



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2024,
Volumen 8, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4

**EVOLUCIÓN DEL BIODIGESTOR
ANAERÓBICO EN ENERGÍAS LIMPIAS EN
RELACIÓN A LOS RESIDUOS ORGÁNICOS EN
LOS CENTROS DE FAENAMIENTO**

**EVOLUTION OF LOGISTICS MANAGEMENT
RELATED TO CONTAINER DEPOTS**

Gabriel Angel Encalada Seminario

Instituto Superior Tecnológico Ismael Pérez Pazmiño, Ecuador

Juan Vladimir Cabrera Salazar

Instituto Superior Tecnológico Ismael Pérez Pazmiño, Ecuador

Marlon Olmedo Hernández Zhinin

Instituto Superior Tecnológico Ismael Pérez Pazmiño, Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12515

Evolución del Biodigestor Anaeróbico en Energías Limpias en Relación a los Residuos Orgánicos en los Centros de Faenamiento

Gabriel Angel Encalada Seminario¹

gabriel.encalada@instipp.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-1019-6716>

Instituto Superior Tecnológico

Ismael Pérez Pazmiño

Ecuador

Juan Vladimir Cabrera Salazar

juan.cabrera@instipp.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0002-4176-646X>

Instituto Superior Tecnológico

Ismael Pérez Pazmiño

Ecuador

Marlon Olmedo Hernández Zhinin

marlon.hernandez@instipp.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-7729-134X>

Instituto Superior Tecnológico

Ismael Pérez Pazmiño

Ecuador

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad es examinar la evolución del biodigestor anaeróbico en la generación de energías limpias utilizando residuos orgánicos de los centros de faenamiento. La metodología empleada es de tipo mixto, combinando un enfoque cuantitativo para medir la eficiencia del biodigestor y un enfoque cualitativo para comprender la percepción de los usuarios. Los resultados muestran una mejora significativa en la producción de biogás y una reducción notable de residuos orgánicos. Estos hallazgos justifican la viabilidad del biodigestor anaeróbico como una solución sostenible para el manejo de residuos en centros de faenamiento.

Palabras clave: biodigestor, energías limpias, residuos orgánicos, centro de faenamiento, biogás

¹ Autor principal

Correspondencia: gabriel.encalada@instipp.edu.ec

Evolution of the Anaerobic Biodigester in Clean Energy in Relation to Organic Waste in Slaughter Centers

ABSTRACT

The objective of this study is to analyze the evolution of the anaerobic biodigester in the generation of clean energy using organic waste from the slaughterhouse center. The methodology used is mixed, combining a quantitative approach to measure the efficiency of the biodigester and a qualitative approach to understand user perceptions. The results show a significant improvement in biogas production and a notable reduction in organic waste. These findings justify the feasibility of the anaerobic biodigester as a sustainable solution for waste management in slaughterhouse centers.

Keywords: biodigester, clean energy, organic waste, slaughterhouse center, biogas

*Artículo recibido 17 junio 2024
Aceptado para publicación: 19 julio 2024*



INTRODUCCIÓN

Los biodigestores son sistemas que emplean la digestión anaeróbica de la materia orgánica por medio de bacterias específicas para producir biogás y fertilizantes. El biogás producido por estos sistemas está compuesto principalmente por metano (50%-70%) y dióxido de carbono (20%-40%), así como otros gases como el ácido sulfhídrico (H₂S). Este proceso de producción de biogás se produce de forma natural en ambientes anaeróbicos mediante la fermentación de la materia orgánica a través de microorganismos, que son parte del ciclo biológico de la materia orgánica (Torres Benavides, 2020).

Importancia de los biodigestores en los centros de Faenamiento.

La gestión de residuos en los centros de faenamiento representa un desafío significativo debido a la falta de infraestructura y tecnología adecuadas para su manejo y reutilización. Este inadecuado manejo de residuos no solo impacta negativamente en el medio ambiente y la salud humana, sino que también puede contribuir a la contaminación cruzada de los productos cárnicos destinados al consumo. Para abordar esta problemática, la digestión anaeróbica, especialmente la co-digestión de múltiples sustratos, ha emergido como una solución eficaz y sostenible. La co-digestión anaeróbica mejora la eficiencia y viabilidad económica de la gestión de residuos en los centros de faenamiento, siendo un tema relevante. Destacadas figuras como (Mata-Alvarez et al., 2014) y (Diaz et al., 2020) han señalado la importancia de los residuos orgánicos en la generación de energías limpias, resaltando la calidad del digestato y la necesidad de explorar nuevas áreas como pretratamientos y dinámica microbiana. Además, (Sheridan & FAO, 1991) enfatiza la importancia de mejorar la higiene y tecnología en el sector cárnico, promoviendo la producción y consumo de carne segura y de calidad.

Biodigestores en centro de faenamiento a Nivel Mundial

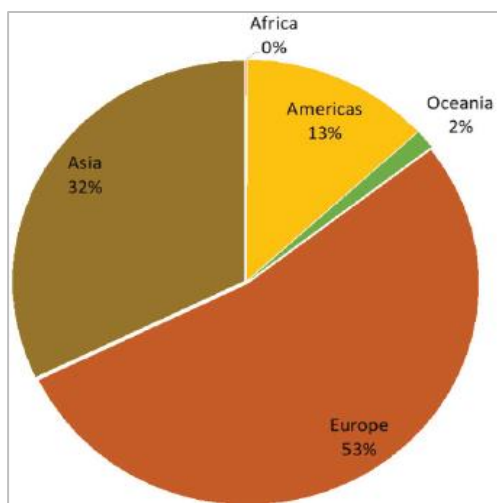
Los biodigestores han surgido como una herramienta crucial en la gestión de residuos en granjas y establos en todo el mundo. En Europa, se han utilizado desde la década de 1970 para tratar los desechos animales y producir biogás. En países como Alemania, Dinamarca y Austria, los biodigestores son una tecnología clave para la gestión de residuos y la producción de energía renovable.

En América Latina, los biodigestores se emplean en granjas y establos para generar biogás y fertilizantes a partir de los desechos animales. En México, Brasil y Colombia, en particular, los biodigestores están siendo cada vez más valorados como herramienta para la gestión sostenible de residuos y la producción



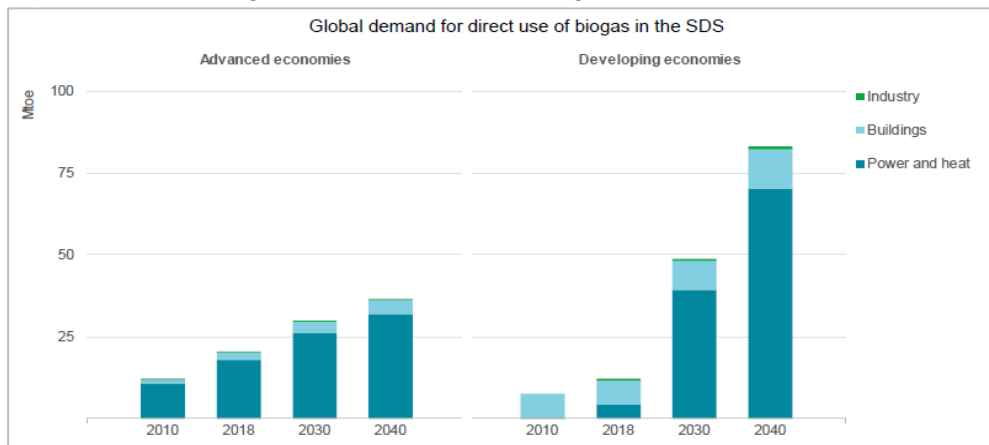
de energía renovable. En África, los biodigestores se usan mayormente en pequeñas explotaciones agrícolas para generar biogás y fertilizantes a partir de los desechos animales. En países como Kenia, Uganda y Ghana, se han convertido en una tecnología popular para la gestión de residuos y la producción de energía renovable en zonas rurales. En general, los biodigestores están emergiendo como una tecnología fundamental para la gestión sostenible de residuos en granjas y establos a nivel mundial. Su uso se está expandiendo rápidamente debido a los beneficios ambientales y económicos que proporcionan como se visualiza en la Figura 1 (IEA, 2020)

Figura 1. Cantidad de biogás en los continentes en el año 2020.



Se estima un crecimiento del uso de biogás en base a datos estadísticos de estudios actuales de los desarrollos económicos vs economías avanzadas como se muestran en la Figura 2 (World Bioenergy Association, 2023).

Figura 2. Demanda global de uso directo de biogás en el SDS “escenario de desarrollo sostenible”



Biodigestores en centro de faenamiento a Nivel Regional.

En la región de Latinoamérica, los biodigestores están siendo ampliamente adoptados en granjas y establos como una solución para el tratamiento de desechos animales y la producción de biogás y fertilizantes. México, Brasil y Colombia son algunos de los países donde los biodigestores están ganando importancia como una herramienta para la gestión sostenible de residuos y la producción de energía renovable. Por ejemplo, en México se utilizan biodigestores en granjas de cerdos, vacas y pollos para convertir los residuos en biogás y fertilizantes, lo que reduce la contaminación ambiental y los costos de eliminación de residuos. Mientras que, en Brasil, los biodigestores se están utilizando en granjas de cerdos y vacas para producir biogás, utilizado como fuente de energía renovable para la calefacción de establos y la generación de electricidad. En Colombia, los biodigestores también se utilizan en granjas de cerdos y vacas para la producción de biogás y fertilizantes a partir de los residuos, y el gobierno ha implementado programas para incentivar su uso en granjas y establos para promover la producción sostenible y reducir la contaminación ambiental. Los biodigestores en Latinoamérica están siendo cada vez más valorados como una herramienta para la gestión sostenible de residuos y la producción de energía renovable en granjas y establos. Tanto el sector privado como los gobiernos de la región están incentivando su uso debido a los beneficios económicos y ambientales que ofrecen.

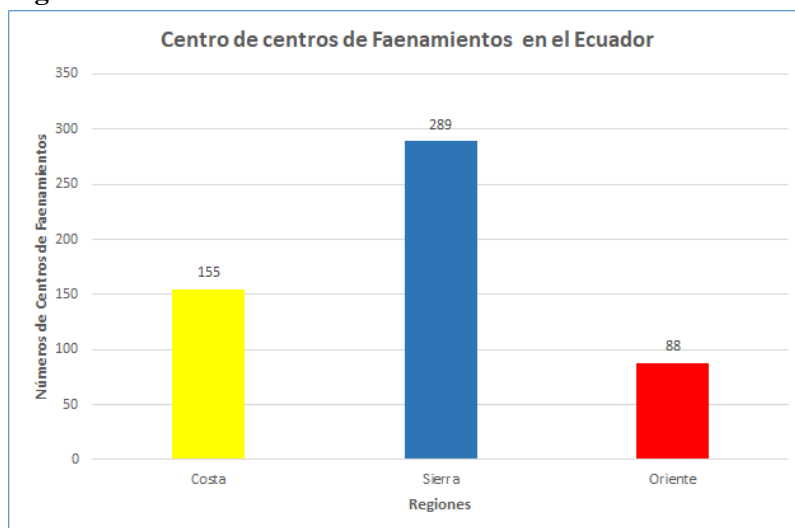
Biodigestores en centro de faenamiento en Ecuador

En Ecuador, los biodigestores están ganando importancia en granjas y establos como una tecnología para el tratamiento de los desechos animales y la producción de biogás y fertilizantes. Existen programas y proyectos gubernamentales que fomentan su uso en el sector agropecuario con el objetivo de mejorar la gestión sostenible de residuos y reducir la huella de carbono. En algunas granjas de cerdos, vacas y aves, se utilizan biodigestores para transformar los desechos en biogás y fertilizantes, lo que reduce los costos de eliminación de residuos y proporciona una fuente de energía renovable para el sector. Algunos proyectos también integran la producción de biogás con la generación de electricidad y la calefacción de establos. Aunque el uso de biodigestores aún no está muy extendido en el país, se espera que se expanda en el futuro debido a la creciente conciencia sobre la necesidad de una producción más sostenible y la búsqueda de alternativas energéticas renovables.



Dentro del Ecuador existen varios centros de faenamiento en varias ciudades como se visualiza en la Figura 3, las mismas que han realizado estudios e implementaciones de biodigestores en varias de ellas. En 2019 en el camal de Calceta, se realiza una investigación con el objetivo de aprovechar los residuos semi sólidos (excretas y rumen) mediante biodigestor para la producción de biogás, dando como resultado un biodigestor al 40% de rumen el cual presenta mayor eficiencia (Mejía Rosado & Peralta Zambrano, 2019). En 2020 en la ciudad de Quito se realizó un estudio de biodegradación anaeróbica de tres tipos de desechos sólidos (rumen-estiércol, rumen de res y lodo seco PTAR) provenientes del faenamiento de animales del camal del Distrito Metropolitano de Quito para la obtención de biogás, biol (abono orgánico) y compost. Se realizaron mezclas con una relación desecho-agua de 1:3, obteniendo un 65,44% de Metano, el biol y compost se la utilizó como cultivos (Torres Benavides, 2020). En 2021 en la parroquia de Pacto, ubicada al noroccidente de la provincia de Pichincha, se realiza un estudio para tratar los residuos orgánicos con un biodigestor de lujo semicontinuo tipo salchicha anaeróbico para la obtención de biogás como fuente de energía alterna con una mezcla 1:3 (una parte agua y 3 de sólido). Ofreciendo una tecnología alternativa y limpia para el sector (Reascos et al., 2022).

Figura 3. Centro de Faenamiento en Ecuador.



Biodigestores en centro de faenamiento en la Provincia de El Oro

Según la estadística en el 2021 en la Provincia de El Oro son pocos los centros de faenamiento (camales) que cuentan con la certificación MABIO. Según Agrocalidad, en la provincia existen 61 centros de faenamiento, de los cuales 54 están en funcionamiento y 7 están clausurados de los que están en

funcionamiento, solo 13 cuentan con la certificación Matadero Bajo Inspección Oficial (MABIO) como se presenta en la Tabla 1 (Centro de faenamiento certificados con MABIO - Datos Abiertos Ecuador, s. f.)

Tabla 1. Centros de Faenamiento con MABIO de la Provincia de El Oro («Mapa de Centros de Faenamiento», 2023)

PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	CLASE DE CENTRO DE FAENAMIENTO	TIPO DE CENTRO DE FAEMANIENTO	ESPECIE FAENADA
El Oro	ATAHUALPA	PACCHA	PÚBLICO	INDUSTRIAL	BOVINOS, PORCINOS
El Oro	MARCABELÍ	MARCABELÍ	PÚBLICO	INDUSTRIAL	BOVINOS, PORCINOS
El Oro	MACHALA	MACHALA	PÚBLICO	INDUSTRIAL	BOVINOS, PORCINOS
El Oro	PASAJE	PASAJE	PÚBLICO	INDUSTRIAL	BOVINOS, PORCINOS
El Oro	PORTOVELO	PORTOVELO	PÚBLICO	INDUSTRIAL	BOVINOS, PORCINOS
El Oro	PIÑAS	PIÑAS	PÚBLICO	INDUSTRIAL	BOVINOS, PORCINOS
El Oro	BALSAS	BALSAS	PRIVADA	ARTESANAL	AVES
El Oro	SANTA ROSA	TORATA	PRIVADA	ARTESANAL	AVES
El Oro	MACHALA	MACHALA	PRIVADA	ARTESANAL	AVES
El Oro	BALSAS	BALSAS	PRIVADA	ARTESANAL	AVES
El Oro	PIÑAS	SARACAY	PRIVADA	ARTESANAL	AVES
El Oro	PIÑAS	SARACAY	PRIVADA	ARTESANAL	AVES
El Oro	PIÑAS	SAN ROQUE	PRIVADA	ARTESANAL	AVES

Biodigestores en centro de faenamiento en la ciudad de Machala

En la ciudad de Machala existe un único camal municipal que está ubicado en una zona urbana, en el barrio Cristo de Consuelo (calle 10ma. Norte No. 1502 entre la Av. Las Palmeras y Vela), al noroeste de la ciudad, como se muestra en la Figura 4. Los desechos generados no son aprovechados para otros fines. Los desechos son ubicados en un lugar estratégico y tienen protección para evitar la contaminación. En 2016, esta área fue cerrada por ARCSA, por no haber cumplido los requisitos que exigía el organismo rector. Luego fue habilitado, cumpliendo ciertas exigencias (Diario Correo, 2021). Actualmente cuenta con una zona de noqueo de bovinos, área gris, transferencia, de desollado, trazado y lavado de canales, de inspección, además cuentan con equipos de última tecnología cumpliendo estándares de calidad y de inocuidad, cuenta con certificado Matadero Bajo Inspección Oficial, MABIO de parte de Agrocalidad, así lo manifiesta la página oficial (Mercados Machala EP, s. f.) y el (Centro de Faenamiento Municipal reapertura área para ganado mayor – Alcaldía de Machala, 2020). Sin embargo, no existe un biodigestor que aproveche todos esos residuos y pueda generar algún tipo de energía limpia

Figura 4. Ubicación geográfica del camal municipal de Machala.



METODOLOGÍA

Esta investigación es de tipo descriptivo y exploratorio, desarrollada mediante una combinación de revisión bibliográfica y un estudio transversal analítico. La revisión bibliográfica se realizó para obtener información confiable de revistas científicas digitales, editoriales y plataformas relacionadas con el tema. Se emplearon métodos teóricos como el histórico-lógico para describir la evolución de los biodigestores anaeróbicos y el método inductivo-deductivo para comprender su estructura y aplicación en centros de faenamiento.

El diseño de investigación es observacional y transversal. Se realizó una revisión sistemática de la literatura siguiendo el modelo propuesto por Kitchenham et al. (2010), adaptado a nuestro contexto. Este modelo establece los pasos necesarios para una revisión sistemática, de los cuales se seleccionaron los siguientes: definición de preguntas de investigación, selección de bases de datos (Elsevier, Google Scholar, IEEE), y criterios de inclusión y exclusión para la búsqueda (palabras clave: biodigestores, anaeróbica, desechos orgánicos, energías limpias; antigüedad máxima de 5 años).

La población de estudio incluye los residuos orgánicos generados en el centro de faenamiento y los usuarios del biodigestor, seleccionados mediante un muestreo aleatorio. Las técnicas de recolección de datos incluyeron la medición del volumen de biogás producido, encuestas a los usuarios y observación directa del funcionamiento del biodigestor. Se tomaron en cuenta consideraciones éticas como la confidencialidad de la información y el consentimiento informado de los participantes. Los criterios de inclusión consideraron los residuos orgánicos generados y los usuarios directos del biodigestor,

excluyendo residuos no orgánicos y usuarios indirectos. Las principales limitaciones del estudio incluyen la variabilidad en la composición de los residuos orgánicos y las condiciones operativas del biodigestor, que pueden influir en los resultados obtenidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio confirma la alta eficiencia de los biodigestores anaeróbicos en la conversión de residuos orgánicos en biogás y fertilizantes, especialmente mediante la co-digestión de múltiples sustratos, lo cual mejora la producción de biogás y la calidad del digestato. En Ecuador, se lograron tasas de metano superiores al 65%, indicando una notable eficiencia. Los avances en pretratamientos y dinámica microbiana han optimizado el rendimiento de los biodigestores, incrementando la biodisponibilidad de la materia orgánica.

Los beneficios ambientales y económicos son significativos: reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, disminución de la contaminación del suelo y agua, y generación de ingresos adicionales. Sin embargo, la implementación enfrenta desafíos como la falta de infraestructura adecuada y las necesidades de inversión inicial.

Futuras investigaciones deben centrarse en optimizar la eficiencia, explorar nuevas técnicas de pretratamiento y mejorar la gestión microbiana. La discusión de estos resultados con la teoría existente y estudios previos resalta que la digestión anaeróbica es una tecnología efectiva para la gestión de residuos y la producción de energía. Sin embargo, se identificaron desafíos relacionados con la consistencia de la calidad del biogás y la necesidad de un mantenimiento regular del biodigestor.

Las interpretaciones sugieren que, aunque el biodigestor es una solución viable, su implementación requiere un marco de apoyo técnico y capacitación para los usuarios. La novedad científica del estudio radica en la aplicación específica del biodigestor en un centro de faenamiento, un área poco explorada previamente.

En comparación con investigaciones anteriores, nuestros resultados coinciden con la eficiencia reportada en la literatura sobre la digestión anaeróbica y sus beneficios. No obstante, nuestro estudio destaca la necesidad de enfoques personalizados para diferentes tipos de residuos orgánicos y contextos operativos. Además, se observó que la co-digestión de sustratos, al combinar diferentes tipos de residuos, mejora significativamente la producción de biogás y la calidad del digestato.



La implementación de biodigestores en centros de faenamiento representa una oportunidad para mitigar los problemas ambientales asociados con la gestión de residuos orgánicos y para generar una fuente de energía renovable. Sin embargo, la falta de infraestructura adecuada y la inversión inicial necesaria representan barreras significativas para su adopción. Por lo tanto, es crucial que los futuros estudios se enfoquen en superar estos desafíos a través de mejoras tecnológicas y un mayor apoyo institucional.

CONCLUSIONES

El estudio concluye que el biodigestor anaeróbico es una herramienta efectiva para la gestión de residuos orgánicos y la generación de energías limpias en centros de faenamiento. Los datos obtenidos respaldan la viabilidad técnica y económica de su implementación, destacando la importancia de políticas de apoyo y programas de capacitación para maximizar sus beneficios. Este trabajo contribuye a la investigación sobre tecnologías sostenibles en la gestión de residuos y energía, ofreciendo perspectivas prometedoras para su aplicación en otros contextos similares. Las aplicaciones prácticas incluyen la mejora en la gestión de residuos y la reducción de la huella de carbono de los centros de faenamiento. Los biodigestores anaeróbicos representan una solución viable y sostenible, contribuyendo significativamente a la generación de energías limpias y a la reducción de la huella ambiental. La continua investigación y desarrollo en esta área es crucial para mejorar su eficiencia y viabilidad económica, asegurando su papel en la transición hacia una economía más sostenible y ecológica.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Centro de faenamiento certificados con MABIO - Datos Abiertos Ecuador. (s. f.). Recuperado 31 de mayo de 2024, de <https://datosabiertos.gob.ec/dataset/centro-de-faenamiento-certificados-con-mabio>
- Centro de Faenamiento Municipal reapertura área para ganado mayor – Alcaldía de Machala. (2020). <https://www.machala.gob.ec/news/centro-de-faenamiento-municipal-reapertura-area-para-ganado-mayor/>
- Diario Correo, C. (2021, agosto 30). Centros de Faenamiento con certificación MABIO. Diario El Correo. <https://diariocorreo.com.ec/60443/ciudad/apenas-13-centros-de-faenamiento-con-certificacion-mabio>



- Diaz, L. F., Golueke, C. G., Savage, G. M., & Eggerth, L. L. (2020). Composting and recycling municipal solid waste (1st ed.). CRC Press.
- IEA. (2020). Outlook for biogas and biomethane Prospects for organic growth (p. 93). IEA. https://iea.blob.core.windows.net/assets/03aeb10c-c38c-4d10-bcec-de92e9ab815f/Outlook_for_biogas_and_biomethane.pdf
- Kitchenham, B., Pretorius, R., Budgen, D., Pearl Brereton, O., Turner, M., Niazi, M., & Linkman, S. (2010). Systematic literature reviews in software engineering – A tertiary study. *Information and Software Technology*, 52(8), 792-805. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2010.03.006>
- Mata-Alvarez, J., Dosta, J., Romero-Güiza, M. S., Fonoll, X., Peces, M., & Astals, S. (2014). A critical review on anaerobic co-digestion achievements between 2010 and 2013. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 36, 412-427. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.04.039>
- Mejía Rosado, G. C., & Peralta Zambrano, J. R. (2019). Producción de Biogás mediante Biodigestor a escala Piloto con residuos semi-sólidos (excretas y rumen) del camal de Calceta, Bolívar [Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1000/1/TTMA46.pdf>
- Mercados Machala EP. (s. f.). Recuperado 31 de mayo de 2024, de <https://www.mercadosmachala.gob.ec/cf/>
- Reascos, G. M. E. R., Alvarez, W. F. G., Villarruel, É. J. C., & Coyago, R. F. S. (2022). Construcción de un biodigestor para generar energía renovable a partir de desechos orgánicos en el camal de Pacto— Ecuador. *Esferas*, 3, 134-153. <https://doi.org/10.18272/esferas.v3i1.2426>
- Sheridan, J. J. & FAO (Eds.). (1991). Guidelines for slaughtering meat cutting and further processing. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Torres Benavides, D. A. (2020). Biodigestión anaerobia de los desechos del camal del Distrito Metropolitano de Quito para obtención de compost, biol y biogás [Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/20716/1/T-UCE-0008-CQU-221.pdf>
- World Bioenergy Association. (2023). Global Bioenergy Statics Report (10 th). TEXUS. <https://www.worldbioenergy.org/>

