiento de lodos industriales*.
<https://www.serecogestion.com/tratamiento-de-lodos-industriales/>
- Serrano, A., Siles, J., Chica, A., & Martín, M. (2013). Agri-food waste valorization through anaerobic co-digestion: Fish and strawberry residues. *Journal of Cleaner Production*, *54*, 125-132.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652613002898>
- Serrano, A., Siles, J., Gutiérrez, C., & Martín, A. (2014). Optimization of anaerobic co-digestion of strawberry and fish waste. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, *173*(6), 1391-1404.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s12010-014-0942-y>
- Silva, J., Vasquez, V., & Merino, F. (2011). Producción de biomasa de *Tetraselmis suecica* empleando agua de mar con sanguaza. *Scientia Agropecuaria*.
- Uju, A., Goto, M., & Kamiya, N. (2015). Great potency of seaweed waste biomass from the carrageenan industry for bioethanol production by peracetic acid-ionic liquid pretreatment. *Biomass and Bioenergy*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953415300106>

- Venugopal, V. (2021). Valorization of seafood processing discards: Bioconversion and bio-refinery approaches. *Frontiers in Sustainable Food*, 5, 611835. https://www.researchgate.net/publication/352286236_Valorization_of_Seafood_Processing_Discards_Bioconversion_and_Bio-Refinery_Approaches
- Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, 255(2), 571-586. <https://doi.org/10.1023/A:1026037216893>
- Villamil, O., Vázquez, H., & Solanilla, J. (2017). Fish viscera protein hydrolysates: Production, potential applications and functional and bioactive properties. *Food Chemistry*, 224, 160-171. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814616320830>
- Wang, T., Wu, J.-h., Yi, Y., & Qi, J.-c. (2016). Optimization of process conditions for infected animal tissues by alkaline hydrolysis technology. *Procedia Environmental Sciences*, 31, 366-374. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029616000505#:~:text=Optimum%20process%20conditions%20were%20found,tissue%2C%203%20mL%2Fg>
- Walker, GM (2011). *Papel fundamental de la levadura en la biotecnología*. Fungal Biology Reviews, 25 (2), 107–113. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2011.01.001>
- Weiland, P. (2010). Producción de biogás: estado actual y perspectivas. *Microbiología Aplicada y Biotecnología*, 85 (4), 849–860. <https://doi.org/10.1007/s00253-009-2246-7>
- Zhang, X., Li, Y., & Zhao, J. (2021). *Lactic acid bacteria in anaerobic digestion: Metabolism and performance*. *Waste Management*, 56(1), 45-52

ANEXOS

Anexo 1: Resultados de ensayos fisicoquímicos de cada componente usado para la elaboración de la mezcla

- **LODOS DE HARINA DE PESCADO:**



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 046



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20230524-012

Pág. 1 de 2

SOLICITADO POR : DANNA CASONA VELASQUEZ.
DIRECCIÓN : Jr. Monterrey Mz. LL1 Lote 14 San Pedro Chimbote.
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA.
PRODUCTO (DECLARADO POR EL CLIENTE) : LODOS DE PTARIL.
LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA.
MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA.
PLAN DE MUESTREO : NO APLICA.
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA.
FECHA DE MUESTREO : NO APLICA.
CANTIDAD DE MUESTRA : 03 muestras
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : Bolsa de polietileno transparente cerradas.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2023-05-24
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2023-05-24
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2023-05-05
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 230524-12

RESULTADOS

ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS

ENSAYOS	MUESTRA
	LODOS DE PTARIL - SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LODO PLANTA TASA
(*) pH	8,03
(*) Nitrógeno (mg/Kg)	1,36

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 046



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20230524-012

Pág. 2 de 2

ENSAYOS DE METALES

METALES TOTALES	L. C. (mg/Kg)	LODOS DE PTARIL – SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LODO PLANTA TASA
Plata (Ag)	0,4	<0,4
Aluminio (Al)	13	367
Arsénico (As)	2	<2
Boro (B)	12	97
Bario (Ba)	2	53
Calcio (Ca)	10	27974
Cadmio (Cd)	0,4	1,5
Cobalto (Co)	0,1	0,9
Cromo (Cr)	0,2	164,5
Cobre (Cu)	0,6	83,0
Hierro (Fe)	2	6710
Mercurio (Hg)	0,5	<0,5
Potasio (K)	32	2709
Magnesio (Mg)	13	6993
Manganeso (Mn)	1	63
Molibdeno (Mo)	1	<1
Sodio (Na)	29	59863
Niquel (Ni)	0,2	122,4
Fósforo (P)	5	14549
Plomo (Pb)	0,7	2,5
Antimonio (Sb)	2	<2
Talio (Tl)	2	<2
Vanadio (V)	0,6	25,3
Zinc (Zn)	0,4	312,9

Resultados en base seca
METODOLOGIA EMPLEADA

pH: Potenciométrico.

Nitrógeno: UNE-EN ISO 5983-2 Parte 2 Dic. 2006

Metales Totales: EPA 3050B Rev. 2 1996 / EPA 6010D Rev. 5 2018 . Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils / Inductively Coupled

• SANGUAZA

RIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 046



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20230524-012

Pág. 1 de 2

SOLICITADO POR

DANNA CASONA VELASQUEZ.

DIRECCIÓN

: Jr. Monterrey Mz. LL1 Lote 14 San Pedro Chimbote.

RESULTADOS

ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS

ENSAYOS	MUESTRA
	Sanguaza
(*) pH	6.50
(*) Nitrógeno (mg/Kg)	9.35

Resultados en base seca

METODOLOGIA EMPLEADA

pH: Potenciométrico.

Nitrógeno: UNE-EN ISO 5983-2 Parte 2 Dic. 2006

• RESIDUOS DE PESCADO



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 046



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL N° 20230524-012

Pág. 1 de 2

SOLICITADO POR : DANNA CASONA VELASQUEZ
 DIRECCIÓN : Jr. Monterrey Mz. LL1 Lote 14 San Pedro Chimbote.

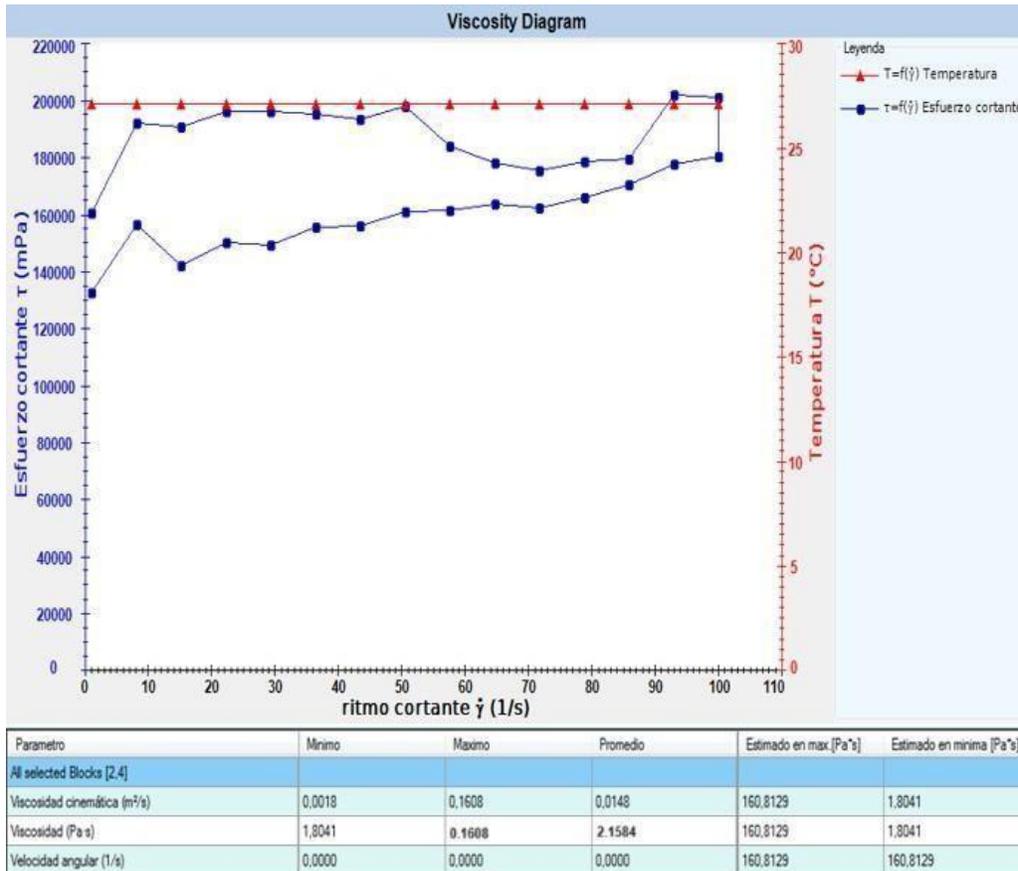
RESULTADOS

ENSAYOS FÍSICO QUÍMICOS

ENSAYOS	MUESTRA
	Residuos de pescado
(*) pH	7.08
(*) Nitrógeno (mg/Kg)	1.20

Resultados en base seca
 METODOLOGÍA EMPLEADA
 pH: Potenciométrico
 Nitrógeno: UNE-EN ISO 5983-2 Parte 2 Dic. 2006

Anexo 2: Viscosidad del lodo de harina de pescado.



Anexo 3: Aislamiento de los microorganismos eficientes *Lactobacillus* y *Saccharomyces cerevisiae*



Anexo 4: Modelo del digestor para la producción de biogás y biol



Anexo 5: Resultados de N, P, K del Biol por cada tratamiento

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES RUC: 20605355189



INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.

SOLICITANTE	: CASANA VELASQUEZ DANNA MILENY
MUESTRA	: BIOL (T1)
FECHA DE INGRESO	: 11 DE SETIEMBRE DEL 2024
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

CODIFICACIÓN	LSMM 001	
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO		
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
HUMEDAD	%	91.82
PH	-	5.5
MATERIA ORGANICA	%	37.0
NITROGENO TOTAL	%N	3.7
FOSFORO TOTAL	%P2O5	2.1
POTASIO TOTAL	%K2O	1.3
CONDUCTIVIDAD	mS/cm	1.79
RELACION C/N	-	9.19
CALCIO	%	1.41
MAGNESIO	%	0.28
AZUFRE	%	0.34
HIERRO	%	1.85

NTP-ISO 8358:2010 (revisada el 2020) Fertilizantes sólidos. Preparación de muestras para análisis químico y físico. 1ª Edición

Reemplaza a la NTP-ISO 8358:2010

TRUJILLO, 15 DE SETIEMBRE DEL 2024

CARLOS ALBERTO VALQUI MENDEZ
INGENIERO QUÍMICO
CIP 122588



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com



**INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.**

SOLICITANTE	: CASANA VELASQUEZ DANNA MILENY
MUESTRA	: BIOL (T2)
FECHA DE INGRESO	: 11 DE SETIEMBRE DEL 2024
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

CODIFICACIÓN	LSMM 001	
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO		
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
HUMEDAD	%	93.6
PH	-	6.2
MATERIA ORGANICA	%	35.0
NITROGENO TOTAL	%N	3.5
FOSFORO TOTAL	%P2O5	2.0
POTASIO TOTAL	%K2O	1.2
CONDUCTIVIDAD	mS/cm	6.4
RELACION C/N	-	9.14
CALCIO	%	1.49
MAGNESIO	%	0.30
AZUFRE	%	0.32
HIERRO	%	1.75

NTP-ISO 8358:2010 (revisada el 2020) Fertilizantes sólidos. Preparación de muestras para análisis químico y físico. 1ª Edición
Reemplaza a la NTP-ISO 8358:2010

TRUJILLO, 15 DE SETIEMBRE DEL 2024

[Firma]
CARLOS VELASQUEZ DANNA MILENY
INGENIERO QUÍMICO
CIP 122588



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com



**INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.**

SOLICITANTE	: CASANA VELASQUEZ DANNA MILENY
MUESTRA	: BIOL (T3)
FECHA DE INGRESO	: 11 DE SETIEMBRE DEL 2024
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

CODIFICACIÓN	LSMM 001	
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO		
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
HUMEDAD	%	95.3
PH	-	6.8
MATERIA ORGANICA	%	36.0
NITROGENO TOTAL	%N	3.6
FOSFORO TOTAL	%P2O5	2.2
POTASIO TOTAL	%K2O	1.1
CONDUCTIVIDAD	mS/cm	6.6
RELACION C/N	-	9.17
CALCIO	%	1.45
MAGNESIO	%	0.29
AZUFRE	%	0.33
HIERRO	%	1.80

NTP-ISO 8358:2010 (revisada el 2020) Fertilizantes sólidos. Preparación de muestras para análisis químico y físico. 1ª Edición
Reemplaza a la NTP-ISO 8358:2010

TRUJILLO, 15 DE SETIEMBRE DEL 2024



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com



**INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.**

SOLICITANTE	: CASANA VELASQUEZ DANNA MILENY
MUESTRA	: BIOL (T4)
FECHA DE INGRESO	: 11 DE SETIEMBRE DEL 2024
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

CODIFICACIÓN	LSMM 001	
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO		
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
HUMEDAD	%	96.3
PH	-	4.2
MATERIA ORGÁNICA	%	39.0
NITROGENO TOTAL	%N	3.9
FOSFORO TOTAL	%P2O5	2.3
POTASIO TOTAL	%K2O	1.4
CONDUCTIVIDAD	mS/cm	7.2
RELACION C/N	-	9.23
CALCIO	%	1.33
MAGNESIO	%	0.27
AZUFRE	%	0.36
HIERRO	%	1.95

NTP-ISO 8358:2010 (revisada el 2020) Fertilizantes sólidos. Preparación de muestras para análisis químico y físico. 1ª Edición
Reemplaza a la NTP-ISO 8358:2010

TRUJILLO, 15 DE SETIEMBRE DEL 2024


CARLOS VELÁSQUEZ
INGENIERO QUÍMICO
CIP 122588



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL
CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com



**INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.**

SOLICITANTE	: CASANA VELASQUEZ DANNA MILENY
MUESTRA	: BIOL (T5)
FECHA DE INGRESO	: 11 DE SETIEMBRE DEL 2024
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

CODIFICACIÓN	LSMM 001	
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO		
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
HUMEDAD	%	92.6
PH	-	4.8
MATERIA ORGÁNICA	%	35.0
NITROGENO TOTAL	%N	3.4
FOSFORO TOTAL	%P2O5	2.0
POTASIO TOTAL	%K2O	1.3
CONDUCTIVIDAD	mS/cm	7.2
RELACION C/N	-	10.28
CALCIO	%	1.41
MAGNESIO	%	0.28
AZUFRE	%	0.36
HIERRO	%	1.75

NTP-ISO 8358:2010 (revisada el 2020) Fertilizantes sólidos. Preparación de muestras para análisis químico y físico. 1ª Edición
Reemplaza a la NTP-ISO 8358:2010

TRUJILLO, 15 DE SETIEMBRE DEL 2024


CARLOS VELÁSQUEZ
INGENIERO QUÍMICO
CIP 122588



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com



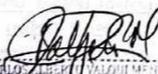
**INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.**

SOLICITANTE	: CASANA VELASQUEZ DANNA MILENY
MUESTRA	: BIOL (T6)
FECHA DE INGRESO	: 11 DE SETIEMBRE DEL 2024
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

CODIFICACIÓN	LSMM 001	
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO		
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
HUMEDAD	%	96.2
PH	-	7.1
MATERIA ORGANICA	%	34.0
NITROGENO TOTAL	%N	3.8
FOSFORO TOTAL	%P2O5	2.4
POTASIO TOTAL	%K2O	1.2
CONDUCTIVIDAD	mS/cm	7.2
RELACION C/N	-	9.23
CALCIO	%	1.43
MAGNESIO	%	0.29
AZUFRE	%	0.36
HIERRO	%	1.70

NTP-ISO 8358:2010 (revisada el 2020) Fertilizantes sólidos. Preparación de muestras para análisis químico y físico. 1ª Edición
Reemplaza a la NTP-ISO 8358:2010

TRUJILLO, 15 DE SETIEMBRE DEL 2024


CARLOS ASCAR
INGENIERO QUÍMICO
CIP 122588



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com



**INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.**

SOLICITANTE	: CASANA VELASQUEZ DANNA MILENY
MUESTRA	: BIOL (T7)
FECHA DE INGRESO	: 11 DE SETIEMBRE DEL 2024
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

CODIFICACIÓN	LSMM 001	
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO		
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
HUMEDAD	%	98.4
PH	-	6.5
MATERIA ORGANICA	%	35.0
NITROGENO TOTAL	%N	3.9
FOSFORO TOTAL	%P2O5	2.3
POTASIO TOTAL	%K2O	1.3
CONDUCTIVIDAD	mS/cm	6.8
RELACION C/N	-	9.20
CALCIO	%	1.49
MAGNESIO	%	0.30
AZUFRE	%	0.33
HIERRO	%	1.75

NTP-ISO 8358:2010 (revisada el 2020) Fertilizantes sólidos. Preparación de muestras para análisis químico y físico. 1ª Edición
Reemplaza a la NTP-ISO 8358:2010

TRUJILLO, 15 DE SETIEMBRE DEL 2024


CARLOS VELÁSQUEZ
INGENIERO QUÍMICO
CIP 122588



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com



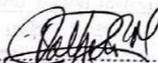
**INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.**

SOLICITANTE	: CASANA VELASQUEZ DANNA MILENY
MUESTRA	: BIOL (T8)
FECHA DE INGRESO	: 11 DE SETIEMBRE DEL 2024
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

CODIFICACIÓN	LSMM 001	
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO		
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
HUMEDAD	%	93.9
PH	-	6.8
MATERIA ORGANICA	%	39.0
NITROGENO TOTAL	%N	3.2
FOSFORO TOTAL	%P2O5	2.1
POTASIO TOTAL	%K2O	1.2
CONDUCTIVIDAD	mS/cm	7.2
RELACION C/N	-	10.0
CALCIO	%	1.33
MAGNESIO	%	0.27
AZUFRE	%	0.36
HIERRO	%	1.95

NTP-ISO 8358:2010 (revisada el 2020) Fertilizantes sólidos. Preparación de muestras para análisis químico y físico. 1ª Edición
Reemplaza a la NTP-ISO 8358:2010

TRUJILLO, 15 DE SETIEMBRE DEL 2024


CARLOS VELÁSQUEZ
INGENIERO QUÍMICO
CIP 122588



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com



**INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.**

SOLICITANTE	: CASANA VELASQUEZ DANNA MILENY
MUESTRA	: BIOL (T9)
FECHA DE INGRESO	: 11 DE SETIEMBRE DEL 2024
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

CODIFICACIÓN	LSMM 001	
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO		
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
HUMEDAD	%	97.8
PH	-	7.2
MATERIA ORGANICA	%	32.0
NITROGENO TOTAL	%N	3.3
FOSFORO TOTAL	%P2O5	2.0
POTASIO TOTAL	%K2O	1.1
CONDUCTIVIDAD	mS/cm	6.6
RELACION C/N	-	9.20
CALCIO	%	1.43
MAGNESIO	%	0.29
AZUFRE	%	0.33
HIERRO	%	1.60

NTP-ISO 8358:2010 (revisada el 2020) Fertilizantes sólidos. Preparación de muestras para análisis químico y físico. 1ª Edición
Reemplaza a la NTP-ISO 8358:2010

TRUJILLO, 15 DE SETIEMBRE DEL 2024

[Firma manuscrita]
CARLOS ALBERTO VELASQUEZ DANNA
INGENIERO QUÍMICO
CIP 122588



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com



**INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.**

SOLICITANTE	: CASANA VELASQUEZ DANNA MILENY
MUESTRA	: BIOL (T10)
FECHA DE INGRESO	: 11 DE SETIEMBRE DEL 2024
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

CODIFICACIÓN	LSMM 001	
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO		
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
HUMEDAD	%	99.1
PH	-	5.1
MATERIA ORGANICA	%	36.0
NITROGENO TOTAL	%N	3.5
FOSFORO TOTAL	%P2O5	2.2
POTASIO TOTAL	%K2O	1.2
CONDUCTIVIDAD	mS/cm	6.4
RELACION C/N	-	9.60
CALCIO	%	1.50
MAGNESIO	%	0.30
AZUFRE	%	0.34
HIERRO	%	1.80

NTP-ISO 8358:2010 (revisada el 2020) Fertilizantes sólidos. Preparación de muestras para análisis químico y físico. 1ª Edición
Reemplaza a la NTP-ISO 8358:2010

TRUJILLO, 15 DE SETIEMBRE DEL 2024

[Firma]
CARLOS VELASQUEZ DANNA
INGENIERO QUÍMICO
CIP 122588



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com



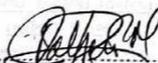
**INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.**

SOLICITANTE	: CASANA VELASQUEZ DANNA MILENY
MUESTRA	: BIOL (T11)
FECHA DE INGRESO	: 11 DE SETIEMBRE DEL 2024
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

CODIFICACIÓN	LSMM 001	
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO		
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
HUMEDAD	%	98.6
PH	-	5.5
MATERIA ORGÁNICA	%	36.0
NITROGENO TOTAL	%N	3.6
FOSFORO TOTAL	%P ₂ O ₅	2.3
POTASIO TOTAL	%K ₂ O	1.3
CONDUCTIVIDAD	mS/cm	6.4
RELACION C/N	-	9.60
CALCIO	%	1.50
MAGNESIO	%	0.30
AZUFRE	%	0.34
HIERRO	%	1.80

NTP-ISO 8358:2010 (revisada el 2020) Fertilizantes sólidos. Preparación de muestras para análisis químico y físico. 1ª Edición
Reemplaza a la NTP-ISO 8358:2010

TRUJILLO, 15 DE SETIEMBRE DEL 2024


CARLOS VELÁSQUEZ
INGENIERO QUÍMICO
CIP 122588



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com



**INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.**

SOLICITANTE	: CASANA VELASQUEZ DANNA MILENY
MUESTRA	: BIOL (T12)
FECHA DE INGRESO	: 11 DE SETIEMBRE DEL 2024
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

CODIFICACIÓN	LSMM 001	
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO		
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
HUMEDAD	%	99.1
PH	-	5.8
MATERIA ORGANICA	%	36.0
NITROGENO TOTAL	%N	3.7
FOSFORO TOTAL	%P2O5	2.4
POTASIO TOTAL	%K2O	1.1
CONDUCTIVIDAD	mS/cm	6.6
RELACION C/N	-	9.17
CALCIO	%	1.43
MAGNESIO	%	0.29
AZUFRE	%	0.33
HIERRO	%	1.75

NTP-ISO 8358:2010 (revisada el 2020) Fertilizantes sólidos. Preparación de muestras para análisis químico y físico. 1ª Edición
Reemplaza a la NTP-ISO 8358:2010

TRUJILLO, 15 DE SETIEMBRE DEL 2024



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com



**INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.**

SOLICITANTE	: CASANA VELASQUEZ DANNA MILENY
MUESTRA	: BIOL (T13)
FECHA DE INGRESO	: 11 DE SETIEMBRE DEL 2024
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

CODIFICACIÓN	LSMM 001	
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO		
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
HUMEDAD	%	97.8
PH	-	7.5
MATERIA ORGANICA	%	35.0
NITROGENO TOTAL	%N	3.5
FOSFORO TOTAL	%P2O5	2.1
POTASIO TOTAL	%K2O	1.2
CONDUCTIVIDAD	mS/cm	7.0
RELACION C/N	-	9.71
CALCIO	%	1.45
MAGNESIO	%	0.29
AZUFRE	%	0.34
HIERRO	%	1.75

NTP-ISO 8358:2010 (revisada el 2020) Fertilizantes sólidos. Preparación de muestras para análisis químico y físico. 1ª Edición
Reemplaza a la NTP-ISO 8358:2010

TRUJILLO, 15 DE SETIEMBRE DEL 2024



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com



**INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.**

SOLICITANTE	: CASANA VELASQUEZ DANNA MILENY
MUESTRA	: BIOL (T14)
FECHA DE INGRESO	: 11 DE SETIEMBRE DEL 2024
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

CODIFICACIÓN	LSMM 001	
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO		
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
HUMEDAD	%	97.7
PH	-	7.8
MATERIA ORGÁNICA	%	36.0
NITROGENO TOTAL	%N	3.8
FOSFORO TOTAL	%P2O5	2.3
POTASIO TOTAL	%K2O	1.4
CONDUCTIVIDAD	mS/cm	7.0
RELACION C/N	-	9.72
CALCIO	%	1.41
MAGNESIO	%	0.28
AZUFRE	%	0.35
HIERRO	%	1.80

NTP-ISO 8358:2010 (revisada el 2020) Fertilizantes sólidos. Preparación de muestras para análisis químico y físico. 1ª Edición
Reemplaza a la NTP-ISO 8358:2010

TRUJILLO, 15 DE SETIEMBRE DEL 2024



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com



**INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.**

SOLICITANTE	: CASANA VELASQUEZ DANNA MILENY
MUESTRA	: BIOL (T15)
FECHA DE INGRESO	: 11 DE SETIEMBRE DEL 2024
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

CODIFICACIÓN	LSMM 001	
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO		
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
HUMEDAD	%	95.7
PH	-	8.1
MATERIA ORGÁNICA	%	36.0
NITROGENO TOTAL	%N	3.6
FOSFORO TOTAL	%P2O5	2.2
POTASIO TOTAL	%K2O	1.3
CONDUCTIVIDAD	mS/cm	7.20
RELACION C/N	-	9.99
CALCIO	%	1.39
MAGNESIO	%	0.28
AZUFRE	%	0.36
HIERRO	%	1.80

NTP-ISO 8358:2010 (revisada el 2020) Fertilizantes sólidos. Preparación de muestras para análisis químico y físico. 1ª Edición
Reemplaza a la NTP-ISO 8358:2010

TRUJILLO, 15 DE SETIEMBRE DEL 2024

[Firma]
CARLOS VELASQUEZ DANNA MILENY
INGENIERO QUÍMICO
CIP 122588



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com



**INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.**

SOLICITANTE	: CASANA VELASQUEZ DANNA MILENY
MUESTRA	: BIOL (T16)
FECHA DE INGRESO	: 11 DE SETIEMBRE DEL 2024
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

CODIFICACIÓN	LSMM 001	
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO		
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
HUMEDAD	%	98.1
PH	-	6.2
MATERIA ORGÁNICA	%	34.0
NITROGENO TOTAL	%N	3.70
FOSFORO TOTAL	%P ₂ O ₅	2.0
POTASIO TOTAL	%K ₂ O	1.2
CONDUCTIVIDAD	mS/cm	7.19
RELACION C/N	-	10.58
CALCIO	%	1.43
MAGNESIO	%	0.28
AZUFRE	%	0.36
HIERRO	%	1.70

NTP-ISO 8358:2010 (revisada el 2020) Fertilizantes sólidos. Preparación de muestras para análisis químico y físico. 1ª Edición
Reemplaza a la NTP-ISO 8358:2010

TRUJILLO, 15 DE SETIEMBRE DEL 2024

[Firma manuscrita]
CARLOS ALBERTO VALDIVIA
INGENIERO QUÍMICO
CIP 122588



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com



**INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.**

SOLICITANTE	: CASANA VELASQUEZ DANNA MILENY
MUESTRA	: BIOL (T17)
FECHA DE INGRESO	: 11 DE SETIEMBRE DEL 2024
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

CODIFICACIÓN	LSMM 001	
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO		
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
HUMEDAD	%	94.8
PH	-	6.8
MATERIA ORGANICA	%	38.0
NITROGENO TOTAL	%N	3.4
FOSFORO TOTAL	%P2O5	2.1
POTASIO TOTAL	%K2O	1.1
CONDUCTIVIDAD	mS/cm	6.80
RELACION C/N	-	8.95
CALCIO	%	1.39
MAGNESIO	%	0.28
AZUFRE	%	0.34
HIERRO	%	1.90

NTP-ISO 8358:2010 (revisada el 2020) Fertilizantes sólidos. Preparación de muestras para análisis químico y físico. 1ª Edición
Reemplaza a la NTP-ISO 8358:2010

TRUJILLO, 15 DE SETIEMBRE DEL 2024

[Firma]
CARLOS ALBERTO VELASQUEZ DANNA
INGENIERO QUÍMICO
CIP 122588



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com

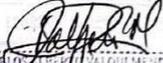


**INFORME DE ANÁLISIS
F.Q.A. PERÚ S.A.C.**

SOLICITANTE	: CASANA VELASQUEZ DANNA MILENY
MUESTRA	: BIOL (T18)
FECHA DE INGRESO	: 11 DE SETIEMBRE DEL 2024
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

CODIFICACIÓN	LSMM 001	
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO		
PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO
HUMEDAD	%	96.7
PH	-	7.2
MATERIA ORGANICA	%	37.0
NITROGENO TOTAL	%N	3.6
FOSFORO TOTAL	%P2O5	2.3
POTASIO TOTAL	%K2O	1.3
CONDUCTIVIDAD	mS/cm	6.80
RELACION C/N	-	9.19
CALCIO	%	1.41
MAGNESIO	%	0.28
AZUFRE	%	0.34
HIERRO	%	1.85

NTP-ISO 8358:2010 (revisada el 2020) Fertilizantes sólidos. Preparación de muestras para análisis químico y físico. 1ª Edición
Reemplaza a la NTP-ISO 8358:2010
TRUJILLO, 15 DE SETIEMBRE DEL 2024


CARLOS ALBERTO VALQUI MENDEZ
INGENIERO QUÍMICO
CIP 122589



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com

ANEXOS

Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>Problema general ¿Cómo influyen las variaciones en las concentraciones de la mezcla de subproductos de la industria pesquera y la temperatura en la producción de biogás y biol utilizando microorganismos eficientes como lactobacillus y saccharomyces cerevisiae?</p>	<p>Objetivo general: E valorar la producción de biogás y biol aplicando variabilidad de concentraciones y temperatura de la mezcla de subproductos de la industria pesquera, utilizando microorganismos eficientes.</p> <p>Objetivos específicos: O.E.1: Aislar y cultivar los microorganismos eficientes Saccharomyces cerevisiae y Lactobacillus sp. O.E.2: Caracterizar las propiedades fisicoquímicas de los subproductos de la industria pesquera y la mezcla de ellos para la</p>	<p>Hipótesis general: La adición de microorganismos eficientes (saccharomyces cerevisiae y lactobacillus sp.) a la mezcla de subproductos de la industria pesquera en diferentes concentraciones aumentará significativamente la producción de biogás y biol.</p>	<p>Variable 1: Producción de biogás y biol</p> <p>Dimensiones: -D.1: Biogás D.2: Biol</p> <p>Variable 2: Variabilidad de concentraciones y temperatura</p> <p>Dimensiones: D.1: Concentraciones D.2: Temperatura</p>	<p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Tipo de investigación: Aplicada</p> <p>Nivel de Investigación: Exploratorio</p> <p>Diseño: No experimental</p> <p>Población: Subproductos de la industria pesquera disponibles en Chimbote.</p> <p>Muestra: Se seleccionará una muestra representativa de subproductos pesqueros específicamente de la empresa TASA, que incluye sanguaza, lodo de harina de pescado y residuos de pescado.</p> <p>Técnica e instrumentos:</p> <p>Técnica: Observación</p> <p>Instrumentos: Guía de</p>

	<p>producción de biogás y biol.</p> <p>O.E.3: Determinar que concentraciones de la mezcla de los subproductos de la industria pesquera y temperatura genera mayor cantidad de biogás y biol.</p> <p>O.E.4: Evaluar la calidad de biogás en diferentes concentraciones de la mezcla de subproductos de la industria pesquera con la adición de los microorganismos eficientes mediante el examen de las concentraciones de metano, dióxido de carbono y sulfuro de hidrógeno.</p> <p>O.E.5: Evaluar la calidad del biol producido mediante el análisis de las concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio</p>			<p>observación</p> <p>Métodos de análisis de datos: Se realizará los análisis estadísticos para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos. Se procesarán los datos obtenidos en el programa Statistica V7 y Microsoft Excel 2016, a partir de estos se realizará graficas para determinar la significancias estadísticas de las variables estudiadas. Asimismo, se realizará un análisis de varianza (ANOVA) y coeficiente de determinación múltiple R^2 superior a 0.95.</p>
--	---	--	--	--

	presentes como resultado del proceso de producción.			
--	---	--	--	--