



Revisión sistemática de parámetros de calidad de producción de biogás a partir de pulpa de café mediante digestión anaerobia

Johana Pérez Serna
Yuly Andrea Quinchía Jaramillo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia
Escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente
Medellín, Colombia

2019

Revisión sistemática de parámetros de calidad de producción de biogás a partir de pulpa de café mediante digestión anaerobia

Johana Pérez Serna
Yuly Andrea Quinchía Jaramillo

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniería Ambiental

Director (a): Gloria María Doria Herrera

Químico, Magister en Ciencias Químicas, PhD(c) en Ingeniería Ambiental

Línea de Investigación: Desarrollo Rural

Universidad Nacional Abierta y a Distancia
Escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente
Medellín, Colombia
2019

*Los sueños sin metas, son sólo sueños;
y te llevarán a desilusiones. Las metas, son
el camino hacia tus sueños; pero no se
pueden lograr sin disciplina y consistencia.*

Denzel Washintong.

Agradecimientos

Agradezco principalmente a Dios, por darme fuerza para obtener uno de mis objetivos. A mis padres Héctor Fabio Quinchía y Guillermina Jaramillo, por su amor y comprensión durante todos estos años, por ellos he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. A mi hermana Tatiana Quinchía, por estar siempre presente, por su apoyo moral y la compañía que me brindo a lo largo de esta etapa.

A todas aquellas personas que me apoyaron y han hecho que este sueño sea una realidad; especialmente a la asesora del trabajo de grado Gloria María Doria Herrera.

Tabla de contenido

Lista de figuras	7
Lista de tablas	8
CAPÍTULO 0 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	9
1. RESUMEN	10
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
3. JUSTIFICACIÓN	12
4. OBJETIVOS.....	14
4.1 General.....	14
4.2 Específicos	14
5. BIBLIOGRAFÍA.....	14
CAPITULO I CONDICIONES PARA UNA EXCELENTE BUSQUEDA DE INFORMACIÓN	16
1. INTRODUCCIÓN.....	17
2. OBJETIVO ESPECIFICO	17
3. MARCO TEÓRICO	17
3.1 Bases de Datos.....	17
3.2 Tipos de bases de datos.....	18
3.3 Clasificación de las bases de datos.....	18
3.4 Estructura de las bases de datos	19
3.5 Buscadores Booleanos	21
3.6 Tipos de buscadores Booleanos.....	21
3.7 Metabuscadore (MB).....	22
3.8 Identificador de objetos digitales (DOI)	23
4. METODOLOGÍA.....	23
5. RESULTADOS.....	24
6. CONCLUSIONES	26
7. BIBLIOGRAFÍA.....	27
CAPITULO II DIGESTIÓN ANAEROBIA: UNA MIRADA GENERAL	30
1. INTRODUCCIÓN.....	31
2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	32

3. MARCO TEÓRICO	32
3.1 Digestión anaerobia	32
4. METODOLOGÍA	37
5. RESULTADOS	38
5.1 Residuos agroindustriales usados como sustratos en la digestión anaerobia.	50
6. CONCLUSIONES	54
7. BIBLIOGRAFÍA.....	55
ANEXOS	62
Anexo 1. Glosario.....	63
Anexo 2. Tabla de evaluación de artículos científicos.....	65

Lista de figuras

Figura 1. Ejemplo de búsqueda sencilla y avanzada en el motor de búsqueda EBSCO.....	20
Figura 2. Ejemplo de utilización de los límites del buscador de EBSCO al iniciar la búsqueda.....	21
Figura 3. Cantidad de referencias por Base de datos utilizando la palabra clave "Anaerobic digestión and coffee".	26
Figura 4. Diagrama general del proceso de digestión anaerobia.	34
Figura 5. Fases de la Digestión Anaerobia	35
Figura 6. Relación número de artículos vs puntuación.....	39
Figura 7. Reactor hidrolítico con agitación mecánica.	44
Figura 8. Biodigestor de flujo pistón con agitación manual.	45

Lista de tablas

Tabla 1. Resultados de búsqueda de referencias bibliográficas utilizando las distintas combinaciones de palabras claves.....	24
Tabla 2. Reacciones en la degradación anaerobia	37
Tabla 3. Rangos de temperatura óptimos para el desarrollo de los microorganismos en cada etapa del proceso de digestión anaerobia.	40
Tabla 4. Rangos de pH óptimos para la digestión anaerobia reportados por distintos autores.....	43
Tabla 5. Producción de biogás a partir de pulpa de café	52
Tabla 6. Rendimiento en la producción de biogás de residuos orgánicos	53

CAPITULO 0

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1. RESUMEN

La generación e inadecuado manejo de la pulpa de café, es una de las principales causas de contaminación ambiental de los recursos agua y suelo, debido a que esta es arrojada a dichas fuentes sin ningún tipo de tratamiento. Esta situación de contaminación tiende a empeorar a medida que se procesan y se producen más toneladas de café. Por esto, se pretende documentar y analizar la información pertinente y disponible sobre la producción de biogás a partir de residuos de café mediante digestión anaerobia, como una opción de tratamiento sostenible que permita impactar de manera positiva el ambiente, optimizar procesos, reducir costos de producción y darles un valor agregado a los residuos.

Este estudio pretende revisar los resultados de investigación sobre producción de biogás mediante digestión anaerobia utilizando pulpa de café como sustrato; analizando la pertinencia de este subproducto y al mismo tiempo brindando una alternativa de mitigación al impacto negativo causado por estos residuos. La metodología utilizada consiste en una exploración en las bases de datos más relevantes para la investigación, tales como Scielo, ScienceDirect, Scopus, Redalyc, Dialnet y Proquest, mediante un filtro para seleccionar los artículos publicados entre 2010 – 2018. Se usaron varias combinaciones de sintaxis de palabras claves como “anaerobic digestión and coffee”, “coffee and husk”, “coffee pulp” and “anaerobic Digestión”, teniendo en cuenta las keywords que mejores resultados arrojaron a nivel de posicionamiento.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La intervención antrópica en la naturaleza y la industrialización han ocasionado impactos que afectan de forma negativa la sostenibilidad de los ecosistemas; llegando en algunos casos a afectar la vida de los pobladores del planeta. Esto, se puede evidenciar en forma catastrófica con el aumento en la generación de vertimientos industriales, la acumulación de los residuos sólidos, el efecto

invernadero, calentamiento global, la baja la calidad del aire y la lluvia ácida. (Becerra, 2007).

La industria cafetera se ha convertido en uno de los *commodities* más importantes en el ámbito mundial; más del 80 % de la producción está dirigida al comercio internacional. En los últimos años, el consumo mundial de café aumentó a una tasa media de crecimiento anual del 2,6%, pasando de 57,9 millones de sacos en 1964 a 152,1 millones de sacos para el año 2015, reportando un incremento de 1,2 %. Sin embargo, la generación de subproductos es inevitable en la mayoría de los sectores agroindustriales. La industria del café no escapa a esta situación, ya que genera grandes cantidades de residuos y subproductos desde el procesamiento de la cereza hasta la obtención de la bebida constituyendo una fuente de grave contaminación y problemas ambientales (Ocampo & Álvarez, 2017).

En Colombia, una de las principales agroindustrias es la cafetera, sin embargo, en el proceso de transformación del café se calcula que menos del 5% del material vegetal generado es aprovechado en la elaboración de la bebida. Las hojas, ramas, tallos y frutos verdes originados en el proceso de beneficio así como la pulpa y el mucílago, quedan en forma residual convirtiéndose en fuente de contaminación de los recursos naturales (Rodríguez & Zambrano, 2013). Actualmente, en el país se tienen aproximadamente 955.000 Hectáreas de café a lo largo y ancho de su territorio. El promedio de la producción de pulpa es de $2,25 \text{ t.ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$, es decir, por 1 millón de sacos de 60 kg de café almendra que Colombia exporta, se producen 162.900 toneladas de pulpa fresca, que al no utilizarse adecuadamente producen un impacto en excretas y orina, equivalente a la generada por una población de 868.736 habitantes, durante un año (González, 2016)

La pulpa, es clasificado como un subproducto altamente contaminante, debido a que deteriora la calidad de medios bióticos y abióticos, es decir, tiene una carga orgánica muy alta la cual al ser arrojada en terrenos deriva en infertilidad

(acidificación) de suelos y el panorama es aún peor cuando su destino final son fuentes hídricas naturales (Corantioquia, 2015).

Por lo anterior, diferentes sectores han venido desarrollando investigaciones para determinar buenas prácticas de disposición de los lixiviados de este. Por ejemplo, se ha establecido que el uso de la pulpa del café para elaborar compost orgánico que resulta de la degradación parcial de los sustratos provenientes de origen animal y vegetal, es muy beneficioso para el mismo (Ampuero, 2011). Sin embargo, el compost requiere amplias extensiones de terreno y puede producir exceso de producto, que a la larga no satisface la pretensión inicial. Por ello, a través de la documentación y el análisis de información disponible sobre el tema, se busca dar respuesta al interrogante: Según la literatura consultada ¿Cuáles son los parámetros más indicados para evaluar la calidad de producción de biogás a partir de pulpa de café mediante digestión anaerobia?

3. JUSTIFICACIÓN

Durante el beneficio del fruto de café se obtienen varios subproductos, el primero de ellos; es la pulpa. Este residuo se caracteriza por presentar una coloración roja y actuar como esponja, ya que absorbe una gran cantidad de agua. El contenido de humedad de la pulpa de café fresca oscila entre el 76% y el 80%, ocasionando desventajas a la hora de su transporte, manejo y procesamiento. La pulpa del café es un subproducto abundante, voluminoso y perecedero, el cual junto al mucílago adherido a los granos recién despulpados, representan el 61.0% de la materia fresca de las cerezas y son la fuente principal de los materiales contaminantes de las cuencas y/o terrenos agrícolas donde se sitúan este tipo de instalaciones. (Figuerola et al., 2015).

Actualmente, la generación y disposición inadecuada de pulpa de café constituye una latente preocupación tanto para los sectores ambientales, como para los

agroindustriales, los cuales han venido desarrollando técnicas de disposición final de la pulpa; entre ellas la generación de biogás a partir del producto. Sin embargo, lo investigado hasta el momento ha tenido pocos avances en términos de utilidad y costo-beneficio para el empresario cafetero.

Debido a esto, se requiere analizar el potencial de la pulpa de café como sustrato en la producción de biogás mediante digestión anaerobia, en miras de una opción de tratamiento sostenible y amigable con el ambiente, reduciendo la generación de agentes contaminantes y disminuyendo las emisiones producidas durante el beneficio del fruto. La obtención de biogás por digestión anaerobia podría ser una solución prometedora ya que ofrece opciones eficientes y da valor agregado a los residuos de café.

En esta investigación se pretende realizar una búsqueda bibliográfica que permita establecer qué avances se han realizado frente a la utilización de la pulpa de café como un potencial sustrato para la digestión anaerobia. Inicialmente se realizó una compilación de documentación especializada, acudiendo a bases de datos y motores de búsqueda tales como: Redalyc, SciElo, Scopus, DIALNET, Science direct, Proquest. El criterio de selección de la consulta fue la herramienta de Google Académico, para poder discriminar las bases más consultadas acerca de la temática de estudio.

Para la clasificación de la información, se establecieron criterios de selección de información apoyados en los parámetros de operación para la digestión anaerobia: temperatura (°C), pH, luz (cuantos), inoculación, factores de inhibición, agitación (rpm), presencia/ausencia de atmósfera inerte. En el caso de la variable respuesta, se tomaron como referencia la calidad del biogás expresados en: rendimiento calorífico del Biogás, porcentaje de Metano (%CH₄), porcentaje de gases indeseables (%CO₂, %S entre otros) y volumen de metano por kilogramo de pulpa (Vol. CH₄ /Kg de pulpa). Finalmente, se realizaron según lo consultado, criterios de comparación con otros residuos, los cuales permitieron establecer si es un sustrato adecuado para este tipo de tecnologías.

4. OBJETIVOS

4.1 General

Realizar una revisión sistemática de parámetros de calidad de producción de biogás a partir de pulpa de café mediante digestión anaerobia.

4.2 Específicos

Establecer criterios de exploración y discriminación bibliográfica acerca de la temática de estudio.

Sistematizar la información consultada, tomando como variable respuesta la calidad de biogás y como variables de estudio los parámetros de operación.

Comparar parámetros de calidad de biogás con relación a otros residuos agroindustriales encontrados en la búsqueda bibliográfica.

5. BIBLIOGRAFÍA

Acosta, Y. &. (2005). La digestión anaerobia. Aspectos teóricos. Parte I. *redalyc.org*, XXXIX(1), 35-36.

Becerra, M. R. (2007). Ingeniería y medio ambiente. *Scielo*, 26, 1-12. Recuperado el 20 de 10 de 2018, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932007000200008

Cury R, K., Martínez M, A., Olivero V, R., & Chams Ch, L. (1 de Enero de 2018). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 9, 122-132. doi: 10.24188

Cury, K., Martínez, Y., & Olivero, R. &. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 9, 122-132.

- Figuroa, E., Pérez, F., P & Godínez, L. (2015). La producción y el consumo de café. (M. P. GARCIA-MIRANDA, Ed.)
- González, M., Pérez, S., Villarreal, A., & Bello, R. &. (Septiembre de 2015). Residuos agroindustriales con potencial para la producción de metano mediante la digestión anaerobia. *Revista Argentina de Microbiología*, 47(3), 229-235. doi:10.1016/j.ram.2015.05.003
- Lorenzo, Y. &. (2005). La digestión anaerobia, aspectos teóricos, parte I. *Revista ICIDCA*, XXXIX(1), 35-48.
- Montenegro, K., Rojas, A., & Cabeza, I. &. (15 de Julio de 2016). Potencial de biogás de los residuos agroindustriales generados en el departamento de Cundinamarca. *Revista Scielo*, 29(2), 1-15. doi:10.18273/revion.v29n2-2016002
- Montenegro, K., Rojas, A., & Rojas, I. &. (15 de Julio de 2016). Potencial de biogás de los residuos agroindustriales generados en el departamento de Cundinamarca. *Scielo*, 23-25. doi:10.18273
- Ocampo, O. L., & Álvarez, L. M. (2017). Tendencia de la producción y el consumo. *Scielo*, 36, 1-28.
- Peñaranda, L., & Montenegro, S. &. (Diciembre de 2017). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*, 8(2), 1-10.
- Yepes, S., & Montoya, L. &. (29 de Mayo de 2008). Valorización de residuos agroindustriales – frutas –en Medellín y el sur del valle del Aburrá, Colombia. *Revista Scielo*, 1-10.

CAPITULO I

**CONDICIONES PARA UNA
EXCELENTE BUSQUEDA DE
INFORMACIÓN**

1. INTRODUCCIÓN

Las Bases de datos son colecciones de publicaciones de temas científico-técnicos, conformados por artículos de revistas, libros, tesis o congresos, de contenido temático, cuyo objetivo es reunir selectivamente toda la información bibliográfica posible sobre un área de conocimiento. Se caracterizan por contener información relevante, actualizada, precisa, contrastada y de calidad. Estas le permiten al Investigador estar informado acerca de todo lo que se ha publicado sobre un campo de investigación, qué ha divulgado un autor determinado, en qué institución se está investigado más sobre un tema, que revistas publican más acerca de un área de estudio específico, entre otros (Martínez, 2012).

Existen diversas tipologías de las bases de datos, de acuerdo con el contenido estas pueden clasificarse en referenciales y de texto completo, las primeras buscan la ordenación de referencias y pequeños resúmenes, pero no permiten visualizar el texto completo de un documento a diferencia de las segundas. Respecto a la variabilidad se clasifican en estáticas y dinámicas. En lo que se refiere al idioma predominan las que contiene sus escritos en Inglés, sin embargo, algunas permiten la búsqueda en otros idiomas, como el caso de Dialnet, ISOC, ICYT, que tienen contenido exclusivo en castellano (Rodríguez, 2001).

2. OBJETIVO ESPECIFICO

Establecer criterios de exploración y discriminación bibliográfica acerca de la temática de estudio.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Bases de Datos

Son conjuntos de información organizada, agrupada y relacionada entre sí, de manera que pueda ser usada en varias aplicaciones. Básicamente permiten reunir información científica sobre un tema determinado con datos o referencias de

textos publicados, mediante un motor de búsqueda interno que utiliza características especiales de cada artículo, con el fin de lograr una rápida y eficaz ubicación. Estas bases son consideradas como fuentes secundarias, ya que son el camino que conduce a la fuente original (Castrillón et al., 2008).

3.2 Tipos de bases de datos

Según la variabilidad de los datos almacenados:

- **Bases de datos estáticas.** Estas bases de datos se usan generalmente para recopilar datos históricos que en el futuro pueden ser utilizados para evaluar los cambios que ha presentado un conjunto o serie de datos. Se caracterizan por ser de solo lectura, por ejemplo: bibliotecas o periódicos (Herrera, 2011).
- **Bases de datos dinámicas.** Permiten almacenar información modificable en el tiempo, es decir, que se puede actualizar, borrar y editar el texto, además admite realizar las funciones principales de exploración (Herrera, 2011).

Según el contenido:

- **Bases de datos bibliográficas.** Son colecciones de documentos académicos que no contienen el texto original sino que se encuentran en formato electrónico y pueden consultarse en línea. En algunos casos, estas bases de datos incluyen campos que suministran la ubicación del documento o brindan enlaces directos para obtener el documento original mediante otro programa (Rodríguez, 2001).
- **Bases de datos de texto completo.** Estas bases de datos utilizan palabras claves o términos específicos para la búsqueda de información. Almacenan fuentes primarias, como por ejemplo: colecciones de revistas científicas para escuelas y universidades (Estrada & Rodríguez, 2001).

3.3 Clasificación de las bases de datos

Las bases de datos se pueden clasificar en dos tipos:

- Acceso libre (Open Access): Pueden definirse como aquellas que permiten visualizar documentos y/o archivos completos de forma gratuita y sin restricciones en forma digital. La utilización de los documentos puede verse limitada por los derechos de autor, ya que este mantiene el dominio sobre la autoría de sus trabajos, por ende el derecho a ser reconocido y citado. Algunas bases de datos con acceso libre son **DOAJ**, **Dialnet** y **SciELO** (González, 2009).

Existen dos tipos de acceso open Access: *vía verde o vía dorada*. En la primera el autor puede disponer el archivo por iniciativa propia, en repositorios institucionales o temáticos, donde no hay revisión por expertos. La segunda forma, es en revistas de acceso abierto (con revisión por pares) donde los artículos se convierten plenamente accesibles al publicarse, o en revistas donde el autor o la institución a la cual pertenece pueden pagar una cuota al editor para que la publicación esté disponible (Ferrer, 2018).

- Acceso restringido: Son las bases de datos que presentan limitaciones en su acceso, ya que su uso no es gratuito. La institución, organismo, empresa, que las edita y/o comercializa debe comprarlas o suscribirse a ellas. Dentro de estas se tienen: **Science Direct**, presenta colecciones en ciencia, física, ciencias humanas, medicina, entre otras. **Scopus**, base de datos bibliográfica que agrupa resúmenes y citas de artículos científicos, principalmente (Universidad de Antioquia, 2018).

3.4 Estructura de las bases de datos

Las bases de datos suelen utilizar diferentes **motores de búsqueda**, estos son definidos como interfaces de búsqueda sencillos e intuitivos, encaminados a todo tipo de usuarios, que usualmente tienen dos modos de búsqueda: sencilla y avanzada. En la figura 1, se muestran los ejemplos de los motores de búsqueda más utilizados: **Ebsco**, **Proquest** y **Ovid**.

En general ambos presentan la misma estructura, en la búsqueda sencilla se dispone de una ventana de texto donde se introducen los términos de búsqueda o palabra clave. En la avanzada se tienen varias ventanas para hacer búsquedas más completas combinando más términos, permitiendo elegir los campos en los que se quiere realizar la búsqueda, suele incluir la posibilidad de: combinaciones, para relacionar los términos buscados (and, or, not), límites de búsqueda, por año, idioma, por título (Ramirez, 2001).



Figura 1. Ejemplo de búsqueda sencilla y avanzada en el motor de búsqueda EBSCO. Fuente: <https://stadium.unad.edu.co/>

Para hacer más específica la búsqueda de información, los motores disponen de herramientas como filtros, los más habituales son año, idioma o tipo de documento, como se puede apreciar en la figura 2. Además se pueden establecer filtros al iniciar la búsqueda o posterior a esta, a partir de la lista de resultados, como opción de refinar o depurar los mismos (Aguilar, 2015).

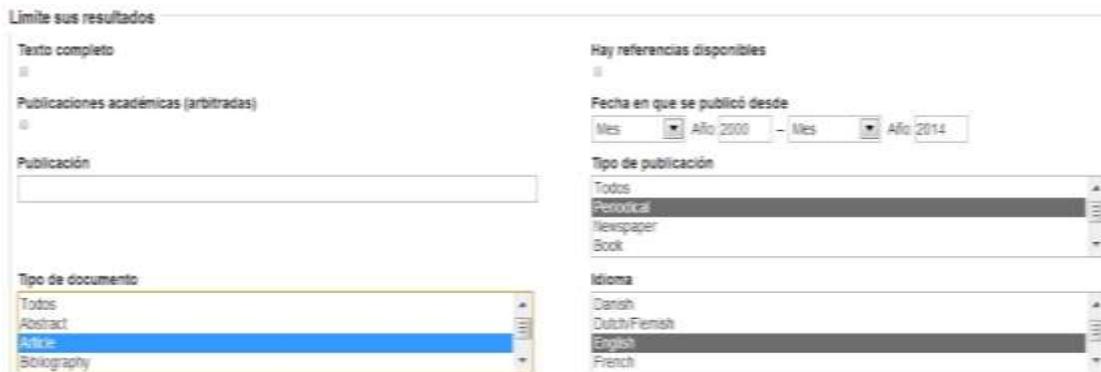


Figura 2. Ejemplo de utilización de los límites del buscador de EBSCO al iniciar la búsqueda.
Fuente: <https://stadium.unad.edu.co/>

3.5 Buscadores Booleanos

Son términos o símbolos que de manera lógica permiten enlazar varios términos para ampliar, limitar o minimizar la investigación. Los motores de búsqueda permiten el uso de los operadores booleanos estableciendo una relación entre ellos, logrando mejores resultados en la búsqueda. Los buscadores más utilizados son: AND, OR, NOT (Moncada, 2014).

Por ejemplo el operador booleano “AND” sugiere que se desean encontrar archivos o documentos que contengan todos los términos subrayados en la búsqueda, es decir que se produce una conexión entre los términos seleccionados. Por ejemplo: Coffe AND husk (Molina, 2002).

3.6 Tipos de buscadores Booleanos

Existen 3 tipos de operadores Booleanos:

- Operadores Booleanos lógicos: son palabras o símbolos que se utilizan para darle a la búsqueda un orden lógico, localizan los registros que contienen los términos coincidentes en uno de los campos especificados o en todos los campos. Los términos utilizados son: **AND, NOT, OR** (Olvera, 2013).

Por ejemplo, el operador OR conecta dos o más términos, siendo indiferente cuál o cuántos de ellos se encuentren en el documento. El operador de exclusión NOT sugiere que la primer palabra especificada en el campo debe aparecer en la búsqueda pero la siguiente al operador no (Garrido, 2005).

- Operadores de truncamiento: también conocidos como operadores de exactitud (*** #? \$**) son utilizados en caso de presentarse cambios en los finales de las palabras, permitiendo recuperar documentos que contengan las variantes del término. Por ejemplo: el asterisco (*) es un signo que reemplaza un carácter, es muy útil cuando se desconoce el modo completo de la escritura del término. Es recomendable que al truncar las palabras no queden con menos de cuatro letras ya que se corre el riesgo de recuperar información irrelevante (Universidad Nacional Autónoma de México, 2016)

- Operadores Booleanos de proximidad: También llamados de posición (**NEAR, SAME, WITH**) suelen usarse para enlazar varios términos u oraciones en un rango específico de búsqueda. Este es muy apropiado para encontrar referencias, autores, revistas, etc. NEAR: permite recuperar documentos que contengan en la misma frase los términos relacionados (ejemplo: dyslexia near child). WITH: permite establecer un tipo de búsqueda todavía más precisa, ya que ahora los términos deberán encontrarse en el mismo campo (Garrido, 2005).

3.7 Metabuscadores (MB)

Son sitios Web especializados en localizar información en distintas bases de datos y motores de búsqueda, presentando los resultados de forma ordenada e independiente. Al no disponer de bases de datos propias utilizan los recursos almacenados en las bases de datos de otros índices y buscadores. La técnica utilizada, es simple, se basa en analizar la búsqueda propuesta por el usuario, y enviarla a los distintos buscadores de los que se nutre el metabuscador simultáneamente (Baptista, 2007).

Los MB proporcionan mayores resultados ya que amplían notoriamente el ámbito de la búsqueda y la forma de combinar los resultados depende del MB utilizado. Es importante tener en cuenta que cada buscador emplea su propia estrategia a la hora de recopilar la información de una página y ordenar los resultados de las búsquedas (Baptista, 2007). Los metabuscadores más utilizados son: Metacrawler, Soovle, Iboogie, Webcrawler, Zapmeta, Ixquick, Entireweb, Yippy, Zuula y Duck Duck Go.

3.8 Identificador de objetos digitales (DOI)

El DOI es un carácter único e intransferible, utilizado para establecer la propiedad intelectual en el ambiente digital. Su objetivo es brindar información acerca del contenido de los documentos digitales (revista, libro) y su ubicación. Es considerado el ISBN del siglo XXI porque brinda un sistema similar dentro del ambiente digital (Martín, 2013).

El DOI se puede asignar a distintos tipos de documentos, por ejemplo: para citar o publicar documentos científicos electrónicos, para buscar y localizar documentos, para actas y comunicaciones de congreso, para artículos de revistas, entre otros. De esta forma, el DOI sirve como referencia al artículo (González, 2011).

4. METODOLOGÍA

En esta investigación se empleó el buscador Google Académico (Google Scholar) con el fin de examinar e identificar las publicaciones con contenidos académicos como artículos, tesis, libros, patentes y resúmenes. La selección de este, se hizo teniendo en cuenta que es un buscador gratuito, especializado en literatura científica y académica en el que se ordenan los resultados por relevancia. Al mismo tiempo permite localizar referencias bibliográficas, ver el número veces que el documento ha sido citado y por quién, descargar documentos en texto completo, localizar distintas versiones del documento, agregar referencias a gestores bibliográficos como Mendeley o Refworks, entre otros.

Se realizó una búsqueda en las bases de datos Scielo, ScienceDirect, Scopus, Redalyc, Dialnet y Proquest, mediante un filtro para seleccionar los artículos publicados entre 2010 – 2018. Se utilizó la siguiente combinación de sintaxis de palabras claves “anaerobic digestión and coffee”, “coffee and husk”, “coffee pulp” and “anaerobic Digestión”, teniendo en cuenta las keywords que mejores resultados arrojaron a nivel de posicionamiento. La estrategia de búsqueda empleada tomó en cuenta el operador booleano “AND”, ya que este permitió darle un orden lógico a la búsqueda y tomar en cuenta los términos coincidentes en todos los campos de investigación. La búsqueda en las bases de datos anteriormente mencionadas, arrojó 113.904 referencias, de las que se seleccionaron 50 entre artículos científicos y tesis doctorales, esto en relación a su contenido y pertinencia con el tema a desarrollar.

5. RESULTADOS

Como se puede observar en la Tabla 1. “Resultados de búsqueda de referencias bibliográficas utilizando las distintas combinaciones de palabras claves”, las bases de datos que más documentos arrojaron en la búsqueda bibliográfica inicial fueron Proquest, ScienceDirect y Redalyc con un total de 55.962 archivos, 31.045 y 25.893 respectivamente. Dialnet, Scielo y Scopus presentaron en conjunto 954 referencias.

Tabla 1. Resultados de búsqueda de referencias bibliográficas utilizando las distintas combinaciones de palabras claves

Bases de datos	Palabras claves				Total
	Anaerobic digestión and Coffee	Coffee and Husk	Coffee pulp	Anaerobic Digestion	
Dialnet	7	12	40	465	524
Proquest	930	4.691	13.159	37.232	55.962
Redalyc	3.535	4.932	9.550	7.876	25.893
Scielo	10	40	43	192	285
Science Direct	853	1.760	2.756	25.676	31.045

Scopus	112	15	9	9	145
---------------	-----	----	---	---	-----

Fuente: los autores

La combinación de palabras claves **"Coffee pulp" y Anaerobic digestión"** presentaron la mayor cantidad de referencias bibliográficas en el 90% de las bases de datos consultadas. Únicamente la base de datos Scopus mostró diferencias en los resultados de la búsqueda, arrojando una mayor cantidad de documentos con la combinación de palabras **"Anaerobic digestión and Coffee"**.

Al momento de seleccionar la pertinencia de los documentos las bases de datos con mejores contenidos fueron ScienceDirect, Scopus y Dialnet aportando un total de 28 artículos científicos de los 50 seleccionados para la etapa final del proyecto. La Figura 3, muestra los resultados obtenidos durante la búsqueda de referencias bibliográficas de acuerdo a la base de datos consultada utilizando la palabra clave **"Anaerobic digestión and Coffee"**. Cabe señalar que el 65.43% de los documentos hallados corresponden a la base de datos Redalyc, seguida por Proquest con el 17.16 %, Science Direct con el 15.04%, Scopus con el 2%, por ultimo Scielo y Dialnet con el 0.14 y 0.12 %, respectivamente. Por otro lado, el buscador Google Académico, aportó un total de 20 documentos entre artículos científicos y tesis, contribuyendo significativamente al desarrollo de la investigación.

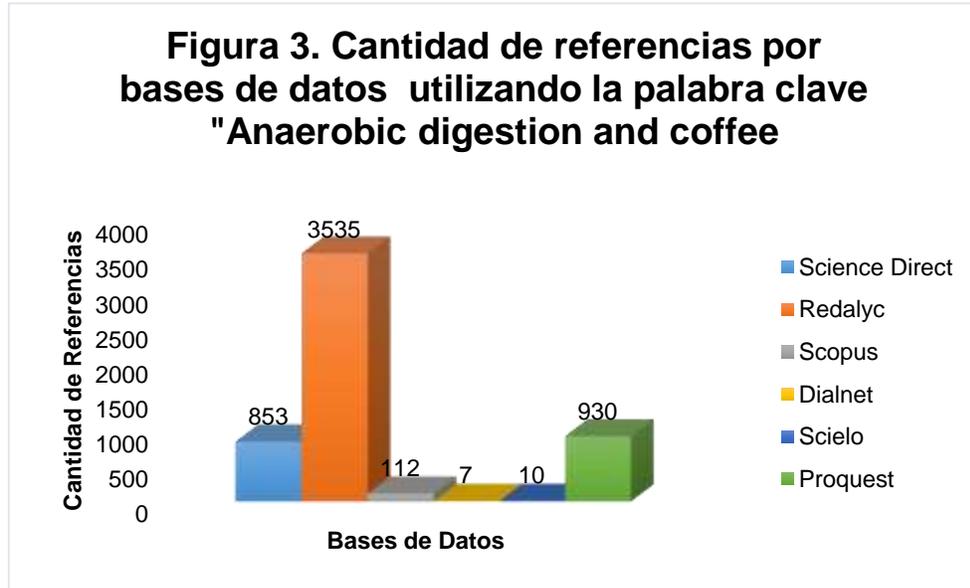


Figura 3. Cantidad de referencias por Base de datos utilizando la palabra clave "Anaerobic digestión and coffee". Fuente: los autores

6. CONCLUSIONES

De acuerdo con la búsqueda realizada y los objetivos planteados, las bases de datos con contenidos más relevantes y actualizados fueron Science Direct, Scopus y Dialnet. Otras bases de datos como Redalyc y Proquest, se destacaron por la cantidad de artículos arrojados en la búsqueda inicial con contenidos que aplicaban a diversas investigaciones. El buscador Google Académico representó una herramienta importante en la exploración de información de carácter científico, dando como resultado artículos y tesis con contenidos actualizados y alta pertenencia al tema de interés.

La investigación se realizó utilizando el buscador booleano AND y una sintaxis de palabras en el idioma inglés, ya que de esta manera se facilitaba la búsqueda de información y se delimitaba a interés del investigador. Las bases de datos, los operadores booleanos y los motores de búsqueda son pieza fundamental para la formación y el desarrollo del profesional en todos los campos del conocimiento. Definir con certeza la eficacia de estas requiere de un conocimiento previo, claro y

preciso acerca del funcionamiento y las ventajas que poseen una de otra, permitiendo de esta manera discriminar y decidir sobre la mejor opción, de acuerdo a lo requerido por el investigador.

7. BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, M. (2015). Bases de datos. http://www.uva.es/export/sites/biblioteca/1.informaciongeneral/1.2.bibliotecas/1.2.03.arquitectura/_documentos/BBDD.pdf

Baptista, H. (2007). Los meta buscadores en la búsqueda efectiva de literatura en Internet. *Medigraphic*, 14(3), 1-3. <http://www.medigraphic.com/pdfs/medsur/ms-2007/ms073d.pdf>

Castrillón, J., Juan García, M. A., Deisy Rodríguez, D. d., & Caballero, C. (2008). Bases de datos, motores de búsqueda e índices temáticos: herramientas fundamentales para el ejercicio médico. *Salud Uninorte*, 24(1). <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/salud/article/viewArticle/3822/5744>

Echavarría, L. (2015). Bases de datos. http://www.eafit.edu.co/biblioteca3/recursos-electronicos/bases-datos/Paginas/bases-datos-otras.aspx#.W_xfyjhKjIU

Estrada, A., & Rodríguez, N. (Abril de 2001). Evaluación de herramientas de búsqueda de información en internet. *Redalyc*, 2(8), 1-21. <http://www.redalyc.org/pdf/161/16108601.pdf>

Ferrer, L. (2018). Open Access. España. <http://www.imf.csic.es/index.php/servicios/biblioteca/open-access>

González (2011). El DOI, Identificador de objetos digitales. *Scielo*, 22(6), 1. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642011000600001>

- Garrido, A. (2005). Estrategia general de búsqueda de información. Dialnet (93), 1-3. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3099800.pdf>
- González, R. (2009). Base de datos de acceso abierto. <https://bibliopoli.wordpress.com/12-bases-de-datos-de-acceso-abierto/>
- Herrera, J. L. (2011). Programación en tiempo real y bases de datos: un enfoque práctico. <https://books.google.com.co/books?id=fvdoBQAAQBAJ&pg=PA120&lpg=PA120&dq=%E2%80%A2%09Bases+de+datos+din%C3%A1micas.+%C3%89stas+son+bases+de+datos+donde+la+informaci%C3%B3n+almacenada+se+modifica+con+el+tiempo,+permitiendo+operaciones+como+actualizaci%C3%B3n>
- Martín, G. (2013). El DOI en las revistas científicas del portal SciELO. Scielo, 3(1), 12-29. <http://www.redalyc.org/html/3505/350539937002/>
- Martínez, J et al (2012). Cómo buscar información académica y científica. https://www.uv.mx/personal/jomartinez/files/2011/08/como-buscar-en-internet_2.pdf
- Millán, M (2018). Cómo buscar en las bases de datos de forma eficaz: tipos de bases de datos. <https://biblioguias.unex.es/c.php?g=572073&p=3944474>
- Molina, J. F. (2002). Las expresiones booleanas aplicadas a la búsqueda documental.
- Moncada, S. (2014). Cómo realizar una búsqueda de información eficiente. Redalyc, 3(10), 106-115. <http://www.redalyc.org/pdf/3497/349733229007.pdf>
- Olvera, M. (2013). Uso de operadores Booleanos. ISSN: 1606-4925, Vol 31. http://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/48416/OlveraLobo_BuscadoresInformacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Ramírez, J. (2001). Motores de Búsqueda en Internet.
<http://www.tyr.unlu.edu.ar/tyr/TYR-motor/ramirez-semi-motor.pdf>
- Rodríguez, L. (2001). Bases de datos documentales: estructura y principios de uso.
<http://grupoorion.unex.es:8001/rid=1L7T6XPZ8-10NFD77->
- Trentin, G. (2012). Estructura y organización de una Base de datos. Dialnet, 13, 81-88. <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/126243.pdf>
- Universidad de Antioquia (2018). Bases de Datos.
<http://www.udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/sistema-bibliotecas/buscas-informacion/bases-datos->
- Universidad Nacional Autónoma de México. (2016). Operadores de Truncamiento.
<http://biblio.unam.mx:8130/index.php/operadores-de-truncamiento>

CAPITULO II
DIGESTIÓN ANAEROBIA: UNA
MIRADA GENERAL

1. INTRODUCCIÓN

El inadecuado aprovechamiento de los recursos naturales, unido a un modelo de crecimiento basado en el consumo poco sostenible, ha provocado un aumento en la generación de residuos que constituyen un problema de primer orden. A esta problemática se le suman, los efectos del cambio climático, el incremento en la demanda mundial de los combustibles fósiles, la inseguridad energética, y la explotación continua de los recursos naturales limitados demandan el desarrollo de alternativas de tratamiento que proporcionen soluciones integrales, aplicando métodos que alivien la presión sobre los recursos naturales y representen una opción de generación energética (Llamas, 2014).

Particularmente, la industria cafetera está considerada como una de las más contaminantes con serias afectaciones ambientales negativas debido a la generación de residuos con alto contenido de componentes orgánicos, que provocan un impacto sobre la fauna, el plancton acuático y la flora del suelo. Colombia, al igual que otros países productores de café donde se emplea como proceso de beneficio la vía húmeda presenta esta problemática; ya que este método involucra una serie de operaciones (despulpado, remoción del mucílago por fermentación natural o remoción mecánica, lavado y secado) para transformar los frutos, en café pergamino de alta calidad física y en taza, lo que conlleva a la generación de subproductos (pulpa, cáscara, mieles) los cuales pueden ocasionar un aumento considerable de la contaminación por residuos orgánicos, concentración de materia suspendida, generación de olores desagradables, turbidez y pérdida de la calidad del agua y suelo, cuando son arrojados directamente a estos ecosistemas (Guardia, 2012).

En este contexto, la digestión anaerobia que de ahora en adelante se abreviará (D.A) ha sido ampliamente utilizada para la degradación y estabilización de residuos domésticos e industriales, considerada un proceso biológico que convierte

sustratos complejos en biogás por acción microbiana en ausencia de oxígeno. Por ende, el biogás obtenido de la digestión anaerobia de desechos animales, residuos agrícolas, industriales o residenciales podría representar una solución ante la creciente demanda energética de este sector, reducir la problemática ambiental generada por la disposición de residuos, limitar la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera y finalmente retornar los nutrientes recuperados en los efluentes líquidos de los digestores a las actividades agrícolas (Teperino et al., 2017).

En este capítulo se presentan las variables que afectan el proceso de digestión anaerobia de la pulpa de café y se realiza una comparación de los parámetros de calidad del biogás en relación con otros residuos agroindustriales, de acuerdo a lo encontrado en la búsqueda bibliográfica.

2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Sistematizar la información consultada tomando como variable respuesta la calidad del Biogás y como variables de estudio los parámetros de operación.

Comparar los parámetros de calidad del biogás con relación a otros residuos agroindustriales encontrados en la búsqueda bibliográfica.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Digestión anaerobia

Existen diversos autores que definen el término digestión anaerobia, lo que a nivel general puede explicarse como un proceso de transformación biológica en donde un grupo de bacterias anaerobias son capaces de convertir un sustrato en metano, dióxido de carbono, agua entre otros.

De acuerdo con Rosa, (2015) la digestión anaerobia o también llamada biometanización, es un proceso natural en el que un grupo de bacterias ayudan en

el proceso de fermentación estable y autorregulada, que convierte la materia orgánica en biogás. Durante este proceso los microorganismos obtienen su oxígeno de la materia orgánica, atravesando las fases de licuefacción, gasificación y mineralización, obteniéndose finalmente un producto inactivo compuesto principalmente por metano y dióxido de carbono (Matamoros, 2016).

La definición planteada por Guardia, (2012) establece que la degradación de los sustratos orgánicos es producida por una serie de bacterias anaerobias, mediante un proceso natural, obteniéndose un gas compuesto en su mayoría de metano. Otra definición de digestión anaerobia planteada por Bautista, (2010) señala que este es un proceso biológico que se da sin presencia de oxígeno, en el cual el sustrato orgánico es convertido en biogás por la acción de diversas poblaciones de bacterias. Ferrer et al., (2010) hace referencia a que la D.A, es un proceso por el cual gran parte de los sustratos orgánicos son separados y transformados en una mezcla de Anhídrido Carbónico, Hidrógeno, Metano, Sulfuro de Hidrógeno y trazas de otros elementos.

Castellón et al., (2015) afirma que la digestión anaerobia o metanización utiliza procesos biológicos en un medio anaeróbico para romper cadenas de moléculas complejas en sustancias más simples, obteniéndose un gas de alto valor combustible debido a la presencia de Metano y Dióxido de Carbono, denominado: biogás. Por su parte García, (2014) sostiene que la digestión anaerobia está basada en la degradación y transformación de materiales orgánicos provenientes de explotaciones agropecuarias. Según González & Jurado, (2017) la digestión anaerobia de residuos sólidos, es realizada por un grupo de bacterias en ausencia de oxígeno, mediante un proceso fermentativo. Los desechos aprovechados generalmente provienen de actividades agropecuarias como el estiércol de animales y subproductos de cultivos, reciben el nombre de sustratos. La D.A. ocurre en ambientes naturales como residuos de procesamiento de alimentos, sedimentos, intestinos de los mamíferos y pantanos; teniendo como protagonistas

de estos procesos a los microorganismos quienes trabajan sinérgicamente al transformar materia orgánica en biogás, el cual es usado como biocombustible para el calentamiento o cogeneración de electricidad y calor, convirtiéndose en una alternativa de energía renovable (Parra, 2015).

Con relación a las definiciones propuestas por varios autores, se puede inferir que la digestión anaerobia es un proceso biológico, en el que las bacterias toman como alimento la materia orgánica o sustrato, el cual a través de varias fases se puede transformar en Dióxido de Carbono, Metano y otros subproductos de poco interés. Su mayor importancia en procesos de desarrollo sostenible es la generación de biogás, el cual trae grandes ventajas por los beneficios y desarrollo de tecnologías sustentables para las comunidades involucradas en dicho proceso. En la figura 4 se muestra el diagrama general en el proceso de digestión anaerobia.

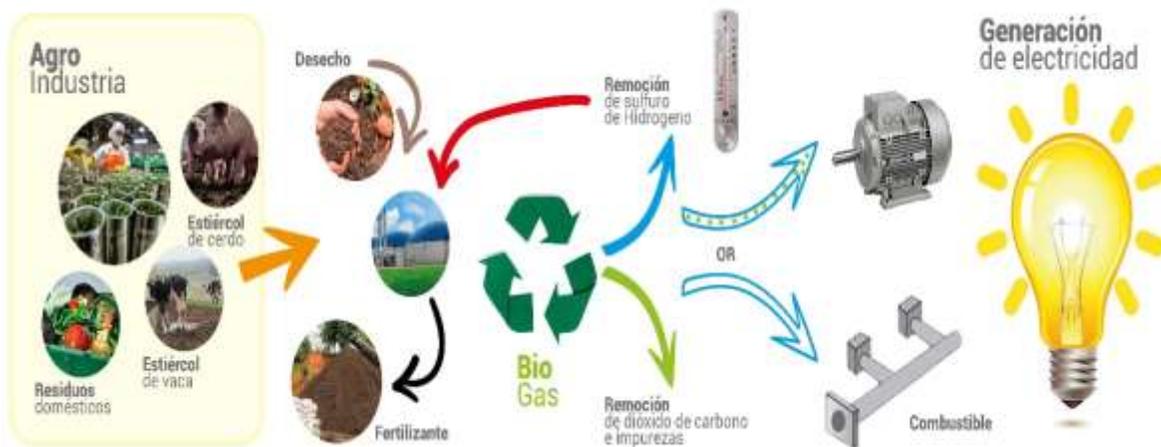


Figura 4. Diagrama general del proceso de digestión anaerobia. Fuente: los autores

Para que la digestión anaerobia se desarrolle de manera adecuada, debe pasar por 4 fases: Hidrólisis, Acidogénesis, Acetogénesis y Metanogénesis. En cada una de estas intervienen microorganismos hidrolíticos dentro de los cuales se destacan:

Clostridium, staphylococcus y bacillus; acidógenos como: *Acinetobacter Lwoffii*, *Acinetobacter sp* entre otros. En la figura 5 se presentan las etapas del proceso.

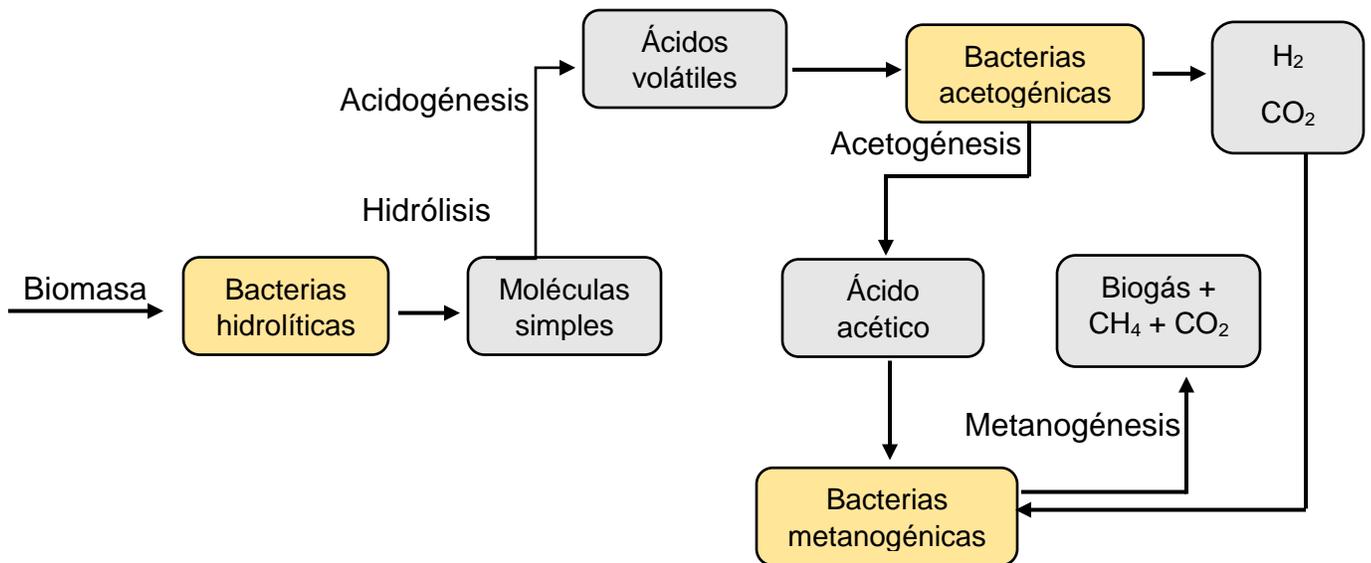


Figura 5. Fases de la Digestión Anaerobia. Fuente: (Aguilar, 2018)

A. Primera etapa: Hidrólisis

Involucra las enzimas mediadoras de la transformación de materiales orgánicos solubles y componentes más grandes de masa molecular como lípidos, polisacáridos, proteínas, grasas y ácidos nucleicos, entre otros; esta etapa es generalmente el **paso limitante** de la digestión anaeróbica cuando la materia orgánica sólida es utilizada como sustrato. Este paso es llevado a cabo por microorganismos anaerobios (Huertas, 2015).

La celeridad en la descomposición de los residuos durante la hidrólisis está sujeta a la naturaleza del sustrato. La transformación de celulosa y hemicelulosa generalmente es más lenta que la descomposición de proteínas. Para llevar a cabo la biodegradación, ciertos microorganismos secretan diferentes tipos de enzimas, llamadas enzimas extracelulares que "cortan" moléculas grandes en pedazos más pequeños para que los microorganismos pueden tomar dentro de la célula y utilizarla como una fuente de energía y nutrición. Los microorganismos que

rompen diferentes azúcares son llamados sacarolíticos, mientras que los que rompen proteínas son llamados proteolíticos (González et al., 2015).

B. Segunda Etapa: Acidogénesis

En esta etapa se da la formación del ácido acético, fórmico y H₂, además de compuestos como ácido propiónico, butírico, valérico entre otros, los cuales participan activamente en la formación y supervivencia de las bacterias metanogénicas, ya que son utilizados directamente por estas y transformados en la siguiente etapa del proceso por las bacterias acetogénicas. En esta etapa las bacterias principalmente pertenecientes al genero *Clostridium*, transforman la glucosa en ácido butírico, ácido acético, dióxido de carbono e hidrogeno (Clavijo, 2015).

C. Tercera Fase: Acetogénesis

En esta etapa los compuestos solubles producidos en la fase anterior se convierten en ácidos grasos volátiles mediante la acción de las bacterias productoras de hidrógeno , quienes al mismo tiempo producen ácido acético, CO₂ y H₂ a partir de ácido propiónico, butírico y valérico (Matamoros, 2016).

D. Cuarta Fase: Metanogénesis

Es la fase final del proceso de digestión anaerobia, en este las bacterias metanogénicas son las responsables de la formación del gas a partir de sustratos mono carbonados o con dos átomos de carbono: Di hidrógeno, Dióxido de Carbono, algunas metilaminas, entre otros. Los organismos metanogénicos se encuentran dentro del género *Archaea* (Reyes, 2017).

En la Tabla 2 se detallan las principales reacciones que se presentan en la degradación anaerobia.

Tabla 2. Reacciones en la degradación anaerobia

ETAPA	REACCIÓN
Acidogénesis	$C_6H_{12}O_6 + H_2O \rightarrow 2CH_3COO^- + 2CO_2 + 2H^+ + 4H_2$ $C_6H_{12}O_6 + 2H_2 \rightarrow 2CH_3CH_2COO^- + 2H_2O + 2H^+$ $C_6H_{12}O_6 \rightarrow CH_3CH_2CH_2COO^- + 2CO_2 + H^+ + 2H_2$
Acetogénesis	$CH_3 + CH_2 + COO^- + 3H_2O \rightarrow CH_3COO^- + HCO_3^- + H^+ + 3H_2$ $CH_3 + CH_2 + COO^- + 2HCO_3^- \rightarrow CH_3COO^- + H^+ + 3H_2O$ $CH_3 + CH_2 + CH_2COO^- + 2H_2O \rightarrow 2CH_3COO^- + H^+ + 2H_2$
Metanogénesis	$CH_3COO^- + H_2O \rightarrow CH_4 + HCO_3^- + 2H_2$ $H_2 + \frac{1}{4} HCO_3^- + \frac{1}{4} H^+ \rightarrow \frac{1}{4} CH_4 + \frac{3}{4} H_2O$ $HCOO^- + \frac{1}{4} H_2O + \frac{1}{4} H^+ \rightarrow \frac{1}{4} CH_4 + \frac{3}{4} HCO_3^-$

Fuente: (Morales et al., 2015)

Por otro lado, el proceso de Digestión Anaerobia presentan ventajas de gran importancia como: baja producción de olores, recuperación de energía en forma de biogás, elevada capacidad para el tratamiento de sustratos degradables, menor requerimiento de energía, obtención de fertilizantes orgánicos y control en emisiones de gases, convirtiendo esta tecnología en energía renovable (Hernández & Delgadillo, 2011).

4. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de esta investigación, se empleó la metodología Prisma, la cual consiste en una revisión sistemática de literatura donde se identificaron y evaluaron los estudios del mismo tipo con un objetivo común. Dichos estudios brindaron un resumen confiable, válido y actualizado de la mejor evidencia científica disponible, convirtiéndose en la fuente científica más segura para la toma de decisiones (Vélez & Meneses, 2013).

Las Revisiones Sistemáticas de Literatura (RSL) constituyen una síntesis de la mejor evidencia científica disponible en respuesta a la pregunta de investigación

propuesta. Las estrategias para la conducción de RSL incluyeron: la búsqueda sistemática y meticulosa de todos los artículos potencialmente relevantes, la selección, mediante criterios explícitos y reproducibles, de los artículos que serán incluidos finalmente en la revisión y la descripción del diseño y la ejecución de los estudios originales, la síntesis de los datos obtenidos y la interpretación de los resultados (Huttom et al., 2016).

Para llevar a cabo la investigación se tuvieron en cuenta 7 Ítems (título, DOI, fundamento, metodología, selección de estudios, recopilación de datos, riesgo de sesgo y conclusiones) de los 27 propuestos en la metodología Prisma, los cuales fueron seleccionados teniendo en cuenta los aspectos de mayor relevancia en el área de interés de la investigación.

Además de los aspectos valorados en la metodología, se tomaron como punto de estudio los artículos que mostraron mayores aportes conforme a la variable respuesta denominada para este caso calidad de biogás, expresada en rendimiento calorífico del mismo y volumen de metano por kilogramo de pulpa. Así mismo, estudios realizados sobre la productividad de metano haciendo uso de diversos sustratos seleccionados y los principales parámetros de operación para la digestión anaerobia como temperatura, pH, inoculación, factores de inhibición y agitación.

5. RESULTADOS

Tal como se explicó en el capítulo anterior, se tomaron las bases más significativas con relación al contenido de los artículos consultados, se pudieron discriminar 59 artículos los cuales fueron producto de la búsqueda basados en palabras claves y buscadores booleanos.

Seguidamente y de acuerdo a la metodología prisma se analizaron los artículos seleccionados y se asignó una puntuación por Ítems (título, DOI, fundamento, metodología, selección de estudios, recopilación de datos, riesgo de sesgo y

conclusiones) tomando como 1 menor valoración y 5 como mayor valoración, en todos los ítems la escala de puntuación fue la misma, esto permitió tomar como referencia los artículos con mejor puntuación y realizar las conclusiones a partir de los mismos (la tabla de evaluación se incluye en el anexo 2).

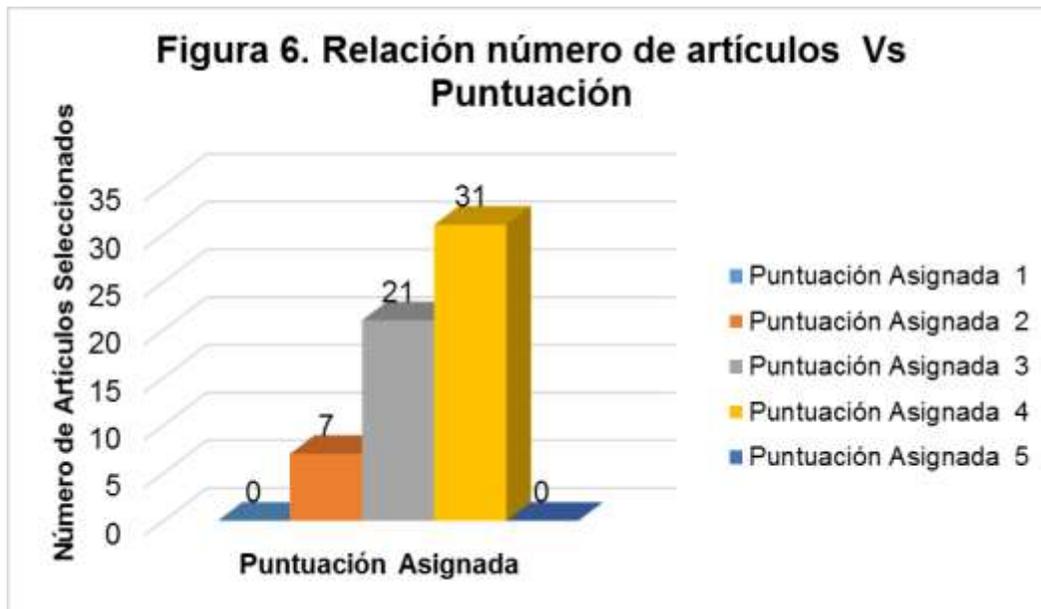


Figura 6. Relación número de artículos vs puntuación. Fuente: los autores

De los 59 artículos de la consulta, se estableció que solo 31 de ellos, cumplían con las condiciones mínimas requeridas para la construcción de las conclusiones requeridas en la investigación. Es importante destacar que las consultas previas realizadas permitieron establecer de forma anticipada las potenciales variables que afectan de manera directa la digestión anaeróbica: temperatura, pH, agitación o mezclado, entre otras. En el siguiente apartado de la investigación se explicará con mayor profundidad de qué manera afecta cada una de ellas con relación a la digestión y que conclusiones se tuvieron en cada aspecto.

Entre las variables más significativas dentro del proceso de digestión anaerobia se destacan:

A. Temperatura. Este factor influye notablemente en el desarrollo y conservación de las bacterias, sin embargo, el tratamiento anaeróbico es posible en tres rangos

de temperatura (psicrofílica, mesofílica y termofílica), usualmente la baja temperatura conlleva a declinar la velocidad de crecimiento y la actividad metanogénica. La D.A. termofílica (55-70°C) tiene una ventaja sobre la digestión mesofílica (37°C) resultando en una velocidad de reacción más rápida y mayor productividad comparada con la D.A. mesofílica. Las condiciones óptimas para D.A. podría ser hidrólisis/Acidogénesis termofílica y Metanogénesis mesofílica (Mao et al., 2015).

Según estudios desarrollados por Parra, (2015) el tratamiento anaeróbico también es posible en los tres rangos de temperatura (psicrofílica, mesofílica y termofílica). La D.A. termofílica (55-70°C) tiene una ventaja sobre la digestión mesofílica (37°C) resultando en una velocidad de reacción más rápida y mayor productividad comparada con la D.A. mesofílica. Castellón et al., (2015) afirma que temperaturas entre 37-65 °C son ideales para el adecuado desarrollo del proceso, dando optima la de 55°C. Mientras que Romero et al., (2013) asegura que las bacterias metanogénicas transforman la pulpa más eficientemente en el rango mesofílico entre 20°C a 34.2 °C. Una fluctuación de temperatura en cualquiera de los procesos puede generar una reducción significativa en la producción de gas (Ward et al., 2008).

Tabla 3. Rangos de temperatura óptimos para el desarrollo de los microorganismos en cada etapa del proceso de digestión anaerobia.

Etapa	Rango de Temperatura	Referencia
Hidrolisis	55°C	(Salazar et al., 2012)
Hidrolisis	33°C	(Vásquez, 2015)
Acetogénesis	30°C	(Bergamo et al., 2009)
Acidogénesis	55°C	(Hernández & Delgadillo, 2011)
Acidogénesis	30-37°C	(Corrales et al., 2015)
Acidogénesis	37°C	(Guardia et al., 2010)
Acidogénesis	55°C	(Jung et al., 2012)
Metanogénesis	37°C	(Guardia et al., 2010)

Metanogénesis	30-46°C	(Corrales et al., 2015)
Metanogénesis	35°C	(Jung et al., 2012)
Metanogénesis	27- 34°C	(Matamoros, 2016)
Metanogénesis	35°C	(Bérgamo et al., 2009)
Metanogénesis	55°C	(Hernández & Delgadillo, 2011)

Fuente: los autores

De acuerdo a lo anterior, es posible concluir que las condiciones óptimas de temperatura para la digestión anaerobia son aquellas que se encuentran en un rango mesofílico, es decir, entre 30°C a 40°C. Puesto que las bacterias metanogénicas digieren la materia orgánica más eficientemente en este rango, favoreciendo su desarrollo y metabolismo. Otros rangos de temperatura pueden ser implementados en el proceso, sin embargo, los resultados pueden verse afectados al momento de medir la producción de biogás.

B. Potencial de Hidrogeno -pH. Al igual que la temperatura es un factor que afecta directamente la actividad enzimática de los microorganismos, los resultados encontrados en los artículos consultados revelan que la mayoría de los microorganismos se desarrollan óptimamente en pH entre 6.8 a 7.2. No obstante, este factor no pude generalizarse, debido a que está directamente influenciado por el tipo de sustrato utilizado.

En primera instancia se define el pH como una medida de la concentración de hidrógeno expresado en términos logarítmicos. Los valores del pH varían en un rango de 0 a 14. Considerando ácidos, aquellos que se encuentran por debajo de 7.0, alcalinos y/o básicos lo superiores a 7.0, mientras que los que se acercan a 7.0 son llamados neutros (Meza, 2011). Existen varios métodos para medir el valor del pH, dentro de los más destacados se encuentran: papel tornasol o tiras medidoras, pH metro digital, gotas indicadoras o rojo fenol, entre otros (González, 2011).

Según estudios desarrollados por Guardia (2012) el pH es una variable muy importante para la fase de hidrólisis- acidificación, valores de pH inferiores a 5 minimizan la producción de los ácidos orgánicos, siendo los valores cercanos a pH 6 los más adecuados para lograr altos niveles de estos compuestos en esta fase. Siddique et al., (2018) coincide en afirmar que el pH tiene una alta influencia en el proceso de D.A, ya que afecta la solubilización de materiales orgánicos. El máximo rendimiento de metano se ha observado manteniendo un pH entre 6,8 y 7.2. Microorganismos hidrogenantes y acidogénicos prefieren valores dentro del rango de 5.5 y 6.5. Sin embargo, el pH óptimo para el microorganismo metano génico está cerca 7.0, acercándose a lo expuesto por Matamoros, (2016) quien afirma que las reacciones anaeróbicas son altamente dependientes del pH, siendo el rango óptimo para las bacterias metano génicas entre 6.8 a 7.2. Pérez et al., (2018) afirma que un pH de 8.2 y una concentración de azúcar de 27 Gl^{-1} son ideales para la producción de gas metano a partir de mucílago de café.

Tal como se muestra en las referencias de investigaciones más recientes, se evidencia que los pHs son tendientes a trabajar en rangos un poco más ácidos, debido a que en las etapas de Acidogénesis y Acetogénesis, se forman ácidos carboxílicos o ácidos débiles dentro de lo que se destaca el ácido acético y el ácido propanoico, e incluso en la etapa metanogénica, es evidente la formación de estados de equilibrio como es el mostrado en la Tabla 1 donde se forma el ácido carbónico, sin embargo, cabe recordar que este tipo de sistemas de equilibrio con el ion carbonato tienden a alcalinizar los sistemas, por ello, es de gran importancia conocer la acidez/basicidad del sustrato de partida.

Se tienen reportes que el café posee una acidez que oscila entre 1- 4.84, por lo que es importante establecer que dependiendo del tipo de residuos se busquen reguladores de pH con la capacidad amortiguadora suficiente para controlar el sistema. En la tabla 4 se explican claramente los distintos estudios reportados para este residuo agroindustrial y los rangos de Ph encontrados.

Tabla 4. Rangos de Ph óptimos para la digestión anaerobia reportados por distintos autores.

Parámetro	Rango	Referencia
Ph	6.0	(Guardia, 2012)
	6.8 – 7.2	(Siddique et al., 2018)
	6.8- 7.2	(Matamoros, 2016)
	8.2	(Pérez et al., 2018)
	6.8- 7.3	(Iswanto et al., 2017)
	6.5 -7.5	(Balseca et al., 2011)
	6.5 – 7.7	(Parra et al., 2014)
	6.6 – 7.6	(Castellón et al., 2015)
	7.0	(Parra, 2015)
	7.0	(García, 2014)
	7.0	(Cendales & Jiménez, 2015)
	7.0	(Quintero et al., 2012)
	6.5 – 7.5	(Londoño, 2017)
	6.5 – 7.5	(Morales & Mejía, 2015)
	6- 8	(Reyes, 2017)
7.0	(González & Jurado, 2017)	

Fuente: los autores

C. Agitación o mezclado. Este factor permite homogenizar la mezcla de los distintos sustratos, manteniendo a las bacterias en continuo contacto con el alimento, por otro lado minimiza el espacio ocupado por los materiales orgánicos e inorgánicos que se asientan en el fondo del reactor, regulando al mismo tiempo la temperatura y la concentración de la mezcla con el fin de agilizar el proceso de ruptura de los sólidos volátiles y la producción de gas (Morales, 2010). Sin embargo, el mezclado no debe ser demasiado fuerte ya que podría destruir las aglomeraciones de bacterias necesarias para mantener un proceso adecuado (Flotats & Campos, 2004).

Los distintos sistemas de agitación implementados pueden agruparse en dos tipos: sistemas mecánicos (utilizan bombas y agitadores) y sistemas de agitación por gas. Estos últimos aprovechan el gas producido mediante la digestión. Los sistemas más utilizados son: recirculación con bomba externa, agitadores mecánicos, inyección mediante boquillas, agitación con gas, entre otros (Sánchez, 2018). Un claro ejemplo de reactores hidrolíticos con bombas mecánicas se evidencia en la figura 7, se muestra que la agitación se da con aspas que son controladas con un motor. En la figura 8 se presenta un reactor en el que la agitación se da de forma mecánica, se puede evidenciar en la imagen del biorreactor que el movimiento del material se debe realizar de forma manual cada cierto tiempo con el objetivo de mantener homogénea la muestra.

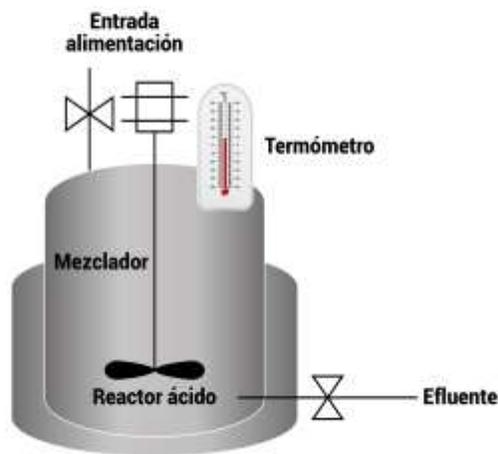


Figura 7. Reactor hidrolítico con agitación mecánica.

Fuente: <https://www.google.com>

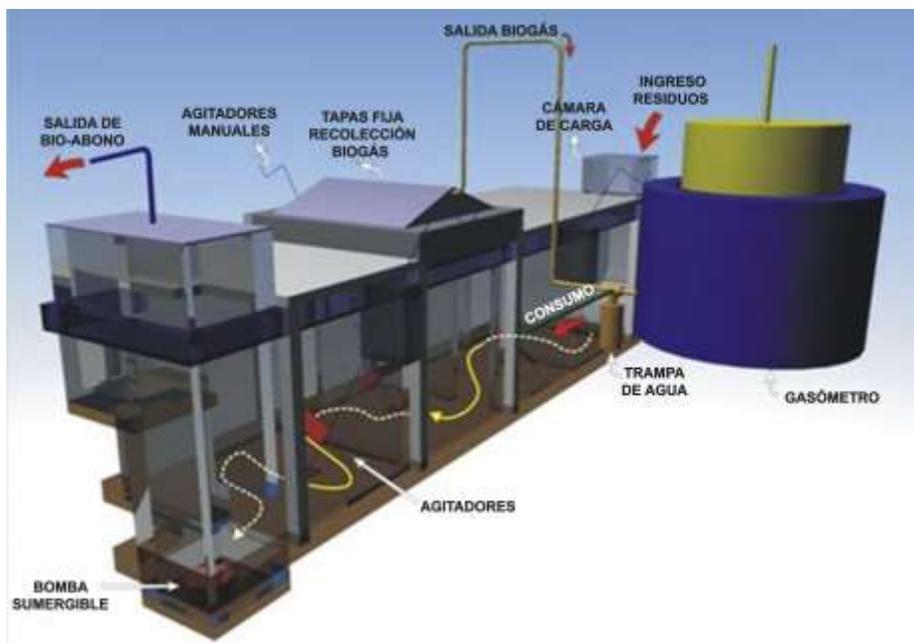


Figura 8. Biodigestor de flujo pistón con agitación manual.

Fuente: <http://www.eg-ingenieria.com.ar/biodigestores-desplazamiento-horizontal.html>

D. Poder calorífico. Es la cantidad de energía liberada en una reacción de combustión. De acuerdo a como se mida, la dimensión del poder calorífico puede cambiar. Se emplean dos formas de medir dicho parámetro: Poder calorífico superior (PCS) y Poder calorífico inferior (PCI) (Gómez et al., 2017).

De acuerdo con el estudio realizado por Castellón (2015) el estiércol bovino presenta un poder calorífico equivalente a 71,86 Kcal/m³, el estiércol porcino de 87,28 Kcal/m³ y la pulpa de café de 0,54 Kcal/m³ obteniendo como resultado que el estiércol porcino es el que presenta mayor poder calorífico en comparación con los otros materiales orgánicos y por ende mayor producción de biogás. Por su parte, Balseca y Cabrera (2011) señalan que el estiércol porcino, produce 30 L de biogás por kg de estiércol, el bovino 20 L de biogás por kg de estiércol y la pulpa de café 12,8 L de biogás por kg de sustrato. Cabe recordar que la importancia de que el biogás posea un buen poder calorífico es su capacidad para poder ser útil como comburente y que permita que la tecnología sea promisoriosa, sin embargo, a

la fecha no hay reportes concluyentes acerca del poder calorífico de los residuos para la digestión anaerobia.

E. Inoculación. La inoculación consiste en introducir en un medio una proporción de muestra (inoculo), con el fin de iniciar un cultivo microbiano para su desarrollo y multiplicación. La importancia de inocular o no depende del tipo de efluente que será tratado, la inoculación del sistema puede ser necesaria o no. Sin embargo, gran parte de los residuos a ser tratados carecen de la población bacteriana necesaria para el correcto desempeño de los reactores. (Santambrosio, 2009).

La calidad y cantidad del inoculante son factores importantes a la hora de definir el tiempo del periodo inicial de arranque y el correcto funcionamiento del biodigestor. Ya que durante esta fase los microorganismos se desarrollan y transforman la materia orgánica pudiendo minimizar el tiempo de digestión notablemente. Varios estudios han mostrado que valores entre 5 y 10% en la concentración del inóculo presentan un proceso más eficiente en la degradación del material orgánico. Los sustratos comúnmente usados para inocular han sido estiércol de cerdo, rumen y biosólidos (Córdoba et al., 2014).

Un claro ejemplo, es el estudio desarrollado por Schlegel et al., (2008), mostró un incremento significativo en la productividad del biogás cuando se mezclaron excretas animales (vacunas y porcinas) con residuos industriales de alimentos (forraje de remolacha, maíz, sorgo dulce y cebada). Investigaciones realizadas por Olvera & Gutiérrez, (2010) con residuos de pulpa de café, recomiendan el estiércol de ganado vacuno o rumen como inóculo para el funcionamiento del sistema. Estudios desarrollados por Guardia Puebla (2012) sugieren la utilización de lodos provenientes de aguas residuales como inoculante. Sandoval et al., (2015) reportó un mayor rendimiento de biogás cuando uso una concentración de 10% de inóculo en relación al 3%. Obteniendo un rendimiento final de 15 L de biogás/kg de sustrato.

García, (2014) afirmó que la pulpa de café no presenta una alta cantidad de bacterias metanogénicas, por lo que se hace necesario la incorporación de un inoculante a base de estiércol, ya que estos presentan gran cantidad de microorganismos metanogénicos a diferencia de la pulpa. Un estudio desarrollado por Montenegro y Rojas, (2016) señala que al combinar residuos de alimentos con heces animales se genera un aumento en la producción de biogás, en comparación con los residuos de alimentos y actividades pecuarias evaluados individualmente. En este caso la producción anual de metano en diferentes plantas utilizando sustratos como estiércol bovino, estiércol de aves de corral, residuos orgánicos e industriales fue de $7,3 \times 10^6 \text{m}^3/\text{año}$, donde gracias a esta mezcla se aumentó el BMP en un 80%. En estos casos el potencial de dos plantas generadoras, de $2,4 \times 10^5 \text{m}^3/\text{año}$ y $4,5 \times 10^4 \text{m}^3/\text{año}$, se vio influenciado al adicionar estiércol bovino a la mezcla. Otros autores como Codignole et al., (2017) mencionan que la producción de biogás a partir de la fracción líquida de café molido mezclado con heces de bovino (bovinasa) ha demostrado ser factible con una alta concentración de metano. De acuerdo con los autores tales como Rosa (2015) y Sandoval et al., (2015) a mayor concentración de inóculo se incrementa la obtención de biogás del proceso de digestión anaerobia de pulpa de café en sustrato sólido. Otros autores como Siddique (2018) hacen énfasis en que la integración de modelos cinéticos y termodinámicos, así como la adición de aditivos inorgánicos y biológicos pueden mejorar el proceso de optimización del biogás.

De acuerdo con la investigación desarrollada por Bautista (2010) la combinación de sustratos como gallinaza con agua generaron más biogás en menos tiempo que otros sustratos como cascaras de plátano, suero de leche y pulpa de café con agua miel. A pesar de esto, tanto en las combinaciones de residuos del beneficio del café como en el suero proveniente de lechería surgieron varios inconvenientes con respecto al pH, ya que se tornaba excesivamente ácido. En estudios con pulpa de café y aguas mieles se evidenció que se requería demasiado tiempo en el

biodigestor para generar pocas cantidades de biogás, esto a razón de la elevada cantidad de glucosa presente en estos residuos.

Castellón, Martínez y Gutiérrez (2015) encontraron que el estiércol porcino presenta un mayor poder calorífico 87,28 Kcal/m³ en comparación con el estiércol bovino que presentó un poder calorífico equivalente a 71,86 Kcal/m³ y la pulpa de café de 0,54 Kcal/m³. En conclusión, la mayor producción de biogás en menor tiempo se dio en las mezclas con estiércol porcino. Sin embargo, esta necesitaba mayor cantidad de desecho que las demás. Otros estudios reportan una producción de 25 litros de biogás por kg de pulpa fresca y un poder calorífico del biogás de 21,46 KJ/L, con un contenido de metano de 60% (Rodríguez, 2018). Por otro lado, de acuerdo con estudios realizados por Balseca y Cabrera (2011), en ensayos similares obtuvieron 12 8 L de biogás por kilogramo de pulpa de café. Lorenzo y Obaya (2005) afirman que la cantidad de gas generado es inestable, sin embargo puede encontrarse alrededor de los 350 L/Kg de sustrato biodegradable. Estos datos muestran una notable diferencia entre ellos.

F. Factores de inhibición. La acumulación de amoníaco (NH₃) y amonio (NH₄⁺), producido mediante la ruptura de proteínas es uno de los mayores inhibidores en el proceso de digestión anaerobia (Yenigun & Demirel, 2013). El tiempo de retención hidráulico ha sido investigado debido a su efecto sobre la productividad de biogás; se ha reportado ser uno de los parámetros más importantes afectando significativamente la ecología microbiana en reactores. Concentraciones altas de alcalinidad por encima de 6500 mg/L y valores de pH superiores a 7,4 sugieren que la actividad bacteriana puede verse afectada debido a varios efectos tóxicos de alcalinidad (Parra, 2015).

Para el crecimiento óptimo de las bacterias durante el proceso de D.A. son necesarios micronutrientes y elementos traza como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, cobalto, hierro, níquel, entre otros. La carencia de estos elementos tiene

efectos negativos sobre el desarrollo y el rendimiento de los microorganismos. Las bacterias productoras de metano presentan concentraciones internas relativamente altas de hierro, níquel y cobalto. La velocidad de carga orgánica (V.C.O) representa la cantidad de alimento suministrado a un digestor por día bajo condiciones continuas de alimentación. La inhibición bacteriana se produce debido a una alta velocidad de carga orgánica (V.C.O) provocando actividad en la hidrólisis/acidogénesis más que la actividad bacteriana en la metanogénesis, de esta manera se incrementa la producción de ácidos grasos volátiles (AGV), lo cual posteriormente provocaría una acidificación irreversible. Posteriormente, el pH del digestor disminuiría y el proceso de hidrólisis sería inhibido (Andreas & Kornaros, 2015; Rizvi et al., 2015).

G. Relación carbono: nitrógeno (C/N). Proporciona nutrientes suficientes para los microorganismos, maximizando la producción de biogás. Los valores de C/N más bajos de lo requerido conducen a valores más altos en las concentraciones de amoníaco, lo que impiden el crecimiento microbiano. El proceso de digestión anaerobia es más estable cuando la relación C/N varía de 20 a 30, teniendo como punto óptimo una relación de 17:1. Mientras tanto, Bilhate et al., (2018) asegura que las cascaras de café presentan una relación ideal de C/N para la digestión anaeróbica de 25. El mucilago, sin embargo, presenta un valor más bajo que el recomendado, entre 20-30, el cual puede necesitar codigestión de otros sustratos con una relación C/N más alta. Morales et al., (2015) y Codignole et al., (2017) coinciden en afirmar que la relación carbono: nitrógeno tiene alta incidencia en el proceso fermentativo ocurrido durante la digestión anaerobia, ya que ambos elementos son considerados las fuentes principales de alimento para las bacterias metanogénicas. Sugiriéndose en este caso como rango óptimo el de 20- 30.

Otros autores como Montenegro y Rojas, (2016) afirman que la relación Carbono/Nitrógeno es un parámetro definitivo para la generación de metano ya que elevados valores de carbono indican una carencia de nitrógeno, afectando la

formación de biomasa, mientras que valores bajos de carbono aumentan el riesgo por exceso de nitrógeno ocasionando la inhibición del proceso. En el caso de presentarse altos valores en la relación Carbono/Nitrógeno y ausencia de oligoelementos se puede ver afectado la producción de ácidos grasos ocasionando una disminución en el pH.

De acuerdo a los resultados alcanzados se concluye que la relación C/N es un parámetro de suma importancia, ya que de estos depende el correcto suministro de alimento a los microorganismos y por ende la supervivencia de los mismos. La relación ideal puede estimarse en 17:1.

5.1 Residuos agroindustriales usados como sustratos en la digestión anaerobia.

Aprovechar los distintos ecosistemas naturales sin ocasionar daños o alteraciones al ambiente es uno de los principales objetivos de la población actual. En búsqueda de posibles soluciones a esta problemática se han desarrollado nuevos productos y tecnologías que optimicen los procesos agroindustriales, minimizando costos en la cadena productiva al darle valor adicional a los residuos. Los residuos agroindustriales pueden ser definidos como productos en estado sólido o líquido que se generan a partir del consumo directo de bienes primarios o de su industrialización, y que no son útiles para el proceso que los generó, pero que presentan una alta posibilidad de ser aprovechados en la fabricación de otro producto, impactando positivamente los ecosistemas y la humanidad (Vargas, 2018).

Cada subsector de la agroindustria genera residuos específicos, en su mayoría estos presentan características óptimas para ser aprovechados en la producción de un nuevo producto o como alternativa de tratamiento o recuperación de algún medio contaminado. Muchos de estos materiales son usados para la producción de

compost y bioenergías (Biogás, Bioetanol, Biodiesel, Biomasa) y otras en la fabricación de alimentos para animales (Cury et al., 2017).

Los residuos agroindustriales más utilizados son los provenientes de las frutas, por ejemplo: el bagazo de agave el cual es un residuo de la producción de tequila, residuos de caña azucarera, cascarilla de arroz, desechos cítricos (bagazo y cáscara), cáscara del plátano, zuro de maíz, la zoca de café, pasta proteicas, lodos, suero, salvado, mostos residuales, vinaza, residuos de material verde (cáscaras, hojas, tallos) entre otros (Coto, 2013). En la siguiente sección se ampliará algunas de las experiencias más significativas con algunos de los residuos agroindustriales comúnmente encontrados.

A. Pulpa de café. Es el primer subproducto obtenido durante el beneficio del fruto de café y representa, en base húmeda, cerca del 43,58% del peso del fruto fresco y un contenido alto de humedad entre el 76% y el 80%. Está conformado por materia orgánica (entre el 88% y el 89% en base seca) y cenizas (entre el 11% y el 12% en base seca) (Londoño, 2017).

Se han realizado diferentes investigaciones acerca de la composición química y microbiológica de la pulpa de café, con el fin de obtener productos de valor agregado. Una de las alternativas planteadas es la generación de biocombustibles, estos constituyen una fuente de energía renovable, que permite cambiar la matriz energética del país, y a la vez minimizan la generación de gases nocivos para la salud. Algunos de estos biocombustibles son: bioetanol, bio butanol y biogás. Por ejemplo, un estudio desarrollado por Rodríguez, (2013) reporta un rendimiento de 25 L de biogás por 1,0 kg de pulpa, equivalente a un poder calorífico de 0,54 MJ.kg⁻¹. En la Tabla 5, se evidencia la producción de biogás a partir de pulpa de café, reportada por diversos autores.

Tabla 5. Producción de biogás a partir de pulpa de café

Residuo	Producción de Biogás	Referencias
Pulpa de café	128 L/Kg	(Balseca et al., 2011)
	93.83 L/Kg	(Londoño, 2017)
	25 L/Kg	(Rosa, 2015)
	25 L/Kg	(Rodríguez, 2013)
	15 L/Kg	(Sandoval, 2015)
	313 ml/Kg	(Pérez et al., 2017)
	360 m ³ /Ton	(Romero et al., 2013)
	0.27 – 0.32 m ³ /Kg	(Vitez et al., 2016)
	275.8 L/Kg	(Matamoros, 2016)
	10.29 L/Kg	(Terry, 2004)
	7.23 L/Kg	(Londoño, 2017)

Fuente: los autores

Otros residuos o subproductos generados a partir de la agroindustria son reconocidos en la producción de nuevos materiales o sustancias; teniendo en cuenta la variedad de residuos producidos, existe una alta diversidad en cuanto a la composición y método de reutilización a implementar. La producción de biogás a partir de digestión anaerobia es una alternativa apropiada para la transformación de residuos agroindustriales y la producción de energía renovable, contribuyendo a la conservación del ambiente.

El estudio llevado a cabo por Balseca y Cabrera, (2011) muestra que la pulpa de café produce mayor volumen de biogás por kilogramo de sustrato en comparación con otros dos sustratos (estiércol y aguas mieles). De acuerdo con estos autores la pulpa de café puede presentar valores de metano entre 61 a 70 %, en tanto que para el estiércol de ganado vacuno se reporta un valor de 50% - 70 % de contenido de metano. Sin embargo, no se identificaron diferencias significativas con relación a los sustratos y la generación de biogás, lo que significa que usar estiércol bovino, aguas mieles y pulpa de café es beneficioso para los productores de ambas explotaciones.

Autores como González et al., (2015) afirman que desechos provenientes de la agroindustria, como plátano, papaya y mango tienen alto potencial para la producción de biogás, reportando 63,89 ml de metano/g de demanda química de oxígeno del residuo para el caso del plátano, 54,80 ml de metano/g de demanda química de oxígeno para la papaya y 53,50 ml de metano para el mango, respectivamente. En la tabla 6, se presenta el rendimiento en la producción de biogás de algunos residuos orgánicos.

Tabla 6. Rendimiento en la producción de biogás de residuos orgánicos

Sustrato	Rendimiento	Referencia
Estiércol (cerdo, vacuno, aves y conejos)	0.2 – 0.5 m ³ biogás /kg	(Piccinini, 2005)
Estiércol ganado vacuno	0.2 m ³ CH ₄ /kg	(Labatut et al., 2011)
Estiércol líquido separado	0.3 m ³ CH ₄ /kg	(Labatut et al., 2011)
Cultivos (pasto, paja)	0.35 – 0.4 m ³ biogás/kg	(Piccinini, 2005)
Cascarilla de arroz	0.1 m ³ CH ₄ /kg	(C.Roati & Marchese, 2012)
Paja de arroz	0.2 m ³ CH ₄ /kg	(Dinuccio et al., 2009)
Paja de cebada	0.2 m ³ CH ₄ /kg	(Dinuccio et al., 2009)
Residuos de rastros (grasas, contenido estomacal e intestinal, sangre, lodo flotante)	0.55 – 1 m ³ biogás/kg	(Piccinini, 2005)
Agua residual de rastros	0.3 m ³ CH ₄ /kg	(Roati & Marchese, 2012)
Lodo de depuradora	0.25 m ³ biogás/kg	(Piccinini, 2005)
Cultivos energéticos (maíz, sorgo)	0.55-0.75 m ³ biogás/kg	(Piccinini, 2005)
Residuos secos de maíz	0.3 m ³ CH ₄ /kg	(Roati & Marchese, et al., 2009)
Residuos de papaya	54.80 ml CH ₄ /gr	(González et al., 2015)
Residuos de mango	53.50 ml CH ₄ /gr	(González et al., 2015)
Residuos de plátano	63.89 CH ₄ /gr	(González et al., 2015)
Aguas miel	126.98 L/Kg	(Balseca et, al., 2011)

Fuente: los autores

6. CONCLUSIONES

Los cambios en la temperatura afectan significativamente el proceso de digestión anaerobia y por ende la cantidad de biogás producido. Para que el proceso se mantenga estable, la temperatura del sustrato en el interior del digestor debe ser controlada ya que está no solo repercute en la velocidad de consumo del sustrato, sino también en la conversión del sustrato a producto. Teniendo en cuenta lo anterior se puede concluir que el rango óptimo para llevar a cabo el proceso de digestión anaerobia esta entre 30 a 40°C, favoreciendo el crecimiento de las bacterias metanogénicas por lo tanto la degradación de la materia orgánica y la producción de biogás.

La alta acidez no permite la actividad de las bacterias al interior del biodigestor, detiene la acción de las enzimas y afecta considerablemente la producción de ácidos orgánicos, siendo un factor limitante al momento de la producción de biogás. Los resultados encontrados dentro de la investigación permiten concluir que el pH óptimo para el correcto desempeño del sistema se encuentra en un rango entre 6.8 a 7.2.

El uso de inóculos presenta muchas ventajas que favorecen la estabilidad del digestor, sin embargo, se debe verificar que la concentración de solidos presentes no afecte la mezcla y homogeneidad en el sistema, y por lo tanto no sea un obstáculo al evaluar el desempeño de este.

La pulpa de café al igual que otros residuos agroindustriales presenta un alto potencial de aprovechamiento gracias a su variada composición química, viéndose reflejado en la diversidad de alternativas existentes para su reutilización. Es posible obtener de estas, energías alternativas como Biogás, Bioetanol y Biomasa, previniendo impactos negativos por el inadecuado uso de los mismos.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Baêta, B. E. L., Cordeiro, P. H. de M., Passos, F., Gurgel, L. V. A., de Aquino, S. F., & Fdz-Polanco, F. (2017). Steam explosion pretreatment improved the biomethanization of coffee husks. *Bioresource Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.08.110>
- Buitrago, C. M. (2015). Evaluación del desempeño de un biodigestor para el tratamiento de la mezcla agua-mucílago de café obtenidas por desmucilagador mecánico.
- Clavijo, (2015). Universidad Nacional de Colombia. Evaluación del proceso de digestión anaeróbica de vinaza pretratada con procesos avanzados de oxidación como alternativa energética de implementación tecnológica en un proceso de producción de etanol a partir de caña de azúcar. <http://www.bdigital.unal.edu.co/48678/1/1113623316.2015.pdf>
- Cendales & Jiménez. (2015). Modelamiento computacional de la producción de energía renovable a partir del biogás mediante la codigestión anaeróbica de la mezcla de residuos cítricos y estiércol bovino. <http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n77/n77a02.pdf>
- Córdoba, Fernández & Santalla. (2014). Influencia del inóculo en la digestión anaeróbica de purín de cerdo. Vol, 2. ISBN 978-987-29873-0-5. Argentina. https://www.researchgate.net/publication/268386719_Influencia_del_inoculo_en_la_digestion_anaerobica_de_purin_de_cerdo.
- Corrales, et al, (2015). Bacterias anaerobias: procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta. <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v13n24/v13n24a06.pdf>.
- Corro, G., Pal, U., & Cebada, S. (2014). Enhanced biogas production from coffee pulp through deligninocellulosic photocatalytic pretreatment. *Energy Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1002/ese3.44>

- Dandikas, V., Heuwinkel, H., Lichti, F., Eckl, T., Drewes, J. E., & Koch, K. (2018). Correlation between hydrolysis rate constant and chemical composition of energy crops. *Renewable Energy*.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.10.100>
- Del Real Olvera, J., & Islas Gutiérrez, J. (2010). Biodegradación anaerobia de las aguas generadas en el despulpado del café. *Rev. Colomb. Biotecnol.*
- Demirel, B.; Yenigun, O & Onay. (2005). Anaerobic treatment of dairy wastewaters: a review. *Process Biochemistry*, 40, 2583–2595
- Editors, G., Jaromír Klemeš, J., Yen Liew, P., Shin Ho, W., Shiun Lim, J., Widjaja, T., ... Rachmania Juliastuti, S. (2017). Methane Production from Coffee Pulp by Microorganism of Rumen Fluid and Cow Dung in Co-digestion. In *chemical engineering transactions* (Vol. 56).
<https://doi.org/10.3303/CET1756245>
- Gómez, E. et al. (2017). Universidad Pontificia Bolivariana. Generación y caracterización del poder calorífico del biogás a partir de biomasa agrícola.
<https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3211/GENERACI%C3%93N%20Y%20CARACTERIZACI%C3%93N%20DEL%20PODER%20CALOR%C3%8DFICO%20DEL%20BIOGAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- González, P., Montenegro Gómez, S. P., Andrea, P., & Abad, G. (n.d.). Aprovechamiento de residuos agroindustriales Exploitation of agroindustrial waste in Colombia Exploração de resíduos agroindustriais na Colômbia.
- González & Gómez. (2017). Sustratos y producción de biogás en biodigestores. Una revisión sistemática.
editorial.ucentral.edu.co/ojs_uc/index.php/Ingciencia/article/view/2352
- González, C. (2011). Calidad del agua.
<http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-862/maguaph.pdf>

- Guardia, Y. (2012). Universidad politécnica de Madrid escuela técnica superior de ingenieros agrónomos. Estudio de la digestión anaerobia en dos fases para el tratamiento de las aguas residuales de despulpe del beneficiado húmedo del café.
- Gurram, R., Al-Shannag, M., Knapp, S., Das, T., Singaas, E., & Alkasrawi, M. (2016). Technical possibilities of bioethanol production from coffee pulp: A renewable feedstock. *Clean Technologies and Environmental Policy*. <https://doi.org/10.1007/s10098-015-1015-9>
- Flotats & Campos. (2004). Procesos biológicos: La digestión anaerobia y el compostaje. https://www.researchgate.net/publication/304771327_Procesos_biologicos_La_digestion_anaerobia_y_el_compostaje
- Hernández, M. & Delgadillo, L. (2011). Aplicación del modelo ADM1 en la digestión anaerobia de aguas residuales y desechos sólidos. *Revista Tumbaga*, 6, 29-42.
- Hikichi, S. E., Andrade, R. P., Dias, E. S., & Duarte, W. F. (2017). Biotechnological applications of coffee processing by-products. In *Handbook of Coffee Processing By-Products: Sustainable Applications*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811290-8.00008-6>
- Hughes, S. R., Qureshi, N., López-Núñez, J. C., Jones, M. A., Jarodsky, J. M., Galindo-Leva, L. Á., & Lindquist, M. R. (2017). Utilization of inulin-containing waste in industrial fermentations to produce biofuels and bio-based chemicals. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. <https://doi.org/10.1007/s11274-017-2241-6>
- Kazagic, A., Music, M., Smajevic, I., Ademovic, A., & Redzic, E. (2016). Possibilities and sustainability of "biomass for power" solutions in the case of a coal-based power utility. *Clean Technologies and Environmental Policy*. <https://doi.org/10.1007/s10098-016-1193-0>

- Londoño, H. 2017. Aprovechamiento de pulpa de café para la producción de biogás en un reactor de flujo Pistón. (n.d.).
- Lora, E. S., & Andrade, R. V. (2009). Biomass as energy source in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2007.12.004>
- Lyakurwa, F. S. (2016). Assessment of the energy potential of crop residues and animal wastes in Tanzania. *Independent Journal of Management & Production*. <https://doi.org/10.14807/ijmp.v7i4.473>
- Llamas, M. (2014). Estudio del efecto del rango de temperatura sobre la producción de bio-hidrógeno por digestión anaerobia a partir de residuos orgánicos. <https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/17868/TFGBiotecnolog%C3%ADa-MercedesLlamas.pdf>
- Mao, C.; Feng, Y.; Wang, X & Ren, G. (2015). Review on research achievements of biogas from anaerobic digestion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45,540–555
- Matamoros, C. (2016). Universidad Politécnica de Madrid escuela técnica superior de ingenieros industriales departamento de ingeniería mecánica y fabricación investigación sobre fermentaciones metánicas de desechos estacionales.
- Meneses-Jácome, A., Diaz-Chavez, R., Velásquez-Arredondo, H. I., Cárdenas-Chávez, D. L., Parra, R., & Ruiz-Colorado, A. A. (2016). Sustainable Energy from agro-industrial wastewaters in Latin-America. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.036>
- Meza, M. (2011). Disturbios del estado ácido-básico en el paciente crítico. <http://www.scielo.org.pe/pdf/amp/v28n1/a08v28n1.pdf>

- Ngumah, C. C., Ogbulie, J. N., Orji, J. C., & Amadi, E. S. (2013). Biogas potential of organic waste in Nigeria. *Journal of Urban and Environmental Engineering*. <https://doi.org/10.4090/juee.2013.v7n1.110116>
- Parra., et al. (2014). Influencia del pH sobre la digestión anaerobia de biorresiduos de origen municipal. <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v17n2/v17n2a27.pdf>
- Passos, F., Cordeiro, P. H. M., Baeta, B. E. L., de Aquino, S. F., & Perez-Elvira, S. I. (2018). Anaerobic co-digestion of coffee husks and microalgal biomass after thermal hydrolysis. *Bioresource*
- Reyes. (2017). Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos. <https://www.lamjol.info/index.php/FAREM/article/download/5552/5248>
- Rodríguez, N. (2013). Producción de alcohol a partir de la pulpa de café. <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/541/1/arc064%2802%2978-93.pdf>
- Romero Loaiza, R., Henry, R., & Pari, M. (2013). Obtención de biogás como fuente de energía renovable a partir de los subproductos del café "obtaining of biogas as a source of renewable energy from the coffee byproducts." *Rev. Investig. Altoandin* (Vol. 15).
- Rosa Cruz & Fabiola Sandoval Salas Jorge Arturo Del Ángel Ramos Xalapa, D. D. (2015). Universidad veracruzana facultad de ingeniería mecánica y eléctrica. *Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.12.071>
- Rattan, S., Parande, A. K., Nagaraju, V. D., & Ghiwari, G. K. (2015). A comprehensive review on utilization of wastewater from coffee processing. *Environmental Science and Pollution Research*. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4079-5>

- Rojas-Sossa, J. P., Murillo-Roos, M., Uribe, L., Uribe-Lorio, L., Marsh, T., Larsen, N., ... Liao, W. (2018). Corrigendum to "Effects of coffee processing residues on anaerobic microorganisms and corresponding digestion performance" [Bioresour. Technol. 245 (2017) 714–723](S0960852417314037)(10.1016/j.biortech.2017.08.098). Bioresource Technology. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.11.030>
- Rouches, E., Zhou, S., Steyer, J. P., & Carrere, H. (2016). White-Rot Fungi pretreatment of lignocellulosic biomass for anaerobic digestion: Impact of glucose supplementation. *Process Biochemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2016.02.003>
- S. Ait Lhaj Lahcen; S. Ibn Ahme; Y. Joute; H. El Bari. 2018. Characterization and evaluation of methanogenic potential of coffee waste. (n.d.).
- Salas, F. S., Cruz, R. J. R., De Biogas En, P., Sólido, S., De, A. P., De Café, P., Cuevas, C. (n.d.). Producción de biogás en sustrato sólido a partir de pulpa de café.
- Salazar, López & Cano. (2012). Efecto del pH y la temperatura en la hidrólisis enzimática de subproductos de la industria bovina. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69525875002>
- Sánchez, J. (2016). Universidad Politécnica de Madrid. Optimización de la agitación de un digestor anaerobio mediante mecánica de fluidos computacional. http://oa.upm.es/39549/1/Jesus_Sanchez_Rubal.pdf
- Siddique, M. N. I., & Wahid, Z. A. (2018). Achievements and perspectives of anaerobic co-digestion: A review. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.155>
- Surendra, K. C., Takara, D., Hashimoto, A. G., & Khanal, S. K. (2014). Biogas as a sustainable energy source for developing countries: Opportunities and

challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.12.015>

Tatiana, K., Orozco, M., Sofía, A., Carpio, R., Iván, ;, Rojas, C., ... Pardo, H. (n.d.). Potencial de biogás de los residuos agroindustriales generados en el departamento de Cundinamarca Biogas potential of agro-industrial residues generated in the department of Cundinamarca Potencial do biogás dos resíduos agro-industriais gerados no departamento de Cundinamarca. <https://doi.org/10.18273/revion.v29n2-2016002>

Teperino, d. P. M., Ladeira Neto, m. A., Ferrarez, a. H., Gomes, a. T., Poubel, h. S., & silva, e. D. S. Da. (2017). Desenvolvimento de digestor anaeróbio didático e testes de produção de biogás com resíduos da bovinocultura e cafeicultura. *Acta Biomédica Brasiliensia*.
<https://doi.org/10.18571/acbm.140>

Vásquez, (2015). Etanol lignocelulósico, a partir de cascarilla de café, por medio de hidrólisis química-enzimática y fermentación". <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/41986/VazquezMoralesOscar.pdf;jsessionid=6E94ACFA40298AEC2B4ECE2685999CFE?sequence=1>

Ward, A. J.; Hobbs, P. J.; Holliman, P. J. & Jones, D. L. (2008). Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources. *Bioresource Technology*, 99 (17), 7928-7940.

Yadira Pérez-sariñana, B., Díaz-gonzález, A., León-rodriguez, A. DE, Saldaña-trinidad, S., Del Carmen Pérez-luna, Y., Alberto Guerrero-fajardo, C., & Sebastián, P. (2018). Methane production from coffee crop residues. *Romanian Biotechnological Letters*.

Zhang, Q., Hu, J., & Lee, D. J. (2016). Biogas from anaerobic digestion processes: Research updates. *Renewable Energy*.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.02.029>

ANEXOS

Anexo 1. Glosario

Ácidos nucleicos: son los encargados del almacenamiento de la información genética de los microorganismos y su posterior transferencia, ya que conforman el material genético de los mismos.

Bacterias facultativas: se denominan bacterias facultativas por la capacidad de realizar procesos de fermentación o respiración sin presencia de oxígeno. Algunas de estas bacterias son por ejemplo, *Escherichia coli* y *Salmonella*.

Bacterias proteolíticas: son bacterias encargadas de descomponer las proteínas en sustancias más simples. Algunas de estas, son del género *Clostridium*, *Bacillus* y *Pseudomonas sp.*

Grasas: están conformadas por carbono, oxígeno e hidrógeno y pueden presentarse de manera líquida o sólida. Representan el mayor aporte de energía en la dieta alimenticia. Existen varios tipos: saturadas, insaturadas y trans.

Hidrólisis: Reacción química en la que las moléculas de agua se dividen en los átomos que la conforman (hidrógeno y oxígeno) formando enlaces con otras sustancias.

Lípidos: son moléculas insolubles en agua, que presentan altos contenidos energéticos debido a la presencia de enlaces carbono-hidrógeno

Polisacáridos: son compuestos formados por la unión de varios monosacáridos a través de enlaces O-glicosídicos.

Proteínas: están conformadas por aminoácidos los cuales están unidos por enlaces peptídicos. Los elementos principales que componen a las proteínas son Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno. Algunas contienen también azufre y fósforo.

Ruta Metabólica de Embden-Meyerhof: Es el tipo de glucólisis más común que se presenta en el medio. Esta ruta se encuentra basada en diez reacciones

enzimáticas las cuales permiten convertir una de molécula de glucosa en dos de piruvato.

Sacrolíticos: son microorganismos de gran importancia para la generación de gas a partir de carbohidratos. La mayoría de estos pertenecen al género *Clostridium*.

Anexo 2. Tabla de evaluación de artículos científicos

ART	TÍTULO	IDENTIFICADOR DE OBJETOS DIGITALES (DOI)	FUNDAMENTO	METODOLOGÍA	SELECCIÓN DE ESTUDIOS Y RECOPIACIÓN DE DATOS	SESGO	CONCLUSIONES	PUNTAJE
1	Desarrollo de digestor anaerobio didáctico y pruebas de producción de biogás con residuos de la bovino cultura y caficultura . (TEPERINO et al., 2017)	http://dx.doi.org/10.18571/acbm.140	El objetivo de este trabajo fue la construcción de un digestor anaeróbico didáctico y la realización de pruebas de producción de gas metano con residuos agropecuarios de la región Noroeste Fluminense. Los Digestores Anaeróbicos Didácticos (DAD). (TEPERINO et al., 2017).	Los Digestores Anaeróbicos Didácticos (DAD), fueron construidos con materiales de bajo costo, como: tubo de pvc, tubo de válvula de cámara de aire, botella plástica de 3 lt y manguera de silicona. La botella PET fue utilizada como reservorio de los residuos (digestor), o sea, donde ocurre la digestión anaeróbica de la materia orgánica. El caño PVC sellado por los "caps" funcionó como el gasómetro, lugar en el que se almacenó el biogás. La manguera de silicona y las válvulas se utilizan como punto de conexión entre el biodigestor y el gasómetro. Para la realización de este trabajo se construyeron cinco Digestores Anaeróbicos Didácticos (DAD). El inóculo utilizado en este trabajo fue el subproducto final del proceso de biodigestión de residuos de la bovino cultura (desechos de bovinos) recogidos en un matadero y residuos de café. (TEPERINO et al., 2017)	La producción de biogás se registró diariamente midiendo el desplazamiento vertical de la columna de líquido en cada DAD.	Se evidencia una metodología clara con cada uno de los pasos realizados para la cuantificación del biogás.	El Digestor Anaeróbico Didáctico (DAD) cumplió el objetivo de demostrar la producción de biogás a partir de los residuos agropecuarios (desechos bovinos y residuos de la caficultura). Fue posible cuantificar la producción de biogás en tres de los cinco DAD cargados y la recolección de datos diarios se realizó sin mayores contratiempos. Los gráficos de la producción de biogás (cm ³) en función del tiempo (días) mostró en los primeros 3 digestores el proceso de incremento de la producción de biogás con el paso del tiempo. No fue posible por medio de este trabajo, concluir el motivo por el cual el digestor DAD B4 no produjo biogás y el motivo por el cual el digestor DAD B5 presentó bajo desempeño. (Teperino et al., 2017)	4

2	Aplicaciones Biotecnológicas en el procesamiento de subproductos de café	http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-811290-8.00008-6	En esta revisión bibliográfica se presentan varios ejemplos de subproductos de procesamiento de café utilizados como sustrato para el cultivo de microorganismos con el objetivo final de generar productos de valor agregado. (Hikichi, Andrade, Díaz, & Duarte, 2017)	Revisión bibliográfica	No se presenta información ya que es una revisión bibliográfica.	Alto ya que el artículo no presenta una metodología clara para la revisión bibliográfica realizada.	Todos los subproductos del café presentan potencial para ser utilizados en biotecnología microbiana. Además de generar valor agregado a los productos microbianos, este uso también permite una posible reducción de riesgos, considerando que algunos subproductos del café, como las aguas residuales y la pulpa de café, tienen un potencial contaminante. (Hikichi et al., 2017)	2
3	Aprovechamiento de pulpa de café para la producción de biogás en un reactor flujo pistón	https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/3297	En esta investigación se realizaron ensayos para producir biogás durante 30 días en un reactor flujo pistón -PFR- alimentado con pulpa de café, obtenida de la finca cafetera La Gloria ubicada en el municipio de Fredonia-Antioquia, lodo activado procedente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del mismo municipio y agua natural. (Londoño, H. 2017)	Se construyeron cinco biodigestores anaerobios discontinuos o por lotes, de 3,0 L de capacidad, cada uno con su respectivo testigo o duplicado. Con los resultados obtenidos de dichos ensayos se determinó un modelo de dosificación para implementarlo en un Reactor Flujo Pistón -PFR- de fabricación artesanal y cuantificar allí la producción de biogás y de lodo estabilizado. Se recolectó la pulpa en bolsas de polietileno, en un día de despulpado y se almacenó en un refrigerador a +/- 6°C por un período inferior a 15 días, el lodo activado fue procedente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Fredonia-Antioquia. Se recolectó en recipientes de polipropileno y se almacenó en un refrigerador a +/- 6°C por un período inferior a 7 días. (Londoño, H. 2017)	La cuantificación de biogás se hizo por el método de desplazamiento de líquido, descrito por Parajuli (2011). Para construir los biodigestores a nivel de laboratorio se emplearon 10 envases de polipropileno (PET) de 3,0 L, cinco de ellos se tomaron como diseño experimental y los otros cinco como testigos o duplicados. (Londoño, H. 2017)	Se evidencia una metodología clara con cada uno de los pasos realizados para la cuantificación del biogás.	Se pudo concluir que la generación de biogás a partir de pulpa de café en un PFR es un proceso interesante en cuanto a la cantidad de biogás obtenido y de lodo estabilizado, útil como biofertilizante, dejando camino por recorrer en la investigación en cuanto a la calidad e inocuidad de los materiales obtenidos y la consecuente utilización de los mismos. La digestión anaerobia en un reactor tipo PFR de 400 L de capacidad empleando 70 L de lodo activado y 196 L de pulpa de café como sustrato inicial, alimentando diariamente 2,4 L de pulpa de café y 1,0 L de agua, produjo en 30 días de operación 370,8 L de biogás a una concentración media de 61% de metano (Londoño, H.2017)	4

4	La biomasa como fuente de energía en Brasil	10.1016/j.rser.2007.12.004	Ofrecer una visión general de los programas, proyectos y tecnologías relacionados con el uso de biocombustibles en Brasil. Además, se evidencia la evaluación de la disponibilidad de biomasa y el potencial de generación de electricidad para diferentes sectores industriales y agrícolas. (Lora & Andrade, 2009)	Revisión bibliográfica	No se presenta información ya que es una revisión bibliográfica.	Alto ya que el artículo no presenta una metodología clara para la revisión bibliográfica realizada.	Los proyectos demostrativos y comerciales que se están implementado en Brasil deben ofrecer información importante para superar las barreras técnicas y comerciales que existen (Lora & Andrade, 2009)	2
5	Evaluación del desempeño de un biodigestor para el tratamiento de la mezcla agua-mucílago de café obtenida por desmucilagador mecánico.	http://ridum.manizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/2521/1/Biodigestor%20tratamiento%20mezcla%20agua%20mucilago%20de%20cafe.pdf	Se evaluó un sistema de biodigestión para el tratamiento de la mezcla agua-mucílago de café procedente de desmucilagador mecánico, con el objetivo de buscar alternativas de tratamiento diferentes a la mezcla de las mieles con la pulpa, dado que esta mezcla produce lixiviados con altas cargas orgánicas y compuestos de menor degradabilidad. (Buitrago, 2015)	Para el tratamiento de la mezcla agua-mucílago se utilizó un Biodigestor construido en plástico tubular de polietileno, con cajas en concreto, el cual tiene un volumen de 20 m ³ . El biodigestor se inoculó con Yogurt, levadura, miel de purga y agua. Los ensayos fueron realizados en el último día de la semana principal de cosecha. El tiempo de retención de la mezcla agua - mucílago en el biodigestor fue de 10 días. (Buitrago, 2015)	Para evaluar la eficiencia del biodigestor se tomaron muestras en la semana pico de cosecha a la entrada y salida y se monitorearon las siguientes variables DQO, DBO ₅ , SST y pH. La muestra de mezcla agua-mucílago se tomó en intervalos de 15 minutos con 5 repeticiones, la unidad experimental estuvo conformada por la mezcla de agua-mucílago procedente de la semana pico de cosecha, el tratamiento tuvo sólo	El riesgo de sesgo es bajo ya que se tiene una metodología clara, mediante la aplicación de ensayo experimental.	El Biodigestor siempre se alimentó solo con mezcla agua-mucílago del café procedente del desmucilagador mecánico, en las épocas de mayor producción no hubo presencia de gas metano suficiente para la combustión, y por ende no se pudo generar llama en la estufa de la cocina. La alta acidez que se genera en la época de mayor producción no permite la actividad de las bacterias al interior del biodigestor, en las demás épocas si se genera biogás, debido al poco Tiempo de Retención Hidráulica que no permitió la descomposición de la carga orgánica existente, ocurriendo allí sólo el proceso de ácido génesis en época de cosecha. (Buitrago,	4

			rago, 2015)		una réplica en la cual se tomaron 5 muestras (Buitrago, 2015)		2015)	
6	Producción de metano a partir de residuos de café	https://www.rombio.eu/docs/Sarinana%20et%20al.pdf	En la agroindustria, el desperdicio de café como mucílago es una fuente importante de carbohidratos, principalmente galactosa y glucosa. El objetivo de este estudio es optimizar el proceso de digestión anaerobia del mucílago del café para la producción de metano. (Pérez et al., 2018)	Se utilizó mucílago de café como sustrato. La extracción se realizó mediante un Pulper con desmucilación, se añadió un litro de agua por un kilogramo de café cereza, el mucílago extraído se almacenó en botellas a -20 ° C. Las concentraciones de azúcares en el diseño experimental fueron 5 (72, 65, 50, 35) y 27 gL-1 comenzando la concentración más alta de 72 gL-1, diluida con agua hasta el nivel deseado concentraciones, medidas por HPLC. Una vez alcanzadas estas concentraciones, se pasteurizó a 65°C 30 min y 20 min sobre hielo. Posteriormente el volumen requerido fue transferido a Botellas serológicas previamente esterilizadas. (Pérez et al., 2018)	Se hizo un diseño factorial completo con cinco niveles de dirección y una distribución de 20 pruebas definidas en el diseño experimenta para evaluar el efecto del pH, la temperatura y la concentración inicial de azúcar, 6 pruebas fueron puntos centrales a pH 6, T 37 ° C y concentración de azúcar de 50 gL-1. Además, el diseño consta de 6 pruebas denominadas puntos axiales o en estrella, estos puntos estaban bajo los siguientes factores de entrada; pH que varía de 3.7 a 8.2, temperatura de 29 ° C a 44 ° C; azúcar concentración de 27 gL-1 a 73 gL-1. (Pérez et al., 2018)	El riesgo de sesgo es bajo ya que se tiene una metodología clara, mediante la aplicación de un diseño factorial con el fin de reducir el error.	La caracterización del mucílago del café permite identificar azúcares explotables para la producción de metano. Usar el mucílago del café como un sustrato para la producción de metano es una opción viable. Las condiciones óptimas para la producción de metano a partir del mucílago del café estimado por el software fueron de pH 8.2, temperatura 37°C y concentración de azúcar de 27 gL-1. (Pérez et al., 2018)	4

7	Caracterización y evaluación del potencial metanogénico de los residuos de café.	https://doi.org/10.26872/jmes.2018.9.2.72	El objetivo principal de este trabajo es el estudio de la digestión anaerobia de los residuos de café para la generación de biogás. (Lhaj, L et al., 2018)	<p>Se utilizó un digestor CSTR completamente mezclado (tanque de agitación continua). Reactores), en Pyrex, volumen cilíndrico de 1,5 l. El inóculo utilizado está constituido por lodos.</p> <p>Los residuos de café fueron secados por evaporación en un horno a 105 ° C (en general durante 24 h) para determinar el contenido de materia seca total (MS) y luego se quemó en el horno a 550 ° C durante 2 h.</p> <p>El reactor se inoculó inicialmente con 7 g de VS / L de lodo anaeróbico Recuperado del interior de un digestor de aguas residuales. Después de rellenar el digestor del inóculo, éste último luego se alimenta, diariamente, por una solución sintética (solución GAL). Y luego es alimentado por una mezcla de la solución (GAL) y el sustrato, para la adaptación de la microflora a su nuevo alimento. Finalmente el digestor solo es alimentado por el sustrato a tratar. El digestor se mantuvo en condiciones mesofílicas a 37 ° C.</p> <p>El seguimiento del proceso de digestión anaerobia de los desechos de café orgánico fue acompañado por análisis de varios parámetros tales como: pH, alcalinidad, sólidos totales (TS), sólidos minerales (MS) y sólidos volátiles (VS) (Lhaj, L.; et al. 2018)</p>	Describen la metodología pero no se evidencia el diseño aplicado o el software empleado.	No se describe en el artículo el tipo de diseño empleado para realizar la medición de los resultado expuestos en las conclusiones	<p>El potencial máximo metanógeno encontrado en este estudio ha alcanzado 233.66 (NmLCH4 / g VS) para una carga adicional en 3 g.</p> <p>Además, se observó que la estabilidad del pH afecta positivamente el desarrollo de la flora bacteriana responsable de la digestión anaerobia.</p> <p>Los resultados experimentales obtenidos mostraron claramente que la digestión anaeróbica en condiciones mesofílicas proporciona una solución confiable para el aprovechamiento de los residuos de café. Esto se evidenció por el aumento volumen de metano obtenido y alta biodegradabilidad de la materia orgánica.</p> <p>Se pudo concluir, que la digestión anaerobia es una alternativa sostenible de recuperación de estos residuos orgánicos (Lhaj, L et al., 2018).</p>	3
---	--	---	--	---	--	---	--	---

8	Producción de biogás en sustrato sólido mediante la digestión anaerobia de pulpa de café	https://cdigital.uv.mx/handle/123456789/41980	Realizar un estudio que permita probar la eficiencia en la producción de biogás mediante digestión anaerobia de un sustrato sólido como la pulpa de café y co-sustratos como el nopal.	<p>Se utilizó pulpa de café de la variedad Coffea arábica L., Los cladodios utilizados provenían de plantas que crecían de forma salvaje, a las cuales no se les aplicaban agua de riego, ni fertilizante alguno.</p> <p>El inóculo empleado en todas las experimentaciones, como fuente de microorganismos, fue lodo de una explotación porcina.</p> <p>Para realizar los ensayos de biodegradabilidad se realizaron cuatro mezclas por triplicado preparadas en reactores de 600 mL, se emplearon dos tratamientos (10% y 3% de inóculo) con una densidad aparente de 90% pulpa de café y 10% viruta de madera, la humedad se ajustó a 76%. Las muestras homogenizadas se colocaron en reactores anaerobios con capacidad de 20L a los cuales se acopló un sistema de desplazamiento de líquido para medir el volumen de metano producido diariamente (Rosa, 2018).</p>	Durante el procedimiento experimental se siguieron las indicaciones de la norma VDI 4630, el Software empleado fue el AMPTS II (Rosa, 2018)	Bajo, ya que se describe detalladamente la metodología y los resultados obtenidos mediante el diseño experimental aplicado.	<p>El efecto sobre la producción de biogás en cuanto a las mezclas realizadas con pulpa de café y viruta, en las condiciones del inóculo B (10% de lodo anaerobio) posee los mayores valores de producción acumulada de metano (81.63 L) respecto a A (3% de estiércol porcino), por lo tanto ésta concentración de inóculo es recomendada debido a su alta biodegradabilidad anaerobia de la pulpa de café, lo que indica que una mayor concentración de inóculo permite aumentar la obtención de biogás.</p> <p>La generación de biogás con la mezcla de pulpa de café con nopal, presentó una mayor biodegradabilidad de la materia en comparación con la pulpa de café en monosustrato, debido al incremento de la relación C/N. La adición de nopal a la pulpa de café como co-sustrato produjo los efectos deseados, ya que se incrementó la relación Carbono/Nitrógeno, acrecentando la generación de biogás (Rosa, 2018).</p>	4
---	--	---	--	---	---	---	---	---

9	Producción de biogás en sustrato sólido a partir de pulpa de café y aserrín de madera.	https://smbb.mx/congresos%20smbb/guadalajara15/PDF/XVI/trabajos/IXC-09.pdf	Evaluar el efecto de la concentración de inóculo (lodo anaerobio para la degradación de la pulpa de café variedad Coffea arabica L. en reactores anaerobios discontinuos.	Se usó pulpa de café (76% humedad) y viruta de madera como sustrato. El inóculo fue lodo proveniente de una laguna anaerobia, el cual en un residual sintético hasta su uso. La experimentación se hizo en biodigestores anaerobios discontinuos de 20 L, a los que se les acopló un sistema de desplazamiento de líquido con el fin de determinar la cantidad de biogás producido diariamente. La determinación de sólidos totales (SST), sólidos volátiles (SSV) y sólidos fijos (SF) acuerdo a la metodología del Standard Methods. De acuerdo a las pruebas preliminares se definió como proporción de 90% de pulpa y 10% de viruta. Se usaron dos concentraciones de inóculo (3%). El experimento se realizó por duplicado (Salas et al., 2015).	El artículo no presenta diseño estadístico.	Se utilizó la metodología del Standard Methods. No se observa un método estadístico claro para la obtención de información.	Se obtuvo mayor rendimiento de biogás cuando se usó un 10% de inóculo en relación al 3%. El rendimiento final fue de 15 litros de biogás/kg de sustrato. Se obtuvo mayor rendimiento de biogás cuando se utilizó un 10% de inóculo, el cual fue de 15 litros de biogás/kg de sustrato. La concentración acumulada de metano fue de 81.63 L a los 150 días (Salas et al., 2015).	3
10	El tratamiento previo de la explosión de vapor mejoró la biometanización de las cáscaras de café	http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2017.08.110	Este estudio evaluó el potencial de generación de energía utilizando un sistema combinado de cogeneración de calor y energía (CHP) a partir del biogás producido durante la digestión anaerobia de las cáscaras de café (CH) pre-tratadas con explosión de vapor (Baêta et al.,	Las cáscaras de café (CH) se secaron a ~35 ° C para estandarizar la humedad. Después de este procedimiento, los CH fueron puestos a tierra utilizando un molino de cuchillos Wiley equipado con una pantalla de malla 9. Las condiciones de pre tratamiento evaluadas fueron tiempo (1, 5, 15 y 60 min) y temperatura (120, 180 y 210 ° C). La solubilización de polisacáridos y la producción de biogás no se correlacionaron, mientras que el tratamiento previo con severidades superiores a 4	Para la producción de metano en las pruebas de BMP, los parámetros cinéticos fueron obtenidos usando un modelo cinético de primer orden. El modelo ha sido utilizado en gran medida por otros autores para evaluar la biodegradabilidad anaeróbica de la biomasa de lignocelulosa, como la paja de trigo y	Se evidencia metodología clara y aplicación de estudios para garantizar los resultados obtenidos.	La mejor condición fue de 120 ° C durante 60 min, en cuya severidad de 2.37 mostró el mayor rendimiento de metano. Sin embargo, incluso se podrían lograr mejores resultados utilizando 120 ° C durante solo 5 minutos, lo que Conduce a una mayor cantidad de CH procesada diariamente El pretratamiento de SE fue eficaz para la solubilización de azúcares, aumentando la producción de metano. La ganancia de Energía neta	4

			2017).	<p>resultó en una solubilización más alta de celulosa, hemicelulosas y lignina.</p> <p>El tratamiento previo con explosión de vapor se realizó con una instalación que consistía en un 2.5 L. recipiente del reactor y un tanque de flash con un cubo extraíble para recoger el fracción pre-tratada. El vapor se generó mediante un sistema eléctrico con caldera de vapor, que podría suministrar vapor hasta una presión máxima de 21 Bar. Los CH se cargaron desde la parte superior del reactor y el vapor fue posteriormente agregado de la válvula 1 (V1) en una cantidad suficiente para mantener la presión de trabajo y la temperatura ajustada durante el pretratamiento, una hora después del tiempo de exposición, la válvula 2 (V2) se abrió para causar una despresurización rápida (explosión de vapor) y liberación brusca de Biomasa pre tratada al tanque de flash.</p> <p>El inóculo anaeróbico utilizado para las pruebas de potencial bioquímico de metano BMP fue un digestor anaeróbico mesófilo operado en un tiempo de retención hidráulica (HRT) de 20 días, tratando lodos mixtos de aguas residuales (Baêta et al., 2017).</p>	<p>residuos de café $B = B_0 [1 - \exp(-kh t)]$ donde B es el rendimiento de metano (NmL CH₄ g DQO-1 alimentado), B₀ es el grado de reacción (relacionada con la biodegradabilidad del sustrato) y la kh (día⁻¹) es la constante cinética del modelo (Baêta et al., 2017).</p>		<p>más alta se obtuvo en la condición SE-2 con una gravedad de 2,37, que generarían 0.59 kWh kg CH₄⁻¹ (Baêta et al., 2017).</p>	
--	--	--	--------	---	--	--	---	--

11	Energía sostenible a partir de aguas residuales agroindustriales en América Latina	http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.036	En este estudio se hace una búsqueda de los estudios más relevantes en Latinoamérica sobre tecnologías para la recuperación de energía a partir de aguas residuales agroindustriales y su implementación sostenible (Meneses et al., 2016).	Revisión bibliográfica	No se evidencia el uso de herramientas para la evaluación de la pertinencia de los artículos utilizados en la revisión de literatura.	Los autores no presentan la metodología utilizada para la evaluación y pertinencia de los artículos, lo cual hace que tenga una mayor riesgo de sesgo	Los efluentes de la agroindustria ofrecen grandes opciones para mejorar la producción de energía durante su tratamiento. La tendencia mundial es desarrollar nuevas biotecnologías centradas en la producción de energía mejorada para ser implementadas en el mediano plazo, aprovechando el potencial energético de los efluentes agroindustriales. La investigación latinoamericana está principalmente involucrada en la tecnología y en la aplicación de micro-algas para la remediación del agua (Meneses et al., 2016).	2
12	Logros y perspectivas de la co-digestión anaeróbica : una revisión	https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.155	La presente investigación estudió las perspectivas y desafíos de la co-digestión anaeróbica, y las contribuciones de diferentes métodos en estudios de generación de biogás (Siddique & Wahid, 2018).	Los datos fueron recopilados en Science Direct, Scopus, Springer, Emerald y los sitios web de Elsevier. El periodo de tiempo considerado para la encuesta bibliográfica fueron los últimos 17 años, teniendo en cuenta artículos de investigación y artículos de revisión en los campos citados (Siddique & Wahid, 2018).	Revisión bibliográfica.	Se realizó revisión de literatura de bases de datos reconocidas durante un tiempo considerable, lo cual permite una recolección de información amplia, disminuyendo el sesgo de la investigación.	La Generación de biogás a través de la tecnología AcoD desde diferentes sustratos orgánicos biodegradables se considera una alternativa adecuada al uso de combustibles fósiles. El proceso AcoD Es una tecnología económica y ambientalmente viable para la técnica de generación de biogás tanto a escala de laboratorio como a escala industrial	3

13	Co-digestión anaerobia de cáscaras de café y biomasa microalgal después de la térmica hidrólisis	https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.12.071	La investigación buscó evaluar la co-digestión anaeróbica de Cáscaras de café con biomasa de microalgas. (Passos et al., 2018).	<p>Antes del Pretratamiento y digestión anaeróbica, la biomasa se secó a 35 ° C y utilizando un molino de cuchillas Wiley equipado con una malla de 9 mallas. Se extrajo biomasa de microalgas de aguas residuales a gran escala.</p> <p>El tratamiento previo de hidrólisis térmica se realizó con reactor a escala de laboratorio de 2 L tenía 400 ml de volumen útil, mientras que el tanque flash tenía 5 l de volumen útil. Las botellas de las pruebas de potencial bioquímico de metano BMP tenían un volumen total de 160 ml. Cada botella se llenó con el sustrato correspondiente e inóculo para una relación de sustrato a inóculo de 0.5 g VS / g VS Posteriormente, se llenaron con agua desionizada hasta 100 ml, las botellas se lavaron con gas helio (He), se sellaron con tapones de caucho butilo e incubados a 35 ° C a 150 rpm hasta que la producción de biogás cesó. Un tratamiento en blanco con un solo inóculo fue utilizado para cuantificar la cantidad de metano producido debido a cualquier residuo sustrato. El inóculo utilizado provino de un reactor anaeróbico a escala piloto para el tratamiento de lodos (Passos et al., 2018).</p>	Las diferencias entre el efecto del tratamiento térmico previo al mono y co-digestión de biomasa de cáscara de café y microalgas en el rendimiento del metano se evaluaron utilizando la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para evaluación de la normalidad de los datos, seguido de análisis de varianza (ANOVA) y Tuckey con el paquete de software estadístico Minitab (Passos et al., 2018).	El artículo presenta una metodología estructurada y la prueba aplicada para la recopilación de los datos, disminuyendo el sesgo	La co-digestión anaerobia fue más alta con respecto a la mono-digestión de las cáscaras de café solo. El mejor resultado se obtuvo para el tratamiento previo a 120 ° C durante 60 minutos, lo que llevó a una tasa de digestión anaeróbica y rendimiento de metano de 0.38 d ⁻¹ y 196 mLCH ₄ / gVS, respectivamente. Además, la co-digestión de las cáscaras de café y la biomasa microalgal después de la hidrólisis térmica a 120 ° C fue capaz de generar una electricidad neta de 0.159 kWh / kgTS, valores superiores a los obtenidos con cáscara de café solo (Passos et al., 2018).	4
----	--	---	---	--	---	---	---	---

14	Pretratamiento de hongos blancos de biomasa lignocelulósica para digestión anaerobia: Impacto de la suplementación con glucosa.	http://dx.doi.org/10.1016/j.procbio.2016.02.003	El presente estudio investiga la posibilidad para aumentar la producción de metano a partir de paja de trigo pretratada con varias cepas de hongos (Rouches et al., 2016).	Se cultivaron doce cepas preseleccionadas en tríos, en diferentes épocas del año. Los pretratamientos se llevaron a cabo con tres placas de 24 pocillos (Whatman) por cepa (100 mg de estiramiento / pocillo). Se esterilizó la paja esterilizada, se molió a 4 mm y se agregó una solución de inicio. La primera serie comprendió 200 mg de glucosa / g de paja seca a la que se agregaron 18,4 mg de ácido diatómico / g de TS. Por el contrario, estas cantidades se dividieron por cuatro en las series 2 y 3, especialmente para reducir la proporción de metano que origina la adición de la solución de partida. La inoculación se realizó con un disco de agar de micelios de 7 días (5 mm de diámetro). La paja se pretrató luego en aire saturado de agua durante 12 días a 25 ° C con intercambio de aire pasivo (Rouches et al., 2016).	La producción de biogás fue seguida por mediciones de presión hasta el final de la producción (fase de meseta) correspondiente al valor BMP. Se obtuvo la composición de biogás en cada lectura de presión con cromatografía de amicro-gas: GC Varian IGC-CP4900 (Rouches et al., 2016).	Presenta metodología clara y consecuente con cada uno de los pasos realizados, por lo cual se puede decir que las probabilidades de sesgo son bajas.	En las cepas probadas en general, se encontró que P. brumalis BRFM 985 es el más eficaz para el tratamiento previo de la paja para la digestión anaeróbica, cuando se sometió a bajas cantidades de glucosa y nitrógeno durante el inicio de la adición. Esta cepa pudo mejorar la digestión anaeróbica de hasta un 20%, incluso después de tener en cuenta la pérdida de masa. La optimización de las condiciones de pretratamiento dependientes de la tensión (duración, etc.) sin duda debería mejorar estos resultados. El uso de altas cantidades de iniciador (por ejemplo, 200 mg de glucosa / g TS y 18,4 mg de tartrato diamonio / g TS) puede limitar la prevención de hongos. - Eficacia del tratamiento. La deslignificación pareció ser menor cuando se incrementó la adición de glucosa (entre 50 y 400 mg / g de paja) de forma dependiente de la cepa y para la duración del cultivo fijo (Rouches et al., 2016).	3
15	El biogás como fuente de energía sostenible para los países en desarrollo: Oportunidades y desafíos	http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.12.015	En este documento se busca resaltar el estado actual, los desafíos y el potencial de la tecnología de biogás para abogar por una mayor investigación, desarrollo y difusión del concepto en los países en desarrollo (Surendra, et al.,	Revisión Bibliográfica	No se presenta información ya que es una revisión bibliográfica	Los autores no presentan la metodología utilizada para la evaluación y pertinencia de los artículos, lo cual hace que tenga una mayor riesgo de sesgo	El uso excesivo y deficiente de la biomasa junto con una dependencia cada vez mayor de los recursos derivados de combustibles fósiles importados han traído impactos negativos en la salud pública y los ecosistemas. Dentro de este contexto, abogando por una vida más sostenible y asequible se requieren opciones, para continuar con el desarrollo de una energía	2

			2014).				discreta, simple y menos costosa que la tecnología actual de las regiones (Surendra et al., 2014).	
16	Biogás a partir de procesos de digestión anaerobia: Actualizaciones de investigación.	http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2016.02.029	La digestión anaeróbica (AD) es un proceso biológico que puede convertir sustratos orgánicos en biogás en ausencia de oxígeno. Esta revisión de literatura seleccionó artículos publicados en 2015 y resumió las mejoras y avances tecnológicos revelando tendencias actuales de investigación y desarrollo (Zhang, Hu, & Lee, 2016).	Revisión bibliográfica	No se presenta información ya que es una revisión bibliográfica	No se describe en el artículo el tipo de diseño empleado para realizar la medición de los resultados expuestos en las conclusiones. Lo cual aumenta el sesgo de la investigación	Hubo mejoras sustanciales y avances tecnológicos en los procesos de Digestión Anaerobia (AD). Los acontecimientos sobre tecnologías de AD, incluyendo los sustratos usados, pretratamientos, configuraciones de reactor, preocupaciones operacionales, y el análisis modelo fueron repasados y hablados. Todos los esfuerzos de investigación son conducidos para buscar la práctica de AD con mejoras en la producción de biogás (Zhang et al., 2016.)	2
17	Efectos de los residuos del procesamiento del café sobre microorganismos anaeróbicos y correspondiente rendimiento de	http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2017.08.098	Delinear los efectos de diferentes residuos del procesamiento del café sobre los microbios anaerobios y el funcionamiento de la digestión (Rojas et al., 2018).	Los contenidos de Sólidos Totales (TS) de aguas residuales, pulpa, y los mucilagos fueron 0,34%, 12,21% y 2,56%, respectivamente. Tres diferentes combinaciones de residuos; M1, M2 y M3 fueron preparados para alimentar a los digestores M1, fue el residuo real de procesamiento de café sin cualquier ajuste, en el que la relación de volumen de aguas residuales, pulpa y mucilago fue 1: 0.3: 0.1, M2 fue llenado con cantidades aproximadamente iguales de pulpa y mucilago, en las cuales la relación	Se realizó el test Shapiro-Wilk con el fin de comprobar que los datos estuvieran correctos. Se realizó sobre la producción de gas acumulado, productividad de CH4, composición de CH4, reducción de% VS, reducción de fibra y los índices de diversidad alfa. El software R con paquetes de vegan, phyloseq, MASS y	Los autores presentan una metodología clara, en la cual se evidencian los pasos de cada fase. La selección de estudios y recopilación de datos evidencia el uso de distintos análisis para	Los análisis de rendimiento y meta genómica de digestión concluyeron que las comunidades microbianas se relacionaron con las condiciones de alimentación y consecuentemente influyeron en el rendimiento de la digestión. Más cantidad de mucilago en la alimentación permitió la proliferación de comunidades microbianas, particularmente metanógenos, que aumentaron significativamente el biogás. La digestión en alimento rico en mucilago (M3) generó un 50%	4

	digestión			<p>de volumen de aguas residuales, pulpa y mucílago fue de 1: 0.3: 1.3, M3 era el alimento rico en mucílago, en el que la proporción de volumen de aguas residuales, pulpa y el mucílago era 1: 0.3: 12.9.</p> <p>M1, M2 y M3 se utilizaron como alimento para evaluar el rendimiento de la digestión. Se utilizaron nueve reactores (tres repeticiones para cada mezcla) en El estudio, cada uno de los cuales contenía un volumen de trabajo de 0,5 L. El La temperatura de cultivo fue de 35 ° C. El tiempo de retención hidráulico (HRT) fue 30 días y el experimento duró 90 días. Al principio de experimento, todos los reactores se inocularon con 1: 1 vol de la estabilizada semilla (2.5% TS). Los reactores se alimentaron diariamente con 17 ml de la alimentación dentro de un Siplfyer Hands-In-Bag (NPSCorp, WI) purgado con nitrógeno para Mantener la condición anaeróbica. Un volumen igual (17 mL) de digestato, se retiró de los digestores antes de la alimentación. El pH se mantuvo por encima de 6.7 al dosificar hidróxido de sodio al 20% (NaOH) cuando fuera necesario (Rojas et al., 2018).</p>	<p>ggplot2 se utilizaron en la unidad taxonómica operativa (OTU) para realizar filotipos basados en el análisis de la comunidad microbiana. Se utilizó el análisis de diversidad alfa (α) para estimar el indicador H de Shannon, la uniformidad de la comunidad (Pielou J) y la curva de rarefacción en secuencias agrupadas para las muestras de individuos. La cobertura de muestreo (C) se calculó sobre la base de Good Métodos. El análisis de diversidad beta (β) incluye ambos Análisis de abundancia y parcela de abundancia. Heatmap y no métrico. El análisis de escalamiento multidimensional (NMDS) se utilizó para correlacionar las diferencias entre el rendimiento de la digestión y el fenotipo (Rojas-Sossa et al., 2018)</p>	<p>los resultados obtenidos.</p>	<p>más metano, y tenía 2 y 1,5 veces más salidas netas de energía de calor y electricidad, respectivamente, en comparación con la digestión en mucílago bajo (M1). Este estudio demostró claramente que el mucílago es un residuo de café que mejora significativamente la producción de biogás mediante digestión anaeróbica (Rojas et al., 2018).</p>	
--	-----------	--	--	--	---	----------------------------------	---	--

18	Producción de metano a partir de pulpa de café por microorganismos de Líquido del rumen y estiércol de vaca en co-digestión	10.3303/CET17 56245	Este estudio tiene como objetivo investigar la producción de metano a partir de pulpa de café por algunas variables, microorganismos existentes en el estiércol de vaca, el fluido del rumen y la mezcla del líquido del estiércol / rumen de la vaca en un Reactor anaeróbico discontinuo con 3,6 L de volumen a temperatura mesofílica (30 - 35 ° C) (Iswanto, et al., 2017) .	<p>La pulpa de café se recogió directamente de la máquina de despulpado durante el procesamiento húmedo del café y se secó durante 7 horas (vistas) de 8:00 a 15:00 durante 3 días bajo radiación solar para bajar el contenido de humedad, el tamaño de la pulpa de café seca se redujo a 35 mallas usando un molino de discos.</p> <p>Se recogieron cerca de 5 lt residuos de lecho del rumen a partir de los contenidos del rumen que se filtraron utilizando muselina para separarlos de su grueso. Mientras tanto, el estiércol de vaca fresco se colocó en un recipiente estéril y se almacenó en un agitador de incubadora a 37 ° C a 140 rpm. Los inóculos se prepararon con la adición de 1.05 gramos de la pulpa de café a cada variable; estiércol de vaca, líquido del rumen, y Mezcla de fluido de estiércol / rumen de vaca (relación 1: 1) del 15% del volumen de trabajo en 1 L Erlenmeyer respectivamente. El reactor / digestor anaeróbico se compuso de polipropileno con un total Volumen de 6 L y volumen de trabajo de 3,6 L. Estaba equipado con manómetro, válvula de control, termómetro y Punto de muestreo de lodo. El digestor se llenó con pulpa de café y agua (relación 1: 2) y el inóculo variable. Había 3 digestores: el digestor A contenía la pulpa de café y el estiércol de vaca (CP + CD); El digestor B contenía la pulpa de café y el fluido del rumen (CP + RF); el</p>	Los sólidos totales (TS) y los sólidos volátiles (VS) se estimaron según lo descrito por Costa (1998). La DQO se midió mediante la técnica estándar de la 20ª edición - Examen de agua y aguas residuales, Métodos 5220- Métodos colorimétricos de reflujó D-cerrado con KHP (ftalato de hidrógeno y potasio) como disolvente estándar y luego por espectrofotómetro. La concentración de AGV incluyendo acético, propionato, y el ácido butirato se midió mediante cromatografía de gases (GC) HP-6890 equipado con la columna Porapak (Longitud: 30 m; diámetro: 530 mm, espesor: 40 m), detector FID como detector frontal a 275 ° C y detector TCD Como detector de espalda a 250 ° C. La producción acumulada de metano se calculó y se mostró en Ndm3 / kgCOD (Iswanto, et al., 2017)	Los autores presentan metodología clara y el uso de métodos estadísticos para la selección de estudios y recopilación de datos, disminuyendo el riesgo de sesgo	<p>El tratamiento previo no presentó una mejora significativa en la producción de metano. La tasa de digestión fue limitada por crecimiento de bacterias debido a la presencia de compuestos tóxicos en la pulpa de café.</p> <p>La mayor reducción de valor de DQO fue del reactor de estiércol de vaca de 78.05% que tiene Producción de metano de 85.1 Ndm3 / kgCOD este resultado fue aproximadamente diez veces más pequeño que la acumulación de CH4 del digestor de fluido del rumen de la paja del arroz en la investigación de otro autor, donde generó 811.1</p> <p>Esto muestra que diferentes fuentes de sustrato pueden afectar la cantidad de biogás generado, especialmente para el sustrato de pulpa de café que tiene componente de inhibición microbiana (Iswanto, et al., 2017)</p>	4
----	---	------------------------	--	---	---	---	--	---

				<p>digestor C contenía la pulpa de café y mezcla de estiércol de vaca / líquido de rumen (CP + CD + RF). El valor de pH se verificó todos los días y se mantuvo en el óptimo pH (6.8 - 7.2). Si el valor del pH disminuía, se añadió NaOH 1 M para lograr ese pH óptimo. La producción de Metano se mantuvo para observación a temperatura mesofílica (30 - 40 ° C) durante 30 días de proceso de digestión. (Iswanto, et al., 2017).</p>				
19	Producción mejorada de biogás a partir de pulpa de café, pretratamiento fotocatalítico delignino celulósico	10.1002/ese3.44	<p>Se describe el proceso para la producción de biogás a partir de pulpa de café utilizando Cu / TiO2 como Fotocatalizador eficiente en su pretratamiento fotocatalítico solar, produciendo biogás de alto valor calórico a mayor velocidad. El proceso de tratamiento previo mejora la codigestión de pulpa de café y estiércol de ganado, produciendo mayores cantidades de metano, Propano, y otros componentes combustibles del biogás (Corro, et</p>	<p>El catalizador de Cu / TiO2 se preparó por el Método de impregnación utilizando dióxido de titanio (Baker 99,99%) y cantidades apropiadas de solución acuosa de Cobre para obtener un 10% en peso de Cu en el TiO2. La suspensión se agitó a temperatura ambiente durante 4 h, después de secar a 120 ° C durante la noche, la muestra se calcinó en aire a 800 ° C durante 4 h, después de lo cual se llama como 10% catalizador de Cu / TiO2. Después de la calcinación, se presentó en el catalizador una muy alta dureza de indentación y resistencia a la pulverización. Se preparó un soporte de referencia de TiO2 I De la misma manera usando solo agua destilada (sin Cu (NO3)). Se realizó el tratamiento previo fotocatalítico de la pulpa de café en un fotorreactor de cuarzo, de nuevo diseño. Se utilizaron bolsitas pequeñas de tela transparente como contenedores de catalizador, lo que permitió una separación total e inmediata del catalizador de la mezcla de reacción, después del</p>	<p>Los contenidos de celulosa, hemicelulosa y lignina de la pulpa de café se analizaron cada 5 días durante 30 días. El pretratamiento fotocatalítico, se realizó siguiendo el método propuesto por Van Soest et al. Los valores del pH, sólidos totales (TS), y los sólidos volátiles (VS) en los reactores se determinaron antes (valores iniciales) y después 30 días de codigestión (valores finales), según el Método estándar mexicano. El análisis de la composición del biogás fue realizado utilizando el software de análisis cuantitativo QAssoft. Todas las medidas fueron realizadas por triplicado a</p>	<p>Los autores presentan metodología clara, el uso de métodos estadísticos y software para la recopilación de datos y análisis.</p>	<p>Después de 1 mes de codigestión: Los gases de combustión como el metano, propano, etc. son generados a partir de la mezcla de pulpa de café y estiércol de ganado a través de la codigestión. Las cantidades de combustión generadas son considerablemente más altas para el digestor que contiene pulpa de café pre tratada foto catalíticamente (digestor A) que las cantidades generadas a partir del digestor B, donde se utilizó pulpa de café sin tratar.</p> <p>Un tratamiento previo fotocatalítico de la pulpa de café residual con un 10% de fotocatalizador de Cu / TiO2 bajo radiación solar y aire como agente oxidante puede mejorar la solubilidad y biodegradabilidad de sus compuestos lignocelulósicos (Corro et al., 2014)</p>	4

			al., 2014)	proceso de pretratamiento fotocatalítico (Corro et al., 2014)	temperatura ambiente (Corro et al., 2014)			
20	Correlación entre rendimiento de biogás y composición química de los cultivos energéticos	Bioresource Technology 174 (2014) 316–320	El alcance de este estudio fue determinar la relevancia de la estructura química de los cultivos energéticos en el rendimiento de biogás y metano (Dandikas et al., 2018)	Se seleccionaron un total de 41 muestras de 11 cultivos diferentes. Todas las muestras se secaron suavemente a 40°C para evitar el proceso de ensilaje). Se usó como inóculo para todos los experimentos la descarga de una planta de biogás. El digestor fue alimentado con 80% de estiércol de ganado y 20% de una mezcla de alimentación de ganado lechero (principalmente maíz y ensilaje de pasto) a una tasa de carga orgánica de 3.0 kgVS / (m3 * d) y un tiempo de retención hidráulica de 19 días a 38 ±	El ensayo por lotes se realizó a 39 ± 0,5 ° C. El volumen de biogás se midió mediante contador miligas (Ritter Apparatebau GmbH, Bochum, Alemania). El biogás producido de las tres réplicas de una muestra se almacenó en una bolsa de gas. El análisis de gas se realizó automáticamente para alícuotas de 1.5 L de gas producido. Se empleó estadística descriptiva, utilizando regresiones lineales simples y múltiples para desarrollar modelos para predecir el potencial YB. Además, para reducir el efecto interrelacionado de las variables. Se evaluaron y compararon los modelos, los parámetros de coeficiente de determinación (R2), error cuadrático medio (RMSE), RMSE normalizado (NRMSE), y el coeficiente de variación de la RMSE	Los autores presentan metodología clara y el uso de métodos estadísticos para la selección de estudios y software para la recopilación de datos.	El análisis de forrajes de diferentes cultivos energéticos, reveló que el rendimiento de biogás está correlacionado negativamente con la cantidad de Lignina Detergente Acido (ADL). Estadísticamente, se demostró que, aparte de la ADL, solo la Hemicelulosa (HC) parece ser relevante para la diferencia en el rendimiento del biogás. La alta diferenciación de los rendimientos de biogás obtenidos son probablemente debido a las diferencias en las características químicas que conforman los sustratos (Dandikas et al., 2018)	3

					(CVRMSE). El software usado fue SAS 9.3 (Dandikas et al., 2018)			
21	Aplicación del modelo Adm1 en la digestión anaerobia de aguas residuales y desechos sólidos	https://dialnet.unirioja.es/descriptiva/articulo/3944100.pdf	El presente artículo muestra la aplicación del modelo matemático Anaerobic Digestion Model 1 (ADM1) desarrollado por International Water Association (IWA) en la modelización de la digestión anaerobia de diferentes sustratos, como son: aguas residuales vinícolas en un reactor de lecho fijo y residuos sólidos (papa, café, arroz y pasta) en reactores tipo batch (Hernández & Delgadillo, 2011).	Para este trabajo se utilizó una planta piloto que trata aguas residuales vinícolas. El ajuste del modelo ADM1 para aguas residuales vinícolas y residuos sólidos, fue realizado en el Laboratorio de Biotecnología Ambiental (LBE-INRA) en Narbonne. Francia. Para la DA de residuos sólidos, fue empleado un reactor batch de 3.5 L de capacidad, tratando residuos de papa, café, arroz y pasta, durante 30 días aproximadamente. La producción de gas fue corregida según la producción endógena del inóculo utilizado, puesto a digerir en reactores, trabajando en paralelo con los desechos seleccionados (Hernández & Delgadillo, 2011).	Para las simulaciones y el ajuste del modelo se utilizó el software Matlab/ Simulink®. Para la medición de ácidos grasos volátiles se utilizó un Tritimetric sensor, desarrollado en el laboratorio de INRA-LBE, empleando espectrometría infrarroja y transformada de Fourier para el cálculo de la concentración (Hernández & Delgadillo, 2011).	Los autores presentan con claridad los métodos y software utilizados, disminuyendo el riesgo de sesgo	La DA, clásicamente, se ha presentado como un proceso complejo y aun difícil de manejar, por su dinámica lenta, las limitaciones en la manipulación de variables a la entrada y el poco conocimiento que se tiene del proceso, pero con la aplicación de técnicas de simulación y modelización, utilizadas en el presente trabajo, se pudo demostrar que es posible comprender mucho mejor este proceso y, de esta forma, pensar en un aprovechamiento del mismo. El manejo de diferentes sustratos muestra la gran versatilidad del modelo ADM1 para la representación de la digestión anaerobia, el cual puede ser usado en el entendimiento, optimización y control del proceso (Hernández & Delgadillo, 2011).	3

22	Investigación sobre fermentaciones metánicas de desechos estacionales	http://oa.upm.es/39412/1/VICTORIA_ALEJANDRA_CORTES_MATAMOROS.pdf	El origen de la presente investigación, es dar solución adecuada tanto al aprovechamiento de biogás como a la reducción de la contaminación por desechos orgánicos como pulpa de café, bagazo de caña, cerdaza (Matamoros, 2016).	<p>Se accedió en forma adicional a diversas bases de datos disponibles para la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Información complementaria se obtuvo en los portales de investigación y directorios de acceso libre a publicaciones científicas como los sitios Research gate y el Directory of open access journals.</p> <p>Entre los sitios electrónicos consultados se accedió principalmente a las publicaciones de Science Publications, Science Direct y ELSEVIER, ya que estas recopilan una importante variedad de artículos dentro de las revistas Biomass & Bioenergy, American Journal of Environmental Sciences, Resources Conservation & Recycling, Bioresource Technology, y Renewable Energy entre otras.</p> <p>Se utilizó el programa EndNote como herramienta de búsqueda obteniendo la información directamente de bases de datos como PubMed y Google Académico (Matamoros, 2016).</p>	Monografía	La autora presenta la metodología aplicada en el estudio, a partir de la consulta bibliográfica.	<p>El suministro de la carga orgánica es la medida de control principal para evitar condiciones de fallo en la fase metanogénica. La adición de alcalinizantes no fue requerida en ninguna de las etapas de operación del proceso de digestión anaerobia.</p> <p>Los valores de carga óptima seleccionados se encuentran directamente relacionados con la calidad del inóculo. Cuando el suministro de alcalinidad inicial por parte del inóculo es limitado, el sistema tendrá una menor capacidad para asimilar el incremento en cargas orgánicas (Matamoros, 2016).</p>	4
----	---	---	---	---	------------	--	--	---

23	Estudio de la digestión anaerobia en dos fases para el tratamiento de las aguas residuales de despulpe del beneficiado húmedo del café	oai:oa.upm.es:14684	<p>En este trabajo se evaluó el funcionamiento de la digestión anaerobia para el tratamiento de las aguas residuales de despulpe. Para ello, se utilizaron dos sistemas anaerobios, uno en una etapa (UASB), y otro con separación de fases (2 PUASB, (Guardia, 2012).</p>	<p>Los sistemas anaerobios consistieron en tres reactores UASB, donde uno de ellos conformo el sistema en una etapa (UASB), y los otros dos completaron el sistema en dos fases (2 PUASB). Los reactores se mantuvieron en temperatura mesofílica, constante, controlada (37 1°C). El sistema UASB consistió en un reactor cilíndrico de cristal de 0.40 m de altura y 0.09 m de diámetro con un volumen nominal de 2.5 l. El sistema en 2 fases consistió en 2 reactores UASB.</p> <p>El inóculo utilizado fue lodo granular procedente de un reactor a escala industrial que trataba aguas residuales.</p> <p>El reactor del sistema UASB fue inoculado con 0.4 l de lodo granular, mientras que los reactores 2 PUASB fueron inoculados con 0.64 y 0.4 l del mismo lodo. Se procedió a la etapa de arranque, incrementando semanalmente la concentración orgánica del flujo de entrada a los reactores hasta llegar a las condiciones de evaluación deseadas (Guardia, 2012).</p>	<p>Se realizó mediante análisis de varianza (ANOVA). Para este caso se analizó la variabilidad entre los bloques (configuraciones de reactores anaerobios) y la variabilidad entre los tratamientos (ORL). Los resultados de los análisis y gráficos fueron obtenidos a partir del software STATISTICA (Trial versión 8.0, statsoft inc., USA) (Guardia, 2012).</p>	<p>El autor presenta una metodología clara de los pasos realizados para cada proceso. El análisis de datos se realizó mediante la aplicación de modelos estadísticos y software.</p>	<p>El sistema 2 PUASB fue significativamente superior al sistema UASB en una etapa, en cuanto a eficiencia de eliminación de la carga orgánica contaminante (6.3 y 3.3%) para la eliminación de la COD total y soluble, respectivamente. Y 10.9% menor concentración de VFA en el efluente final manteniendo similares concentraciones de metano en el biogás.</p> <p>Las aguas residuales del proceso de despulpe del café se caracterizan por tener valores de pH ácidos, contaminación orgánica en forma disuelta y superior a 2000 mg L-1, además, presentan excelentes condiciones de biodegradabilidad, por lo que un proceso de digestión anaerobia es un adecuado método para reducir la contaminación de estos residuos (Guardia, 2012).</p>	4
24	Evaluación del potencial de energía de residuos de cultivos y desechos animales	10.14807/ijmp.v7i4.473	<p>En este documento se estimó la cantidad de energía obtenida a partir de desechos de cultivos y heces animales en Tanzania (Lyakurwa, 2016).</p>	<p>La evaluación del potencial energético de los residuos de cultivos y desechos animales se basó en los datos estadísticos obtenidos en la FAO. Los residuos de cultivos se pueden clasificar como residuos de campo o de proceso.</p> <p>Este estudio ha considerado que la cáscara de maíz y las cáscaras de</p>	<p>Se simuló una distribución de probabilidad de RPR de los datos recopilados para diferentes cultivos y se definió como una variable independiente del modelo. Se muestra la distribución</p>	<p>El autor presenta una metodología clara, de los estudios aplicados para el desarrollo de la investigación.</p>	<p>El estudio reveló una diferencia significativa en la cantidad de residuos de cultivos que pueden generarse a partir de los diez cultivos estudiados en Tanzania desde 1961-2012. Se ha establecido que la caña de azúcar tiene la mayor cantidad de residuos de cultivos (229, 817,469.37 kg / año) seguida de</p>	3

	en Tanzania			arroz son residuos del proceso y otros se consideraron residuos de campo. La cantidad de animales y la producción de cultivos se tomaron como promedios durante un período de cincuenta y un (51) años, 1961-2012. La evaluación cubre la producción animal y de cultivos de todas las regiones de Tanzania como se documenta en faostat para 2015 (Lyakurwa, 2016).	de probabilidad ajustada de RPR para cada cultivo y los parámetros de modelado (Lyakurwa, 2016).		la yuca que puede generar aproximadamente 59,408,129 kg / año de residuos de cultivos, mientras que los frijoles secos tienen la menor cantidad de hojas de producción generadas, es decir, 9,343,326.58 kg / año. Teniendo en cuenta la fuerte correlación existente entre la cantidad de residuos de cultivos que se pueden recolectar en comparación con la cantidad de energía renovable que se generará, se debe hacer un gran esfuerzo para explotar las energías renovables de la caña de azúcar y, posteriormente, la yuca, que se cultiva ampliamente en muchas regiones de Tanzania. Se ha documentado que varios proyectos se han iniciado para producir energía limpia y segura a partir de sisal durante varios años en Tanzania sin éxito, los hallazgos de este estudio desafían a los responsables de la política energética y los planificadores sobre producir energía limpia y segura a partir de la caña de azúcar (Lyakurwa, 2016).	
25	Posibilidad es técnicas de la producción de bioetanol a partir de pulpa de café: una	10.1007/s1009 8-015-1015-9	Este estudio estuvo destinado a caracterizar los componentes químicos de la pulpa, relevante para la producción de bioetanol y comparar los	Se recogieron 50 g de pulpa de café fresca, la cual fue envuelta en bolsas dobles de plástico para congelar. La muestra, con la excepción De 24 h de viaje, se mantuvo congelado a temperatura de 18°C hasta su análisis en abril de 2014. Con el fin de retirar la humedad, la muestra de pulpa se	Se implementó el modelo de proceso en el Aspen Plus v8.4 Simulador de procesos, una herramienta de modelado que realiza rigurosos Cálculos de balance de materiales	El artículo presenta metodología clara para el estudio realizado, y, el uso de distintos estudios y	Los resultados mostraron los contenidos de azúcar, expresado en porcentajes de masa seca, como sigue: 5.8, 5.2, 20.2, 4.2 y 4.7% para arabinosa, galactosa, glucosa, xilosa y manosa, respectivamente. Arabinosa, galactosa, y la glucosa fueron los únicos azúcares simples extraídos	3

	materia prima renovable		resultados con otras materias primas de bioetanol (Gurram et al., 2016).	<p>dejó reposar en una toalla de papel durante varios minutos. La pulpa fue descongelada y se eliminó el exceso de humedad acumulado en el congelador. Antes de medir el contenido de humedad por triplicado con un analizador de humedad infrarrojo (Mettler-Toledo HR73, Columbus, OH) utilizando submuestras de 2 g. El restante La pulpa de café se secó a 105°C durante 24 h y se homogeneizó con un molino Wiley ajustado con un tamiz n. ° 40 (425 μm).</p> <p>La determinación total de carbohidratos de la pulpa de café se realizó en dos pasos separados como se describe a continuación el primer paso es la extracción de azúcares solubles en agua. El segundo paso es la hidrólisis ácida de los residuos sólidos para liberación de azúcar (Gurram et al., 2016).</p>	y energía. La base de datos de propiedades físicas para material de biomasa, desarrollado específicamente por el Laboratorio de Energías Renovables (NREL) (Wooley y Putsche 1996), se utilizó para este estudio. El sistema de termodinámica se describe mediante el uso de los dos líquidos no aleatorios (NRTL), excepto por la solubilidad de CO ₂ modelada en términos de la ley de Henry (Gurram et al., 2016).	software para la selección de estudios.	<p>en agua, en 1,0, 1,4 y 2,6% de masa seca, respectivamente.</p> <p>AspenPlus basó la simulación en el procesamiento de 10,000 ton / día de pulpa de café. Los resultados demostraron un Rendimiento de 2100 y 1050 ton / día, para azúcar y etanol respectivamente. Esto significaría anualmente ganancias de \$ 0.13 millones</p>	
--	-------------------------	--	--	--	---	---	--	--

26	Utilización de residuos que contienen inulina en fermentaciones industriales para producir biocombustibles y productos químicos de base biológica.	10.1007/s11274-017-2241-6	En este artículo se realizó la revisión de varios microorganismos productores de inulina e inulina como materias primas con potencial para aplicaciones industriales, así como los esfuerzos biotecnológicos para desarrollar prácticas sostenibles para la eliminación de residuos del procesamiento de cultivos (Hughes et al., 2017).	Revisión bibliográfica	No presenta información ya que es una revisión bibliográfica.	Los autores no presentan una metodología clara para la recopilación y selección de artículos que permitan dar confiabilidad al artículo. Además, no se tiene información acerca del método estadístico o software utilizado para la recopilación de datos que fundamenta las conclusiones a las cuales llegó el autor.	La temperatura óptima para el inulinasa de <i>K. marxianus</i> var. <i>bulgaricus</i> fue de 55 ° C en inulina, y la enzima se mantuvo estable a 40 ° C durante 3,5 h y tenía una vida media de 40 min a 50 ° C. Entre las cepas ensayadas, la más efectiva para la fermentación directa de etanol de tubérculos de alcachofa Jerusalén sin inulina hidrólisis bajo bioprocesamiento consolidado a 37–40 ° C A 37 ° C, concentración máxima de etanol y volumétrica La productividad del etanol se logró cuando la fermentación se llevó a cabo durante 36 horas a pH 5.5–6.0. (Hughes et al., 2017).	3
27	Posibilidad y sostenibilidad de las soluciones de "biomasa para energía" en el caso de una empresa de energía a base de carbón.	10.1007/s10098-016-1193-0	Este trabajo investiga las posibilidades y la sostenibilidad de las soluciones de "biomasa para energía" en un entorno real.	El análisis incluye siete existentes unidades de potencia de EPBiH. El ejemplo de caso es JP Elektroprivreda BiH d.d.-Sarajevo (EPBiH), un típico sistema convencional a base de carbón Empresa de energía eléctrica que opera en la región del sudeste de Europa. Se consideraron 4 opciones de cocción de biomasa: Opción 1: solo carbón (U100): negocio como escenario habitual, Opción 2: cocción conjunta de carbón con 5% en peso de biomasa leñosa (U95B5),	El análisis de sostenibilidad se llevó a cabo por el procedimiento estándar de MSA descrito y aplicado por (Kazagic et al., 2016)	El autor presenta una metodología clara de los pasos realizados para cada proceso y el análisis de datos para la aplicación de modelos estadísticos y software.	En la última década, se lograron avances significativos en el aprovechamiento de la biomasa en centrales eléctricas de carbón. El modelo presentado en el documento puede ser aplicado a cualquier utilidad de energía siempre que el conjunto de entrada de los datos están disponibles y son confiables (Kazagic et al., 2016).	3

				Opción 3: carbón de combustión conjunta con 7% en peso de biomasa leñosa (U93B7) y Opción 4: cocción conjunta de carbón con 10% en peso de biomasa leñosa (U90B10) (Kazagic, et al., 2016)				
28	Una revisión exhaustiva sobre la utilización de aguas residuales el procesamiento de café.	10.1007/s11356-015-4079-5	En esta revisión, se discuten varios métodos para tratar las aguas residuales provenientes del procesamiento del café (Rattan, et al., 2015).	Revisión bibliográfica	No presenta información ya que es una revisión bibliográfica.	Los autores no presentan una metodología clara para la recopilación y selección de artículos que permitan dar confiabilidad al artículo. Además, no se tiene información acerca del método estadístico o software utilizado para la recopilación de datos que fundamente las conclusiones a las cuales llegó el autor.	Electro Fenton y otros, como los métodos anaeróbicos, son usados para la degradación de las materias orgánicas. Se encontró que la eliminación de las sustancias orgánicas activas en el agua de procesamiento de aguas residuales mediante coagulación química, floculación y procesos de oxidación avanzada (AOP) en condiciones ácidas era un tratamiento eficaz. Entre los esquemas avanzados del proceso de oxidación, el proceso UV / H2O2 / O3 fue el más efectivo para reducir la DQO, el color y la turbidez de las aguas residuales del café. La reducción de la DQO fue del 84%. Finalmente, el tratamiento combinado con el tratamiento biológico y químico es el más efectivo para los residuos de café descargados (Rattan et al., 2015).	3
29	Potencial de biogás de residuos orgánicos en Nigeria	10.4090/juee.2013.v7n1.11016	Este trabajo aclara los potenciales beneficios de los residuos orgánicos generados en Nigeria como fuente renovable de biocombustibles y biofertilizante	Los residuos orgánicos seleccionados estudiados en esta obra son residuos ganaderos (excrementos de ganado vacuno, excrementos de ovino y caprino, excrementos de cerdo, excrementos de aves de corral y residuos de matadero), excrementos humanos, residuos de cultivos y residuos sólidos	Usando el cálculo basado en mediciones estándar se determinaron las toneladas de residuos orgánicos que produce Nigeria (Ngumah et al., 2013).	Los autores presentan una metodología clara y la selección de estudios basados en mediciones	Nigeria tiene muchos potenciales para el desarrollo de un proyecto viable y sostenible de biogás (digestión anaerobia). El proyecto no solo solucionará los problemas de gestión de residuos sólidos que ha desafiado sucesivos gobiernos, sino que también tendrá un impacto positivo en	4

			(Ngumah, et al., 2013).	municipales (RSU) se utilizaron para estimar la Cantidad de biogás derivado de cada residuo biológico: 33 m3Ton-1 para excretas de ganado, 58 m3 ton-1 para ovejas y cabras excreta, 60 m3 ton-1 para cerdos excreta, 78 m3 ton-1 para excretas de aves de corral, 53 m3 ton-1 para residuos de matadero, 50 m3 ton-1 para excretas humanas, 60 m3 ton-1 para residuos de cultivos (residuos), y 66 m3 ton-1 para la fracción de residuos sólidos (MSM). Para estimar el potencial bioquímico de metano (BMP) de biogás de diversos residuos biológicos se utilizaron: 56% para excrementos de ganado, 70% para excretas de ovino y caprino, 60% para excretas de cerdo, 66% para excretas de aves de corral, 60% para residuos de matadero, 65% para excretas humanas, 60% para residuos de cultivos y 66% para fracción orgánica de los RSU (Ngumah et al., 2013)		estándar.	otros sectores como: energía, agricultura, economía, salud pública y medio ambiente. Nigeria será Capaz de generar alrededor de 88.19 millones de toneladas de Biofertilizante seco a partir de tecnología de biogás por año. Esto es aproximadamente 13 veces el tonelaje de fertilizante sintético consumido en Nigeria entre 2001 y 2010, para lo cual el Gobierno Federal de Nigeria gastó N 64.5 mil millones (\$ 410 828 025.48) en subsidio a los fertilizantes (Ngumah et al., 2013).	
30	Producción de biogás de café gastado	http://dx.doi.org/10.11118/actaun201664041279	Debido a la estricta legislación actualmente en uso para vertederos, la digestión anaeróbica tiene un gran potencial como tratamiento alternativo para los residuos biodegradables. La composición química de SCG, la presencia de	Se utilizó una mezcla de dos muestras de SCG recolectadas en una cafetería. Las muestras de SCG se congelaron hasta que se requirieron. El contenido de materia seca (DM) se midió mediante secado en horno a 105 ° C ± 5 ° C seguido de enfriamiento en un desecador y pesando hasta usar un analizador de gas Dräger X-am® 7000. La producción de biogás se convirtió a condiciones estándar. (T0 = 273 K, p0 = 101 325 Pa). El volumen de biogás y metano producido por una	Los análisis químicos para la materia seca, materia orgánica seca, cenizas, fibras totales, proteína cruda, grasa cruda, almidón crudo, carbono orgánico total, nitrógeno y relación C / N se determinaron en Mezcla de café molido. Al estudiar la producción de biogás en los posos de café,	Los autores presentan una metodología clara y la selección de estudios basados en mediciones estándar.	Encontrar una alternativa de procesar estos desechos es de gran importancia, ya que contribuiría con una reducción de su impacto en el ambiente por la disminución de la toxicidad. La digestión anaeróbica es una opción para procesar tal desperdicio. Teniendo en cuenta el alto contenido de compuestos valiosos, debe tenerse en cuenta otra utilización, por ejemplo, los	3

			<p>polisacáridos, proteínas y minerales se obtiene a partir de los sustratos de SCG con alto valor biotecnológico, que se pueden utilizar como material de entrada valioso en el proceso de fermentación (Vítez, et al., 2016)</p>	<p>muestra se convirtió en rendimiento de biogás (BY) y rendimiento de metano (MY), expresándolos como m³ por kg de materia orgánica seca (ODM) del sustrato agregado (Vítez et al., 2016).</p>	<p>los rendimientos de biogás variaron de 0.500 a 0.598 m³ / kg de materia orgánica seca con concentración de metano en biogás de 55 a 61%. Se ha reportado una generación de gas de 0,54 m³ / kg (Lane, 1983). El rendimiento de metano osciló entre 0.271 y 0.325 m³ / kg de materia orgánica seca. (Neves et al., 2006) informaron que el rendimiento de metano varió de 0.25 a 0.28 m³ / kg. La producción de biogás disminuyó constantemente durante el período de prueba. Incluso que los posos de café usados contienen materiales como cafeína, taninos y polifenoles que pueden ser tóxicos para el ambiente del fermentador, no se observó inhibición durante las pruebas (Vítez et al., 2016).</p>		<p>procesos de extracción con fluidos supercríticos para obtener la fracción lipídica o la producción de etanol. También los métodos económicos para el secado de SCG serían muy interesantes debido a su alto contenido de humedad, lo que aumenta el costo de transporte. La incineración en seco SCG es también una posibilidad (Vítez et al., 2016).</p>	
--	--	--	--	--	---	--	--	--

32	Optimización de la producción de biogás a partir de residuos de la producción de café.	http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2015.11.020	Investigar los efectos de los pretratamientos químicos en la obtención de metano a partir de residuos de café. Después de la preparación de una mezcla de residuos de café con una concentración de TS del 10% W / W, se realizaron pretratamientos básicos y ácidos en modo discontinuo y se compararon sus performances con el biogás producido a partir de una mezcla sin ninguna etapa de pre tratamiento (Battista et al., 2016)	La prueba de lote: Incluyo la prueba de no tratamiento previo, realizada en una mezcla de CSS, SR y RCP descompuesta en agua para determinar el BMP de los desechos de café, y dos tratamientos previos de química: el tratamiento previo básico (BP) y el tratamiento previo con ácido. El equipamiento: Los lotes se han realizado en un reactor SGI que tiene un volumen de trabajo de 2 terrenos equipados con controles de pH, HR y temperatura. La válvula de salida para el biogás producido se encuentra en la parte superior donde se encuentra un condensador para eliminar el agua del flujo de biogás. La mezcla está garantizada por un impulsor Rushton, que puede trabajar a diferentes velocidades. El caudal de biogás se mide mediante el método de reposición de agua. La línea de agua y gas está compuesta por un gasholder, que inicialmente se llena con agua a pH 2 para evitar la disolución del CO2 en el agua: cuando la producción de biogás comienza a funcionar, el gas se desplaza desde el reactor al gasholder, donde reemplaza el agua en el agua. Recipiente de plástico. Los Gasholder, se sustituyen cuando el agua en el interior es casi terminada. La prueba por lotes se realizó por triplicado, en condiciones mesofílicas (T = 35 ° C) bajo una agitación suave de 100 rpm. Sustratos, características del inóculo y preparación del ensayo: Se han considerado tres tipos de residuos derivados de la producción de café	La producción acumulada de gas durante las pruebas de fermentación se midió por medio del método de reemplazo de agua. La composición del gas producido en cada prueba (H2, O2, CH4, CO2, CO y N2) se determinó como el valor medio del gas en cada Gasholder mediante un dispositivo de análisis cromatográfico de gases fuera de línea (Varian, CP 4900) equipado con dos columnas: una columna Poraplot U para la determinación de CO2 (temperatura de inyección de 85 ° C, 200 kPa y argón como portador) y un tipo de Tamiz Molecular para determinación de H2, CH4, CO, O2 y N2 (temperatura de inyección de 95 ° C, 200 kPa y helio como portador). En cuanto a las otras mediciones de parámetros, se utilizaron los siguientes métodos: se repitieron tres veces para establecer una significación estadística y poder	Los autores presentan una metodología clara y la selección de estudios basados en mediciones estándar.	La digestión anaerobia se ha utilizado para valorizar los rechazos del café. se realizó una primera prueba para determinar la BMP y un material celulósico de bajo biogás. Un tratamiento previo básico favoreció la hidrólisis de lignina y celulosa y, como consecuencia, su conversión en biogás. Se obtuvo una notable cantidad de gas, con elevado porcentaje de metano (18NL / L, 80% V / V respectivamente). el tratamiento previo básico se amplió utilizando un reactor de 45 l, funcionando en modo continuo durante 120 días. se obtuvo un promedio de biogás diario de 1,14 NL / L (65% V / V de metano), lo que permitió alcanzar un rendimiento sólido del proceso (= 38%) (Battista et al., 2016)	4
----	--	---	---	--	---	--	--	---

			<p>para la prueba AD: piel de semilla de café (CSS), residuos de semillas (SR), obtenidos después de la clasificación y antes de las operaciones de producción y residuos de productos de café (RCP), que está constituido por material considerado inadecuado para el comercio; Los tres materiales de desecho se dispersaron en agua del grifo.</p> <p>El medio de reacción de la prueba de NP, BP y AP se preparó para tener una concentración de TS de aproximadamente 10% W / W y de acuerdo con la disponibilidad de los tres tipos de desechos derivados de las líneas de producción de café. La relación entre el CPR, el CSS y el SR fue de aproximadamente 1: 3: 1, por lo tanto, el medio de reacción incluyó 22.5 g de CPR y 67.5 g de CSS. Los cuales fueron triturados y dispersados en 1012 g de agua del grifo. La prueba de BP también incluyó la adición de NaOH (2M) hasta que se alcanzó un pH de 12. Este pH fue compuestos lignocelulósicos. La prueba de AP incluyó la adición de H2SO4 (2M) hasta que se alcanzó un pH de 3, y este pH se mantuvo durante 24 h. Antes del comienzo de cada prueba. El inóculo se añadió al reactor a una concentración de 10% V / V del medio de reacción total para garantizar la presencia de los microorganismos metano génicos. Finalmente, el pH se llevó a 7 y el nitrógeno se lavó durante 5 minutos para crear un ambiente anaeróbico dentro del reactor. Todas las</p>	<p>evaluar una incertidumbre apropiada de los resultados experimentales (Battista et al., 2016)</p>			
--	--	--	---	---	--	--	--

				pruebas se realizaron por triplicado (Battista et al., 2016)				
33	Potencial de biogás de los residuos del procesamiento de café en Etiopía	https://www.mdpi.com/2071-1050/10/8/2678/pdf	En este estudio, la caracterización, así como el potencial de cáscara, pulpa, pergamino y mucílago para la producción de metano se examinaron en ensayos bioquímicos de potencial de metano realizados a 37 ° C (Chala, et al., 2018)	La cáscara del café, la pulpa, el pergamino y el mucílago se recolectaron en la finca de café de Gomma-2 (7o55j16.32 "N, 36o37j06.62" E) a unos 400 km al sudoeste de Addis Abeba, Etiopía. La pulpa se recolectó justo después de la extracción de la pulpa de las cerezas, en días consecutivos de procesamiento de un mes. Luego, la pulpa se extendió sobre una lámina de plástico durante 3 a 4 días de secado al sol. La pulpa se barajaba a intervalos regulares, para secarse uniformemente. El mucílago se extrajo de un segundo pozo de fermentación, se vertió sobre una lámina de plástico y se dejó secar al sol durante 5 a 6 días. El pergamino y la cáscara se recolectaron de la misma granja, sin la necesidad de más secado. Todas las muestras se sometieron a una reducción de tamaño para pasar poros de 1 mm, envasados en bolsas de polietileno y enviados a la Universidad de Hohenheim, Alemania. Las muestras se almacenaron en un lugar fresco y seco hasta su uso posterior (Chala et al., 2018).	Los contenidos de humedad, materia volátil y ceniza de las muestras se determinaron de acuerdo con la norma DIN EN 14774-3: 2010-02, la norma DIN EN 15148: 2010-03 y la norma DIN EN 14775: 2010-04, respectivamente. La fibra de detergente neutro (NDF), la fibra de detergente ácido (ADF), la lignina detergente ácida (ADL) y los contenidos de fibra cruda se determinaron mediante el Método oficial 973.18 de AOAC (FibreBag Analysis System, Gerhardt, Königswinter, Alemania). Los contenidos de azúcar (sacarosa, glucosa y fructosa) y ácido (ácido láctico, ácido fórmico, ácido acético y ácido pro iónico) de las muestras se determinaron con HPLC (Bischoff, Leonberg, Alemania)	Los autores presentan una metodología clara y la selección de estudios basados en mediciones establecidas por la normatividad vigente.	El sector de procesamiento de café de Etiopía genera una gran cantidad de subproductos, tanto en forma líquida (mucílago) como sólida (pulpa, pergamino y cáscara). La actual escasez de electricidad, junto con los problemas ambientales asociados con la eliminación de los desechos de café, hace de la tecnología de conversión anaeróbica una intervención benigna. Los subproductos del café son ricos en contenido lignocelulósicos con diferentes proporciones de contenido celular y contenido de pared celular (celulosa, hemicelulosa y lignina). Los subproductos exhibieron un potencial prometededor de biometano (BMP) comparable a los residuos agroindustriales comunes y algunos cultivos energéticos. El rendimiento específico de metano fue mayor en el mucílago seguido de pulpa y cáscara. El BMP del pergamino era muy bajo, lo que implica que no es adecuado para la conversión anaeróbica. Se estimó que la fermentación anaeróbica de los subproductos del procesamiento del café generados por el sector del café etíope tiene un potencial significativo para generar metano de hasta 68 × 106 m3 por año,	3

					equipado con un detector de RI. Las muestras se separaron en una columna de ácido a 35 °C. La composición elemental de las muestras fue analizada por el Instituto Estatal de Química Agrícola de la Universidad de Hohenheim y por el laboratorio de Schaumann Bioenergy GmbH (Chala et al., 2018).		que puede producir 238,000 MWh el de electricidad y 272,586 MWh de energía térmica (Chala et al., 2018).	
35	Revisión de los logros de investigación del biogás a partir de la digestión anaeróbica .	http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.02.032	Revisión exhaustiva de los logros de la investigación sobre desarrollos de digestión anaeróbica para la producción de biogás. La revisión incluye una discusión de los factores que afectan la eficiencia (temperatura, pH, relación C / N, OLR y tiempo de retención), acelerantes (biomasa de verdor, cultivo biológico puro y aditivos inorgánicos), reactores (reactores anaeróbicos convencionales, reactores de	Revisión bibliográfica	No presenta información	Los autores no presentan una metodología clara para la recopilación y selección de artículos que permitan dar confiabilidad al artículo. Además, no se tiene información acerca del método estadístico o software utilizado para la recopilación de datos, aumentando el sesgo.	Los autores recomiendan que se enfatice la practicidad de los estudios teóricos y tecnológicos basados en experimentos a escala de laboratorio. Esto se debe a que existe, en gran medida, una correlación entre el proceso de la agricultura y la intensificación del desarrollo del biogás, lo que ha provocado cambios en la escala de las plantas domésticas a las de biogás a media y gran escala. En consecuencia, se recomienda una mejor estabilidad y operabilidad para el progreso de AD (Mao et al., 2015).	3

			retención de lodo y membrana anaeróbica) (Mao et al., 2015).					
36	Digestión anaerobia de los granos de café fracción soluble a escala de laboratorio : evaluación del potencial del biometano .	http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.06.042	En este trabajo, el análisis del potencial de rendimiento de biogás de la recuperación de SCG se presenta mediante un reactor anaeróbico discontinuo a escala de laboratorio, alimentado con la fracción líquida obtenida por filtración de café agotado (Cordiner et al., 2017)	Se ha realizado un sistema de reactores de vidrio hermético para garantizar las condiciones de digestión anaeróbica: cada reactor, cerrado con una tapa de goma, tiene un volumen de 2000 ml. Los reactores han sido equipados con un sistema de control de temperatura externo necesario para garantizar la estabilidad térmica del sistema. Tanto el pH como la presión han sido monitoreados continuamente. Para la medición de la presión, se ha utilizado un medidor analógico que opera en el rango de 0–1.6 bar. El gas producido se recolectó y analizó en una unidad de cromatografía de gases DANI GC-1000, equipada con una columna ShinCarbon y un sensor TCD para medir la composición y el rendimiento. Se ha utilizado un sistema de columna de agua para controlar el volumen de gas producido durante cada ejecución. Con un agitador magnético de velocidad controlada, la mezcla se ha mantenido bajo condiciones de mezcla dos veces al día durante 1 minuto. Para recolectar la mezcla de gas para el análisis, el sistema de medición de volumen de gas se ha integrado con bolsas de gas de aluminio de múltiples capas. Muestra un esquema de todo el proceso de digestión y su reacción reduce el	Los datos experimentales, como la evolución del pH, la composición y los valores caloríficos del biogás, se presentan y comentan en primer lugar. En segundo lugar, se proporciona un análisis de regresión sobre la composición del gas producido por medio de la ecuación de Gompertz modificada, para resaltar algún efecto específico e identificar la contribución de SCW para fines de digestión anaeróbica (Cordiner et al., 2017).	Los autores presentan una metodología clara y la selección de estudios basados en mediciones estándar.	La obtención de gas de la fracción líquida del café molido mezclado con heces de vaca fresco ha demostrado ser factible con una alta concentración de metano. Este hecho, de acuerdo con los resultados experimentales, establece que la fracción líquida de SCG se puede utilizar en reactores convencionales, lo que aumenta su rendimiento. Como últimas consideraciones, la reducción en la fase de retardo puede ser interesante para la reducción del volumen de aplicaciones a escala real. Al reducir esos valores y el consiguiente tiempo de retención, las pérdidas térmicas también pueden reducirse. En conclusión, se puede observar que la recuperación de energía del uso de estos residuos puede contribuir, a escala mundial, hasta 260 kTOE que corresponden a 500 kton de CO2 (Cordiner et al., 2017).	3

				<p>análisis del gas producido (Cordiner et al., 2017)</p> <p>Los SCG han sido recogidos en un típico bar italiano. Se ha utilizado una cantidad de 100 g (62% en base Moisturewet) para cada reactor, mezclándose primero con 1.5 L de agua. La mezcla se ha dejado reposar durante dos horas a temperatura ambiente. Luego se usó un tamiz de malla 100 para separar la fracción sólida por filtración, solo se consideró la fracción líquida SCW para el análisis (Luz et al., 2017).</p> <p>Los SCG han sido recogidos en un típico bar italiano. Se ha utilizado una cantidad de 100 g (62% en base Moisturewet) para cada reactor, mezclándose primero con 1.5 L de agua. La mezcla se ha dejado reposar durante dos horas a temperatura ambiente. Luego se usó un tamiz de malla 100 para separar la fracción sólida por filtración, solo se consideró la fracción líquida SCW para el análisis (Cordiner et al., 2017).</p>				
--	--	--	--	--	--	--	--	--

37	Generación de biogás a partir de co-digestión de pulpa de café y estiércol de vaca: estudios infrarrojos de las emisiones de postcombustión	http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2013.07.01	Esta investigación indica que si el biogás se considera un combustible, la tecnología de combustión convencional debe actualizarse para evitar estas emisiones peligrosas a la atmósfera (Corro et al., 2013).	El estiércol de vaca se recogió en una granja lechera. Las muestras se rasparon de los carriles de alimentación y se recogieron en un cubo. Las muestras fueron transportadas inmediatamente a nuestro laboratorio y colocadas en los digestores. La pulpa de café (que comprende la piel y el mesocarpio de la baya del café) se obtuvo directamente de la máquina de producción de pulpa durante el procesamiento de las bayas de café mediante el proceso húmedo de Huitzilan de Serdán, una región volcánica y semi-tropical de Puebla, México, y se transportó. A nuestro laboratorio en sacos de algodón el mismo día. La pulpa de café se secó durante aproximadamente 5 h (de 11:00 a 16:00) bajo una radiación solar de aproximadamente 1000 ± 50 W / m ² durante 5 días. Se calculó una pérdida de peso del 50% (± 1%) después de este secado solar directo (Corro et al., 2013).	Este diseño experimental se realizó mediante tres digestores de prueba. Para optimizar la proporción de pulpa de café / estiércol de vaca en los digestores, realizamos algunas pruebas simples en recipientes pequeños con diferentes proporciones en peso de pulpa de café y estiércol de vaca. (Corro et al., 2013)	Los autores presentan una metodología clara y la selección de estudios basados en mediciones estándar.	La co-digestión de pulpa de café / estiércol de vaca genera biogás con alto contenido de metano al menos durante 8 meses. Se ha demostrado que la pulpa de café mezclada con estiércol de vaca contiene altas cantidades de gases de combustión valiosos, como el metano y el propano. Los resultados de la cromatografía de gases y el análisis FTIR del biogás revelaron la presencia de compuestos como el ácido isociánico y el bromometano, que son peligrosos para los ecosistemas Sin embargo, algunos de estos componentes peligrosos se disocian durante la combustión del biogás. La presencia de CH ₄ , C ₃ H ₈ , CO y SO ₂ en la emisión de biogás indica que la tecnología de combustión posterior a la combustión debe mejorarse para evitar estas emisiones si se va a producir biogás producido por la co-digestión de pulpa de café / estiércol de vaca. Utilizado como combustible (Corro et al., 2013).	4
----	---	---	--	--	--	--	---	---

38	Influencia de la mezcla en la eficiencia de la digestión anaeróbica en digestores de tanque agitado: una revisión	https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.06.065	Se hizo una revisión bibliográfica sobre la influencia de la mezcla en la eficiencia de la digestión anaeróbica (EA) en los digestores anaeróbicos de tanque agitado. Aunque tradicionalmente, los digestores de tanque agitado operaban como reactores de tanque agitado continuo (CSTR), esta revisión reveló que no hay ninguna motivación para continuar operando los digestores anaerobios de tanque agitado como CSTR si se desea mejorar la eficiencia energética de AD (Kariyama et al., 2018).	Revisión bibliográfica	No se presenta información	Los autores no presentan una metodología clara que permita evaluar las fuentes de las cuales se obtuvo la información, lo cual aumenta el sesgo	Tradicionalmente, los digestores anaeróbicos de tanque agitado funcionan como reactor de tanque agitado continuo (CSTR). No hay ninguna motivación para continuar operando los digestores anaeróbicos de tanque agitado como CSTR si se desea lograr una mejora de la eficiencia de AD que incluye una evaluación de la eficiencia de producción de energía neta. La eficiencia AD se puede lograr con una mezcla intermitente optimizada (Kariyama et al., 2018).	3
----	---	---	---	------------------------	----------------------------	---	--	---

40	Valorización de los residuos de la agroindustria del café: perspectivas y limitaciones	10.2174/1876400201710010013	En este estudio, se revisan críticamente las posibles alternativas para la reutilización y valorización del procesamiento y plantación del café, teniendo en cuenta las experiencias con otros residuos y aguas residuales agroindustriales, en el marco de un desarrollo agroindustrial sostenible (Echeverría & Nuti, 2017).	Revisión bibliográfica	No presenta información	Los autores no presentan una metodología clara que permita evaluar las fuentes de las cuales se obtuvo la información, lo cual aumenta el sesgo	La producción y el procesamiento de café generan residuos líquidos y sólidos, en segundo lugar por cantidad solo a la industria petrolera comercializada, y similar a las cantidades de otra agroindustria, a saber, los residuos de la producción y el procesamiento de extracción de aceite de oliva. Para el café, la gran cantidad de residuos abarca la generación anual de problemas ambientales y agrícolas. Estos deben ser enfrentados y evaluados adecuadamente, también en términos de opciones de gestión del ciclo de vida. Para una parte menor de la cantidad global de residuos, existen diferentes reutilizaciones posibles, a menudo técnicamente factibles. Estos incluyen la alimentación de animales a través del ensilaje para aumentar el contenido de proteínas del suplemento dietético, el uso de cáscara y pulpa de café para la producción de hongos medicinales y comestibles, en particular cuando se dispone de tratamientos previos de desintoxicación del sustrato, y el posible uso de silicona para cosméticos y farmacéutica (Echeverría & Nuti, 2017).	3
42	Producción de biogás a partir de aguas mieles y pulpa de café	https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/454/1/IAD-2011-T004.pdf	En este estudio se evaluó el potencial de producción de biogás a partir de estiércol de ganado, pulpa de café, aguas mieles y agua utilizando	Se utilizaron muestras de pulpa de café y aguas mieles recolectadas durante el mes de febrero en la zona cafetalera de Güinope, dado que la actividad cafetalera se intensifica en los meses de enero a marzo. Además se utilizó estiércol de ganado lechero como fuente de	Se aplicó la prueba estadística de análisis de varianza (ANOVA)	Los autores presentan una metodología clara y la selección de estudios basados en mediciones	Con el uso de biodigestores se logra un porcentaje de DQO de 18 % y de 57 % de sólidos volátiles lo que hace factible para los caficultores el uso de este sistema como un sistema de reducción de las emisiones de contaminantes y tratamiento de agua, ya que está	4

			<p>biodigestores tipo batch que son sistemas anaeróbicos discontinuos (Balseca & Cabrera, 2011).</p>	<p>inóculo de bacterias metanogénicas. Se utilizaron biodigestores tipo batch que son tanques herméticos donde el biogás es producido en un medio anaeróbico. Este tipo de biodigestores, conocidos también como sistemas discontinuos; se basan en la teoría todo adentro todo afuera. Esto quiere decir que se carga de materia orgánica una sola vez y la descarga (biol) se efectúa una vez que se ha terminado de producir el gas metano (Botero 1987). Se utilizaron 12 biodigestores con capacidad de 18,92 litros cada uno. Se llenaron al 70 % de su capacidad y se sellaron con masilla epóxica para evitar fugas potenciales de biogás (Balseca & Cabrera, 2011).</p>		<p>estándar.</p>	<p>reduciendo el 18% de contaminación generada por la producción de café (Balseca &Cabrera, 2011).</p>	
--	--	--	--	---	--	------------------	--	--

43	Sistema bi odigestor para el tratamiento de desechos orgánicos	https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/id/45617/PFC/	Este es un proyecto realizado en el ámbito de la cooperación al desarrollo, cuyo objetivo es la construcción de un biodigestor y la creación de una metodología que permita la replicación de dicha tecnología, a través de un convenio entre la Universidad Carlos III de Madrid, la Facultad Regional Multidisciplinaria (FAREM-Estelí) y la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua) (Bautista, 2010).	El proyecto se centra en dos líneas; una parte experimental y otra orientada a la práctica constructiva de tres biodigestores portátiles para su uso como herramienta docente en la universidad. La parte experimental consistirá en los análisis de la digestión dentro de los tres biodigestores portátiles con el fin de caracterizar la biodigestión de cada uno de los desechos orgánicos anteriormente citados. En la parte práctica, la idea central es proponer un sistema biodigestor en el Parque Científico Estelimar cuyo diseño estará basado sobre los resultados experimentales, considerando, por supuesto, las condiciones de terreno, disponibilidad de agua y otros recursos locales de la finca (Bautista, 2010).	Revisión bibliográfica y construcción de tres biodigestores	Los autores presentan una metodología clara y la aplicación del modelo experimental	La primera conclusión derivada de este trabajo es la importancia de los parámetros de la biodigestión anteriormente mencionados. En especial, cabe destacar la importancia del pH, de la temperatura y del mezclado de las materias dentro del biodigestor. A lo largo de los diversos ensayos llevados a cabo, surgió la necesidad de poder llevar un exhaustivo control de dichos parámetros con el fin de conocer la razón por la cual los biodigestores dejaban de producir biogás. Teniendo en cuenta las distintas mezclas de materias con las que se realizaron los ensayos, la más eficiente fue la gallinaza mezclada con agua. Al hablar de eficiencia me quiero referir a que fue la mezcla que produjo más biogás en menos tiempo, no a que produjese un biogás más rico en metano, ya que esto no se pudo analizar. La cáscara de plátano también funcionó adecuadamente, a pesar de encontrarse en algunos momentos con un pH más bajo de lo deseado. Sin embargo, tanto en las tres mezclas de residuos del despulpado de café como en el suero de leche aparecieron diversos problemas de mayor magnitud relacionados con el pH demasiado ácido (Bautista, 2010).	4
44	Evaluación del desempeño de un biodigesto	http://ridum.manizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2521/	Se evaluó un sistema de biodigestión para el tratamiento de la mezcla agua-	Esta investigación fue de tipo experimental. Para alcanzar los objetivos propuestos se estableció un diseño y un tratamiento así: Entrada tratamiento: Se tomó la	Los ensayos fueron realizados en el último día de la semana principal de cosecha. El tiempo de retención	Los autores presentan una metodología clara y la aplicación del	Es considerablemente positiva la remoción de los SST al hacer la relación con la norma ya que se encuentran por debajo de la misma si aplicamos vertimiento al	4

	<p>r para el tratamiento de la mezcla agua-mucílago de café obtenidas por desmucilagador mecánico.</p>	<p>Biodigestor%20tratamiento%20mezcla%20agua%20mucilago%20de%20cafe.pdf?sequence=1</p>	<p>mucílago de café procedente de desmucilagador mecánico, con el objetivo de buscar alternativas de tratamiento diferentes a la mezcla de las mieles con la pulpa, dado que esta mezcla produce lixiviados con altas cargas orgánicas y compuestos de menor degradabilidad. La investigación se realizó en la finca El Cañón - Vereda San Martín, Municipio El Águila - Valle del Cauca (Buitrago, 2015).</p>	<p>muestra de mezcla agua-mucílago a la salida del desmucilagador, es decir, antes de entrar al biodigestor, en intervalos de 15 minutos con 5 repeticiones, utilizando la metodología y los implementos recomendados por el laboratorio donde se realizó los análisis de contaminación y se le cuantificaron los parámetros físico-químicos. Salida del tratamiento: Se procesó la unidad experimental en un biodigestor con longitud de 22 m y de 20 m³ de capacidad, el consumo de agua en la remoción del mucílago se fijó en 1,2 litros/ kg de c.p.s, cuya calibración fue de 10 litros de agua por minuto. La unidad experimental estuvo conformada por la mezcla de agua-mucílago procedente de la semana pico de cosecha, es decir, la mezcla que posee menor tiempo de retención. Luego de aplicar el tratamiento a la unidad experimental, en el último día de la semana pico de cosecha, se cuantificaron los parámetros de contaminación y los gramos del biogás que entregaba el biodigestor (Buitrago, 2015).</p> <p>El tratamiento tuvo sólo una réplica en la cual se tomaron 5 muestras, dado que el análisis del comportamiento del tratamiento debe realizarse en la semana pico de cosecha que es donde se genera mayor producción de café y por ende mayores aguas residuales y lixiviados, si el sistema cumple o no la normatividad ambiental depende</p>	<p>de la mezcla agua - mucílago en el biodigestor fue de 10 días. Para evaluar la eficiencia del biodigestor se tomaron muestras en la semana pico de cosecha a la entrada y salida y se monitorearon las siguientes variables DQO, DBO₅, SST y pH (Buitrago, 2015).</p>	<p>modelo experimental</p>	<p>suelo (80%), pero con respecto a los demás parámetros no se estaría cumpliendo con la normatividad ambiental. Así mismo con los vertimientos a cuerpos de agua (resolución 631 de 2015), no se estaría cumpliendo con la normatividad encontrándose valores un por encima de la misma.</p> <p>El Biodigestor siempre se alimentó solo con mezcla agua-mucílago del café procedente del desmucilagador mecánico, en las épocas de mayor producción no hubo presencia de gas metano suficiente para la combustión, y por ende no se pudo generar llama en la estufa de la cocina (Buitrago, 2015).</p>	
--	--	--	--	---	---	----------------------------	---	--

				de la semana pico de cosecha (Buitrago, 2015).				
45	Evaluación de la producción de biogás y el poder calorífico con la utilización de tres sustratos (estiércol de ganado bovino y porcino, y la pulpa de café)	repositorio.una n.edu.ni/2043/	Este estudio de investigación es de tipo cualitativo, lo que se quiso saber es cuál de los sustratos (estiércol bovino y porcino, y pulpa de café) presentan mayor producción de biogás y su poder calorífico (Castellón et al., 2015).	Para este estudio de investigación se seleccionaron diez sistemas biogás (biodigestores) para cada una de las pruebas, por tener un fácil acceso por carretera todo tiempo, se selecciona la comunidad de Palo Prieto (Castellón, et al. 2015). Se utilizaron 10 biodigestores para cada tratamiento, con la utilización de la proporción de la población a muestrear (Castellón et al., 2015).	La recopilación de los datos de las variables planteadas se obtuvieron mediante recopilación de información. (Castellón et al., 2015).	Se presenta una metodología clara y detallada del estudio desarrollado.	Valorando la producción y el poder calorífico del biogás, se consideró que el estiércol porcino presenta mayor producción y por ende mayor poder calorífico, que los demás sustratos. Sin embargo necesita de mayor cantidad y no se obtiene un producto rico en metano. Las materias orgánicas que se utilizaron para este trabajo de investigación, que se tienen durante todo el año son, los estiércoles bovinos y porcinos, no así la pulpa de café, ya que solo está disponible durante la temporada de cosecha del mismo (Castellón et al., 2015).	4
46	Producción de biogás en digestores domésticos de bajo costo en los Andes peruanos.	http://www.elsevier.com/locate/biombioe	Se caracterizó la generación de biogás en digestores domésticos ubicados a gran altura, que operan en condiciones psicrófilas (Ferrer et al., 2011).	Construcción y monitoreo de dos digestores tubulares piloto que se instalaron en condiciones climáticas extremas de la meseta andina (3000-4000 m.s.n.m), utilizando únicamente estiércol de bovino (Ferrer et al., 2011).	Se basaron en revisión bibliográfica y no presentan un modelo específico para la recopilación de datos	Aunque no se presenta un modelo específico los autores realizan el estudio mediante la construcción de los digestores	Los digestores tubulares de bajo costo desarrollados originalmente en regiones tropicales se han adaptado para soportar las condiciones climáticas extremas y las fluctuaciones de temperatura de la meseta andina (3000e4000 m.a.s.l.). Al tratar el estiércol de vaca, se obtuvo una producción específica de biogás de alrededor de 0,35 m3 kg-1, con un 65% de CH4 en el biogás. Para cumplir con los requisitos diarios de las familias rurales para cocinar e iluminar, la producción de biogás debe mejorarse sin aumentar los costos de implementación para no impedir la expansión de esta tecnología a escala doméstica.	4

							Teniendo en cuenta el bajo potencial de biogás del estiércol de vaca en comparación con otros excrementos de ganado, el proceso también puede mejorarse por codigestión con otro estiércol y desechos de alimentos o vegetales, que ya se ha evaluado en reactores de laboratorio a 18e25 ° C (Ferrer et al., 2011).	
47	Influencia de la pulpa y agua de despulpado del café (coffee arabica) sobre la producción de biogás con estiércol de bovino	repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1006	El presente trabajo de investigación se determinó la influencia de la pulpa y agua de despulpado de café (Coffea arabica) sobre la producción de biogás con estiércol de bovino, agua y agua de despulpado de café (García, 2014).	Se utilizó la pulpa y el agua de despulpado obtenidos en el proceso de beneficiado del café de la variedad Typica, procedente del distrito de Mendoza, provincia de Rodríguez de Mendoza, Región Amazonas; y estiércol de bovino obtenido del Camal Municipal de la ciudad de Chachapoyas, provincia Chachapoyas, Región Amazonas. (García, 2014).	En este trabajo de investigación se utilizó el diseño estadístico de Box Behnken con tres variables independientes: relación estiércol, agua y agua de despulpado de café (García, 2014).	Se presenta una metodología clara y la selección de estudios basados en mediciones estándar.	En la presente investigación, se ha determinado que con el mayor volumen de estiércol empleado, que fue la variable más influyente, cuyo valor fue de 875 ml, que represento el 50% del volumen del biodigestor, se produce más biogás. Sin embargo, el incremento de pulpa de café disminuye la producción de biogás, por lo que será necesario trabajar con el menor valor de esta variable que fue de 13g y represento el 3% (peso/ volumen) con respecto al volumen del estiércol empleado. Asimismo, cuando se reduce la cantidad de estiércol, el incremento de pulpa del café lo compensa para mantener la producción de biogás (García, 2014).	4

48	Producción mejorada de biogás a partir de la digestión anaerobia de desechos orgánicos sólidos: estado actual y perspectivas	10.1016/j.biteb.2018.07.005	Esta revisión consolida y resume la investigación asociada con la caracterización de los desechos orgánicos sólidos (SOW) y las ventajas / limitaciones de varias estrategias de mejora del rendimiento asociadas con las SOW con la esperanza de promover aún más el desarrollo y las aplicaciones industriales de la tecnología AD (Digestión Anaerobia) (Zhang et al., 2018).	Revisión bibliográfica	No presenta información	No se presenta una metodología detallada para la revisión y selección de información.	Algunas de las principales conclusiones de estas y las recomendaciones asociadas para el trabajo futuro incluyen: (1) El buen manejo y funcionamiento del digestor anaeróbico requiere un control adecuado del pH (6-8), temperatura (35-650C), tamaño de partícula, C / Relación N (20-30), OLR (1.2-12 gVS / L / día) y HRT (15-30 días); se ha proporcionado un diagrama de flujo de trabajo para la optimización de los parámetros operativos; (2) Las materias primas lignocelulósicas, incluidos los desechos de jardín y los desechos agrícolas, son más adecuadas para los tratamientos físicos y químicos y para sus tratamientos previos combinados. El desperdicio de alimentos y el estiércol animal son más adecuados para el pretratamiento físico simple, como la molienda para reducir el tamaño de partícula. (Zhang et al., 2018).	3
49	Uso de los Residuos Agrícolas Orgánicos como Fuente de Energía: Aprovechamiento de Recursos y Reducción de Gases de Efecto Invernadero en Costa	http://www.mg.go.cr/proyectos/proy-residuos-agricolas-org/productos/Informe%20RAO%20CR%20Producto%202.pdf	El objetivo de este trabajo fue realizar una valoración de la situación actual de prácticas de aprovechamiento y disposición e RAOs en el país (Coto, 2013).	Se realizó un estudio de información actualizada de tendencias observadas de manejo y disposición de residuos, con datos estadísticos y descriptivos de las prácticas encontradas en los siguientes sectores: café, caña de azúcar, piña, arroz, cítricos, maderables (aserraderos), pecuario (avícola, cerdos, ganado de carne, ganado de leche), banano y palma aceitera (Coto, 2013).	Se desarrolló de una matriz de situación actual observada y de interés a futuro tanto al nivel general del país así como con más detalle en el sector café de Costa Rica (Coto, 2013).	El autor evidencia el uso de la metodología de manera clara para la obtención de información	En el sector café se presentan las tendencias observadas de manejo y disposición de sus tres RAO, cascarilla, pulpa y mucílago. Es posible concluir que los RAO con mayor nivel de uso/interés energético son la pulpa y la cascarilla. La cascarilla ya es ampliamente usada en el beneficiado de café como combustible para secado del grano. La pulpa representa un costo y esfuerzo de manejo ambiental y por esa razón es de mucho interés a beneficiadores	3

	Rica.						especialmente en los segmentos medios y grandes de procesamiento de café. El manejo y disposición de RAO en los pequeños productores presenta diferencias importantes con respecto a la de otros grupos, posiblemente debidas a la integración que generalmente existe entre unidades de procesamiento y de producción agrícola (Coto, 2013).	
50	Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento.	DOI: 10.24188/recia.v9.nS.2017.530	En este trabajo se describen algunas investigaciones desarrolladas tendientes al aprovechamiento de los residuos generados en las agroindustrias (Cury et al., 2017).	Revisión Bibliográfica	Se basaron en revisión bibliográfica y no presentan un modelo específico para la recopilación de datos	Los autores no presentan una metodología clara para la selección de artículos.	La mayoría las agroindustrias generan residuos cuyo manejo o disposición final ha sido altamente cuestionado en el transcurrir de la historia, de igual modo no han sido pocas las investigaciones desarrolladas para aportar alternativas de aprovechamiento que procurarían solución a la problemática generada y cuya implementación reduce las implicaciones legales y sociales, a la vez que genera beneficios al lograr un máximo rendimiento de estos, alcanzando una reducción en la contaminación y generación de ganancias económicas que se derivarían del valor agregado dado a los mismos a través de tratamientos que en algunos casos resultan ser económicamente viables (Cury et al., 2017).	4

51	Digestores anaerobios domésticos para la producción de biogás en América Latina: una revisión	http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.071	Se proporciona una descripción general de la implementación de los digestores de biogás en las zonas rurales de América Latina, incluidos los aspectos técnicos, ambientales, sociales y económicos (Garfí et al., 2016).	Revisión bibliográfica	Se basaron en revisión bibliográfica y no presentan un modelo específico para la recopilación de datos.	Los autores no presentan una metodología clara para la selección de artículos.	Las primeras experiencias de implementación de digestores domésticos en América Latina se remontan a los años 70 y 80. Sin embargo, solo durante la última década los programas de biogás han tenido resultados exitosos, lo que demuestra los beneficios de los digestores domésticos en las áreas rurales de América Latina. Sin embargo, hay varias barreras que superar para mejorar la tecnología y su difusión en las comunidades rurales (Garfí et al., 2016).	4
52	Digestión anaerobia de residuos de alimentos: una revisión centrada en la estabilidad del proceso	http://dx.doi.org/10.1016/j.biotech.2017.07.012	El desperdicio de alimentos (FW) es rico en energía de biomasa, y se están estableciendo un número creciente de programas nacionales para recuperar energía de FW mediante la digestión anaeróbica (AD). Sin embargo, la inestabilidad del proceso es un problema operativo común para AD de FW. Monitoreo y control de procesos, así como manejo microbiano se puede utilizar para controlar la inestabilidad y aumentar la eficiencia de	Revisión bibliográfica	Se basaron en revisión bibliográfica y no presentan un modelo específico para la recopilación de datos	Los autores no presentan una metodología clara para la selección de artículos.	La falta de investigación general y dinámica ha limitado el éxito del monitoreo de procesos de rutina y el análisis microbiano para la optimización del proceso. La combinación de la gestión microbiana en múltiples escalas con el monitoreo en tiempo real de varios parámetros fisicoquímicos y bioquímicos es necesaria para lograr una operación de proceso eficiente y estable (Li et al., 2018).	4

			conversión de energía de los digestores anaeróbicos (Li et al., 2018).					
--	--	--	--	--	--	--	--	--