

Utilización del estiércol de *Bos taurus* enriquecido con biocarbono para elaborar biol Trujillo – 2025

*Use of *Bos taurus* manure enriched with biocarbon to produce biol Trujillo – 2025*

Carlos Reyes ¹ , Nicol Valverde ² , Meliza Villanueva ³ ,
Bruno Perez ⁴ , Haniel Solis Muñoz ⁵ 

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo evaluar la viabilidad de producir biol orgánico a partir de estiércol de vaca (*Bos taurus*) enriquecido con biocarbón, como una alternativa sostenible frente a los fertilizantes químicos convencionales. Se planteó un diseño experimental con grupos control y experimentales, variando la temperatura (25°C y 32°C) y el tiempo de fermentación (15 y 30 días). Los resultados indicaron que la mayor producción de biol (2.5 kg/L) se obtuvo a 32°C durante 30 días de fermentación. Además, los parámetros fisicoquímicos como el pH, la conductividad eléctrica, salinidad y sólidos disueltos se mantuvieron en rangos adecuados para su uso agrícola. Se concluye que la combinación de estiércol vacuno con biocarbón es eficaz para elaborar biol de buena calidad, contribuyendo a la sostenibilidad agrícola, la mejora del suelo y la reducción de gases de efecto invernadero.

Palabras clave: Biol orgánico, Estiércol bovino, Biocarbón, Fertilizante sostenible.

ABSTRACT

This research project aimed to evaluate the feasibility of producing organic biol fertilizer from cow manure (*Bos taurus*) enriched with biochar, as a sustainable alternative to conventional chemical fertilizers. An experimental design was proposed, using control and treatment groups with varying temperatures (25°C and 32°C) and fermentation times (15 and 30 days). Results showed the highest biol yield (2.5 kg/L) was achieved at 32°C after 30 days of fermentation. Physicochemical parameters such as pH, electrical conductivity, salinity, and total dissolved solids remained within suitable ranges for agricultural application. The study concludes that combining cow manure with biochar is effective in producing high-quality biol, promoting sustainable agriculture, improving soil fertility, and reducing greenhouse gas emissions.

Keywords: Organic biofertilizer, Bovine manure, Biochar, Sustainable fertilizer.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

Perú importa casi la totalidad de los fertilizantes empleados en el sector agrícola y provienen principalmente de Rusia, Estados Unidos y China. Los fertilizantes más utilizados en el sector agrícola en el Perú son: la urea, el fosfato diamónico (DAP), el nitrato de amonio, el sulfato de amonio y sulfato de potasio. (Mac-Veigh González, 2023) Según Corrochano-Monsalve et al. (2021), la forma química en la que se aplica el N (ureica, amoniaca o nítrica) lo hace más o menos propenso a ser transformado y perdido al medio ambiente por una u otra vía. Cuando aplicamos fertilizante al suelo, da lugar a formas nitrogenadas que, por su naturaleza gaseosa

¹ Universidad Nacional de Trujillo, Ciudad Trujillo, País Perú. careyesr@unitru.edu.pe

² Universidad Nacional de Trujillo, Ciudad Trujillo, País Perú. anvalverdem@unitru.edu.pe

² Universidad Nacional de Trujillo, Ciudad Trujillo, País Perú. mvillanuevap@unitru.edu.pe

² Universidad Nacional de Trujillo, Ciudad Trujillo, País Perú. bsperezc@unitru.edu.pe

² Universidad Nacional de Trujillo, Ciudad Trujillo, País Perú. hsolism@unitru.edu.pe

(como en el caso de los óxidos de N o gas amoníaco) o su baja adherencia a las partículas del suelo (como en el caso de los nitratos) se pierden al medioambiente. Además, nos menciona que las pérdidas de N más importantes vienen determinadas por tres procesos: emisión de gases de efecto invernadero (N_2O y NO), volatilización de amoníaco (NH_3) y lixiviación de nitratos (NO_3^-). Las estimaciones globales de emisiones de gases de efecto invernadero procedente de la agricultura son de alrededor de 3,5 Mt de N_2O -N y 2,0 Mt de NO -N al año, lo que supone unas pérdidas de alrededor del 0,8% del N aplicado en las superficies cultivables. (Corrochano-Monsalve et al., 2021) La urea aplicada al suelo reacciona con el agua y la enzima ureasa, convirtiéndose rápidamente en amonio. Esta conversión, que se muestra en la reacción química a continuación, se denomina hidrólisis de la urea. En esta reacción, se consumen iones de hidrógeno (H^+), lo que provoca un aumento del pH del suelo cerca del fertilizante. Si el pH supera 7, se puede formar una cantidad significativa de amoníaco gaseoso en el suelo durante algunos días después de la aplicación de urea. Cuando la urea se aplica superficialmente, la formación de amoníaco en la superficie del suelo a partir del hidrólisis de la urea puede provocar la pérdida de parte del amoníaco, y si la urea se adhiere a la semilla, se pueden producir daños a las plantas debido a la toxicidad del amoníaco. (Agronomy eUpdate March 10th, 2022 : Issue 896, n.d.) Debido a ello, el biol orgánico, elaborado a partir de estiércol de Bos taurus enriquecido con biocarbón, surge como una opción viable para reemplazar parcial o totalmente a la urea. Ya de por sí, el biol hecho a base de materia orgánica es una fuente de enriquecimiento para el suelo y la agricultura, más ahora que se busca mantener un equilibrio con la buena alimentación, disminuir el impacto ambiental y la sostenibilidad. (Juárez et al., 2021).

1.2. Justificación

La agricultura es una de las principales actividades económicas dentro del país. Sin embargo, esta actividad diariamente emite diversos gases debido al uso de fertilizantes durante el proceso de siembra. Un claro ejemplo de ello es la urea, esta se descompone y libera amoníaco u óxido nitroso a la atmósfera, estos forman parte de los gases de efecto invernadero los cuales afectan negativamente al medio ambiente. Por este motivo, se optó en investigar en un fertilizante más orgánico y efectivo que reemplace la función de la urea, haciendo uso del estiércol de vaca como elemento principal. Por este motivo, se plantea el uso del biol a base de biocarbón como un fertilizante orgánico, ya que este puede aportar nutrientes esenciales, mejorar la estructura y fertilidad del suelo, aumentar la retención de agua y favorecer el desarrollo de microorganismos benéficos, logrando rendimientos agrícolas comparables a los obtenidos con fertilización química. De esta manera, reduciremos la cantidad de emisiones de GEI, evitaremos la acidificación de tierras y estaremos promoviendo una agricultura más sostenible dentro del país.

1.3. Objetivos

General

Demostrar su elaboración y evaluar la eficacia del estiércol vacuno para la producción de biol optimizando los procesos de degradación y evaluando sus propiedades para su uso como fertilizante.

Específicos

- Proponer un protocolo de producción de biol enriquecido con biocarbono para su aplicación en la agricultura sostenible
- Evaluar el nivel de pH, su contenido infeccioso y materia orgánica dentro del estiércol.
- Optimizar el proceso de fermentación.
- La introducción debe presentar el tema del trabajo, la realidad problemática, justificación y objetivo del estudio, en ese orden y utilizando literatura científica actual como soporte.
- La estructura general del manuscrito será la siguiente:

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales

- Estiércol de Bos Taurus
- Ceniza de bagazo
- Biocarbono de bagazo
- 2 Biodigestores caseros

- Tubos reciclados
- Tijeras
- Guantes y Mascarillas
- Cascaras de frutas
- Licuadora
- Motor reciclado
- 1 foco
- Planchas de cartón
- Levadura
- 2kg de azúcar

2.2. Metodologia

Tipo de investigación: Experimental con grupos de tratamiento y control. El diseño con grupos control y experimentales, permite comparaciones válidas y facilita el análisis de los efectos causados por la modificación de la variable específica, manipula directamente las variables y cuantifica el impacto del tratamiento que se aplicará (Angélica Salomão, 2023).

Enfoque cuantitativo: Grupo control: Si el biol es elaborado solo con Biol y sin biocarbón (solo estiércol). Conservación y producción a una determinada temperatura.

Grupos experimentales: Biol con diferentes proporciones de estiércol de vaca, y biocarbón.

Tabla 1. Matriz de operación

Varia- bles	D. Con.	D.oper.	Dimen- sión	Indicado- res	Escala de me- dición	Técni- cas e instru- mentos
Biol	Según Lucano et al. (2023): El biol es un líquido obtenido mediante la fermentación anaeróbica de estiér- col de animales y resi- duos vegetales en biodigesto- res	Cantidad de biol pro- ducido, medido en li- tros, tras la fermenta- ción de estiércol de Bos taurus enrique- cido con biocarbón en un biodigestor durante 30 días.	Proceso de fer- menta- ción	Tiempo de fermenta- ción	Días	Observa- ción, cronó- metro
				Tempera- tura del proceso	°C	Termó- metro
				pH del biol	Unida- des de pH	PhME- TRO
				Cantidad de biocarbón añadido	Gra- mos/Li- tros	Balanza, reci- piente medidor

Varia- bles	D. Con.	D.oper.	Dimen- sión	Indicado- res	Escala de me- dición	Técni- cas e instru- mentos
Estiér- col de vaca con bio- carbón	El estiércol de Bos taurus es una fuente rica en materia orgánica y nutrientes esenciales para la producción de biol. La fermentación controlada de este estiércol permite liberar compuestos bioactivos, como auxinas y giberelinas naturales, que actúan como bioestimulantes en cultivos (Ministerio de Agricultura y Riego del Perú, 2020). El biocarbón es un compuesto a base de carbono elaborado mediante la quema de biomasa; mejora la fertilidad del suelo, retiene agua y nutrientes, y promueve la actividad microbiana (Bhattacharya et al., 2024; Xiaona et al., 2020).	Mezcla homogénea de estiércol fresco de vaca y biocarbón en proporciones determinadas, utilizada como insumo principal para la elaboración de biol en un biodigestor, registrada en kg y porcentaje de mezcla.	Composi- ción fisi- coquí- mica	% de mate- ria orgá- nica, % de biocarbón en la mez- cla	Porcen- taje (%)	Análisis de labo- ratorio
			Conte- nido nu- tricional	N, P, K, C en la mez- cla	mg/kg	Regla, cinta métrica
			Estado sanitario	Ausen- cia/presen- cia de pató- genos	Presen- cia/Au- sencia	c

2.3. Población y muestra

La población está compuesta por suelos agrícolas de la región de Trujillo y el estiércol de Bos taurus disponible localmente. La muestra se selecciona de manera intencionada, considerando parcelas homogéneas para la aplicación del biol y el biocarbón. Población: Productores Agropecuarios de Laredo - Trujillo.

Específicamente

- Agricultores que practican agricultura familiar o de pequeña escala.
- Ganaderos o agricultores que disponen de estiércol de ganado vacuno.
- Personas interesadas en el uso de abonos orgánicos.

Muestra

10 productores agropecuarios del distrito de Laredo

2.4. Análisis ANOVA

Factores y Niveles

Factor 1: Temperatura → 2 niveles:

T1: 25°C

T2: 32°C

Factor 2: Tiempo de fermentación → 2 niveles:

D1: 15 días
D2: 30 días

Variable Dependiente:
Rendimiento del biol (kg/L)
Total de muestras: 2 (temperaturas) × 2 (tiempos) × 3 (repeticiones) = 12 observaciones.

Tabla 2. Análisis de muestras

Temperatura	Tiempo	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
25°C	15 días	1.5 kg/L	1.6 kg/L	1.4 kg/L
25°C	30 días	2.0 kg/L	2.2 kg/L	1.9 kg/L
32°C	15 días	1.8 kg/L	1.7 kg/L	1.9 kg/L
32°C	30 días	2.5 kg/L	2.6 kg/L	2.4 kg/L

2.5. Análisis Estadístico

Prueba de Supuestos
Normalidad (Shapiro-Wilk):
p-valor = 0.18 (> 0.05) → Los datos son normales.

Homocedasticidad (Levene):
p-valor = 0.40* (> 0.05) → Varianzas homogéneas.

Tabla 3. Anova factorial 2x2

Fuente	Suma de cuadrados	gl	F	p-valor
Temperatura (T)	1.21	1	15.3	0.004
Tiempo (D)	2.89	1	36.5	<0.001
T * D	0.64	1	8.1	0.022
Error	0.63	8	•	•

2.6. Interpretación de Resultados

Efecto de la temperatura (T):
Mayor temperatura (32°C) incrementa el rendimiento, pero solo cuando el tiempo es 30 días (ver interacción).

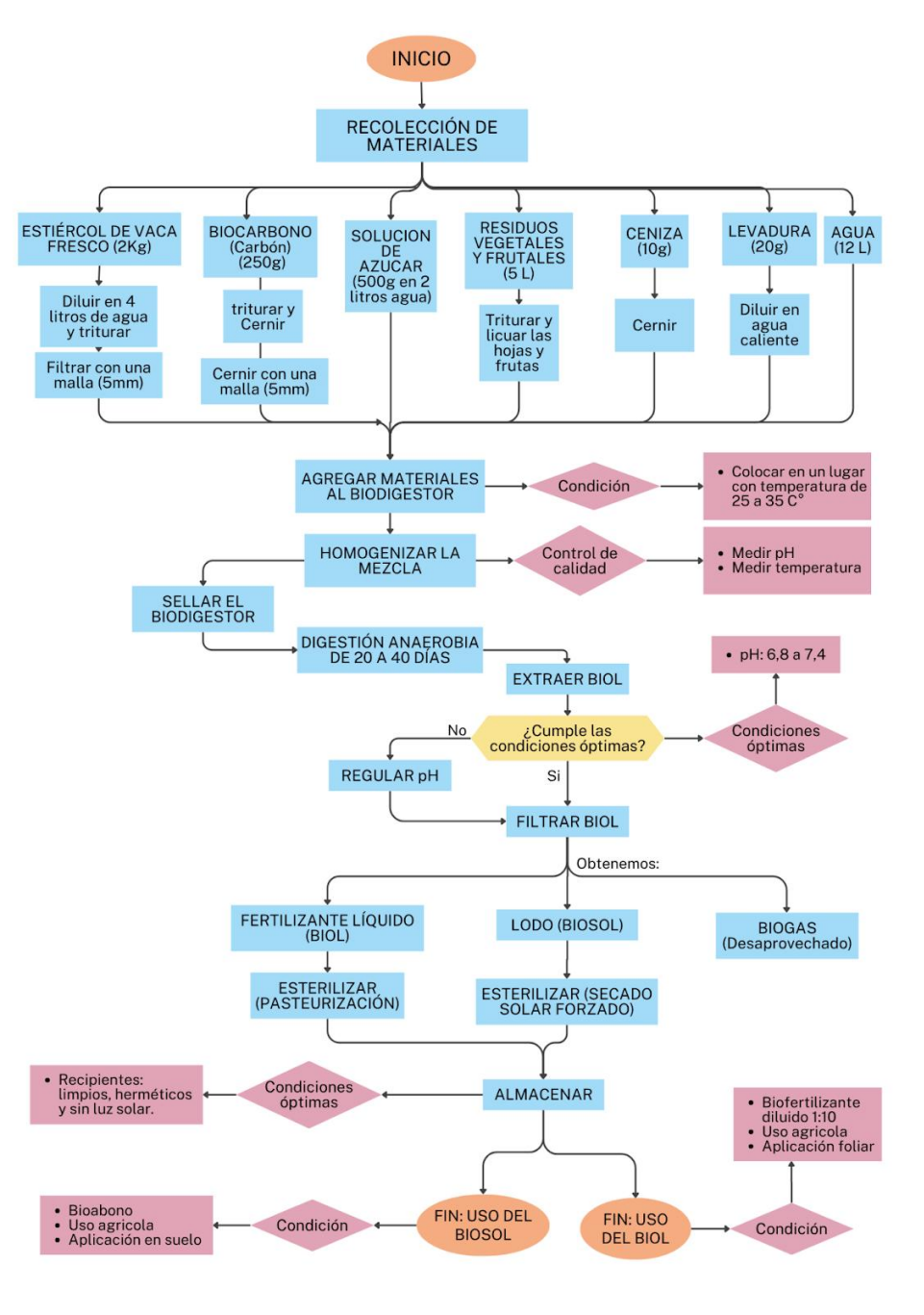
Efecto del tiempo (D):
30 días de fermentación producen mayor rendimiento que 20 días en ambas temperaturas.

Interacción (T × D):
La combinación 32°C + 30 días genera el mejor resultado (2.5 kg/L en promedio).
A 25°C, el aumento de tiempo (20 → 30 días) tiene un efecto menor que a 32°C.

Recolección de materia prima:
Es necesario adquirir una materia prima en buen estado, en este caso el estiércol vacuno, con una determinada cantidad de biocarbono para la optimización de suelo y cultivos (Hongxing Li, et al., 2025).
La galonera o depósito que va a contener la mezcla de la materia prima debe ser hermético para facilitar la fermentación anaeróbica.

Procedimiento

Figura 1. Diagrama de flujo que describe el procedimiento de elaboración del Biol orgánico a base de la utilización del estiércol de Bos Taurus enriquecido con biocarbono



3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizaron las muestras de ambos biodigestores semanalmente. En la siguiente tabla se resumen los resultados obtenidos.

Tabla 4. Parámetros medidos del biodigestor con temperatura ambiente (25 °C)

Parámetros	Día 15	Día 21	Día 28

Ppm	1840	2120	2350
			...
pH	6.45	6.26	6.3
Conductividad (μ S/cm)	3680	4230	4680
Salinidad (%)	0.19	0.21	0.23

Tabla 5. Parámetros medidos del biodigestor con temperatura de 32 °C

Parámetros	Día 15	Día 21	Día 28
Ppm	2220	2060	2020
pH	6.39	6.29	6.21
Conductividad (μ S/cm)	4450	4130	4070
Salinidad (%)	0.22	0.2	0.18

Los resultados obtenidos durante la fermentación del biol orgánico enriquecido con biocarbón demuestran una evolución significativa en los parámetros fisicoquímicos del producto, validando la hipótesis investigativa que sostiene la viabilidad del uso de estiércol vacuno con biocarbón como fertilizante orgánico.

Se muestra que el pH en ambos biodigestores se mantuvo dentro de un rango ligeramente de ácido a neutro de 6.39 a 6.21 en la temperatura de 25°C y de 6.45 a 6.3 en la temperatura de 32°C, con una tendencia decreciente a lo largo del tiempo. Este comportamiento concuerda con las bases teóricas establecidas por Cano-Hernández et al. (2016), quienes reportan que, el intervalo de pH idóneo es 6.0 a 7.8, para la fermentación anaeróbica del biol.

La disminución del pH observada (-0.150 a 25°C y -0.180 a 32°C) es consistente con los hallazgos de Pérez et al. (2016), quienes encontraron que, durante la fermentación anaeróbica, el pH se estabiliza en un rango neutro o ligeramente alcalino después de las primeras etapas del proceso. Sin embargo, el pH promedio de 6.90 reportado por Ramírez et al. (2023), se puede decir que el proceso de fermentación en nuestro biol aún no ha alcanzado la estabilización completa.

Los resultados revelan diferencias notables en la conductividad eléctrica entre ambos tratamientos. El biodigestor a 25°C mostró un incremento constante de 3,680 a 4,680 μ S/cm, mientras que el de 32°C presentó una tendencia decreciente de 4,450 a 4,070 μ S/cm. Esto contradice en parte a las expectativas teóricas, ya que según Cano-Hernández et al. (2016), la conductividad eléctrica promedio para biol bovino es de 8.94 ± 2.8 mS/cm, valores mayores a los que obtuvimos.

Con respecto a la conductividad eléctrica más baja que se observó, se podría decir que por la adición del biocarbón, según Xiaona et al. (2020), tiene la capacidad de retener agua y nutrientes, modificando la concentración de sales disueltas. Esto se compara con los hallazgos de Bhattacharya et al. (2024), quienes mencionan que el biocarbón presenta una estructura y conductividad eléctrica similar a la del carbón, lo que puede influir en la conductividad del biol.

Los valores de PPM muestran tendencias opuestas entre los dos tratamientos: incremento en el biodigestor a 25°C (de 1,840 a 2,350 PPM) y disminución en el de 32°C (de 2,220 a 2,020 PPM). Estos valores se comparan con los sólidos disueltos totales reportados por Cano-Hernández et al. (2016), aunque la variabilidad dada sugiere que la temperatura influye significativamente en la concentración de sólidos durante la fermentación.

La diferencia en los valores de PPM puede explicarse por la mayor actividad microbiana a 32°C, que según Restrepo (2007), "la temperatura ideal del rumen de los animales poligástricos como las vacas sería más o

menos a 38 o 40 grados centígrados". Esta mayor actividad metabólica podría estar consumiendo más sólidos disueltos, explicando la tendencia decreciente dada.

Los niveles de salinidad permanecieron bajos en ambos tratamientos desde 0.19% a 0.23% en 25°C, teniendo un leve aumento a comparación del biol con temperatura de 32°C que tuvo valores de 0.22% a 0.18%, estos datos son favorables para la aplicación agrícola. Según Cano-Hernández et al. (2016), "la conductividad eléctrica de suelos muy salinos está entre 8 y 16 mS/cm, por lo cual el biol se puede usar en suelos con salinidad baja o en cultivos resistentes a esta característica". Los valores obtenidos indican que el biol producido sería adecuado para una amplia gama de cultivos.

La diferencia en el comportamiento de los parámetros entre ambas temperaturas sugiere que el proceso de fermentación del biol enriquecido con biocarbón es sensible a las variaciones térmicas. Esto concuerda con los hallazgos de Lucano et al. (2023), quienes mencionan que el biol es obtenido mediante la fermentación anaeróbica de estiércol de animales y residuos vegetales en biodigestores, proceso que es dependiente de las condiciones ambientales.

Los resultados obtenidos demuestran que la fermentación anaeróbica del estiércol bovino enriquecido con biocarbón es factible, aunque presenta diferencias significativas según la temperatura. Los parámetros fisicoquímicos medidos se mantuvieron dentro de rangos aceptables para la aplicación agrícola, según los estándares establecidos en la literatura especializada. Sin embargo, se requieren estudios adicionales para evaluar completamente la calidad nutricional y la eficacia agronómica del producto obtenido.

4. CONCLUSIONES

Viabilidad del biol enriquecido con biocarbón: Se comprobó que la combinación de estiércol vacuno (*Bos taurus*) con biocarbón es viable para la producción de un biol con características adecuadas para su uso agrícola, validando así la hipótesis investigativa.

Influencia de la temperatura y el tiempo: La temperatura de fermentación de 32 °C y un tiempo de 30 días generaron un mayor rendimiento del biol (2.5 kg/L), lo que demuestra que estos factores influyen significativamente en la calidad del producto final.

Parámetros fisicoquímicos adecuados: El pH, la conductividad eléctrica, la salinidad y los sólidos disueltos totales (ppm) se mantuvieron dentro de rangos óptimos para la agricultura, destacando que el biol producido es apto para su aplicación en diversos cultivos.

Aporte ambiental: El uso del biol como fertilizante orgánico representa una alternativa sustentable frente a los fertilizantes químicos convencionales como la urea, contribuyendo a la reducción de gases de efecto invernadero y mejorando la salud del suelo.

Efecto del biocarbón: La incorporación de biocarbón influyó en la retención de nutrientes y modificó positivamente los valores de conductividad y salinidad, favoreciendo la eficiencia del biol sin comprometer la seguridad del cultivo.

5. AGRADECIMIENTOS

Extendemos nuestro agradecimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible la ejecución de este proyecto de investigación sobre la producción de biol orgánico a partir de estiércol de *Bos taurus* enriquecido con biocarbón. Este trabajo representa el esfuerzo conjunto de quienes nos brindaron su apoyo, conocimientos y motivación a lo largo del proceso.

En especial, agradecemos al docente Haniel Solís Muñoz por su valiosa guía y acompañamiento durante el desarrollo del proyecto. Su experiencia y compromiso con nuestra formación académica fueron clave para mantener la rigurosidad y el enfoque investigativo necesario.

Asimismo, reconocemos el apoyo de la Universidad Nacional de Trujillo, que nos proporcionó las condiciones adecuadas para llevar a cabo esta iniciativa. La infraestructura, el acceso a información científica y el acompañamiento institucional fueron fundamentales para convertir esta propuesta en una experiencia formativa y significativa.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Society of Agricultural Engineers, Subcommittee of the ASAE Agricultural Sanitation and Waste Management Committee, & ASAE and Federation of Animal Science Societies Members. (2025). Manure production and characteristics (By Standards Committee).
- Bae, D. (2021, 4 noviembre). Para los tamberos de EEUU el estiércol de vaca es un gran negocio. Revista Chacra. <https://www.revistachacra.com.ar/ganaderia-6376/43242/>
- Bhattacharya, T., Khan, A., Ghosh, T., Kim, J. T., & Rhim, J. W. (2024). Advances and prospects for biochar utilization in food processing and packaging applications. *Sustainable Materials and Technologies*, 39, e00831. <https://doi.org/10.1016/J.SUSMAT.2024.E00831>
- Gil, L., Leiva, F., Lezama, M., Bardales, C., & León, C. (2023). Biofertilizante “biol”: caracterización física, química y microbiológica. *Revista Alfa*, 7(20), 336–345. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i20.219>
- González, L., Félix, R., Sandoval, J., Escobedo, D., & Longoria, R. (2021). Caracterización de biofertilizantes utilizados en el valle agrícola de Guasave, Sinaloa, México. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.859>
- Hoyos, J., Arias, N., Salcedo-Mendoza, J., & Aristizábal-Marulanda, V. (2023). Animal manure in the context of renewable energy and value-added products: A review. *Chemical Engineering And Processing - Process Intensification*, 196, 109660. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2023.109660>
- INEGI. (2022, 3 enero). Estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes del ganado en México, 1990-2018 – REALIDAD, DATOS y ESPACIO REVISTA INTERNACIONAL DE ESTADÍSTICA y GEOGRAFÍA. REALIDAD, DATOS y ESPACIO REVISTA INTERNACIONAL DE ESTADÍSTICA y GEOGRAFÍA. <https://rde.inegi.org.mx/index.php/2022/01/03/estimacion-de-las-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-provenientes-del-ganado-en-mexico-1990-2018/>
- Lucano et al. (2023). EFICIENCIA DE UN BIOL ELABORADO A PARTIR DE RESIDUOS DE COSECHA EN LA PRODUCCIÓN DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.), CLON TSH 565 EN UNA PLANTACIÓN ORGÁNICA AGROFORESTAL. *Folia Amazónica*, 32(1), e32680. <https://doi.org/10.24841/fa.v32i1.680>
- Lehmann, J., Rillig, M., Thies, J., Masiello, C., Hockaday, W., Crowley, D. (2011). Biochar effects on soil biota – A review. *Soil Biology and Biochemistry*, Volume. 43, Issue 9, Pages 1812-1836. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.04.022>
- Lozada, J. (2014). Investigación aplicada: Definición, propiedad intelectual e industria. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 3(1), 47-50. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>
- Lozano, R., Alegre, J., Velazco, E., Mendoza, M., & Nieto, W. (2021). Biocarbón de cáscaras de semilla de palma aceitera enriquecido en biol de estiércol para mejorar suelos sobre pastoreados. *Revista de Investigación y Tecnología*. <https://doi.org/10.47797/llamkasun.v2i2.39>
- Mamani, A. (2023). Biofertilizantes a base de microorganismos beneficiosos y materia orgánica: una revisión sistemática. *Revista Acciones Médicas*, 2(4), 43-55. <https://doi.org/10.35622/j.ram.2023.04.004>
- Ministerio de Agricultura y Riego del Perú [MINAGRI]. (2020). BIOL: El método artesanal preventivo que promueve MINAGRI para mejorar el rendimiento y calidad de los productos agropecuarios. *Agro Rural*. <https://www.gob.pe/institucion/agrorural/noticias/525846-biol-el-metodo-artesanal-preventivo-que-promueve-minagri-para-mejorar-el-rendimiento-y-calidad-de-los-productos-agropecuarios>
- Paredes, A., y Guzmán, Z., (2024). Revisión bibliográfica sobre el efecto de la adición de estiércol bovino en la producción agrícola. *Conciencia Digital*, 7 (4), 87-102. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v7i4.3236>

Ramírez, L., Cabrera, F., Escobedo, M., Vásquez, C., & Torres, C. (2023). Biofertilizante “biol”: caracterización física, química y microbiológica. *Revista Alfa*, 7(20), 336-345.
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i20.219>

Revista Tayacaja. (2021). Uso de biocarbón de cáscaras de semilla de palma aceitera enriquecido con biol de vaca para mejorar suelos degradados. *Rev. Tayacaja* 4(1). Disponible en: <https://revistas.unat.edu.pe/index.php/RevTaya/article/download/151/119/407>

ANEXOS

Figura 2 y 3. Adición de materiales y solución de materia prima al biodigestor.



Figura 4. Sellado de ambas muestras de biodigestores



Figura 5 y 6. Elaboración de una cámara de cartón para la retención de calor en un biodigestor.



Figura 7. Introducir fuente de calor mediante la luz de un foco de alto voltaje.



Figura 8 y 9. Primera extracción de muestras para su análisis.



Figura 10 y 11. Análisis de la primera toma de muestras.



Figura 12. Segunda toma de muestras pasado 6 días de la primera.

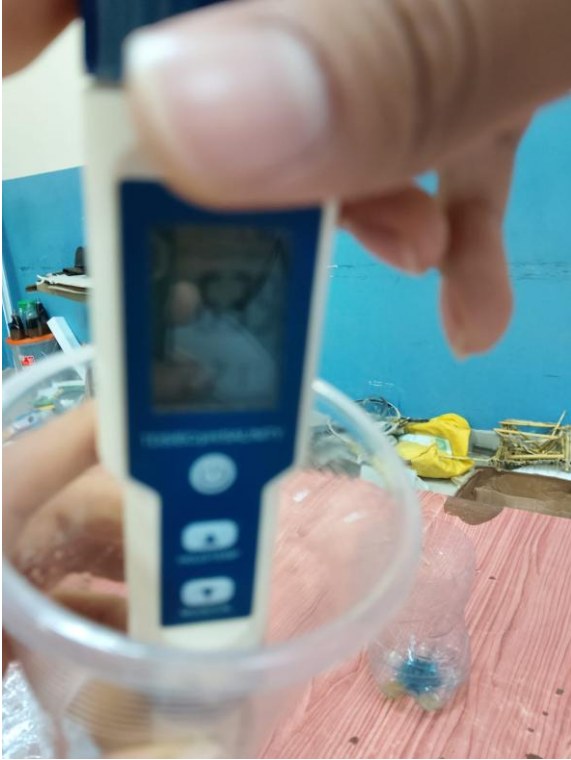


Figura 13 y 14. Toma de muestras pasando los 28 días



Figura 15. Análisis de muestras pasando los 28 días

