

BIOENERGÍA: UNA FORMA DE POTENCIAR UN AUTOABASTECIMIENTO ENERGÉTICO SUSTENTABLE

Ing. MSc. Anthony Alexander Díaz Arias

Petróleos de Venezuela, S.A (P.D.V.S.A), Refinería El Palito.

Puerto Cabello, Venezuela

diazanthonyalexander@gmail.com

Resumen

En años recientes, el biogás como fuente de energía contribuyó a suplir parte de la demanda de energía generada producto de fluctuaciones económicas y productivas ocurridas en las fuentes energéticas tradicionales, siendo las principales materias primas que se utilizan para la obtención de los residuos y/o desechos orgánicos provenientes de actividades esenciales como la pecuaria, el tratamiento de aguas residuales y la agroindustria, las cuales emiten gases de efecto invernadero contaminantes del ambiente. No obstante, el objetivo de esta investigación documental, es describir la situación actual de dicha fuente de bioenergía, su capacidad instalada para la producción de biogás, así como su potencial a largo plazo. La metodología de investigación empleada fue de tipo cualitativa enfocada en el método de investigación de tipo exploratorio descriptivo, en el cual se utilizaron fuentes de información secundarias referentes a la temática de la bioenergía y el biogás. Desde este punto de vista se indica que se prevé un incremento de su producción en el futuro, diversificando la matriz energética por lo que pudiera emplearse en procesos de calefacción, electricidad, biocombustible y creando nuevos puestos de trabajo lo que apunta a una economía circular, aunque sus oportunidades de desarrollo están estrechamente relacionadas con la generación de políticas públicas que incentiven y potencien su implementación como un sistema integral de autoabastecimiento energético.

Palabras clave: Biogás, Bioenergía, Desperdicio agrícola.

Recibido: 24/04/2022

Aceptado: 14/11/2022

Revista In Situ/ISSN 2610-8100/Vol. 6 N°6/ Año 2023.

San Felipe, Venezuela/Universidad Nacional Experimental del Yaracuy, pp. 228 - 242

BIOENERGY: A WAY TO PROMOTE SUSTAINABLE ENERGY SELF-SUPPLY

Ing. MSc. Anthony Alexander Díaz Arias

Petróleos de Venezuela, S.A (P.D.V.S.A), Refinería El Palito.

Puerto Cabello, Venezuela

diazanthonyalexander@gmail.com

Abstract

In recent years, biogas as an energy source has contributed to supplying part of the demand for energy generated as a result of economic and productive fluctuations occurred in traditional energy sources, being the main raw materials used to obtain organic waste or waste from essential activities such as livestock, wastewater treatment and agribusiness, which emit greenhouse gases that pollute the environment. However, as an objective of this documentary research, we have to describe the current situation of this bioenergy source, its installed capacity for biogas production, as well as its long-term potential. The research methodology used in the review was qualitative and focused on the exploratory descriptive research method, in which secondary sources of information on the subject of bioenergy and biogas were used. From this point of view, it is foreseen that its production will increase in the future, diversifying the energy matrix so that it could be used in heating processes, electricity, biofuel and creating new jobs, which points to a circular economy, although its development opportunities are closely related to the generation of public policies that encourage and strengthen its implementation as an integral system of energy self-sufficiency.

Keywords: Biogas, Bioenergy, Agricultural wastes.

Introducción

La producción de biogás como fuente de energía alternativa ante las fluctuaciones económicas en el mercado energético tradicional de las energías fósiles, es altamente relevante, como lo señalan Godoy et al. (2018, párrafo 08) quienes indican que “la presencia de alternativas energéticas de índole eficiente o renovable, son las opciones más viables”. De allí, la importancia de que parte de los sistemas de tratamiento de residuos orgánicos generados en los distintos sectores de la sociedad comprendan desechos generados en la producción pecuaria, en la agroindustria, plantas de tratamientos de aguas residuales, entre otras. En años recientes y no tan recientes, el biogás ha tenido un papel importante en el tema de suplir parte de las necesidades energéticas de la población debido a que esta fuente de energía presenta ciertas características que le permiten diferenciarse de otras fuentes energéticas, entre las cuales destaca su diversidad de aplicaciones, “de las cuales se pueden obtener calor, electricidad o fuerza motriz” (Núñez, 2012, p. 148).

En contexto, en las actividades pecuarias se generan desechos orgánicos (estiércoles de animales), mismos que pueden ser aprovechados al igual que los residuos de la agroindustria y los que se obtienen en las plantas de tratamientos de aguas residuales municipales e industriales, a través de procesos biotecnológicos de digestión anaeróbica que se llevan a cabo en Biodigestores, donde se transforman en energía que puede satisfacer necesidades de calefacción, electricidad y biocombustibles, contribuyendo a su vez, a la preservación y conservación del ambiente producto de la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero que se desprenden por la disposición no adecuada de la materia orgánica.

No obstante, el biogás como fuente de energía para el autoabastecimiento energético a largo plazo debe ser analizado desde diferentes ámbitos como su aceptación y utilización en años recientes, su capacidad actual instalada y su proyección a futuro que le permita potenciar su desarrollo y difusión a largo plazo.

La metodología de investigación empleada en la presente revisión documental, es de tipo cualitativa, enfocada en el método exploratorio descriptivo, mediante el cual se abordó, indagó y recolectó información de fuentes secundarias relevantes acerca la bioenergía y el biogás como fuente de energía, la capacidad instalada de biogás, las políticas desarrolladas para potenciar su implementación en los próximos años, partiendo de palabras clave como: bioenergía, biocombustibles, Biodigestores, biogás, digestión anaeróbica, energía

alternativa, entre otras. En este orden de ideas, es importante señalar que entre las fuentes de revisión empleadas se encuentran Springer Link, Science Direct, así como documentos oficiales de organizaciones como las Naciones Unidas y la Agencia Internacional de Energía, entre otras, las cuales fueron delimitadas en el tiempo entre los años 2012 y 2021. Asimismo, el desarrollo de esta revisión documental permitió plantear reflexiones finales acerca de las potencialidades que tiene el biogás para su implementación en el futuro donde se transforme la materia orgánica en bioenergía.

Situación Actual del Biogás

El biogás como alternativa a la problemática energética mundial ha tenido en los últimos años un papel representativo, tal como lo refiere Reyes (2016, p. 13) quien manifiesta que “con la constante subida de los precios de los combustibles fósiles, unido a la crisis medioambiental que se genera, se vuelve a valorar la utilidad de los desechos orgánicos y su aprovechamiento para obtener combustibles”. Por tanto, se puede mencionar que el biogás tiene la capacidad de desarrollar sistemas energéticos modernos, eficientes y seguros para la población, además de ser sustentables y sostenibles en el tiempo por su carácter renovable ya que utiliza como materia prima, residuos orgánicos que se generan en las ciudades, así como en las comunidades rurales con la cría de animales y con los desechos y/o residuos que se obtienen en el desarrollo de la agricultura.

En este sentido, es importante destacar que cuando se habla de biogás se hace referencia al aprovechamiento de materias orgánicas como estiércoles de animales (cerdos, caballos, conejos, cabras, gallinas, entre otros), así como (Cuesta-Santianes et al. 2009, p. 15) “residuos biodegradables generados en determinadas industrias como la cervecera, azucarera, alcoholera” y de los recursos que se tienen al alcance en cuanto a estructuras. Por tanto, se puede señalar lo referido por Reyes (2016, p. 13) quien establece que “la producción de biogás, a través de la fermentación anaeróbica, es uno de los procesos biológicos más frecuentes usados por la naturaleza para descomponer los materiales orgánicos”.

En consideración a lo anterior, se hace mención a que el biogás como fuente de energía, según la Agencia Internacional de Energía (AIE, 2020, p.3) “se encuentra en la intersección de dos desafíos críticos de la vida moderna: lidiar con la creciente cantidad de desechos orgánicos que producen las sociedades y economías modernas, y el imperativo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero”.

A este respecto, y de acuerdo a lo manifestado por Enamala et al. (2018, p. 50) sobre las energías alternativas y los biocombustibles, “se han convertido en un tema de debate para el reemplazo de los combustibles fósiles por otras fuentes alternativas, especialmente, las que benefician el ambiente”, y lo referido por Wang (2014, p. 9) quien señala que “las preocupaciones económicas y ambientales a largo plazo han dado lugar a una gran cantidad de investigaciones en las últimas dos décadas sobre fuentes renovables de bioenergía para reemplazar los combustibles fósiles” resulte en un tema de vital importancia en el camino de los países por cumplir con los objetivos del desarrollo sostenible planteados por la naciones unidas como el objetivo número 7 que consiste en “garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna” (Naciones Unidas, 2021, párrafo 1).

Como se puede observar, la implementación del biogás como fuente de energía alternativa permite la continua reutilización de los recursos debido a que transforma los residuos orgánicos en energía, posibilitando la satisfacción de la demanda energética fósil a la vez que se contribuye con la preservación y conservación del ambiente tal como lo señala Aro (2016, p. 24), quien asevera que “los biocombustibles se han convertido en el mayor combustible renovable y consumido en el mundo debido a la creciente demanda de sustitución de los combustibles fósiles por renovables, reduciendo así las emisiones de gases de efecto invernadero”.

Capacidad Instalada para la Producción de Biogás

El biogás representa una fuente de energía alternativa con gran valor para ser empleada en la cocción de alimentos como combustible alternativo para cocina que sustituya la implementación de los combustibles fósiles tradicionales derivados de la explotación petrolera y gasífera. De acuerdo a Clemens et al. (2018, p. 23) “a nivel mundial, se han instalado aproximadamente 50 millones de sistemas de biogás”. En este sentido, vale destacar que esta fuente de energía en su desarrollo genera beneficios en términos de productividad agrícola debido a la obtención de un subproducto conocido como digestato, el cual, es rico en macro y micronutrientes que puede ser utilizado como biofertilizante para aumentar la producción agroalimentaria.

Además, es importante señalar que según establece la AIE (2020, p. 6), “la producción de biogás en 2018 fue de alrededor de 35 millones de toneladas equivalentes de petróleo”, y también señala esta misma agencia que si se utilizara a pleno la capacidad instalada actual a nivel mundial “se podría cubrir aproximadamente el 20 % de la demanda mundial de gas”.

En este contexto, se puede hacer mención que en conjunto “la energía renovable (incluidos los biocombustibles) ha tenido un aumento de alrededor del 9,5 % similar a los incrementos observados en 2017, 2018 y 2019” (British Petroleum, 2021, p. 2).

Asimismo, es importante señalar que para los próximos años se prevé que aumente la producción de biogás debido a la mayor disponibilidad de materia prima sostenible producto de la mejora en la gestión de los desechos orgánicos, así como en el desarrollo de programas de recolección de residuos en diversos países por lo que representa todo un “desafío mantener el reciente ritmo de crecimiento a medida que el tamaño general de las energías renovables se expande” (British Petroleum, 2021, p. 9).

Igualmente, desde la mirada de (Cuellar-Bermúdez et al. 2015, p. 54) “se espera que la producción de biocombustibles ofrezca nuevas oportunidades para diversificar las fuentes de ingresos y suministro de combustible, promover el empleo en las zonas rurales y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero”. Mientras que la World Bioenergy Association (WBA, 2020, p. 8) considera que los gobiernos y los actores políticos deben desarrollar políticas que permitan “asegurar a los inversores y a la comunidad bioenergética en general su apoyo a la bioenergía y su papel crucial en la reducción del uso de combustibles fósiles, generación de empleos, desarrollo económico local y lucha contra el cambio climático”.

Políticas Enmarcadas en el Desarrollo del Biogás

El sector del biogás como fuente de energía alternativa es liderado por países como Alemania y Países Bajos en Europa, Tailandia, China y la India en Asia, Estados Unidos, México y Brasil en América, quienes han impulsado y desarrollado políticas de apoyo en investigación, en tecnología y financiamiento para mitigar los efectos del cambio climático generado por las emisiones de gases de efecto invernadero derivado del no aprovechamiento de las materias orgánicas generadas en las diversas actividades de la sociedad y la industria.

La diversificación de la matriz energética en los países contribuye a aumentar la participación de las fuentes de energías alternativas, traduciéndose esto en resultados positivos para las naciones porque representa una herramienta que permite disminuir el flujo saliente permanente de divisas y con ello, incrementar el abastecimiento y la seguridad energética a lo largo del tiempo.

No obstante, la diversificación de la matriz energética está sujeta a las políticas públicas que establecen los distintos gobiernos en cada uno de sus países,

tal como lo señalan Hernández et al. (2017, p. 207) quienes consideran que es necesario “establecer una política pública que oriente y remita a los distintos actores hacia la digestión anaerobia de aguas residuales y lodos con la intención de usar la energía del biogás”, ya que si solo se procesan desechos orgánicos se tendrá un limitado aporte a la matriz energética de los países.

De igual forma, se puede señalar que la World Biogas Association (2019, p. 3) invita a la implementación de una economía circular por medio de la digestión anaerobia de residuos orgánicos por lo que establece que deben existir “planes nacionales de energía para elevar el nivel de producción y consumo de energía renovable en la próxima década, incorporando metas para la producción de biogás por digestión anaeróbica”.

Futuro del Biogás a Nivel Mundial

Ante los diversos inconvenientes que implica la explotación y utilización de los combustibles fósiles como el petróleo, el gas natural y el carbón, surgen alternativas como el aprovechamiento de los residuos orgánicos como materia prima biodegradable que permite su transformación y obtención de energía en diferentes formas como biogás, biocombustibles, electricidad, gas de síntesis, entre otras.

En este orden de ideas, se puede destacar lo mencionado por Hernández-Gómez y Chamorro-Camazón (2016, p. 2) quienes señalan que el “biogás generado a través de la digestión anaeróbica de residuos orgánicos y cultivos energéticos, así como el gas de síntesis procedente de la gasificación de materia orgánica (syngas), son fuentes de energía renovable candidatas a reemplazar a los combustibles fósiles”. Ello, debido a que el biogás que se genera en palabras de los autores anteriormente mencionados “tiene características combustibles similares al gas natural, por lo que puede emplearse como sustituto en los procesos de generación de calor y electricidad y como materia prima para la síntesis de compuestos químicos” (p. 2).

Asimismo, se puede decir que el biogás es una de las fuentes de energía alternativa viable para combatir el agotamiento y la contaminación ambiental que generan las energías fósiles tradicionales. Por lo tanto y de acuerdo con lo señalado por Cuesta-Santianes et al. (2009, p. 16) es una “fuente de energía renovable, inagotable, limpia y que se puede utilizar de forma autogestionada, siendo una de las energías renovables más accesible, dada la facilidad de su obtención”.

En el futuro, el biogás tendrá un papel importante en el desarrollo de las

fuentes alternativas de energía debido a que por medio de ellas se está favoreciendo la preservación y conservación del ambiente, ya que estas fuentes de energías se pueden emplear como combustible alternativo para cocinar, así como en la generación de electricidad, tal como lo señala Reyes (2016, p. 20) quien asevera que “en el futuro podemos aprovechar para la generación eléctrica y cocción de alimentos la obtención de biogás”, lo que a su vez conlleva a impulsar las palabras de Vera-Romero et al. (2017, p. 309) es “importante analizar otras fuentes alternativas con alto potencial de ser explotadas, sea que se obtenga de los estiércoles o de los residuos sólidos urbanos”.

Igualmente, se puede señalar que si al biogás que se genera por medio de la digestión anaeróbica de materias orgánicas se le aplica un mayor refinado o proceso de depuración se obtiene biometano, el cual es un gas similar al gas natural por sus altas concentraciones de metano por lo que puede incorporarse a las infraestructuras de gas natural existentes en los países. De allí, que la gran importancia del biogás radica en que es la única fuente de energía alternativa que puede incorporarse en cualquiera de las aplicaciones energéticas ya sea como carburante, electricidad y térmica.

Otro de los principales usos que se le da al biogás que se genera es la transformación en electricidad, así como su empleo en la cocción de alimentos. Ante esta situación vale a Gutiérrez (2018, p. 17) que muy bien explica que “las oportunidades más grandes para dominar el futuro mercado de la energía térmica limpian las tendrían las bioenergías (biogás y biocombustibles)”. Por otro lado, es importante mencionar que “en el año 2019 se estimó que 11,5 millones de personas estaban empleadas en el sector de las energías renovables, siendo la bioenergía el segundo empleador más importante con un estimado de 3,58 millones personas” (WBA, 2020, p. 8).

Desde esta visión, se puede afirmar que en Europa según señala Hernández-Gómez y Chamorro-Camazón (2016, p. 2) “el consumo de energía debería provenir de fuentes renovables alcanzando el 27 % para el año 2030”. Ante tales previsiones, se puede dilucidar que el mercado energético de los próximos años a nivel de Europa será diversificado dando prioridad a las energías alternativas, principalmente a las relacionadas con los biocombustibles entre las cuales destaca el biogás como alternativa para la generación de electricidad.

Asimismo, la Danish Energy Agency (DEA, 2019, p. 11) señala que “en Norteamérica, es probable que el papel principal del biogás sea reemplazar al gas natural siempre que sea posible y factible” ya que se espera que para la próxima década el precio del biocombustible disminuya con respecto a los precios

actuales. Mientras que autores como Hernández et al. (2017, p. 205), consideran que para lograr el uso del biogás y la biomasa para la producción de energía en México antes del año 2030 es “necesario definir una política pública que promueva de manera decisiva, mediante los apoyos financieros que se requieren, el uso de biogás en las plantas de tratamientos de aguas residuales”. Sin embargo, según refiere Vera-Romero et al. (2017, p. 309) en México “la ley de transición energética señala que para el 2024, se espera que 35 % de la energía consumida en el país provenga de fuentes renovables”.

Con respecto a África, tras una comparación acerca de la difusión de los Biodigestores para la producción de biogás entre África y Asia, realizada por Clemens et al. (2018, p. 30) concluyen que “en comparación con Asia, las condiciones económicas y financieras del África son menos favorables”, podemos destacar que algunos gobiernos como el de Burkina Faso promueven políticas orientadas a la incorporación de fuentes de energías renovables adoptando “un programa prioritario para proporcionar subsidios en la adopción de Biodigestores al 2025” (The World Bank, 2019, p. 40).

En cuanto al uso de la energía del biogás en el continente asiático, se puede mencionar que, con el desarrollo de políticas por parte de los gobiernos para la difusión de los Biodigestores que permitan establecer plantas de biogás, la mayoría de estas plantas de producción de energía se encuentran en zonas rurales de Asia (principalmente de China e India y la isla de Sri Lanka) donde su implementación ha sido con la finalidad de reducir la presión sobre los bosques como fuente de combustible doméstico.

Contrastando lo mencionado, se puede inferir que las políticas promovidas por algunos países en el desarrollo del biogás como fuente de energía alternativa para mitigar los efectos del cambio climático y apoyar las energías renovables, es imprescindible. Por lo cual se debe destacar lo establecido por la World Biogas Association (2021, p. 8) quien señala que el desarrollo del biogás “debe estar respaldado por políticas nacionales eficaces para incentivar el crecimiento de la industria con el objetivo de recuperar el material orgánico y los nutrientes y devolverlos al suelo”, acción que se logra a través de la implementación de plantas de biogás.

En contexto y considerando las múltiples características que ostenta la producción de biogás y que en la mayoría de los países del planeta existen conocimientos y experiencias relacionadas con su forma de generación, se puede deducir que promover el desarrollo energético a partir de la implementación de una bioenergía como el biogás es promover el autoabastecimiento energé-

tico de los países a largo plazo, así como promocionar una economía circular amigable con el ambiente y con la sociedad.

Reflexiones Finales

El biogás durante las últimas décadas del siglo XX jugó un papel importante en el suministro energético para las familias de bajos recursos en países en vías de desarrollo a través de la amplia difusión de los Biodigestores para satisfacer las necesidades energéticas primordiales de las familias. Aunque también ha tenido un papel representativo en los últimos años motivado a las fluctuaciones en los precios de las energías fósiles tradicionales y a los objetivos de mitigar los efectos del calentamiento global.

Actualmente, se puede decir que el biogás como fuente de energía alternativa está llamado a afrontar un desafío o ser partícipe en darle valor agregado a la creciente cantidad de residuos o desechos que se generan cada día en los diferentes ámbitos de la sociedad desde las poblaciones de zonas rurales hasta los generados en las grandes agroindustrias, debido a que esta fuente de energía alternativa presenta una capacidad total instalada que si se utilizara cubriría aproximadamente el 20 % de la demanda mundial de gas.

Por ello, se debe resaltar que la producción de biogás debe verse como un sistema integral que permite el tratamiento sostenible de los desechos orgánicos al reciclar nutrientes y reducir las emisiones de gases contaminantes al ambiente. Desechos orgánicos entre los cuales se encuentran los estiércoles de animales, residuos agrícolas, residuos orgánicos industriales, lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales e industriales, así como la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos.

No obstante, en los últimos años se vienen realizando investigaciones científicas relacionadas con materias primas alternativas y mejoras en las tecnologías de producción de biogás con la finalidad de proponer soluciones sostenibles y ofrecer nuevas oportunidades para diversificar la matriz energética contribuyendo a incrementar y potenciar el autoabastecimiento y seguridad energética a largo plazo y a la vez, disminuir en algunos países el uso de divisas para importar energía fósil o insumos relacionados con estas.

En este sentido, es importante destacar que el biogás como recurso energético que se genera por medio de los procesos biotecnológicos de la digestión anaeróbica de materia orgánica, tiene diversidad de usos entre los cuales se encuentran la generación de calor, transformación en electricidad, refinado como biometano y como materia prima de algunos compuestos químicos, en-

tre otros, por lo que su desarrollo y explotación exitosa es una oportunidad que puede contribuir a la creación fuentes de empleos.

Adicionalmente, se debe mencionar que el biogás es una fuente de energía alternativa renovable lo que se traduce en inagotable, limpia, más accesible que las demás fuentes alternativas de energías, autogestionada y fácil de obtener. Además, contribuye con la preservación y conservación del ambiente, traduciéndose esta característica en un alto potencial para crecer en los próximos años como una de las principales fuentes suplidora de la demanda energética. De igual forma, esta bioenergía puede contribuir a satisfacer las necesidades energéticas de la población, así como a la generación de empleos, mitigación del cambio climático, reducción de enfermedades y afecciones a la salud de las personas, aumentar la producción de alimentos y aprovechamiento de los desechos o residuos generados, entre otros beneficios.

Por tanto, es importante su implementación y desarrollo para cumplir con los objetivos 1, 2, 3, 7, 8, 9, 11, 12 y 13 del desarrollo sostenible trazado por las naciones unidades y que buscan garantizar un mayor acceso a la energía y servicios básicos por parte de la población; promover prácticas agrícolas sostenibles a través de la utilización de biofertilizantes obtenidos como subproductos en las plantas de biogás que permiten incrementar la producción de alimentos; garantizar el acceso a la buena salud para todos que es esencial para el desarrollo sostenible de las naciones; invertir, desarrollar y mejorar la productividad energética para garantizar la preservación y conservación del ambiente; así como estimular la creación de puestos de trabajo; la promoción del desarrollo de industrias sostenibles y la inversión en investigación e innovación científica, lo cual es esencial para el desarrollo de nuevos emprendimientos y el crecimiento de nuevas industrias; mejorar la seguridad y sostenibilidad de las ciudades creando áreas públicas verdes y mejorando la gestión urbana; también es importante reciclar y reducir los desechos para transitar a una economía que utilice los recursos de forma eficiente; reducir la contaminación ambiental a través del abordaje de las necesidades en cuanto a la adaptación al cambio climático por medio del aprovechamiento de los desechos orgánicos.

Sin embargo, es imprescindible acotar que el desarrollo del biogás está sujeto a un cambio en las políticas públicas de los diferentes gobiernos de los países, las cuales deberán estar orientadas a incentivar el empleo de las energías alternativas, así como al aprovechamiento de los recursos de los que se disponen, además de la mitigación de los gases de efecto invernadero que iría de la mano con la lucha contra el cambio climático y por supuesto, apostando

al futuro a largo plazo mediante un desarrollo sostenible a través de una economía circular, donde se recuperen la materia orgánica, es decir, los desechos o residuos, así como los nutrientes que estas contienen, transformándose en energía y fertilizantes que a posteriori serán retornados al suelo a través de la utilización de los biofertilizantes generados.

Por tanto y para finalizar, el futuro energético debe ser verde, circular, autosustentable, donde el biogás es considerado como uno de los grandes protagonistas de fuente de energía debido a los múltiples beneficios y usos que tiene. De allí, la importancia del desarrollo de políticas públicas de difusión y de financiamiento para la implementación de plantas de biogás que permitan potenciar un autoabastecimiento energético sustentable a largo plazo.

Referencias

- Agencia Internacional de Energía (AIE, 2020). Perspectivas para el biogás y el biometano: prospectivas de crecimiento orgánico. Traducido de International Energy Agency. «Outlook for biogas and biomethane: Prospects for organic growth», IEA, Paris. Consultado el 11 de Julio del 2020. <https://www.iea.org/reports/outlook-for-biogas-and-biomethane-prospects-for-organic-growth>
- Aro, E. M. (2016). From first generation biofuels to advanced solar biofuels. Ambio, 45, 24-31. <https://doi.org/10.1007/s13280-015-0730-0>
- British Petroleum. (2021). BP Statistical Review of World Energy 2021. 70th edition. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>
- Clemens, H., Bailis, R., Nyambane, A. y Ndung'u, V. (2018). Africa Biogas Partnership Program: A review of clean cooking implementation through market development in East Africa. Energy for Sustainable Development, 46 (2018), 23-31. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2018.05.012>
- Cuellar-Bermudez, Sara P., Garcia-Perez, Jonathan S., Rittmann, Bruce E., Parra-Saldivar, Roberto. (2015). Photosynthetic bioenergy utilizing CO₂: an approach on flue gases utilization for third generation biofuels. Journal of Cleaner Production, 98 (2015), 53-65. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.03.034>
- Cuesta-Santianes, J., Martín-Sánchez, F., Vicente-Crespo, G. y Villar-Fernández, S. (2009). Situación actual de la producción de biogás y de su aprovechamiento. Informe de Vigilancia Tecnológica Madrid. Fundación Madrid para el Conocimiento. http://www.madrid.org/media/mtec/17_Situacion_actual_produccion_biogas_y_aprovechamiento.pdf
- Danish Energy Agency. (2019). Biogas in Mexico. Lessons learned from partnership projects in 2018-2019. Danish Climate and Energy Partnership Programme in Mexico 2017-2020 Bioenergy. https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Globalcooperation/Publications_reports_papers/biogas_in_

Enamala, Manoj & Enamala, Swapnika & Chavali, Murthy & Donepudi, Jagadish & Yadavalli, Rajasri & Kolapalli, Bhulakshmi & Vasu, Aradhyula & Velpuri, Jeevitha & Kuppam, Chandrasekhar. (2018). Production of biofuels from microalgae - A review on cultivation, harvesting, lipid extraction, and numerous applications of microalgae. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94 (2018), 49-68. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.012>

Godoy, M., Silva, M. y Palacios, J. (2018). La producción de biogás por degradación de abono orgánico como alternativa de energía en Ecuador. *Rivista DELOS Desarrollo Local Sostenible*, n.31 (febrero 2018). En línea: <https://www.eumed.net/rev/delos/31/maria-godoy6.html>

Gutiérrez, J. (2018). Situación actual y escenarios para el desarrollo del biogás en México hacia 2024 y 2030. Red Mexicana de Bioenergía A. C. y Red Temática de Bioenergía de CONACYT. <http://rembio.org.mx/newsite/wp-content/uploads/2020/11/Situacion-actual-y-escenarios-para-el-desarrollo-del-biogas-en-Mexico.pdf>

Hernández, J., Ramírez, B., Gomes, C. y Morgan-Sagastume, J. (2017). Guía técnica para el manejo y aprovechamiento de biogás en plantas de tratamiento de aguas residuales. Programa Aprovechamiento Energético de Residuos Urbanos en México. Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable en México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/265430/Guia_lodos_2017.pdf

Hernández-Gómez, R. y Chamorro-Camazón, C. (2016). Current situation and prospects for biogas and biomethane in Spain and Europe. *DYNA Energía y Sostenibilidad*, 5(1). [11 p.]. DOI: <https://doi.org/10.6036/ES8149>

Naciones Unidas, (2021). Objetivos del Desarrollo Sostenible. Objetivo 7: Energía asequible y no contaminante. Consultado el 16 de septiembre de 2021. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>

Núñez, D. (2012). Uso de residuos agrícolas para la producción de biocombustibles en el departamento del Meta. *Tecnura*, 16 (34), 142-156. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2012000400011

Reyes, E. (2016). Producción de biogás a partir de Biomasa. *Revista Científica de FAREM-Estelí*, (17), 11-22. <https://rcientificaesteli.unan.edu.ni/index.php/RCientifica/article/view/1419>

The World Bank. (2019). The Power of Dung. Lessons learned from on-farm biodigester programs in Africa. International Bank for Reconstruction and Development

Vera-Romero, I., Estrada-Jaramillo, M., González-Vera, C., Tejeda-Jiménez, M., López-Andrade, X. y Ortiz-Soriano, A. (2017). Biogás como una fuente alternativa de energía primaria para el Estado de Jalisco, México. In-

- geniería Investigación y Tecnología, XVIII (número 3), julio-septiembre 2017: 307-320. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2017.18n3.027>
- Wang, J. (2014). Decentralized biogas technology of anaerobic digestion and farm ecosystem: opportunities and challenges. *Front. Energy Res.* 2:10. Sec. Bioenergy and Biofuels <https://doi.org/10.3389/fenrg.2014.00010>
- World Bioenergy Association. (2020). Annual Report 2020. Consultado el 12 de septiembre de 2021. <http://www.worldbioenergy.org/>
- World Biogas Association. (2019). Global Potential of Biogas. Executive Summary. Author: Sarika Jain. Consultado el 14 de septiembre de 2021. https://www.worldbiogasassociation.org/wp-content/uploads/2019/09/WBA-execsummary-4ppa4_digital-Sept-2019.pdf
- World Biogas Association. (2021). Biogas: Pathways to 2030. Executive Summary. Consultado el 13 de septiembre de 2021. <https://www.worldbiogasassociation.org/biogas-pathways-to-2030-executive-summary/>

Anthony Alexander Díaz Arias: Investigador en el campo de las energías alternativas y el desarrollo sostenible; Técnico Superior Universitario de Procesos Químicos, Ingeniero de Procesos Químicos, Especialista en Biotecnología y Magíster en Biotecnología mención Energía y Ambiente, Universidad Politécnica Territorial de Yaracuy Arístides Bastidas (UPTYAB); Candidato a Doctor en el Programa Nacional de Formación Avanzada en Biotecnología, Universidad Politécnica Territorial de Yaracuy Arístides Bastidas (UPTYAB); Ingeniero de Procesos e Ingeniero de Control de Procesos, Refinería El Palito Petróleos de Venezuela, Sociedad Anónima (PDVSA); Organizador y Conferencista del I Congreso Nacional de Biotecnología UPTYAB 2021; Participante del 1er Congreso Internacional de Biodiversidad “Integración de Conocimientos ante la Crisis Ambiental Global”; Participante del 1er Congreso Internacional de Calidad y Sistemas de Gestión para Laboratorios “Educando en Calidad hacia la Acreditación”.

