

Artículo científico

Determinación del potencial de biogás a partir de residuos cárnicos porcinos mediante biodigestores de laboratorio tipo batch, en el año 2021

Determination of the biogas potential from pig meat residues by means of batch-type laboratory biodigesters, in the year 2021

Mariam Antonia Cardoza Urrutia

mariancardoza21@gmail.com

Wilfredo Ramírez Toruño

wilfredorenovable@yahoo.com

Marco Alejandro Ruiz Navarro

ruizmarco1803@gmail.com

UNAN-Managua/FAREM-Estelí

Juan Alberto Betanco Maradiaga

juanalbertobetacom@gmail.com

UNAN-Managua/FAREM-Estelí

Resumen

En este artículo se resumen los resultados de la investigación *determinación del potencial de biogás a partir de residuos cárnicos porcinos mediante biodigestores de laboratorio tipo batch*, la cual tuvo como objetivo principal determinar el potencial de biogás y como objetivos específicos, identificar las propiedades fisicoquímicas de los desechos cárnicos que permiten la generación de biogás, también se establecen correlaciones entre los parámetros

naturales y de funcionamiento del proceso de biodegradación anaeróbica en biodigestores tipo Batch. Y por último, se determina la producción de biogás proveniente de diversas mezclas de desechos cárnicos generado en un biodigestor que se sometan a dicho proceso. Este estudio se basa en el enfoque filosófico cuantitativo, descriptivo según el nivel de profundidad, el método de investigación es experimental, de acuerdo con el alcance y análisis de los resultados el estudio es analítico. Los tratamientos seleccionados fueron: desechos cárnicos porcino y desechos cárnicos porcinos más excretas de porcino, con relación 1:1 y 2:1 cada tratamiento. Los resultados obtenidos demuestran efecto significativo del desecho cárnico A, que es únicamente desechos cárnicos porcinos, sin mezcla, que presentó un vector de medias mayor que el resto de desechos. Se comprobó que, la digestión anaerobia produce más biogás en las mezclas que en los desechos que no se mezclaron con otro sustrato, además, se demostró correlación significativa entre la temperatura y la producción de biogás generada en los biodigestores ($p = 0.0269$), de igual manera se demostró correlación en cuanto al pH y la producción de biogás generada en los biodigestor ($p = 0.0017$). Se concluyó que el Desecho cárnico A, presenta las mejores características fisicoquímicas que el resto de desechos (masa húmeda=0.88, masa seca=23.75, porcentaje de cenizas=19.00, porcentaje de sólidos volátiles=4.75, carbono=2.65, nitrógeno=0.28). Los biodigestores operaron bajo temperaturas en condiciones mesofílicas. El biodigestor con el desecho cárnico D, cuya mezcla es desechos cárnicos porcinos más excretas de porcino, fue el que obtuvo mayor rendimiento en cuanto a la producción de biogás, con 11.00 litros de biogás.

Summary

This article summarizes the results of the research *determination of the biogas potential from pig meat residues by means of batch-type laboratory biodigesters*, which had as main objective to determine the potential of biogas and as specific objectives, identify the physicochemical properties of meat waste that allow the generation of biogas. Correlations are also established between the natural and operating parameters of the anaerobic biodegradation process in Batch-type biodigesters. And finally, The production of biogas from various mixtures of meat waste generated in a biodigester that is subjected to said process is determined. This study is based on the quantitative, descriptive philosophical approach according to the level of depth, the research method is experimental, according to the scope and analysis of the results, the study is analytical. The selected treatments were: pig meat waste and pig meat waste plus pig excreta, with a ratio of 1:1 and 2:1 each treatment. The results obtained show a significant effect of meat waste A, which is only pig meat waste, without mixing, which presented a vector of means greater than the rest of the waste. It was found that anaerobic digestion produces more biogas in the mixtures than in the waste that was not mixed with another substrate, in addition, a significant correlation was shown between the temperature and the production of biogas generated in the biodigesters ($p = 0.0269$), of In the same way, a correlation was shown in terms of pH and the production of biogas generated in the biodigesters ($p = 0.0017$). It was concluded that Meat Waste A has the best physicochemical characteristics than the rest of the waste (wet mass=0.88, dry mass=23.75, ash percentage=19.00, volatile solids percentage=4.75, carbon=2.65, nitrogen=0.28). . The biodigesters operated under temperatures in mesophilic conditions. The biodigester with meat waste D, whose mixture is pig meat waste plus pig excreta, was the one that obtained the highest yield in terms of biogas production, with 11.00 liters of biogas.

Introducción:

La generación y disposición de los residuos orgánicos resultantes de la operación del proceso de matanza y procesamiento de los productos cárnicos de esta industria se caracterizan por ser sólidos muy variables, entre estos se pueden mencionar la sangre, los tejidos grasos de animales, las grasas atrapadas en las trampas de separación y las excretas generadas en el tiempo de espera de los animales antes del sacrificio (Linnenberg et. al, 2012).

Los mataderos generan grandes cantidades de residuos sólidos con un alto contenido en lípidos y proteínas. Estos residuos son, por tanto, más adecuados para la generación de metano que otras materias primas, como los cultivos energéticos o las aguas residuales urbanas, (Biogas fuel cell, 2016). Además, estos desechos emiten olores desagradables. Al entrar en contacto con el medio ambiente esto provoca serios problemas ambientales como la contaminación del suelo, del agua y la proliferación de fauna nociva transmisora de

enfermedades. Estas implicancias sobre el ambiente exigen tener un manejo adecuado de estos residuos, para que no se conviertan en un foco contaminante para el medio ambiente.

En Nicaragua no se cumplen con normas, decretos o leyes, sobre como la industria cárnica maneja los desechos, que se obtienen mediante el proceso de matanza, no se tiene conciencia del grado contaminante que tienen estos. Los mataderos certificados cumplen con normas sanitarias y ambientales, pero estas incluyen que los mataderos no se encuentren cerca de asentamientos humanos o escuelas, cabe recalcar que de los desechos cárnicos se obtienen ciertos subproductos pero gran parte de ellos no son utilizados.

Una alternativa para mitigar el deterioro ambiental seria, aprovechar y manejar de una manera adecuada los desechos cárnicos, esto es posible mediante la biodigestión anaerobia ya que posibilita la degradación de la materia, proceso que ocurre en los biodigestores que son dispositivos completamente herméticos, estos sistemas utilizan tecnología en donde la materia prima en este caso son los desechos cárnicos al encontrarse en condiciones anaeróbicas, transforman la materia en biogás.

Referente al área de estudio, se encuentra situada en el Departamento Estelí, en la Facultad Regional Multidisciplinaria FAREM-ESTELI, con coordenadas geográficas Latitud: 13.1002, Longitud: -87.37, 13° 5' 59", lugar donde se evaluaron los sustratos, así mismo se instalaron las unidades de análisis experimental. El estudio de este proceso investigativo se llevó acabo en el laboratorio de la Facultad.

Con esta investigación se determinó el potencial de biogás, las propiedades fisicoquímicas de los desechos cárnicos y los factores de generación de biogás. Todo esto permite la implementación de tecnologías que son los biodigestores, que conlleva a tener un manejo adecuado de lo que son los desechos cárnicos. Por otra parte, este estudio puede servir de base para futuras investigaciones en el campo de las energías renovables.

Materiales y métodos:

Referente a los aspectos metodológicos, este estudio se basa en el enfoque cuantitativo, el cual utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente, y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista, 2014, p. 4).

De acuerdo al tipo de estudio, este trabajo se considera experimental y según el nivel de profundidad del conocimiento es de tipo descriptivo. Asimismo, es de tipo correlacional porque se establecieron correlaciones entre los parámetros naturales y de funcionamiento del proceso de biodegradación anaeróbica en biodigestores tipo Batch.

El tipo de diseño que se utilizó es completamente al Azar DCA: El diseño se estableció en un DCA.

Las características técnicas-experimentales, para el diseño, análisis e interpretación de los datos a obtenerse, se realizaron de acuerdo al método de Fischer, siguiendo los procedimientos estadísticos establecidos en (Pedroza Pacheco 1993).

Primeramente, se realizó la selección del sustrato. Este se escogió tomando en cuenta los siguientes criterios que propone Reyes Aguilera (2019):

El sustrato que se eligió para la producción de biogás son los residuos cárnicos porcinos, estos siendo obtenidos en el matadero Los García del departamento de Estelí.

Clasificándolos en desechos cárnicos A, B, C y D, siendo A únicamente desechos cárnicos porcinos con relación 1:1, B únicamente desechos cárnicos porcinos con relación 2:1, C desechos cárnicos porcinos + excretas de porcino con relación 1:1, y D desechos cárnicos porcinos + excretas de porcino con relación 2:1.

Esta etapa se realiza mediante una técnica gravimétrica utilizando una balanza analítica, para el pesaje de los sustratos cárnicos. Posteriormente se introducen en un horno, en capsulas de porcelana, con una temperatura de 105°C durante 6 horas.

Posteriormente, las muestras son enfriadas en un desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente y se aplica nuevamente el proceso de pesado en la balanza analítica para conocer el porcentaje de humedad y masa seca respectivamente, el aumento de peso sobre el peso del crisol vacío representa la cantidad de sólidos totales o masa seca del sustrato.

El porcentaje de humedad se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$M_b = M_h + M_s \quad \text{ec.1}$$

Dónde: M_b es la masa bruta o total, M_h masa húmeda, M_s masa seca. A partir de la ec.1 se determinan los porcentajes contenidos de masa húmeda, que se pierde por evaporación tras el secado, y de masa seca, por medio de:

$$M_{rh\%} = M_h/M_b * 100\% \quad \text{y} \quad M_{rs\%} = M_s/M_b * 100\% \quad \text{ec.2}$$

Para llevar a cabo la determinación de los Sólidos Volátiles (SV), se calcina el residuo seco procedente de la determinación de ST se introduce en un horno a una temperatura de 550°C durante 8 horas. Concluido este proceso se procede a la extracción de las muestras, pesándolas para conocer el porcentaje de cenizas y el contenido de sólidos volátiles presente en las muestras. La disminución de peso del crisol tras la incineración del residuo seco (ST), representa el contenido en SV.

La diferencia a la masa seca menos la de cenizas es la masa de sólidos volátiles:

$$M_{sv} = M_s - M_c \quad \text{ec.3}$$

Después de encontrar los porcentajes de contenido de la masa se calcularon los pesos para los sólidos volátiles y las cenizas en base seca por medio de la siguiente ecuación:

$$M_{rsv\%} = M_{sv}/M_s * 100\% \quad \text{y} \quad M_{rc\%} = M_c/M_s * 100\% \quad \text{ec.4}$$

También, se calculó el porcentaje de Carbono Orgánico (CO) a partir de los porcentajes de materia orgánica (Sólidos Volátiles). El porcentaje de CO se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$CO (\%) = MO/1,8 \quad \text{ec.5} \quad \text{Dónde: } 1.8 = \text{factor de conversión}$$

Se estimó el contenido de nitrógeno considerando que el contenido de este elemento forma 5 % de la materia orgánica, (Plaster 2000).

Mediante la obtención de carbono y nitrógeno se obtuvo la relación carbono nitrógeno con la siguiente ecuación, (Bragado Alcaraz y Blanco Jaschek 2019).

$$C/N=CO / N \quad \text{ec.6}$$

Correlación entre los parámetros naturales y de funcionamiento del proceso de biodegradación anaeróbica en biodigestores tipo Batch.

Se realizaron las pruebas para obtener los datos para la comparación de estos grados de acidez

Para medir el grado de acidez o Ph, se recolecta líquido de la mezcla a través de la válvula situada en la parte inferior del biodigestor de tipo batch. Para ver en qué valor se encuentra se hace uso del papel indicador de PH, el rango óptimo para la digestión metanogénica es de 6.5 a 7.5, cuando baja de 5 o sube de 8 puede inhibir en el proceso de fermentación o incluso detenerlo.

Rango de temperatura

En este parámetro se dispuso de un termómetro de termopar tipo K, Este se insertó directamente en la parte superior del biodigestor para conocer el régimen de temperatura de operación de los biodigestores, si es psicrófilicas se encuentra menos de 25°C, mesófilicas entre 25°C y 45°C y termófilicas más de 45°C.

Con los datos obtenidos se determina:

- El efecto de la temperatura sobre la producción de biogás.
- El efecto del pH sobre la producción de biogás.
- El efecto de la relación C/N sobre la producción de biogás.

Producción de biogás proveniente de diversas mezclas de residuos cárnicos generado en un biodigestor que se sometan a dicho proceso.

Esta etapa consistió en la construcción de la unidad experimental que consta de 4 biodigestores de tipo batch. Una vez construido el biodigestor, se procede a la recolección de los sustratos cárnicos, se procede a aplicar las relaciones de (sustrato agua), con valores específicos que se determinan una vez iniciada la fase experimental. Se aplica la relación 1:1

en 2 reactores, es decir por cada kilogramo de residuos cárnicos, un litro de agua y se aplica la relación 1:2, es decir por cada 2 kilogramos de residuos cárnicos, un litro de agua. Los reactores tienen una capacidad de 20 litros, se utiliza el 70% para la cámara gaseosa y el 30% para el almacenamiento de biogás.

La cantidad de biogás se cuantifica aplicando una técnica volumétrica que se basa en el desplazamiento de líquido. Para la realización de esta prueba se usan instrumentos de laboratorio tales como: base soporte, nuez doble, y una probeta graduada de 250 ml. Este método consiste en introducir la probeta en un recipiente con agua y dentro de ésta se coloca la manguera de salida del gas hasta la parte superior.

La presión del gas hace que el nivel del agua en la probeta se desplace hacia abajo, por lo tanto, se mide la cantidad de biogás obtenida en cada uno de los sustratos sumando la cantidad de veces que se realiza la prueba hasta que el gas se agota y así obtenemos la producción de biogás, recordando que los biodigestores tuvieron un tiempo de retención de 25 días y luego las respectivas mediciones que se reflejan en el formato de producción de biogás.

Después de esto, se llevó a cabo el plan de tabulación y análisis de datos e información, es así, que a partir de los datos que se recolectan, se diseñan las bases de datos correspondientes, utilizando el software estadístico InfoStat. Una vez que se realizó el control de calidad de los datos registrados, se realizan los análisis estadísticos pertinentes.

Así mismo, se realizan los análisis inferenciales específicos o prueba de hipótesis, de acuerdo con el compromiso establecido en los objetivos específicos, relacionado con el Análisis de Varianza Univariada (ANOVA de Fisher) y el test de Fisher (prueba de LSD). El procedimiento estadístico fue realizado de acuerdo con (Discovski y Pedroza Estadística).

Con los datos obtenidos en el proceso de recolección de la información se realizaron los Análisis de la Varianza (ANOVA), mediante el cual se probaron las hipótesis referidas a los parámetros de posición (esperanza) de dos o más distribuciones. La hipótesis que se someten a prueba, generalmente se establecen con respecto a las medias de las poblaciones en estudio o de cada uno de los tratamientos evaluados en un experimento, (Reyes Aguilera 2019).

Antes de realizar el ANOVA, se hizo el diagnóstico de la normalidad, homogeneidad e independencia de residuos. Para tal efecto, se obtuvieron previamente las variables RDUO de las variables y PRED. A partir de los residuos y sus transformaciones se verificó el cumplimiento de los supuestos de normalidad, diagnóstico de la normalidad, homogeneidad e independencia de residuos y homogeneidad de varianzas, (Reyes Aguilera 2019).

Resultados y discusión:

Entre los principales resultados, se identificó que el desecho cárnico A, posee los mejores vectores de medias fisicoquímicas que el resto de sustrato que formaron parte del estudio.

Referente a la correlación, se encontró que existe correlación significativa entre la temperatura y la producción de biogás generada en los biodigestores.

También existe correlación significativa entre el pH y la producción de biogás generada en los biodigestores.

Seguidamente se comprobó que, la digestión anaerobia produce más biogás en las mezclas de desechos cárnicos con otro sustrato, a diferencia de los que no se mezclaron con otro tipo.

Relación de los resultados obtenidos

El porcentaje de sólidos totales que debe contener la mezcla con la cual se cargará un biodigestor, es un importante factor a considerar o puede verse limitada a medida que aumenta el contenido de sólidos, por lo tanto puede afectar la eficiencia y la producción de biogás. Los resultados de esta investigación. El porcentaje de materia seca o sólidos totales para el desecho cárnico A fue de 19.33 y 14.46 para el desecho cárnico C, Los desechos cárnicos A y C ligeramente por encima del rango establecido por, (Rueda, Mojica y Acosta 2016).

Las cenizas, son compuestos minerales residuales que no son volatilizados. Los resultados en esta investigación demostraron que en el desecho cárnico A se obtuvo, 86.61%, es el mayor vector de medias de los desechos analizados, los resultados se encuentran ligeramente por encima de lo reportado por Falla Cabrera (2005); este tuvo 80% en el mayor vector de medias.

Los sólidos volátiles corresponden a la porción de sólidos totales que se libera de una muestra, volatilizándose cuando se calienta durante dos horas a 600°C. Estos sólidos contienen componentes orgánicos, los que en teoría se convertirán en metano. El desecho cárnico A presentó el valor más alto con 20.51% y el que menos sólidos volátiles presentó fue el Desecho cárnico B con 14.39 %, estos valores no coinciden con lo reportado por (Rueda, Mojica y Acosta 2016).

En general, la relación C/N no es un problema. Si es cierto, que cuando hay mucha presencia de nitrógeno en un sustrato el consorcio bacteriano puede inhibirse y dejar de trabajar apropiadamente, pero no es el caso de los estiércoles de animales de granja.

La relación C/N permite conocer la capacidad mineralizadora del residuo sólido en procesos de recuperación y aprovechamiento de la materia orgánica. El desecho cárnico A, fue el que tuvo un valor más alto de 11.39, este valor se encuentra ligeramente bajo de lo reportado por, (Varnero 2011).

El proceso anaeróbico es fuerte dependiente de la temperatura, a medida que aumenta la temperatura aumenta la velocidad de crecimiento de los microorganismos y se acelera el proceso de digestión, dando lugar a mayores producciones de biogás.

La temperatura máxima obtenida en los biodigestores fue de 32.90 C y la temperatura mínima de 27.80, encontrándose dentro del rango mesofílico, establecido por. Los biodigestores estaban ubicados al aire libre por lo cual la temperatura de operación no fue controlada. El análisis estadístico realizado a través de la correlación de Pearson demostró que existe relación entre la temperatura y la producción de biogás, esto se debe principalmente a que la temperatura influye para producir más o menos biogás.

El PH es un indicador de la acidez de una materia orgánica. El consorcio bacteriano que desarrolla la digestión anaerobia suele gustar de estar en ambientes con pH entre 6.5-7.5 (7 es el valor neutro de pH). Dentro del consorcio bacteriano, las bacterias que realizan la etapa de acidogénesis y acetogénesis trabajan mejor en pH 5.5 y 6.5, mientras que las metanogénicas lo hacen en un rango 7.8 a 8.2, (Marti Herrero 2019).

En los biodigestores que formaron parte de la unidad de análisis experimental de la presente investigación, una vez estabilizado el proceso fermentativo el pH se mantuvo en valores que oscilaron entre 7.23 y 6.95. Esto permitió no correr el riesgo de que el proceso de fermentación se inhibiera y pudiera detenerse, similar a lo reportado por (Reyes Aguilera 2019).

El análisis de correlación de Pearson realizado para los variables pH y producción de biogás, dio como resultado un coeficiente de correlación moderada positiva. Este moderado valor del “r” fue obtenido con un $p = 0,0017$, quiere decir que la respuesta estadística obtenida es una correlación significativa, por lo que se demostró que existe correlación entre las variables pH y producción de biogás. De ahí que, se confirma la hipótesis de que el pH cuando se encuentra en los niveles óptimos está asociado con la producción de biogás.

En el proceso de digestión anaerobia el mayor valor de producción de biogás lo tuvo el desecho Cárnico D con 10125 ml equivalente a 10.125 lts de biogás y en el valor más bajo obtuvo 9875 ml equivalente a 9.875 lts de biogás con el desecho cárnico A, esto demostró que en el proceso de biodigestion produce mayor cantidad de biogás en las mezclas de desechos cárnicos con otro sustrato, a diferencia de los que no se mezclaron con otro tipo, tal y como lo señala (Reyes Aguilera 2019).

Conclusiones

Con respecto a las propiedades fisicoquímicas de los desechos cárnicos A, B, C y D, en este caso el desecho cárnico A obtuvo valores significativos difiriendo del resto de los desechos cárnicos y presento el mejor vector de medias. La identificación de la masa seca, solidos volátiles, cenizas, carbono, nitrógeno, humedad y relación carbono/ nitrógeno, muestra que estuvieron dentro de los rangos óptimos y satisfacen las necesidades de crecimiento y producción de metano de las bacterias anaerobias.

La producción de biogás esta correlacionada con el pH; de este depende que se obtenga metano dentro de los biodigestores, siempre que estos no se desestabilicen y se mantengan dentro del rango óptimo. De igual manera la temperatura en cuanto a la producción de biogás se encuentra correlacionado significativamente y de esta depende producción de biogás.

El biodigestor con el desecho cárnico D cargado con la mezcla de desechos cárnicos más excreta de cerdo obtuvo el mayor rendimiento en cuanto a la producción de biogás. Se concluye que en el proceso de digestión anaerobia se obtienen mejores rendimientos si se cargan los biodigestores con dos o más sustratos.

Bibliografía

- Aliaga Orellana , Lizeth Limbania . «Evaluación de producción de biogás utilizando desechos porcícolas de Zamorano.» *Evaluación de producción de biogás utilizando desechos porcícolas de Zamorano, Zamorano, Honduras*. Diciembre de 2006. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5651/1/IAD-2006-T002.pdf> (último acceso: 02 de Noviembre de 2021).
- Alvarado, Eva Luz , Francisca H Canales, y Elia Beatriz Pineda. «Metodología de la investigación.» En *Manual para el desarrollo de personal de salud, segunda edición*. Washington: Organización Panamericana de la Salud, 1994.
- Estrada P, Monica Maria. «Manejo y procesamiento de la gallinaza.» *Manejo y procesamiento de la gallinaza*. 01 de Junio de 2005. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69520108.pdf> (último acceso: 01 de Enero de 2005).
- Malpica, Lina Paucar, y Maricela Elizabeth Quispe. *Ban, Biblioteca Agrícola Nacional*. 2015. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2153>.
- Manufactureros, Servicios. «Panel I Biogas.» *Panel I Biogas*. 07 de 26 de 2010. <http://www.oas.org/dsd/Energy/Documents/SimposioG/3%20Panel%20I%20Biogas.pdf> (último acceso: 07 de 26 de 2010).
- Martí Herrero, Jaime. *Experiencias Latino Americanas en la implementación de estrategias para democratizar los biodigestores entre pequeños y medianos productores agropecuarios: Aportes a Ecuador. Climate Technology Centre and Network (CTCN)-UNFCCC*. 2019. https://www.ctcn.org/system/files/dossier/3b/del_1.2_biodigestores_latinoamerica.pdf (último acceso: 03 de Agosto de 2021).
- Martí Herrero, Jaime. «Biodigestores Tubulares.» Guía de diseño y manual de instalación, Ecuador, 2019.
- Martínez C, Carlos . *Cuba solar, Revista Energía y Tú No.39, Título Volumen de Biodigestores*. Julio-septiembre de 2007. <http://www.cubasolar.cu/33-40-2/> (último acceso: 2021 de Agosto de 03).
- Oppenoorth , Harrie . «Biodigestores domésticos en África: el programa ABPP, Leisa.» *Biodigestores domésticos en África: el programa ABPP, Leisa revista de agroecología*. Septiembre de 2015. <https://www.leisa-al.org/web/index.php/volumen-30-numero-1/1029-biodigestores-domesticos-en-africa-el-programa-abpp> (último acceso: 20 de Septiembre de 2021).
- Pedroza Pacheco , Henry. «Fundamentos de experimentación agrícola, Nicaragua, Editorial de arte S.A.» *Fundamentos de experimentación agrícola, Nicaragua, Editorial de arte S.A.* Junio de 1993. <https://cenida.una.edu.ni/textos/NC10P372.pdf> (último acceso: 01 de Noviembre de 2021).

- Pedroza, Manuel Enrique. «El Modelo de gestión de la investigación.» En *INVESTIGACION CIENTIFICA*, 90. Managua: UNAN Managua, 2014.
- Pelaez, Carlos. «Gallinaza.» En *Materia prima en proceso de compostacion*, de Carlos Pelaez, 18-32. Colombia: Revista Avicultores, 1999.
- Piura Lopez, Julio. «Metodología de la investigación científica.» En *Metodologia de la investigacion*. Nicaragua: Publicidad Arellano Vasquez, 2006.
- Plaster, Edward J. *La Ciencia del suelo y su manejo*. Madrid, España: Paraninfo. 419 p, 2000.
- Prieto, Diana Maria, y Juan Manuel Fajardo. «BIODIGESTORES DE ESCALA A 50 LITROS, UNA SOLUCIÓN PARA LA PRODUCCION DE GAS, ABONO Y APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS
- Red Española de Compostaje. *De residuos a Recursos*. España: Mundi Prensa, 2015.
- RedBiolac,. *Red de biodigestores, RedBiolac para latinoamerica y el caribe*. 2020. <http://redbiolac.org/los-biodigestores/> (último acceso: 03 de Agosto de 2021).
- Residuos Profesional. *Residuos Profesional*. 11 de Diciembre de 2017. <https://www.residuosprofesional.com/residuos-carnicos-deyecciones-biogas/> (último acceso: 05 de Diciembre de 2021).
- Reyes Aguilera, Edwin Antonio. «Generacion de biogas mediante el proceso de digestion anaerobica, a partir del aprovechamiento de sustratos organicos en la zona rural de Esteli en el periodo 2016-2018.» *Tesis doctoral, Esteli. Recuperado el 15 de Julio de 2020*. 2019. <https://repositorio.unan.edu.ni/12306/1/5892>. (último acceso: 2019).
- Reyes, Edwin Antonio. «Generación de biogás, mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos, en la zona rural de esteli, en el periodo 2016-2018.» *Doctor en Gestión y Calidad de la Investigación Científica* . Esteli, Esteli, 30 de 06 de 2018.
- Scribd*. (2015). Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/178101374/DISENO-COMPLETAMENTE-AL-AZAR-DCA>
- Tamayo y Tamayo, Mario . «El proceso de la investigacion cientifica.» En *El proceso de la investigacion cientifica*, de Mario Tamayo y Tamayo, 176. Mexico: LIMUSA, S.A. D, 2003.
- Tamayo y Tamayo, Mario. «Proceso de la Investigacion cientifica.» En *cuarta edicion*, 175. Mexico: LIMUSA, S.A. DEC.V., 2003.