



FACULTAD DE INGENIERÍA Y COMPUTACIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“Análisis de las Diferentes Técnicas Para el Aprovechamiento Energético de los
Residuos Orgánicos Municipales e Industriales”

"Analysis of the Different Techniques for the Energetic Use of Municipal and Industrial
Organic Wastes”

Trabajo de Investigación presentado por el alumno de la Escuela Profesional de Ingeniería
Industrial

JAMES JUNIOR O’BRIEN RAMOS

Para optar por el grado académico de Bachiller en Ingeniería Industrial

ASESOR: Mg. BENIGNO ERICK SANZ SANZ

Arequipa, 2019

DEDICATORIA

A mis madre, motivo y ejemplo a seguir. A mi padre, que me enseñó el valor de la perseverancia. A mi hermana, que me apoyo durante toda mi etapa escolar y universitaria y siempre ha sido mi ejemplo a seguir. A mi tía Ana María y mi abuela Ana. A mi familia que siempre me aconseja y apoya para alcanzar mis objetivos. A mis amigos y seres queridos, fuentes de apoyo en todo momento que lo necesité.

AGRADECIMIENTOS

A mi colegio Cristo Rey de Tacna, principal fuente de formación en mi vida por la formación integral que me dieron. A los profesores Marco Manrique, Eduardo Ojeda, Ebert Girón, David Hurtado. A mi asesor Benigno Sanz, por la orientación brindada en la presente investigación. A mis compañeros de estudios.

RESUMEN

En la actualidad el calentamiento global representa uno de los principales y más graves problemas que enfrenta el mundo. Las emisiones de dióxido de carbono y metano al medio ambiente, que son los principales gases contaminantes que se producen en el planeta, están provocando un daño irreparable en nuestra capa de ozono. Los aumentos de temperatura son señales que nos da el planeta para manifestarnos que estamos haciendo las cosas mal y que la acumulación de la basura que nosotros mismos generamos nos está haciendo mucho daño. El uso de energías renovables en la actualidad representa nuestra principal alternativa para enfrentar este problema.

La búsqueda de alternativas y soluciones para frenar este desequilibrio climático es responsabilidad y motivo de preocupación para todos. Una de esas alternativas es el uso de energías renovables, dentro de las cuales se encuentra la biomasa, fuente energética que se obtiene a partir de los residuos orgánicos que se producen en la tierra.

En el presente trabajo, se busca analizar el potencial energético de la biomasa y las diferentes técnicas que se pueden utilizar para aprovechar de la mejor manera esta fuente de energía limpia. El estudio realizado, toma como referencia la biomasa disponible a partir de los residuos orgánicos municipales e industriales, aprovechando las bondades energéticas que presentan.

El aprovechamiento energético ha sido investigado a lo largo de los años, sin embargo su aplicación y difusión no es la que debería tener. En este estudio se busca recolectar toda la información disponible, para mediante el desarrollo de un análisis bibliométrico se puedan determinar las tendencias acerca de las técnicas de aprovechamiento que se le puede dar a la biomasa.

Las técnicas de aprovechamiento energético deben ser desarrolladas y estudiadas con mucho cuidado para poder determinar cuál es la mejor alternativa y obtener el mejor rendimiento adecuado, enfoque principal del presente estudio.

Palabras clave: Aprovechamiento energético, residuos orgánicos municipales e industriales, biomasa.

ABSTRACT

At present, global warming represents one of the main and most serious problems facing the world. The emissions of carbon dioxide and methane to the environment, which are the main polluting gases produced on the planet, are causing irreparable damage to our ozone layer. The temperature increases are signals that the planet gives us to show us that we are doing things wrong and that the accumulation of the garbage that we generate is doing us a lot of damage. The use of renewable energy currently represents our main alternative to face this problem.

The search for alternatives and solutions to curb this climate imbalance is a responsibility and cause for concern for all. One of these alternatives is the use of renewable energies, within which is the biomass, energy source that is obtained from organic waste produced in the earth.

In the present work, we seek to analyze the energy potential of biomass and the different techniques that can be used to make the best use of this source of clean energy. The study carried out, takes as reference the biomass available from the municipal and industrial organic waste, taking advantage of the energy benefits that they present.

The use of energy has been investigated over the years, however its application and diffusion is not what it should have. In this study, we seek to collect all the available information, so that through the development of a bibliometric analysis we can determine the tendencies about the exploitation techniques that can be given to the biomass.

The techniques of energy use must be developed and studied with great care in order to determine which is the best alternative and obtain the best adequate performance, the main focus of this study.

Keywords: Energy use, municipal and industrial organic waste, biomass.

INDICE

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	8
1. Planteamiento del Problema	9
1.1. Identificación del Problema	9
1.2. Descripción del Problema	10
1.3. Formulación del Problema	10
2. Objetivos de la Investigación	11
2.1. Objetivo General	11
2.2. Objetivos Específicos	11
3. Justificación de la Investigación.....	11
3.1. Justificación de Conveniencia.....	11
3.2. Justificación Teórica	12
3.3. Justificación Metodológica	12
3.4. Justificación Práctica.....	13
4. Resumen de la Estructura Capilar de la Tesis	13
CAPITULO II: REFERENCIAL TEÓRICO	14
1.1. Energías Renovables	14
1.2. Impacto Económico de las Energías Renovables.....	15
1.3. Gases del Efecto Invernadero.....	15
1.4. La Biomasa.....	16
1.4.1. Tipos de Biomasa.....	17
1.4.1.1. Biomasa Sólida	17
1.4.1.2. Biogás:	17
1.4.1.3. Biocarburantes:	18
1.5. Potencial energético	18
1.6. Tipos de Aprovechamiento	20
1.6.1. Compostaje	20
1.6.2. Pirolisis	21
1.6.3. Fermentación o Digestión Anaeróbica	21
CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	24
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS	27

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Referencias bibliográficas recolectadas.....	25
---	----

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Investigaciones aportadas por país para el desarrollo de la investigación.....	27
Figura 2: Investigaciones recolectadas por año de publicación.....	28
Figura 3: Investigaciones obtenidas por grupo de palabras clave de búsqueda utilizados	29
Figura 4: Investigaciones de acuerdo a la técnica de aprovechamiento energético desarrollada	29
Figura 5: Investigaciones sobre cada técnica de aprovechamiento por país	30
Figura 6: Investigaciones recolectadas por año en cada país.	31
Figura 7: Investigaciones aportadas por cada país en portal web.....	¡Error! Marcador no definido.
Figura 8: Investigaciones aportadas por año de acuerdo a cada técnica de aprovechamiento .	32
Figura 9: Investigaciones de cada técnica de aprovechamiento por cada portal web	33

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Hace 30 años, hablar de una inestabilidad climática en el mundo resultaba algo incrédulo y anecdótico. Sin embargo, en la actualidad, las principales organizaciones y los gobiernos de las grandes potencias mundiales, invierten mucho tiempo y recursos en busca de alternativas y soluciones que puedan revertir esta alteración climática que como ya es sabido, cada vez nos causa más daño y de no frenarlo tendría efectos permanentes en nuestro planeta. Es tanta la magnitud del problema que, el secretario general de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), Antonio Guterres, afirmó que tenemos hasta el año 2020 para cambiar esta situación y evitar consecuencias que considera, pueden ser desastrosas para el ser humano.

El uso de combustibles fósiles y la acumulación de desechos, debido a las grandes emisiones de gas metano y dióxido de carbono que producen, son de los principales agentes contaminantes que deterioran nuestra capa de ozono y contribuyen con el calentamiento global. A raíz de esto, las principales alternativas para responder a este fenómeno climático, son el reciclaje de distintos materiales y el uso de energías renovables, entendiéndose por energías renovables a todas aquellas fuentes energéticas que son de origen natural y además inagotables. Entre las principales tenemos la energía solar, mareomotriz, eólica, hidráulica, geotérmica y la biomasa, siendo esta última uno de los focos de la presente investigación.

Con biomasa nos referimos a todo tipo de materia orgánica, incluyendo desechos, que pueden ser aprovechado por diversas formas para la generación de energía, debido a que su descomposición emite gases contaminantes que contribuyen al deterioro ambiental, los cuales, de controlarlos, pueden ser aprovechados energéticamente.

En la actualidad, la reducción de la emisión de estos gases contaminantes, representa un reto importante para el mundo, donde el aprovechamiento energético de la biomasa es una buena posibilidad que ya se da a grandes escalas, pues países como Suecia y Austria han desarrollado una cultura y mecanismos que permiten maximizar el uso de esta fuente energética. En el caso de Suecia 1/3 de la energía generada en el país, es producida a partir de la biomasa, mientras que Austria lleva casi 30 años usando la biomasa a un 90% de eficiencia.

1. Planteamiento del Problema

1.1. Identificación del Problema

A medida que pasaron los años, en el mundo nos fuimos haciendo esclavos del uso de combustibles fósiles, si bien en la actualidad existen propuestas e investigaciones que priorizan el uso de alternativas limpias y renovables, en nuestro país, aún se sigue priorizando el uso de este tipo de combustibles, pues de acuerdo a lo dicho por David Ruiz, líder de Grenergy, solo el 3% de la generación energética se da a partir de fuentes renovables. (Macero, 2018).

En el año 2018, según la Agencia Internacional de Energía, las emisiones de dióxido de carbono alcanzaron un récord de 33 143 millones de toneladas, representando un incremento en su progresión del 1.7%, donde los principales causantes son China, Estados Unidos y la India. En el caso del Perú, las emisiones en el 2012 llegaron a 171 millones de toneladas con una proyección para el año 2018 de 218.7 millones de toneladas, representando el 0.6% del total. Dato alarmante, pues podemos ver que una gran cantidad de emisión como la de nuestro país, representa un porcentaje tan pequeño a nivel mundial.

Recientemente el Banco Mundial, mediante su informe What a Waste 2.0, dio a conocer datos relevantes sobre los desperdicios producidos a nivel mundial. Según el informe, actualmente en el mundo se producen 2010 millones de toneladas de desechos sólidos municipales por año y con el crecimiento urbano, se puede ver que en los próximos 30 años esto aumente en un 70%. Además, encontramos que aproximadamente el 90% de los desperdicios generados son depositados en botaderos o quemados en cielo abierto. Aunado a ello, en el informe se detalla que el incremento de la generación de desperdicios y su mala gestión, provocó que deslizamientos de basureros, entierren viviendas y personas bajo residuos. El informe además determinó que en Asia Oriental se producen la mayor cantidad de desechos, seguido de Europa y Asia Central. (Banco Mundial, 2018).

En nuestro país, la generación de residuos municipales urbanos en el 2015 fue de 7 461 627 toneladas, de las cuales 100.85 toneladas son producidas en Arequipa. De este

total, el 64,5% proviene de fuentes domiciliarias, y el resto de fuentes no domiciliarias. Además de este total de desperdicios el 58,75% del total, representa residuos orgánicos. (Sistema Nacional de Información Ambiental, 2017).

Es importante destacar que según el INEI el 71,5% termina en un botadero a cielo abierto, produciendo emisiones de gases contaminantes. (Instituto Nacional de Estadística, 2012). Aunado a ello hay que, a lo largo del territorio nacional, existen 1585 botaderos a cielo abierto, de los cuales 21 son de Arequipa, donde incluso el ubicado en Yura, es considerado altamente crítico. (Organización de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2018).

De este modo, se puede evidenciar que la acumulación de desperdicios genera graves daños ambientales, y el gran problema que significa el desaprovechamiento energético de la biomasa generada por las personas.

1.2. Descripción del Problema

De acuerdo al problema identificado, podemos definir como una de las principales causas al desaprovechamiento de esta energía renovable, el desconocimiento y la falta de interés que se tiene con respecto al uso y las bondades de las energías renovables y principalmente de la biomasa. Otra de las causas, es también el desconocimiento que existe acerca de los mecanismos, mediante los cuales se puede aprovechar la biomasa, a fin de obtener energía a partir de la misma, pues por lo general resulta complicado entender y concebir la posibilidad de producir algún tipo de energía de los desechos que nosotros mismos producimos.

1.3. Formulación del Problema

De acuerdo a lo señalado y partiendo de la premisa que es evidente un desaprovechamiento energético de la biomasa y acumulación excesiva de residuos orgánicos, resulta necesario que uno se pregunte, ¿de qué manera se propone en las investigaciones ya realizadas el aprovechamiento energético de los residuos orgánicos municipales e industriales?

2. Objetivos de la Investigación

2.1. Objetivo General

Revisar las investigaciones ya realizadas que hagan referencia a las diferentes técnicas que permitan el aprovechamiento de los residuos orgánicos municipales e industriales

2.2. Objetivos Específicos

- Determinar la cantidad de investigaciones aportadas por cada país para el presente análisis.
- Determinar la cantidad de investigaciones recolectadas para el análisis realizado, por año de publicación.
- Determinar la cantidad de investigaciones aportadas por cada portal web para la presente investigación.
- Determinar la cantidad de resultados de búsqueda obtenidos de acuerdo al grupo de palabras clave utilizadas.
- Determinar la cantidad de veces que ha sido citado un artículo en la investigación realizada.
- Determinar la cantidad de artículos utilizados respecto a la técnica de aprovechamiento energético.

3. Justificación de la Investigación

3.1. Justificación de Conveniencia

La presente investigación, resulta relevante para el área de la ingeniería de industrial, pues conocer los mecanismos por los que se pueden aprovechar los residuos sólidos, en estos tiempos donde el cuidado ambiental es tan importante, resulta necesario tanto por temas de sostenibilidad como también económicos. Principalmente porque todas las empresas pertenecientes a la industria de producción o servicios generan gran cantidad de residuos, en algunos casos la misma empresa cuenta con su propio botadero, o contrata algún tercero quien, por un costo, que no es nada bajo para la empresa, se lleva todos sus desechos y les da algún uso particular. En este caso el desconocimiento y falta

de interés termina perjudicando a la propia organización, pues no presenta una alternativa para gestionar las mermas que genera, que terminar por afectar directamente al medio ambiente. En tal caso por no aplicar un método o técnicas, que permitan aprovechar las bondades energéticas que se pueden generar a partir de sus desperdicios, perdería la posibilidad del uso de una energía limpia generada a partir de ellos, esto hace que termine incurriendo en costos altos que los perjudican a ellos mismos y además contribuyen con el calentamiento global.

3.2. Justificación Teórica

El presente trabajo de investigación, permitirá aportar y recopilar todo tipo de investigaciones que han sido realizadas sobre el uso que se le puede dar a los desechos orgánicos para la generación de energía a partir de ellos. Se tomarán en cuenta experiencias para determinar la importancia y los posibles beneficios que podría significar su uso adecuado, contribuyendo a una posible propuesta de sistematización que permita una mejor gestión de desperdicios en la ciudad de Arequipa, para su aprovechamiento energético por el mecanismo más conveniente.

3.3. Justificación Metodológica

Para la presente investigación se busca desarrollar un análisis bibliométrico sobre todas las referencias utilizadas. Para ello es importante utilizar bases de datos confiables que pertenecen a la biblioteca virtual de la Universidad Católica San Pablo y de ser necesario recurrir a otra. En este caso se utilizaron artículo de bases de datos como Redib, Redalyc, Scielo y Sedici pertenecientes a la biblioteca de la Universidad Católica San Pablo, sin embargo, también se tuvo que recurrir a bases adicionales, para

Además de ello se utilizaron para filtrar las búsquedas diversas combinaciones de palabras claves, esto con el fin de delimitar la investigación en cuanto a conceptos, se usaron por ello palabras como: Aprovechamiento energético, residuos orgánicos, pirolisis, fermentación anaeróbica, compostaje, energías renovables y biomasa. Estas fueron escogidas debido al enfoque del título y objetivo principal de la investigación, que busca tener en cuenta todas las técnicas que permitan darle el mejor aprovechamiento energético a la biomasa.

Por tal motivo para el estudio es importante realizar un estudio de las investigaciones desde el 2008, pues desde ese año se han ido desarrollando más trabajos académicos respecto al aprovechamiento de los residuos orgánicos, además que los índices de contaminación han ido creciendo. Además, el análisis bibliométrico nos permitirá identificar ciertas tendencias de los autores en la presente investigación.

3.4. Justificación Práctica

La investigación realizada se enfoca en este recurso por la realidad que enfrenta el mundo actualmente, donde vivimos una situación en la que son necesarias las acciones para frenar y controlar la inestabilidad climática. Tal es así, que resulta importante conocer los mecanismos que permitan el aprovechamiento y buen uso de los desperdicios que cada día generamos, y que además, reduzca las emisiones contaminantes que estos podrían producir. Adicionalmente resultaría conveniente, pues su correcto aprovechamiento sería una fuente de energía alternativa a la de los combustibles fósiles que ya conocemos y cuyo uso masivo tanto daño le hace a nuestro planeta.

4. Resumen de la Estructura Capilar de la Tesis

La situación ambiental que vive nuestro planeta cada vez es más grave, las emisiones de gases de efecto invernadero van en aumento y los combustibles fósiles y acumulación de desperdicios parecen intratables.

El uso de energías renovables y limpias, parecen ser nuestra mejor alternativa para el cambio que necesitamos, donde el uso de la biomasa parece ser de las opciones más convenientes.

Actualmente existe una gran problemática respecto al uso de energías renovables, pues a pesar de tener el potencial adecuado para aprovecharlas, las mismas políticas y el sistema económico no terminan favoreciendo al uso de estas fuentes de energía limpia en muchos países incluyendo el nosotros.

Centrándonos en la biomasa, en el mundo se generan enormes cantidades de desperdicios por todas las actividades que se realizan, ya sean la vida cotidiana, la industria, la agricultura u otras. De tal modo resultaría muy conveniente que el mundo en general se

comience a interesarse y formular propuestas que permitan el aprovechamiento energético de los desperdicios que nosotros mismos generamos.

Para ello, en esta investigación se busca recopilar los principales mecanismos que se han utilizado en el mundo para darle el mejor aprovechamiento posible a los residuos orgánicos y así disminuir las emisiones de gases contaminantes.

CAPITULO II: REFERENCIAL TEÓRICO

1. Teórico Conceptual

1.1. Energías Renovables

Se puede definir a las energías renovables como todo tipo de fuente energética de origen naturales, que además son infinitas, es decir no se acabarán nunca. Entre los principales tipos, encontramos a la energía eólica, solar, geotérmica, mareomotriz, la biomasa, entre otras.

El uso y estudio de este tipo de energías que permiten reemplazar en gran proporción o en su totalidad a los combustibles fósiles ya conocidos, permite obtener una ventaja para frenar el desequilibrio climático que actualmente vivimos.

Para su utilización es importante tener en cuenta, la importancia del territorio, pues depende de la demanda y problemática de alguna región, por lo que debe ir acorde con la planificación territorial. Donde analizar el potencial energético permite identificar ventajas, como son: Valoración de recursos energéticos, visión de la demanda energética en su totalidad, analizar el impacto ambiental (Belmonte, Franco, Nuñez, & Viramonte, 2013).

Las energías renovables sufren de una impopularidad a pesar de todo lo bueno que implica el uso de las mismas. Uno de los principales problemas que enfrenta el uso de las energías renovables es que de desarrollarlas a grandes escalas podría significar un conflicto social, por el tema de que su uso necesito un buen diseño territorial. Además, por lo general a medida que han pasado los años, el desarrollo y aplicación de energías renovables ha crecido a pasos lentos, debido a que algunas tecnologías son descentralizadas, y el empezar en zonas donde la difusión resulta

complicada, podría significar costos muy altos. Aunado a ello, se puede identificar un contexto en el que las investigaciones y aplicaciones de las energías renovables suele presentar complicaciones en temas de ahorro de energía y manejo de las mismas en tiempo de escasez del recurso, como puede ocurrir con la energía solar, sin embargo esta contingencia no ocurre con la biomasa, la que será desarrollada en la presente investigación (Balderrama, 2014).

1.2. Impacto Económico de las Energías Renovables

La importancia de las energías renovables ha ido creciendo a medida de los años, pues han ido apareciendo empresas que han desarrollado e invertido en temas de aprovechamiento y explotación de estos recursos. Un ejemplo de ello es Petramás, empresa peruana que produce energía a partir de los desperdicios acumulados en Huaycoloro en el departamento de Lima.

Prueba de ello es que los índices de inversión en los últimos 15 años han crecido constantemente, sin embargo, en el año 2012 presentó una caída. Los costos de igual manera, de cierto modo son más altos a comparación de los que requiere la producción de combustibles fósiles. Sin embargo, los costos de energías como la biomasa, dentro del total de energías renovables, representa uno de los costos más bajos para su explotación (Posso, Acevedo, & Hernandez, 2014).

Otro factor relevante es la creación de puestos de trabajo que implica el aprovechamiento de los recursos energéticos naturales, pues tiene resultados más favorables, pues permite que trabajadores locales representen la mano de obra, de ese modo contribuye a elevar la calidad de vida de los trabajadores. Además, hay que tener en cuenta que el mercado de carbono y metano a medida que pasan los años va ganando mayor participación generando grandes perspectivas de posible crecimiento (Posso, Acevedo, & Hernandez, 2014)

1.3. Gases del Efecto Invernadero

Para la presente investigación es importante considerar los principales gases contaminantes que generan daños al medio ambiente.

La temperatura en nuestro planeta varía de acuerdo a la energía que circula en ella, pues puede tanto entrar (rayos ultravioletas), como la que sale. Los principales gases emitidos son el dióxido de carbono y el metano, a los cuáles se les puede sumar el vapor de agua, dióxido de nitrógeno, los cuáles pueden absorber energía, retrasando de este modo el intercambio y transferencia de calor con el exterior. (Aristizabal, Vanegas, Mariscal, & Camargo, 2015)

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, los gases del efecto invernadero son emitidos principalmente por productos, desperdicios o procesos desarrollados propiamente por el humano. Pues como dice el principio básico de la química, la materia no se crea ni se destruye, solo se transforma, por tal motivo, toda la materia generada a lo largo de los años al quemarla, almacenarla, principalmente hablando de desperdicios orgánicos, por su propia descomposición emite estos gases, que además de retener el calor, deteriora la capa de ozono, por lo que la temperatura del planeta cada vez es mayor, pues los rayos ultravioletas entran con mayor facilidad, y los gases contaminantes retienen mucha energía calorífica que debería salir del planeta.

1.4. La Biomasa

Es importante entender para la presente investigación la definición de la fuente de energía renovable que se va analizar. Por tal motivo es importante considerar la definición del ente regulador de la lengua española. De tal modo la Real Academia Española (2018) define a la biomasa como “Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía”.

Aunado a ello, la biomasa se puede definir en el contexto energético, como un combustible propio de los residuos orgánicos que puede ser utilizado tanto con fines eléctricos, como térmicos. Es importante señalar además que, a lo largo de los años, principalmente en la década de los 70, esta fuente energética era usada para

generar calor en los hogares. Actualmente su uso se puede clasificar en tres grupos: biocombustibles líquidos, sólidos y gaseosos (Goldstein, Griffa, & Marcó, 2017).

Otra definición de biomasa es la dada por la norma CEN TS 14774-3, que denomina biomasa a todo aquel material biológico excluyente, que puede o no sufrir procesos mineralizados (Carrasco, 2008).

El término biomasa es aplicado también como recurso o para la materia prima misma. En este caso el concepto resulta amplio y variable, pues entiende como tal a cualquier tipo de materia orgánica cuyo origen es biológico, comprendiendo así aquella materia que es de origen vegetal, animal o microbiano. Sin embargo, quedan fuera de esta clasificación aquellos productos, principalmente sintéticos, pues a pesar de tener un origen biológico, su formación tuvo lugar en tiempos muy remotos, lo que los deja descartados (Fernández, y otros, 2015).

1.4.1. Tipos de Biomasa

Como ya se mencionó, el uso moderno de la biomasa permite una clasificación en tres grupos.

1.4.1.1. **Biomasa Sólida:** Es aquella en la que se aprovecha de forma térmica o eléctrica la materia orgánica de origen vegetal o animal. Asimismo, la biomasa sólida puede ser de origen primario en el caso de aquellos que provienen de cultivos que son desarrollados específicamente para la obtención de biomasa, como es el caso del cardo, el sorgo o la colza. O también puede ser de origen residual que incluye cualquier tipo de desecho orgánico (Cerdá, 2012).

1.4.1.2. **Biogás:** Se denomina biogás, al gas obtenido de la fermentación anaeróbica de los residuos. Esta fermentación o digestión puede darse de manera natural o inducida. Este biogás puede destinarse ser aprovechado tanto como energía eléctrica o térmica. Incluso en algunos países como Alemania, Suecia y Holanda, es material base para la síntesis de productos como metanol o gas natural licuado (Cerdá, 2012).

1.4.1.3.*Biocarburantes*: Son aquellos combustibles líquidos de origen biológico, que tienen características que les permite funcionar como sustitutos de otros combustibles como gasolina o gasóleo. Puede trabajar en una mezcla con estos o simplemente como aditivo (Cerdá, 2012).

1.5. Potencial energético

Los años y la experiencia propia nos han enseñado a lo largo de los años el gran daño que nos producen los combustibles fósiles, por lo que existe la necesidad de reemplazarlos. En este sentido se han realizado diferentes investigaciones que analizan el potencial energético que tienen los diferentes residuos que nosotros mismos generados.

El carbón mineral en la actualidad es utilizado como combustible en la industria cementera, industria que genera una gran cantidad de desperdicios. En este caso, las industrias producen una importante cantidad de Clinker, para lo que utilizan carbón mineral, sin embargo, de acuerdo a una investigación realizada en Cartagena, Colombia, los residuos de jardín tienen un poder calorífico de 2086 MJ/Kg, mientras que los residuos de madera pueden producir 1411 MJ/Kg, lo cual significaría una reducción en las emisiones de carbono en el 95% respecto a las emisiones normales (Vargas & Ramírez, 2014).

Los residuos orgánicos, también pueden ser aprovechados mediante su propia fermentación anaeróbica de modo que se pueda obtener biogás a partir de ella, combustible que puede ser utilizado para cocina, alumbrado, entre otros. En este caso de acuerdo a una investigación realizada por William Mosos, Luz Cadavid y Ana Agudelo, es posible reutilizar y obtener beneficios energéticos de los residuos generados en los restaurantes, específicamente de las frutas y verduras, pues son capaces de producir hasta 4.5 Kw-h por cada kilogramo de materia (Mosos, Cadavid, & Agudelo, 2012).

La energía renovable producida a partir de la biomasa, puede ser evaluada también teniendo en cuenta el rendimiento de metano, que ya sea en caso de que la biomasa provenga de verduras o frutas, tiene un rendimiento por encima de 0.3

m³/Kg SV, por lo que es un buen sustrato de producción comercial de metano. En el caso de las verduras y frutas. Además, si tomamos como ejemplo el caso de la ciudad de Palmira en Colombia, se podrían producir 1 058 141 m³ de metano por año, que con una eficiencia que varía entre el 50% y 30%, se podrían ganar 5258 MW-h de energía térmica o 3155 MW-h de energía eléctrica. Dato similar que se maneja con los residuos de actividades de jardinería, donde con 217 toneladas se podrían producir 230 MW-h y 140 MW-h de energía térmica y eléctrica respectivamente. (Cadavid, Bolaños, & Ingrid, 2015).

Los residuos industriales también pueden ser utilizados en este medio, pues en la producción de cerveza, comúnmente se tiene un residuo llamado afrecho, y que por lo general termina siendo alimento de animales. Este afrecho o bagazo de malta, es la cáscara del grano de cebada tras obtener el mosto cervecero. En una investigación realizada en Cuba, sobre una planta productora de cerveza, se determinó que se desechan anualmente 2 035.6 toneladas de bagazo de malta, que generarían aproximadamente 357 238 Nm³ de biogás al año, equivalente a 446 547 Kw/h de electricidad (Arias & López, 2015).

Otra forma de aprovechamiento de la biomasa, es mediante el biocarbón, que es un producto que tiene apariencia similar a la del carbón vegetal. Este resultado puede mejorar las condiciones del suelo, pudiendo también retener el carbono a largo plazo de modo que no sea liberado como gas contaminante, permitiendo de ese modo una gestión o almacenamiento del mismo con fines energéticos. (Marín & García, 2018)

Los residuos de jardinería, también resultan básicos e importantes objetos de análisis para la producción energética. Estos residuos tienen un potencial máximo de producción de metano que se representa por la cantidad de celulosa que tiene, pues si el residuo tiene más celulosa, se puede decir que tendrá un valor más alto de celulosa, en promedio de aprovechar de ese modo los residuos de jardinería o poda, se podría reducir una emisión de 138 kg diarios de metano en una ciudad.

Una investigación realizada en Brasil, estima que el potencial calorífico de los residuos orgánicos oscila entre 3869, 4712 y 3026 kcal/Kg, teniendo en cuenta todos los gases que estos emiten como masa al estar depositados en rellenos sanitarios, pudiendo obtener biogás a partir de ellos (Berrios, 2015).

1.6. Tipos de Aprovechamiento

1.6.1. Compostaje

El compostaje, es un método de aprovechamiento de los desperdicios, por el cual, mediante la propia descomposición de los mismos, en colaboración de bacterias y microorganismos, desarrolla un producto capaz de acondicionar suelos y trabajar como abono orgánico.

El compostaje se puede dividir en 2 etapas, descomposición y estabilización, donde intervienen microorganismos que facilitan la degradación de los residuos, donde se emite CO₂, el cuál puede ser almacenado y aprovechado de modo que no llegue a la atmósfera, también se obtiene energía calorífica por las características del proceso. Tras esto en la segunda etapa las moléculas restantes se descomponen, disminuyendo la temperatura y el ph, de modo que los microorganismos pueden predominar, hasta que se estabilizan, donde como resultado se obtiene abono orgánico el cuál puede ser utilizado de distintas maneras (Oviedo, Marmolejo, & Torres, 2017).

La calidad del resultado obtenido por el compostaje de los residuos, depende en gran medida con las técnicas utilizadas para la separación en la fuente, procedimiento del compostaje que consiste en la selección de los residuos. Aunque no parezca, esta actividad resulta muy influyente en la calidad del compost que se puede producir. Pues los residuos que han sido separados correctamente, se puede evidenciar una degradación más sencilla, permitiendo alcanzar las temperaturas deseadas en tiempos cortos, pues la homogeneidad de los materiales permite una mejor transferencia de calor. (Marmolejo, Oviedo, Jaimes, & Torres, 2010)

A nivel industrial, este proceso es ayudado por la ingeniería. Es importante utilizar plantas que hagan esta labor, pues del total de los desechos producidos en una ciudad, por lo menos el 50% ya no terminaría a un

botadero abierto. El compostaje puede clasificarse como sistemas abiertos o sistemas cerrados, donde se utilizan en caso del primer sistema un trabajo con lombrices, mientras que en el cerrado se utilizan tecnologías ya avanzadas, pues se depende de un reactor, que puede ser aerobico para generar composta, mientras que el anaeróbico busca producir gas metano. Aquí sería conveniente quemar los residuos, por temas de manejo en volumen, pues es más sencillo trasladar. (Olivares, Iñiguez, Contreras, & Hernandez, 2018)

1.6.2. Pirolisis

Es un proceso termoquímico, donde la materia orgánica, se descompone de manera natural en ausencia de oxígeno, por acción del calor. El fin de este proceso es la generación de energía térmica por lo que se divide en 3 etapas: Alimentación, dosificación y pirolisis. El resultado de la pirolisis es la liberación de energía y el sólido descompuesto, que viene a ser biocarbón. Este es un proceso que se da en temperaturas que varían desde 300°C hasta 500°C, dependiendo del tipo que sea: lenta, convencional o rápida (Marín & García, 2018).

Otra forma de aprovechamiento de la pirolisis consiste en el desarrollo de un gasificador drowndraft, que facilita la producción de electricidad en pequeñas escalas. Este procedimiento consiste en utilizar un motor que permita aprovechar gases de combustión, y calor sobrante de la descomposición propia del almacenamiento de la biomasa, de modo que se pueda acelerar la pirolisis para a partir de ello mediante una turbina generar electricidad. (Gutierrez, Villavicencio, García, & Torres)

1.6.3. Fermentación o Digestión Anaeróbica

La digestión anaeróbica, es el proceso que permite que los residuos de origen orgánico se descompongan, donde por su propia degradación emiten diferentes gases, principalmente metano y dióxido de carbono, los cuáles pueden ser aprovechados para obtener un beneficio energético.

En términos más específicos se puede decir que este tratamiento se basa en descomponer la materia orgánica en ausencia de oxígeno, ofreciendo una alternativa ante la acumulación de residuos, con grandes beneficios en la calidad de vida y el medio ambiente (Sanchez & Vizcón, 2017)

Este proceso se puede dar de manera natural, pues el almacenamiento de los desperdicios en botaderos a cielo abierto, donde finalmente el metano y dióxido de carbono emitido por los desperdicios afectan a la capa de ozono. Es importante señalar que el hecho de que los desperdicios aumenten por el aumento de la población mundial, implica también un crecimiento proporcional de gas metano, pues esta subida de emisiones se debe también al aumento de la deposición de los residuos orgánicos en un botadero (Gonzales, Gato, Guillot, & Pirez, 2015)

Esta es una de las técnicas más utilizadas en el medio, para producir energía a partir de biomasa, pues permite obtener de los desperdicios energía, generándole valor a algo que simplemente se ha desechado (Cadavid, Bolaños, & Ingrid, 2015).

La digestión anaeróbica también se puede dar mediante el uso de biodigestores, que facilitan el proceso, pues terminan descomponiendo los diferentes residuos para obtener principalmente biogás, además de otros fertilizantes, donde el tamaño del biodigestor depende de acuerdo a la retención de carga que se desea. El resultado de los productos a partir de los biodigestores se puede dar de forma de biol (líquido), que puede ser empleado como fertilizante o solvente orgánico, con mayor concentración de Nitrógeno, Fósforo y Potasio que pueden ser utilizado para las plantas. Este también puede ser utilizado como alimento para animales, pues tienen nutrientes beneficiosos para los mismos. Por otro lado, el resultado obtenido también se da en forma de biogás, que se compone en un 60% por gas metano y en un 40% por dióxido de carbono. Este biogás que puede ser utilizado para generar electricidad o tareas de cocina, combustible limpio que no genera gases nocivos (Arias & López, 2015) Para la digestión anaeróbica de los residuos orgánicos, es muy importante considerar el nivel de ph con el que

se vaya a trabajar, pues a un nivel de ph más neutro, se obtiene una mayor producción de metano, donde niveles de 8 y 6.6, tienen mejor rendimiento que los que están entre 5.5 y 6 (Parra, y otros, 2014).

Otro método que permite un buen aprovechamiento de esta técnica es la co-digestión. Este método consiste en la utilización de lodos o aguas residuales, para que en conjunto con los residuos orgánicos, se pueda generar una mejor producción de metano, pues el dióxido de carbono sería tomado por las aguas residuales. Esta alternativa resulta llamativa, pues permitiría darles tratamiento a aguas residuales y mejorar la producción de gas metano (Julio, Pelaez, & Molina, 2016).

Durante la digestión anaeróbica se obtiene como producto en la primera etapa un lixiviado, que al diluirlo con agua residual o lodos, que al conectarlo a un reactor, como puede ser el UASB operativo, puede mantener rendimientos de metano lo suficientemente altos para la generación de energía (Rodríguez, Rodríguez, Monroy, & Ramírez, 2015).

La fermentación anaeróbica también se puede dar mediante la oxidación por Batch, que es un proceso que se torna algo simple, pues permite la transformación de los residuos en diferentes tipos de energía, ya sea térmica o eléctrica. Esta obtención se da a partir de la fermentación anaeróbica que se da en colaboración procesos físicos o químicos. En un estudio mexicano, se estimó que el uso de esta técnica permitiría producir el 30% de toda la energía requerida en la ciudad de Morelos en México. La implementación de este sistema requiere de una labor constante y tediosa, sin embargo, en el caso de Estados Unidos, donde existen plantas que con esta técnica producen 600 kw-h por cada tonelada de residuos que ellos mismo producen, permitiéndole a las industrias mantener una gestión adecuada de sus residuos que cuide el medio ambiente. Esta cantidad es en promedio 2 veces más, la cantidad de energía eléctrica que consume un hogar promedio de una ciudad latinoamericana (Ruiz, Suarez, Baez, & Saldivar, 2017)

CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método de la investigación tendrá como principal objetivo el desarrollo de un análisis bibliométrico, el cual consiste en utilizar técnicas estadísticas y matemáticas para analizar diferentes tendencias de las referencias bibliográficas usadas en un trabajo de investigación.

a. Descripción del Objeto de Estudio

El objeto de estudio para el presente análisis, son todas las investigaciones que se refieren a las diferentes técnicas de aprovechamiento energético de los residuos orgánicos y municipales en todo el mundo.

b. Descripción del Tipo de Investigación

La presente investigación es tanto de carácter cualitativo como cuantitativo, pues analiza y describe diversos procedimientos que se utilizan para el aprovechamiento energético de los residuos orgánicos municipales e industriales, pero también utiliza valores numéricos para medir el potencial de rendimiento energético que se puede obtener con estas técnicas.

c. Descripción de los Instrumentos de Investigación

Los instrumentos de investigación utilizados, fueron las diferentes bases de datos virtuales que pertenecen a la Universidad Católica San Pablo, de donde se pudo extraer la información necesaria para el análisis. Además, se utilizaron softwares que permitieran plasmar lo analizado como Microsoft Office Word y Microsoft Office Excel.

d. Descripción de la Realización de la Investigación

- i) En primer paso se identificó el problema de la dependencia en el mundo hacia los combustibles fósiles, y se buscó una alternativa para combatir ello, que en este caso fue el aprovechamiento energético de los residuos orgánicos municipales, siendo este el tema escogido para la investigación.
- ii) Posteriormente para la búsqueda de la información se utilizaron diferentes combinaciones de palabras clave en las que se incluyeron: Aprovechamiento

energético, residuos orgánicos, pirolisis, fermentación anaeróbica, compostaje, energías renovables y biomasa Además se determinó que los documentos utilizados no podían haber sido publicados en una fecha anterior al año 2008.

- iii) Una vez definidas las palabras claves, se procedió a buscar información e investigaciones las bases de datos Redalyc, Redib, Scielo y Sedici.
- i) Posteriormente se recolectó la información de acuerdo a distintos filtro y criterios de investigación, dejando un listado de referencias los cuáles serían realizados para el desarrollo del análisis.

Tabla 1: Referencias Bibliográficas Recolectadas

Título	Portal	Año	País	Combinación de Palabras Claves	Técnica
Arias, T., & López, L. (2015). Propuesta Tecnológica para el aprovechamiento energético del bagazo de cebada malteada de la cervecera Hatuey. <i>Tecnología Química</i> , 356-374.	Redalyc	2015	Cuba	Compostaje, Aprovechamiento Energético, Residuos Orgánicos	Compostaje
Aristizabal, B., Vanegas, E., Mariscal, J., & Camargo, M. (2015). Digestión anaerobia de residuos de poda como alternativa para disminuir emisiones de gases de efecto invernadero en rellenos sanitarios. <i>Energética</i> , 29-36.	Redalyc	2015	Colombia	Fermentación Anaeróbica, Aprovechamiento Energético, Residuos Orgánicos	Fermentación Anaeróbica
Balderrama, R. (2014). Las Energías Renovables: La Paradoja de la Impopularidad de las Tecnologías Sustentables. <i>Maskana Ingeniería</i> .	Redib	2014	Ecuador	Energías renovables, Aprovechamiento energético, residuos orgánicos	
Belmonte, S., Franco, J., Nuñez, V., & Viramonte, J. (2013). Las energías renovables como oportunidad y desafío para el desarrollo territorial. <i>AUGMDOMUS</i> , 154-179.	SEDICI	2013	Argentina	Aprovechamiento energético, energías renovables, residuos	
Berrios, M. (2015). Potencial energético contenido en los residuos sólidos urbanos: realidad brasileña. <i>Geosaberes</i> .	Redib	2015	Brasil	Fermentación Anaeróbica, Aprovechamiento Energético, Residuos Orgánicos	Fermentación Anaeróbica
Cadavid, R., Bolaños, L., & Ingrid, V. (2015). Aprovechamiento de residuos orgánicos para la producción de energía renovable en una ciudad colombiana. <i>Energética</i> , 23-28.	Redalyc	2015	Colombia	Compostaje, Aprovechamiento Energético, Residuos Orgánicos	Compostaje
Carrasco, J. (2008). <i>Introducción a la Biomasa como recurso energético</i> . Madrid: OEI Escuela de Negocios.	Otro	2008	España	Aprovechamiento energético, biomasa, residuos orgánicos municipales e industriales	
Cerdá, E. (2012). Energía obtenida a partir de biomasa. <i>Cuadernos Económicos de ICE</i> , 118-140.	Otro	2012	España	Aprovechamiento energético, biomasa, residuos orgánicos municipales e industriales	
Fernández, J., Gutierrez, F., Del Rio, P., San Miguel, G., Bahillo, A., Sanches, J., ... Aracil, J. (2015). <i>Tecnologías para el uso y transformación de biomasa energética</i> . Madrid: Ediciones Mundi - Prensa.	Otro	2015	España	Aprovechamiento energético, biomasa, residuos orgánicos municipales e industriales	
Goldstein, E., Griffa, B., & Marcó, L. (2017). Producir Electricidad con Biomasa: Beneficios, experiencias y actualidad en Argentina. <i>Revista de la Facultad de Ciencias Económicas</i> , 67-79.	Otro	2017	Argentina	Aprovechamiento energético, biomasa, residuos orgánicos municipales e industriales	
Gonzales, Y., Gato, T., Guillot, R., & Pirez, L. (2015). Determinación del Potencial Energético de los Residuos Sólidos Urbanos en Tres Municipios de la Provincia de Luanda, Angola. <i>Tecnología Química</i> , 35-44.	Redalyc	2015	Cuba	Compostaje, Aprovechamiento Energético, Residuos Orgánicos	Compostaje
Gutierrez, E., Villavicencio, A., García, D., & Torres, G. (s.f.). Análisis de un Sistema de Gasificación de biomasa tipo drowndraft. <i>Aporte Santiaguino</i> , 2014.	Redib	2014	Perú	Pirolisis, Aprovechamiento Energético, Residuos Orgánicos	Pirolisis
Julio, I., Pelaez, C., & Molina, F. (2016). Evaluación de la co-digestión aneróbica de lodos de aguas residuales municipales con residuos de alimentos. <i>ION</i> , 63-70.	Redalyc	2016	Colombia	Fermentación Anaeróbica, Aprovechamiento Energético, Residuos Orgánicos	Fermentación Anaeróbica

Marín, J., & García, R. (2018). Elaboración de biocarbón a partir de la cáscara del cacao y raquis del banano. <i>Revista Científica Agroecosistemas</i> , 75-81.	Redib	2018	Ecuador	Pirolisis, Aprovechamiento Energético, Residuos Orgánicos	Pirolisis
Marmolejo, L., Oviedo, E., Jaimes, J., & Torres, P. (2010). Influencia de la Separación en la Fuente Sobre el Compostaje de Residuos Sólidos Municipales. <i>Agronomía Colombiana</i> , 319-328.	Redib	2010	Colombia	Compostaje, Aprovechamiento Energético, Residuos Orgánicos	Compostaje
Mosos, W., Cadavid, L., & Agudelo, A. (2012). Potencial de Biogás de residuos de frutas y verduras provenientes de restaurantes de Palmira. <i>Acta agronómica</i> , 97-98.	Redib	2012	Colombia	Fermentación Anaeróbica, Aprovechamiento Energético, Residuos Orgánicos	Fermentación Anaeróbica
Olivares, N., Iñiguez, S., Contreras, J., & Hernandez, G. (2018). Propuesta de Diseño de una Planta Industrial para el Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos para el Municipio de Arandas, Jalisco. <i>Ra Ximhai</i> , 101-117.	Redib	2018	Mexico	Fermentación Anaeróbica, Aprovechamiento Energético, Residuos Orgánicos	Fermentación Anaeróbica
Oviedo, E., Marmolejo, R., & Torres, P. (2017). Avances en Investigación Sobre el Compostaje de Biorresiduos en Municipios Menores de Países en Desarrollo. <i>Ingeniería, Investigación y Tecnología</i> , 31-42.	Scielo	2017	Colombia	Compostaje, Aprovechamiento Energético, Residuos Orgánicos	Compostaje
Parra, B., Torres, P., Marmolejo, L., Cardenas, L., Vasquez, C., Torres, W., & Ordoñez, J. (2014). Influencia del Ph sobre la Digestión Anaerobia de Biorresiduos de Origen Municipal. <i>U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica</i> , 553-562.	Scielo	2014	Colombia	Fermentación Anaeróbica, Aprovechamiento Energético, Residuos Orgánicos	Fermentación Anaeróbica
Posso, F., Acevedo, J., & Hernandez, J. (2014). El Impacto Económico de las Energías Renovables. <i>Aibi Revista de Investigación</i> , 50-44.	Redib	2014	Colombia	Impacto económico, energías renovables, aprovechamiento energético	
Rodríguez, R., Rodríguez, S., Monroy, O., & Ramírez, F. (2015). Producción de metano a partir de la mezcla del lixiviado de residuos sólidos urbanos y el agua residual municipal. <i>Revista Cubana de Química</i> , 243-251.	Redalyc	2015	Cuba	Fermentación Anaeróbica, Aprovechamiento Energético, Residuos Orgánicos	Fermentación Anaeróbica
Ruiz, D., Suarez, J., Baez, J., & Saldívar, R. (2017). Potencial de transformación de residuos sólidos urbanos en energía a través del sistema de oxidación por Batch en Asunción Paraguay. <i>Población y Desarrollo</i> , 53-60.	Redib	2017	Paraguay	Fermentación Anaeróbica, Aprovechamiento Energético, Residuos Orgánicos	Fermentación Anaeróbica
Sanchez, F., & Vizcón, R. (2017). La Codigestión de Residuos Orgánicos una Contribución Energética, Ambiental y de Salud Humana. <i>Ingeniería Energética</i> , 213-223.	Redalyc	2017	Cuba	Compostaje, Aprovechamiento Energético, Residuos Orgánicos	Compostaje
Vargas, F., & Ramírez, Y. (2014). Potencial de Energía Calorífica de los Residuos Sólidos Municipales para Reemplazar el Carbon Mineral. <i>Teknos</i> , 23-26.	Redib	2014	Colombia	Compostaje, Aprovechamiento Energético, Residuos Orgánicos	Compostaje

Fuente: Elaboración Propia

- iv) Una vez recolectadas todas las referencias bibliográficas a revisar, se procedió a dar lectura a todas para armar la estructura y el contenido de la investigación realizada.
- v) Finalmente se procedió a desarrollar a plasmar todos los conocimientos obtenidos a partir de la lectura realizada de las referencias bibliográficas en la presente investigación.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

De la información recolectada se obtuvieron los siguientes resultados, para posteriormente ser analizados.

1. Número de investigaciones aportadas por país para el desarrollo de la investigación

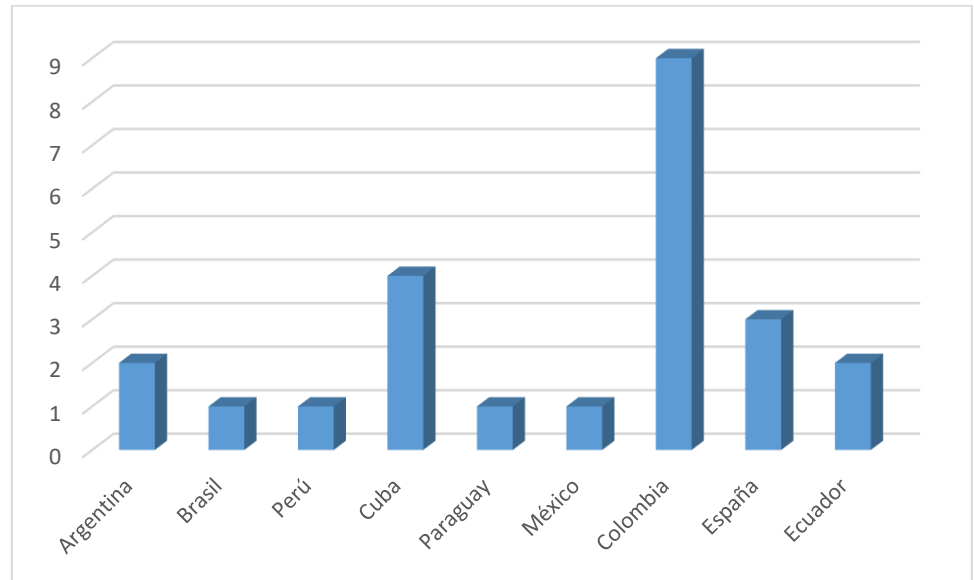


Figura 1: Investigaciones aportadas por país para el desarrollo de la investigación

- Para la presente investigación, la mayoría de artículos utilizados fueron recogidos del país de Colombia, del cual se obtuvieron 9 artículos, que representan aproximadamente el 38% de las referencias utilizadas. Mientras que de países como México, Brasil, Perú y Paraguay se obtuvo solo 1 artículo de cada uno. Donde entre todos representan solamente el 16,67% de la bibliografía utilizada.

2. Número de investigaciones recolectadas por año de publicación.



Figura 2: Investigaciones recolectadas por año de publicación

- Se ha podido identificar que la mayoría de investigaciones utilizadas son del año 2014 y 2015, representando la mayor parte de referencias bibliográficas equivalente al 50%, mientras que en los años posteriores está el 30% de la bibliografía utilizada, mientras que los anteriores representan el 20%.

3. Número de investigaciones obtenidas de acuerdo al grupo de palabras clave de búsqueda utilizado. Para ello se consideraron las siguientes combinaciones.

Palabras clave	Combinación
Aprovechamiento energético, biomasa, residuos orgánicos	Combinación 1
Aprovechamiento energético, energías renovables, residuos	Combinación 2
Compostaje, Aprovechamiento Energético, Residuos Orgánicos	Combinación 3
Energías renovables, Aprovechamiento energético, residuos orgánicos	Combinación 4
Fermentación Anaeróbica, Aprovechamiento Energético, Residuos Orgánicos	Combinación 5
Impacto económico, energías renovables, aprovechamiento energético	Combinación 6
Pirólisis, Aprovechamiento Energético, Residuos Orgánicos	Combinación 7

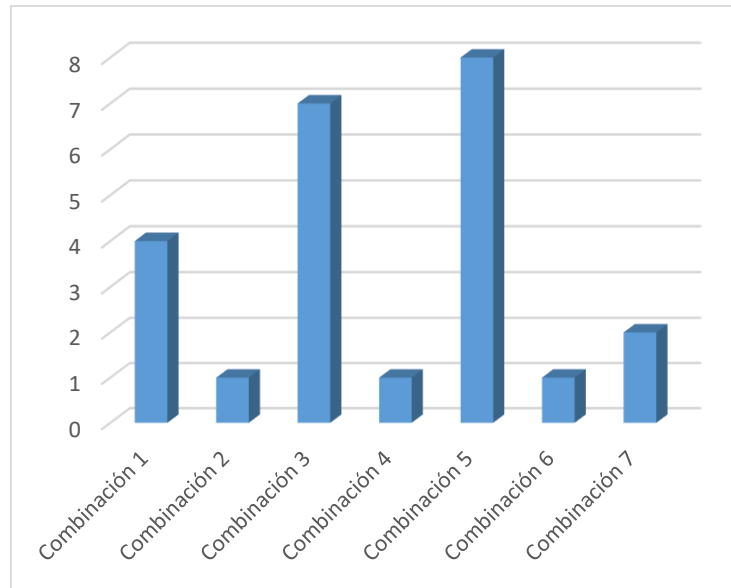


Figura 3: Investigaciones obtenidas por grupo de palabras clave de búsqueda utilizados

- Como podemos ver en el gráfico 3, la mayoría de resultados de búsqueda obtenidos se dieron con la combinación de palabras número 5 y número 3, seguidos de la combinación número 1.

4. Número de investigaciones que hacen referencia a cada tipo de técnica de aprovechamiento energético trabajado en la investigación

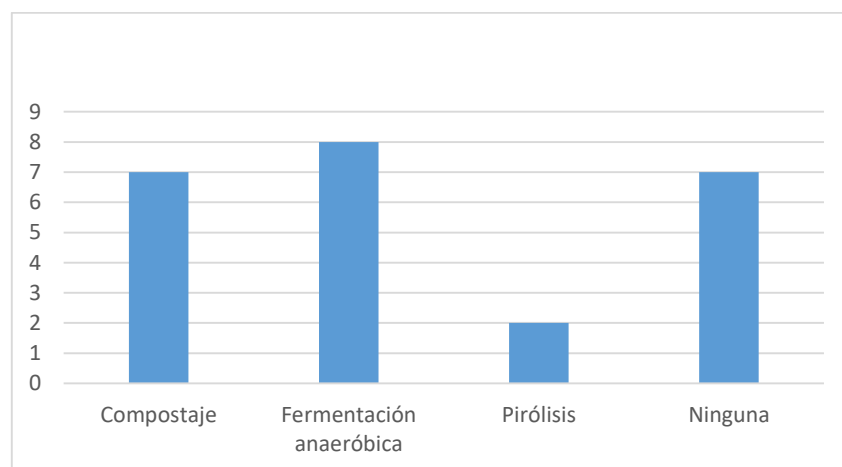


Figura 4: Investigaciones de acuerdo a la técnica de aprovechamiento energético desarrollada

- Según la información recolectada, podemos ver una tendencia en las investigaciones hacia la fermentación anaeróbica y el compostaje, dejando un poco más de lado a la pirolisis. Mientras que los 7 artículos que se registran en ninguno hacen referencia a los documentos usados que no hacen referencia a ninguna técnica.

5. Tendencia de investigaciones sobre las técnicas de aprovechamiento energético por país.

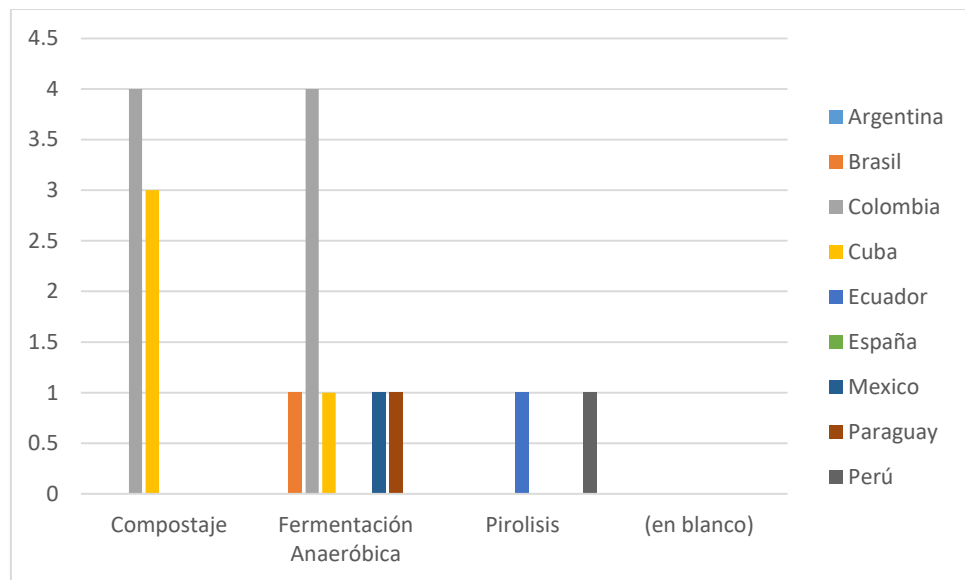


Figura 5: Investigaciones sobre cada técnica de aprovechamiento por país

- Estableciendo una relación entre los tipos de aprovechamiento de los residuos orgánicos y los países, podemos ver que en países como Colombia está muy investigado el tema de la fermentación anaeróbica y el compostaje. En Brasil podemos ver que la tendencia de investigación se dirige hacia la fermentación anaeróbica, siendo el mismo caso para Paraguay y México. Por otro lado podemos identificar que la mayoría de investigaciones utilizadas extraídas de Ecuador y Perú, hacen referencia a la pirolisis. Mientras que Cuba, presenta estudios en compostaje y fermentación anaeróbica, siendo la primera técnica la más desarrollada. Además, las investigaciones aportadas por España y Argentina

no aportaron contenido referente a las técnicas de aprovechamiento en la presente investigación.

6. Tendencia de la publicación de investigaciones por año en cada país.

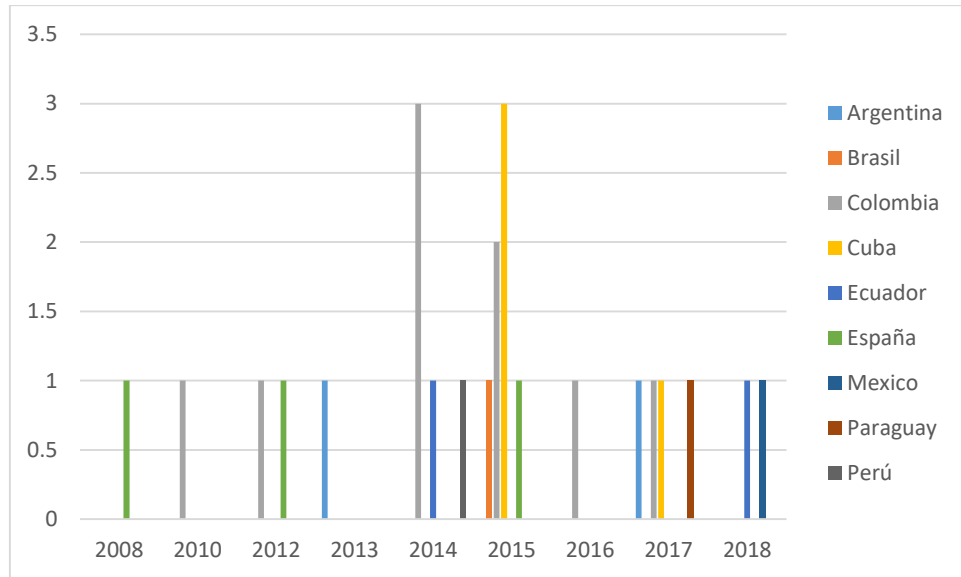


Figura 6: Investigaciones recolectadas por año en cada país.

- En la presente investigación, la mayoría de aportes de Cuba se dio en los años 2015 y 2016, mientras que para Colombia fue en 2014 y 2015, concentrando la mayor cantidad de referencias bibliográficas usadas en la investigación. Además, podemos ver que las investigaciones aportadas por Colombia se han dado en la mayoría de investigaciones del rango seleccionado. Mientras que las más actuales son las recogidas de México y Ecuador.

7. Tendencia de las investigaciones aportadas por cada país a cada portal web

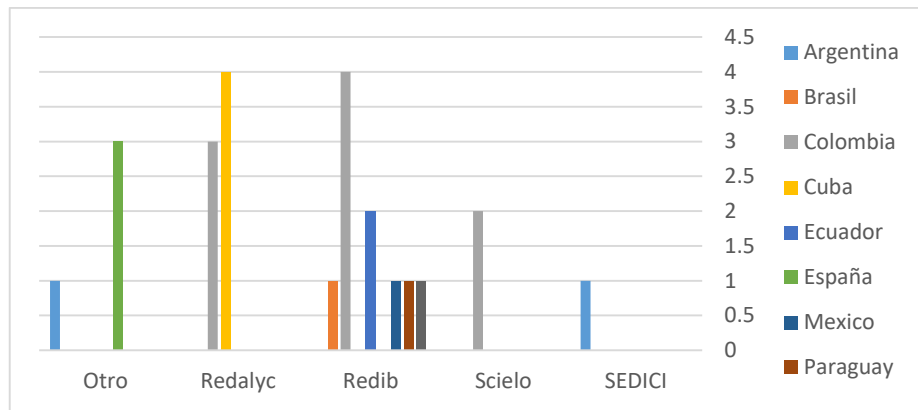


Figura 7: Investigaciones aportadas por cada país en portal web

- Como podemos ver en el gráfico 7, los aportes de Argentina se dieron en SEDICI y otra fuente no perteneciente a la biblioteca de la UCSP. En el caso de Brasil, su investigación fue recuperada por Redib. Las investigaciones de Colombia han sido recolectadas de Redalyc, Redib y Scielo. Por otro lado, las de Cuba se obtuvieron de Redalyc. Las de Ecuador fueron recuperadas de Redib, mientras que las de España fueron extraídas de otras fuentes. En el caso de las recolectas de Perú, Paraguay y México, todas fueron recuperadas de Redib.

8. Tendencia de las investigaciones aportadas por año de acuerdo a las técnicas de aprovechamiento.

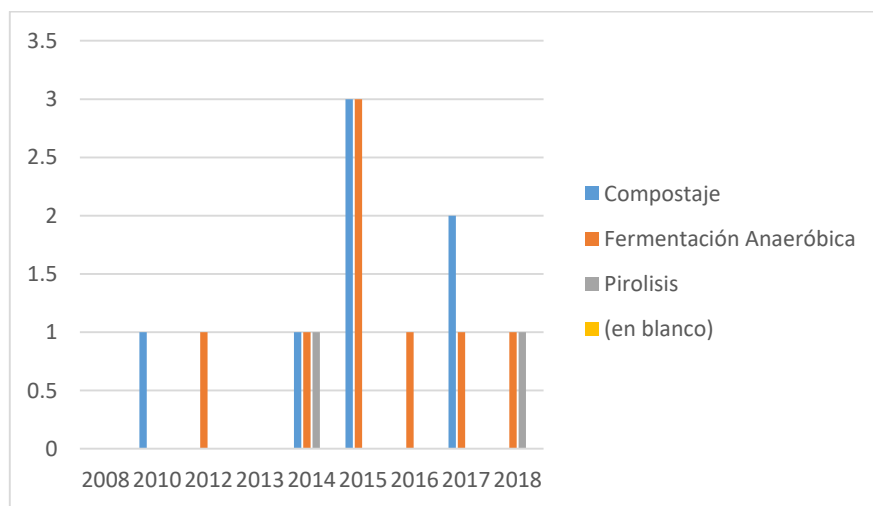


Figura 8: Investigaciones aportadas por año de acuerdo a cada técnica de aprovechamiento

- Según la gráfica, podemos ver que los estudios sobre el compostaje han sido recolectados de los años 2008, 2014, 2015 y 2017. Siendo el 2015 donde se obtuvo más información sobre esta técnica. Mientras que lo mismo ocurre con la Fermentación Anaeróbica, sin embargo, sus investigaciones se han dado en el año 2012, 2014, 2015, 2016, 2017 y 2018. Además, por otro lado, los documentos referentes a pirolisis son de los años 2014 y 2018.

9. Tendencia de las investigaciones realizadas referente a las técnicas de aprovechamiento en cada portal web.

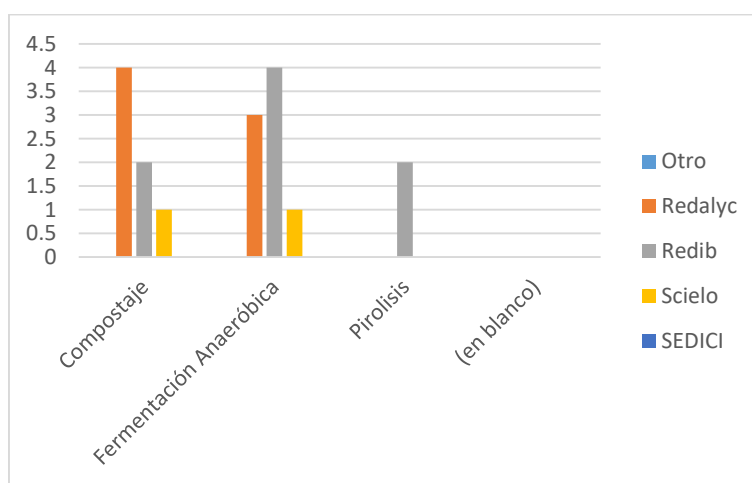


Figura 9: Investigaciones de cada técnica de aprovechamiento por cada portal web

- Como podemos ver en el gráfico, de la bibliografía empleada y las técnicas de aprovechamiento energético investigadas, el compostaje se desarrolló con bibliografía perteneciente a Redalyc, Redib y Scielo. Lo mismo ocurre con la fermentación anaeróbica, mientras que la información referida a pirolisis fue extraída de Redib.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a lo investigado, se puede concluir que el mundo enfrente una situación crítica en temas de contaminación y cambio climático. Una de las alternativas que se presentan para combatir este problema, es el uso de energías renovables, donde el uso de la biomasa, para la obtención de energía resulta una opción bastante interesante. Actualmente el mundo produce grandes cantidades de desperdicios los cuáles pueden ser aprovechados de diferentes maneras con fines energéticos, por lo que en los últimos años se han realizado investigaciones acerca de los métodos que permiten aprovechar esta fuente energética.

Según lo recolectado e investigado, podemos decir que Colombia es el país donde se han desarrollado más investigaciones sobre este tema a lo largo de los años, pues la situación que es cada vez más crítica exige que se empiece a buscar maneras de mejorar esta situación. La información recolectada en el presente trabajo va desde el 2008 hasta el 2018, por lo que podemos decir que esta es actual y pertinente para lograr un correcto aprovechamiento de energía.

Las técnicas investigadas y analizadas, nos permiten ver una tendencia hacia el estudio de la fermentación anaeróbica, esto debido a que según lo analizado, esta técnica permite la obtención de un biogás y da más facilidades en tanto al procedimiento para la obtención de energía aprovechando cualquier tipo de residuo orgánico. Adicionalmente podemos decir que según lo investigado, el compostaje también resulta una buena alternativa para gestionar los residuos orgánicos municipales e industriales, permitiendo obtener resultados a los que se les puede dar una buena gestión y uso. Aunado a ello, existe la posibilidad del uso de la pirolisis para obtener un combustible a partir de los desechos. Sobre esta técnica no existen muchas investigaciones, pues como ya se mencionó, según lo dicho por los autores, el potencial energético y rendimiento se da de mejor manera en la fermentación anaeróbica, sin embargo es importante analizar todas las opciones que se pueden utilizar.

El impacto económico del uso de la biomasa como fuente energética sería relevante, pues si bien sus costos de instalación para cualquier energía renovable son más altos que un combustible fósil, la biomasa es dentro de todas, la que requiere de menores costos, por lo que

su aplicación además sería beneficiosa teniendo en cuenta el valor del carbono y metano en el mercado, y los puestos de trabajo que podría generar.

Existe información pertinente y actualizada referente al aprovechamiento energético de los residuos orgánicos sólidos municipales e industriales, sin embargo, esta es descuidada y no es aplicada en grandes escalas en el mundo, que urgentemente necesita un cambio.

Referencias Bibliográficas

- Arias, T., & López, L. (2015). Propuesta Tecnológica para el aprovechamiento energético del bagazo de cebada malteada de la cervecera Hatuey. *Tecnología Química*, 356-374. Recuperado de www.redalyc.org
- Aristizabal, B., Vanegas, E., Mariscal, J., & Camargo, M. (2015). Digestión anaerobia de residuos de poda como alternativa para disminuir emisiones de gases de efecto invernadero en rellenos sanitarios. *Energética*, 29-36. Recuperado de www.redalyc.org
- Balderrama, R. (2014). Las Energías Renovables: La Paradoja de la Impopularidad de las Tecnologías Sustentables. *Maskana Ingeniería*. Recuperado de www.redib.org
- Banco Mundial. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Washington D.C.
- Belmonte, S., Franco, J., Nuñez, V., & Viramonte, J. (2013). Las energías renovables como oportunidad y desafío para el desarrollo territorial. *AUGMDOMUS*, 154-179. Recuperado de www.sedici.unlp.edu.ar
- Berrios, M. (2015). Potencial energético contenido en los residuos sólidos urbanos: realidad brasileña. *Geosaberes*. Recuperado de www.redib.org
- Cadavid, R., Bolaños, L., & Ingrid, V. (2015). Aprovechamiento de residuos orgánicos para la producción de energía renovable en una ciudad colombiana. *Energética*, 23-28. Recuperado de www.redalyc.org
- Carrasco, J. (2008). *Introducción a la Biomasa como recurso energético*. Madrid: OEI Escuela de Negocios.
- Cerdá, E. (2012). Energía obtenida a partir de biomasa. *Cuadernos Económicos de ICE*, 118-140.
- Fernández, J., Gutierrez, F., Del Rio, P., San Miguel, G., Bahillo, A., Sanches, J., . . . Aracil, J. (2015). *Tecnologías para el uso y transformación de biomasa energética*. Madrid: Ediciones Mundi - Prensa.
- Goldstein, E., Griffa, B., & Marcó, L. (2017). Producir Electricidad con Biomasa: Beneficios, experiencias y actualidad en Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas*, 67-79.
- Gonzales, Y., Gato, T., Guillot, R., & Pirez, L. (2015). Determinación del Potencial Energético de los Residuos Sólidos Urbanos en Tres Municipios de la Provincia de Luanda, Angola. *Tecnología Química*, 35-44. Recuperado de www.redalyc.org
- Gutierrez, E., Villavicencio, A., García, D., & Torres, G. (s.f.). Análisis de un Sistema de Gasificación de biomasa tipo drowndraft. *Aporte Santiaguino*, 2014. Recuperado de www.redib.org

- Instituto Nacional de Estadística. (2012). *Registro Nacional de Municipalidades*. Lima.
- Instituto Nacional de Estadística. (2012). *Registro Nacional de Municipalidades*. Lima.
- Julio, I., Pelaez, C., & Molina, F. (2016). Evaluación de la co-digestión aneróbica de lodos de aguas residuales municipales con residuos de alimentos. *ION*, 63-70. Recuperado de www.redalyc.org
- Macero, D. (11 de Septiembre de 2018). En el Perú aún se prioriza el uso de combustibles fósiles. *El Comercio*.
- Marín, J., & García, R. (2018). Elaboración de biocarbón a partir de la cáscara del cacao y raquis del banano. *Revista Científica Agroecosistemas*, 75-81. Recuperado de www.redib.org
- Marmolejo, L., Oviedo, E., Jaimes, J., & Torres, P. (2010). Influencia de la Separación en la Fuente Sobre el Compostaje de Residuos Sólidos Municipales. *Agronomía Colombiana*, 319-328. Recuperado de www.redib.org
- Mosos, W., Cadavid, L., & Agudelo, A. (2012). Potencial de Biogás de residuos de frutas y verduras provenientes de restaurantes de Palmira. *Acta agronómica*, 97-98. Recuperado de www.redib.org
- Olivares, N., Iñiguez, S., Contreras, J., & Hernandez, G. (2018). Propuesta de Diseño de una Planta Industrial para el Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos para el Municipio de Arandas, Jalisco. *Ra Ximhai*, 101-117. Recuperado de www.redib.org
- Organización de Evaluación y Fiscalización Ambiental. (2018). *Organización de Evaluación y Fiscalización Ambiental*. Obtenido de <https://www.oefa.gob.pe/noticias-institucionales/oefa-identifica-1585-botaderos-informales-nivel-nacional>
- Oviedo, E., Marmolejo, R., & Torres, P. (2017). Avances en Investigación Sobre el Compostaje de Biorresiduos en Municipios Menores de Países en Desarrollo. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 31-42. Recuperado de www.scielo.org
- Parra, B., Torres, P., Marmolejo, L., Cardenas, L., Vasquez, C., Torres, W., & Ordoñez, J. (2014). Influencia del Ph sobre la Digestión Anaerobia de Biorresiduos de Origen Municipal. *U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 553-562. Recuperado de www.scielo.org
- Posso, F., Acevedo, J., & Hernandez, J. (2014). El Impacto Económico de las Energías Renovables. *Aibi Revista de Investigación*, 50-44. Recuperado de www.redib.org
- Rodriguez, R., Rodriguez, S., Monroy, O., & Ramirez, F. (2015). Producción de metano a partir de la mezcla del lixiviado de residuos sólidos urbanos y el agua residual municipal. *Revista Cubana de Química*, 243-251. Recuperado de www.redalyc.org

Ruiz, D., Suarez, J., Baez, J., & Saldivar, R. (2017). Potencial de transformación de residuos sólidos urbanos en energía a través del sistema de oxidación por Batch en Asunción Paraguay. *Población y Desarrollo*, 53-60. Recuperado de www.redib.org

Sanchez, F., & Vizcón, R. (2017). La Codigestión de Residuos Orgánicos una Contribución Energética, Ambiental y de Salud Humana. *Ingeniería Energética*, 213-223. Recuperado de www.redalyc.org

Sistema Nacional de Información Ambiental. (2017). *Cifras Ambientales 2017*. Lima.

Vargas, F., & Ramírez, Y. (2014). Potencial de Energía Calorífica de los Residuos Sólidos Municipales para Reemplazar el Carbon Mineral. *Teknos*, 23-26. Recuperado de www.redib.org