



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“APROVECHAMIENTO DEL BIOGÁS EN LAS INDUSTRIAS”: UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA CIENTÍFICA EN LOS ÚLTIMOS 5 AÑOS.

Trabajo de investigación para optar al grado de:

**Bachiller en Ingeniería Industrial**

**Autoras:**

Leidy Di Anabel Castillo Morales

Idoña Mabel Rojas Barboza

**Asesor:**

Mg. Ing. Fanny Emelina, Piedra Cabanillas

Cajamarca - Perú

2020

## **DEDICATORIA**

A Dios todopoderoso por darnos la vida, cuidarnos e iluminarnos para seguir adelante, y por darnos la gran oportunidad de seguir cumpliendo con nuestro sueño profesional, y a nuestras familias en especial a padres y abuelos, por el apoyo incondicional, la motivación y ánimos brindados día a día, para seguir con el proceso educativo.

## AGRADECIMIENTO

A través de este crecimiento profesional y personal, lo cual ha hecho que enfrentemos desafíos, luchas, cambios y triunfos, queremos agradecer a:

A nuestros padres por estar a nuestro lado en todo momento, por el apoyo incondicional que nos impulsa a seguir y luchar en esta etapa profesional.

A nuestra asesora de tesis; Ing. Fanny Emelina Piedra Cabanillas, por el apoyo, la comprensión, enseñanzas y la buena orientación en el desarrollo de esta revisión sistemática; también agradecer a todos los docentes de esta prestigiosa universidad, por su invaluable apoyo y por brindarnos buenos conocimientos durante el proceso académico.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>5</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>15</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>19</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>24</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad de estudios que cumplen con los criterios .....	12
Tabla 2. Cantidad de estudios según buscador.....	12
Tabla 3. Cantidad de estudios por año .....	13
Tabla 4. Cantidad de estudios por idioma.....	13
Tabla 5. Cantidad de estudios por país de realización .....	13
Tabla 6. Cantidad de estudios por tipo de documento .....	14
Tabla 7. Cantidad de estudios por tema .....	14
Tabla 8. Cantidad de estudios por tipo de industria .....	15
Tabla 9. Cantidad de estudios por tipo de beneficio. ....	15

## RESUMEN

La problemática en cuanto al uso de los recursos en función a la energía, se ha convertido en un tema de importancia mundial, en especial para el sector industrial, por ello, se ha realizado una revisión sistemática de trabajos publicados en los últimos cinco años, que informasen sobre las formas en que las industrias hacen uso del biogás, con el objetivo de ofrecer una estimación del aprovechamiento de este combustible, para generar mayor rentabilidad en el sector industrial. La búsqueda se realizó en abril del 2020 en las bases de datos EBSCO, Redalyc, Scielo, ProQuest y Google Académico, de las cuales se seleccionaron 31 estudios que cumplieran con los criterios establecidos. Se ha hallado información sobre las formas en que diferentes industrias aprovechan el biogás como alternativa para generar energía a bajo costo y los beneficios que adquieren a partir de su uso, y concluyen que el biogás es de gran ayuda para que las industrias tengan una mejor rentabilidad económica, puesto que es una fuente de energía de bajo costo e incluso puede ser producido por las mismas industrias a partir de los residuos orgánicos que generan, lo cual trae consigo un doble beneficio al reducir los costos de tratamiento de desechos y disminuir sus costos de energía.

**PALABRAS CLAVES:** Biogás, aprovechamiento, energía, industrias.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Actualmente existen diversos problemas en el mundo, entre los cuales se encuentra la contaminación ambiental, por lo que desde hace varios años se crean alternativas que ayuden a reducirla y a la vez contribuyan con el desarrollo sostenible.

Un sector importante en este problema es el de las industrias, ya que las emisiones industriales directas de dióxido de carbono alcanzan casi una cuarta parte de las globales (IEA, 2020), además de generar una gran cantidad de desechos que si no son tratados de manera adecuada pueden ocasionar graves consecuencias ambientales.

Una alternativa muy importante para esta problemática es la producción de biogás a partir de desechos industriales. El biogás es una mezcla de gases, formado fundamentalmente de metano y dióxido de carbono en proporciones de 50 a 75% y 25 a 50% respectivamente, además de pequeñas cantidades de compuestos de azufre (Pérez, 2016). Y es obtenido a partir de la digestión anaerobia de materiales orgánicos de origen vegetal o animal (Arellano, y otros, 2017).

El uso de desechos y residuos como materia prima para la producción de biogás puede capturar metano, el mismo que escapa a la atmósfera a medida que estos se descomponen al aire libre (IEA, 2020). Contribuyendo a disminuir gases del efecto invernadero (Vásquez, 2016). Así mismo, los desechos industriales son la materia prima de mayor rendimiento, capaz de proporcionar alrededor de 0,40 tep de energía por tonelada (IEA, 2020).

En algunos subsectores industriales, como los alimentos y bebidas y los productos químicos, se producen desechos con un alto contenido orgánico, que es una materia prima adecuada para la digestión anaerobia. En tales industrias, la producción de biogás puede tener un doble beneficio de proporcionar tratamiento para los residuos y al mismo tiempo suministrar calor y electricidad (IEA, 2020).

El potencial de biogás sostenible de hoy podría entregar casi 600 Mtep de energía baja en carbono en una gama de sectores (IEA, 2020). El biogás puede sustituir total o parcialmente el combustible convencional, reduciendo los costos de operación, esto permite a las industrias tener independencia de los recursos fósiles y contribuye a la reducción de la huella de carbono (Sanz, Rodrigo, Monge, Geest, & Kiechle., 2011).

La generación y uso del biogás como fuente de energía renovable es una opción técnica y económicamente viable, que no sólo resuelve un problema ambiental al momento de reutilizar los desechos orgánicos, sino que también permite la autosustentabilidad al producir su propia energía eléctrica y calorífica (Dinza, Recio, Pacheco, & Martínez, 2015).

Al hacer uso de este combustible, está dando un gran paso a que las empresas de productos lácteos, puedan convertir los desechos en energía eléctrica y disminuir los costos en un nivel mucho más económico y a la desvalorización de fuentes energéticas externas a partir de la reutilización de aguas residuales, siendo esto un valioso recurso y permitiendo producir productos de mejor calidad (Molina, 2016).

Según la investigación realizada, la nuestra resulta siendo importante por las siguientes razones: (a) accesibilidad a información detallada a nivel global, (b) obtención información sobre opciones para generar mayor rentabilidad en las industrias y a la vez contribuir con la disminución de la contaminación, haciendo uso del biogás, (c) inclusión de investigaciones de artículos internacionales, nacionales, revistas, libros y tesis. Por lo cual, en este artículo se responde a la siguiente pregunta. ¿Cuál es la información que presentan los trabajos publicados con respecto a las formas en que las industrias hacen uso el biogás?

El objetivo de este estudio es realizar una revisión sistemática de trabajos publicados que informasen sobre las formas en que las industrias hacen uso del biogás y ofrecer la estimación del aprovechamiento de este combustible, para generar mayor rentabilidad en el



sector industrial. Además, se incluye información sobre los beneficios del uso del biogás en las industrias.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Se realizó una revisión sistemática siguiendo las recomendaciones propuestas por la declaración IMRYD (Sollaci & Pereira, 2011). La búsqueda se realizó en las bases de datos EBSCO, Redalyc, Scielo, ProQuest y Google Académico, con la finalidad de responder a la siguiente pregunta ¿Qué información presentan los trabajos publicados con respecto a las formas en que las industrias hacen uso el biogás?

La ecuación de búsqueda utilizada en español fue « *biogás, biogás en las industrias y uso del biogás en las industrias* ». Con la finalidad de minimizar el potencial sesgo de publicación, la búsqueda no tuvo limitación temporal, ni del tipo de publicación o del tamaño de la muestra y las bases de datos consultadas incluyen el acceso a la denominada literatura gris.

La búsqueda se realizó en abril de 2020 y mostró 817 resultados, que se redujeron a 31 estudios tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión.

La revisión sistemática incluyó trabajos que cumplieran con los siguientes criterios: (a) estudios que aportasen información original; (b) estudios de máximo 5 años de antigüedad; (c) que la información este directamente relacionada con el aprovechamiento del biogás en las industrias; (d) estudios que estuviesen redactados en español, inglés o portugués.

Como criterios de exclusión se utilizaron: (a) información sobre usos del biogás no relacionada al sector industrial; (b) información que no implique el aprovechamiento del biogás.

Se creó una base de datos para el registro de las variables; dicho material se encuentra disponible previa petición al autor de correspondencia.

Se obtuvo de cada uno de los trabajos la siguiente información: autores, objetivo de la investigación, año de publicación, país en que se desarrolla el estudio, idioma (español, inglés

y portugués), principales formas en que las industrias hacen uso el biogás, así como el tipo de documento en que se publica la investigación.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

Los resultados de búsqueda en las bases de datos utilizadas arrojaron 817 resultados. Después de eliminar las replicaciones, se obtuvo un total de 76 estudios. De los cuales 31 cumplieron los criterios de inclusión, mediante lo que se eliminaron 45 que no estaban directamente relacionados con el tema de investigación. A continuación, se detallan los resultados sobre la cantidad de estudios que cumplen con los criterios que son sintetizados en la tabla 1.

*Tabla 1 Cantidad de estudios que cumplen con los criterios*

CRITERIO	CANTIDAD	PORCENTAJE
Cumplen con los criterios	31	41%
No cumplen con los criterios	45	59%
Total	76	100%

Los estudios que cumplieron con los criterios de inclusión son obtenidos de diferentes bases de datos, con el fin de reunir información confiable que abale el estudio del aprovechamiento del biogás en las industrias, las cuales son detalladas en la siguiente tabla.

*Tabla 2. Cantidad de estudios según buscador*

BUSCADOR	CANTIDAD	PORCENTAJE
Ebsco	2	6%
Google académico	13	42%
Redalyc	5	16%
Scielo	7	23%
Proquest	4	13%
Total	31	100%

Uno de los criterios de inclusión que tomamos en cuenta para la selección de la información, fue el año de publicación, puesto que la información es variable con el transcurso del tiempo, por lo que sólo se abarcó estudios de máximo 5 años de antigüedad, los que se detallan en la tabla 3.

*Tabla 3. Cantidad de estudios por año*

AÑO	CANTIDAD	PORCENTAJE
2015	5	16%
2016	12	39%
2017	5	16%
2018	3	10%
2019	6	19%
TOTAL	31	100%

Adicionalmente, la búsqueda fue realizada sin exclusión de idiomas, a partir de lo cual se obtuvo información redactada no solo en español, sino en diferentes idiomas, por ello de los estudios seleccionados fueron publicados en español (90.3%), portugués (6.5%) e inglés (3.2%). Esta información se encuentra detallada en la tabla 4.

*Tabla 4. Cantidad de estudios por idioma*

AÑO	CANTIDAD	PORCENTAJE
Español	28	90.3%
Portugués	2	6.5%
Inglés	1	3.2%
Total	31	100%

Respecto a la localización de los estudios, un 26% se realizaron en México, un 19% en Cuba, un 10% en Perú, un 6% en cada uno de los siguientes países: Brasil, Chile, Colombia, El Salvador y España, un 3% en Ecuador y en Paraguay y por último 6% cuya localización no se encuentra especificada.

*Tabla 5. Cantidad de estudios por país de realización*

PAÍS	CANTIDAD	PORCENTAJE
Brasil	2	6%
Chile	2	6%
Colombia	2	6%
Cuba	6	19%
Ecuador	1	3%
El Salvador	2	6%
España	2	6%
México	8	26%

Paraguay	1	3%
Perú	3	10%
No especificado	2	6%
Total	31	100%

Los estudios seleccionados muestran información mediante diferentes formatos, entre los que un 58% son artículos, un 29% tesis, un 6% revistas y por último un 6% son libros, lo cual se encuentra detallado en la siguiente tabla.

*Tabla 6. Cantidad de estudios por tipo de documento*

TIPO DE DOCUMENTO	CANTIDAD	PORCENTAJE
Artículo	18	58%
Tesis	9	29%
Revista	2	6%
Libro	2	6%
Total	31	100%

Para la selección de estudios, se tomó en cuenta aquellos que hicieran referencia a las formas en que las industrias hacen uso el biogás, con el fin de ayudarnos a generar alternativas de uso del biogás que traigan consigo un beneficio para estas. Por ello, se incluyó estudios que hablen sobre aprovechamiento del biogás en las industrias (42%) o los beneficios del uso del biogás (58%), lo cual se encuentra detallado en la siguiente tabla.

*Tabla 7. Cantidad de estudios por tema*

TEMA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Aprovechamiento del biogás en las industrias.	13	42%
Beneficios del uso del biogás.	18	58%
TOTAL	31	100%

Respecto a los estudios seleccionados sobre el aprovechamiento del biogás en las industrias, un 23% corresponde a la industria láctea y a diversas industrias, un 15% a la

industria láctea y a la industria cárnica y un 3% a cada una de las siguientes industrias: agrícola, aceitera y azucarera. Esta información se encuentra detallada en la tabla 8.

*Tabla 8. Cantidad de estudios por tipo de industria*

TIPO DE INDUSTRIA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Industria láctea	2	15%
Industria ganadera	3	23%
Industria cárnica	2	15%
Industria agrícola	1	8%
Industria aceitera	1	8%
Industria azucarera	1	8%
Diversas industrias.	3	23%
TOTAL	13	100%

Adicionalmente, para la selección de estudios, se tomó en cuenta aquellos que hicieran referencia a los beneficios obtenidos a partir de uso del biogás entre los que, un 32% hacen referencia a benéficos energéticos, un 52% a beneficios económicos y un 16% a beneficios ambientales. Esta información se encuentra detallada en la tabla 9.

*Tabla 9. Cantidad de estudios por tipo de beneficio.*

TIPO DE BENEFICIO	CANTIDAD	PORCENTAJE
Energético	10	32%
Económico	16	52%
Ambiental	5	16%
TOTAL	31	100%

#### **CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

(Santos, Souza, Olivera, Abud, & Olivera, 2015) Nos dicen que, al realizar la simulación del uso del biogás para el estado de Sergipe, obtuvieron resultados prometedores; disminuyendo sus costos fijos, satisfaciendo las necesidades energéticas, y siendo menos

dependientes de las empresas que brindan servicio de energía. Y (Arrascue, 2019) resalta que, al utilizar este biocombustible en las industrias no solo se tiene beneficio económico de sus costos, sino que también contribuye con el medio ambiente, ya que para su producción se utiliza residuos orgánicos.

(Riaño, 2016) Recalca que, el biogás es extraído de materias orgánicas siendo un proceso limpio, que no será un perjuicio para la capa de ozono. Y (Cuevas & Rodríguez, 2019) menciona que, el aprovechamiento de residuos orgánicos influye a nivel ambiental porque reduce la emisión de gases del efecto invernadero.

También (Vásquez, 2016) manifiesta que, el biogás es una alternativa de mejora y de sustento para los niveles de bajo Índice de Desarrollo Humano en las comunidades que no cuentan con electricidad, ya que se transforma la materia prima en energía llevando un proceso anaeróbico. Y (López & Suárez, 2018) afirman que, tras la evaluación del uso de este combustible en una comunidad rural de Cuba se logró disminuir entre el 40 y 60 % del consumo de energía eléctrica, siendo una fuente primordial para el uso de cocción de alimentos y otros usos domésticos. Asimismo, (Montenegro, Rojas, Cabeza, & Hernández, 2016) demuestran que, a través del proceso anaeróbico en Cundinamarca se logró un potencial bruto de biogás de 1.117.567TJ por año a partir de la transformación de los residuos agroindustriales.

(Suárez, y otros, 2018) Señalan que, al hacer uso del potencial del biogás, contribuimos al crecimiento nacional de bioenergía, ya que es un suplente ideal de los combustibles fósiles, desapareciendo la contaminación a la atmósfera y a los Gases de Efecto Invernadero. Y (Sarabia, Laines, Espinosa, Sosa, & Escalante, 2015) también mencionan que, al generar biogás a partir de las excretas de borrero y de aguas residuales se estaría alcanzando beneficios para la eliminación de la emisión de los Gases de Efecto Invernadero y desapareciendo los problemas que ocasionan estos residuos.



(Vera, Martínez, Estrada, & Ortiz, 2015) Indican que, al utilizar los residuos sólidos urbanos del relleno sanitario en Chapala, México; se obtuvo una gran rentabilidad en la inversión realizada para generar energía eléctrica; donde para poder producir electricidad de servicio público la tarifa tiene un costo promedio de 5-A; pero al invertir en el desarrollo de un relleno sanitario a largo plazo el costo obtenido de la evaluación realizada es de;  $26.5 \times 10^6$  USD,  $22.8 \times 10^6$ ,  $17.9 \times 10^6$  y  $11.7 \times 10^6$  y así sucesivamente; es decir que el ahorro bruto que se está realizando es en promedio de 19,768,743 USD y un costo de 6,025,642 USD. Y (Venegas, Raj, & Pinto, 2019) también nos dicen que, es muy rentable y económico generar energía a partir de granjas porcícolas; ya que tras la simulación realizada a dos grupos de cerdos de 500 y 1000 se obtuvo un TIR mayor a la tasas de actualización, un VAN mayor a cero y el B/C admisible mayor a uno que es un criterio de aceptación.

El biogás tiene un gran potencial al ser generado de desechos urbanos y agroindustriales; ya que en la región de los Ríos se satisfizo las necesidades de energía a más de 170000 personas, logrando así un potencial más de  $25.500.000 \text{ m}^3$  y surtiría mediante cogeneración una potencia eléctrica de 9,0 MW; lo cual hace que el volumen de este combustible es esta región se eleve en un promedio de  $25.652.242 \text{ m}^3$  al año (Vermehren & Erlwein, 2016). Asimismo (Rivera & Umaña, 2019) indican que, con este gas se estaría sustituyendo total o parcialmente a los combustibles fósiles, ya que se hizo una simulación en la industria ganadera de El Salvador, teniendo en cuenta la digestión anaeróbica para producir biocombustibles y se obtuvo un volumen de producción del biogás de  $2042318 \text{ m}^3$  siendo un resultado sobresaliente y que se puede utilizar según las necesidades que se requiera.

Mediante la digestión anaeróbica se adquirió un ahorro de 764,69 CUC para la Empresa Refinadora de Aceite de Santiago de Cuba “ERASOL”, donde la producción diaria de biogás fue de  $370,24 \text{ m}^3$ , aportando un total de 166,60 Mwh de electricidad, a partir de los residuos líquidos de Erasol (Dinza, Recio, Pacheco, & Martínez, 2015). Y (Carrasco, 2015) señala que,

en el estudio que se hizo del autoabastecimiento energético se obtuvo un VAN de [USD] 807.668 y TIR de 21%, ya que son indicadores muy favorables para la inversión a largo plazo; aprovechando los residuos sólidos urbanos y de la población.

El biogás puede ser empleado para generar calor, mediante calderas, estufas o para generar electricidad, mediante generadores eléctricos que emplean motores de combustión interna. (Martínez, 2015). De igual manera, (Barrera, Carabeo, Odales, Contreras, & López, 2018) refiere que, a partir del biogás se puede generar energía como electricidad, calor o combustible motor.

## Conclusiones

Según la revisión sistemática se concluye, que el biogás es una fuente de energía renovable muy beneficiosa, generada a partir de la digestión anaeróbica, que puede ser utilizado de diferentes maneras ya sea como energía eléctrica o calorífica.

El biogás es extraído de la descomposición de materias orgánicas, ya sea de origen animal o vegetal; el cual, al ser utilizado como energía, contribuye al cuidado del medio ambiente, ya que disminuye la emisión de gases del efecto invernadero, por ello, el uso de éste resulta muy beneficioso para las industrias.

Asimismo, se concluye que el biogás es una muy buena alternativa para que las industrias tengan una mejor rentabilidad económica, puesto que es una fuente de energía de bajo costo que puede ser producido por las mismas industrias a partir de los residuos orgánicos que generan, lo cual trae consigo un doble beneficio al reducir los costos de tratamiento de desechos y disminuir sus costos de energía; disminuyendo progresivamente la dependencia de los combustibles fósiles e incluso llegar a convertirse en industrias autosustentables.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arellano, L., Dorado, A., Fortuny, M., Gabriel, D., Gamisans, X., Gonzalez, A., . . . Revah, S. &. (2017). *Purificación y usos del biogás*. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=O1IoDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=biogas+libros&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwix74aduuboAhVjh-AKHxkBDi4Q6AEIMTAB#v=onepage&q&f=false>
- Arrascue. (2019). *Universidad Nacional de Trujillo*. Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/12630>
- Barrera, Carabeo, Odales, Contreras, & López. (2018). Sistematización de aspectos teóricos sobre las tecnologías de producción de Biogasa escada industrial. *Tecnología Química*, 31(1). Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445558421003>
- Carrasco. (2015). *Evaluación técnica y económica de una planta de biogás para autoabastecimiento energético: una estrategia para diferentes contextos*. Tesis, Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Química y Biotecnología, Santiago de Chile. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/133520/Evaluacion-tecnica-y-economica-de-una-planta-de-biogas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Dinza Tejera, D., Recio Recio, Á. A., & Pacheco Torres, L. y. (Septiembre-diciembre de 2015). Aprovechamiento energético del biogás a partir de losresiduales de la Empresa Refinadora de Aceite de Santiago de Cuba “ERASOL”. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 324 - 331. Obtenido de <https://ojs.cnic.cu/index.php/RevBiol/article/viewFile/52/52>
- Dinza Tejera, D., Recio Recio, Á. A., & Pacheco Torres, L. Y. (2015). Aprovechamiento energético del biogás a partir de losresiduales de la Empresa Refinadora de Aceite de Santiago de Cuba “ERASOL”. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 46, 324-331. Obtenido de <https://ojs.cnic.cu/index.php/RevBiol/article/viewFile/52/52>
- Dinza Tejera, D., Recio Recio, Á. A., Pacheco Torres, L., & Martínez Salazar, J. (2015). *Aprovechamiento energético del biogás a partir de losresiduales de la Empresa Refinadora de Aceite de Santiago de Cuba “ERASOL”*. Obtenido de <https://ojs.cnic.cu/index.php/RevBiol/article/viewFile/52/52>

- Dinza, Recio, Pacheco, & Martínez. (setiembre-diciembre de 2015). Aprovechamiento energético del biogás a partir de los residuales de la Empresa Refinadora de Aceite de Santiago de Cuba. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 46(especial), 324-331. Obtenido de <https://ojs.cnic.cu/index.php/RevBiol/article/viewFile/52/52>
- Espinoza Arellano, J., Olvera Gracia, O., & Hernandez Gómez, V. y. (23 de septiembre de 2016). *Universidad Nacional Autónoma de México*. Recuperado el 2 de 5 de 2020, de [www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Sistemas\\_Experimentales/vol3num8/Revista\\_de\\_Sistemas\\_Experimentales\\_V3\\_N8\\_5.pdf](http://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Sistemas_Experimentales/vol3num8/Revista_de_Sistemas_Experimentales_V3_N8_5.pdf)
- Giubi, J., & Cañete, M. y. (2019). *Anales de la Facultad de Ciencias Médicas (Asunción)*. Recuperado el 2 de 5 de 2020, de [scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1816-89492019000300053&lang=es](http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1816-89492019000300053&lang=es)
- IAE. (2020). *Perspectivas de biogás y biometano: perspectivas de crecimiento orgánico*. Obtenido de <https://www.iea.org/reports/outlook-for-biogas-and-biomethane-prospects-for-organic-growth/an-introduction-to-biogas-and-biomethane>
- IEA. (2020). *Los materiales son los componentes básicos de la sociedad*. Obtenido de <https://www.iea.org/topics/industry>
- IEA. (2020). *Perspectivas de biogás y biometano: perspectivas de crecimiento orgánico*. Obtenido de <https://www.iea.org/reports/outlook-for-biogas-and-biomethane-prospects-for-organic-growth/sustainable-supply-potential-and-costs#abstract>
- IEA. (2020). *Perspectivas de biogás y biometano: perspectivas de crecimiento orgánico*. Obtenido de <https://www.iea.org/reports/outlook-for-biogas-and-biomethane-prospects-for-organic-growth/an-introduction-to-biogas-and-biomethane#abstract>
- IEA. (2020). *Perú*. Obtenido de <https://www.iea.org/countries/peru>
- Joaquín, P. P. (2016). *Fondo de Cultura Económica*. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=EdaiDQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT9&dq=biocombustibles+joaquin+perez+pariente&ots=hEkBYRW0k5&sig=BS05sCAJCCkmoKC8uHtgag93U#v=onepage&q=biocombustibles%20joaquin%20perez%20pariente&f=false>

- Leiva Vargas, J. A. (2017). *Leiva\_vj*. Obtenido de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/17264/leiva\\_vj.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/17264/leiva_vj.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- López, & Suárez, y. (enero-marzo de 2018). Experiencia de suministro de biogás en una comunidad rural en Cuba. (SciELO, Ed.) *Pastos y Forrages*, 41(1). Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942018000100010](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942018000100010)
- Luis Miguel Álvarez Núñez, J. S. (2016, 39(4)). *Pastos y Forrajes*. Recuperado el 2 de mayo de 2020, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269149518008>
- Martínez. (2015). Producción potencial de biogás empleando excretas de ganado porcino en el estado de Guanajuato. (SciELO, Ed.) *Nova scientia*, 7(15). Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-07052015000300096](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052015000300096)
- Molina, J. (agosto de 2016). Aguas residuales una de las claves de la sostenibilidad. *Industria Alimentaria*, 27(8), 8-15. Obtenido de <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=96996d17-4713-483e-a66e-11b3cd23b600%40sessionmgr4006&bdata=JmF1dGh0eXBIPXNoaWImbGFuZz1lcyZzaXRIPWVkcylsaXZl#AN=116967280&db=a9h>
- Montenegro, Rojas, Cabeza, & Hernández. (15 de Julio de 2016). Potencial de biogás de los residuos agroindustriales generados en el departamento de Cundinamarca. *ION*, 29(2), 23-37. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=342050982003>
- Ocampo, L. A. (2016). *Análisis de los parámetros para el procesamiento de los residuos sólidos orgánicos con el fin de obtener un combustible de la biomasa para la generación de energía térmica*. Tesis, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Facultad Seccional Duitama, COLOMBIA. Obtenido de [https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2691/1/TGT\\_1311.pdf](https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2691/1/TGT_1311.pdf)
- Rivera, & Umaña. (2019). *Identificación de la disposición del recurso para la producción de biogás y su potencial energético en la industria ganadera en el salvador*. Universidad del Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Salvador: Microsoft Word. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/20134/1/Identificaci%C3%B3n%20de%20la%20disposici%C3%B3n%20del%20recurso%20para%20la%20producci%C3%B3n%20de%20bio>

g% C3% A1 s% 20y% 20su% 20potencial% 20energ% C3% A9 tico% 20en% 20la% 20Indus  
tria% 20Ganadera% 20en% 20El% 20Salvador.pdf

Rodríguez, & Cuevas, y. (2019). Evaluación del funcionamiento de los sistemas de biodigestión anaerobia utilizados para la producción de biogás en Cicaba y Pesaba. (U. d. Guanajuato, Ed.) *Jovenes en la Ciencia*, 7(5). Obtenido de <http://148.214.50.9/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/1328/950>

Santos, Souza, & Olivera, A. y. (2015). *Estimativa da viabilidade de produção de biogás a partir do efluente de indústrias de laticínios no estado de Sergipe utilizando modelagem e simulação*. Universidade Nove de Julho. São Paulo, Brasil: EXACTA. Obtenido de Universidad Nove de Julho Brasil: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81043159009>

Sanz, J., Rodrigo, J. C., Monge, S., Geest, J. V., & Kiechle, C. (2011). *Proceso Biothane: tratamiento anaeróbico de las aguas residuales de la industria cervecera con aprovechamiento energético del biogás*. Obtenido de [http://www.veoliawatertechnologies.es/vwst-iberica/ressources/documents/1/16366,Cerveza-y-Malta\\_190\\_Junio2011.pdf](http://www.veoliawatertechnologies.es/vwst-iberica/ressources/documents/1/16366,Cerveza-y-Malta_190_Junio2011.pdf)

Sarabia, Laines, Espinosa, Sosa, & Escalante, y. (2 de Noviembre de 2015). Producción de biogás mediante codigestión anaerobia de excretas de borrego y rumen adicionadas con lodos procedentes de una planta de aguas residuales. (U. N. Mexico, Ed.) *Articulo de revista de Contaminación Ambiental*, 33(1). Obtenido de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/370/37050971010/html/index.html>

Sollaci, L. B., & Pereira, M. G. (2011). Obtenido de <https://search.proquest.com/docview/203475373/F3365DEB0D394C96PQ/2?accountid=36937>

Suárez, Sosa, Martínez, Curbelo, Figueredo, & Cepero, y. (2018). Evaluación del potencial de producción del biogás en Cuba. *Pastos y Forrages*(2), 11. Obtenido de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/2691/269158214001/index.html>

Vásquez. (2016). *Sistema Integral de generacion de energía eléctrica por medio de Biogas*. Universidad de Ciencias y Arte de Chiapias, Dirección de investigación y posgrado. México: Unicach por la Cultura de mi Raza. Obtenido de <http://demo.dspace.escire.net/bitstream/handle/123456789/2560/MCDS%20621.31%20V39%202016.pdf?sequence=1>

Vásquez Valera, L. A. (marzo de 2016). *Universidad de Ciencias y Arte de Chiapas*. Obtenido de

<http://demo.dspace.escire.net/bitstream/handle/123456789/2560/MCDS%20621.31%20V39%202016.pdf?sequence=1>

Venegas, J. A., & Ruíz, D. R. (enero- abril de 2019). Biogás, la energía renovable para el desarrollo de granjas porcícolas en el estado de Chiapas. (SciELO, Ed.) *SciELO Analytics*, 34(85), 169-187. Obtenido de

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2448-66552019000100169&lang=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-66552019000100169&lang=es)

Vera, Martínez, Estrada, & Ortiz, y. (julio de 2015). Potencial de generación de biogás y energía eléctrica. Parte II: residuos sólidos urbanos. (U. N. México, Ed.) *Ingeniería Investigación y Tecnología*, XVI(3), 471-478. Obtenido de

<https://www.redalyc.org/pdf/404/40440683013.pdf>

Vermehren, & Erlwein, y. (2016). Potencial estimado de biogás en XIV Región a base de residuos urbanos y agroindustriales. (U. A. Chile, Ed.) *Agrosur*, 44(1), 35-46. Obtenido de <http://revistas.uach.cl/pdf/agrosur/v44n1/art04.pdf>

## ANEXOS

Tabla 1  
*Resultados de documentos seleccionados*

Autor	Año	Base de datos	Resumen
Montenegro Orozco, Karen Tatiana Rojas Carpio, Ana Sofía Cabeza Rojas, Iván Hernández Pardo, Mario Andrés	2016	Redalyc	En este trabajo se determinó el potencial de producción de biogás de los residuos agroindustriales en el departamento de Cundinamarca a través de digestión anaerobia. El potencial estimado para estas regiones fue de 89.651, 127.513, 58.541TJ/año para la región 1, región 2 y región 3, los cuales son similares a los reportados para plantas de biogás en varias regiones del mundo.
Suárez Hernández, Jesús Sosa Cáceres, Roberto Martínez Labrada, Yeny Alfredo Curbelo, Alonso Figueredo Rodríguez, Tania	2016	Scielo	En Cuba se aprecia un significativo potencial para la producción y utilización del biogás, basado en la diversidad y el volumen de residuos contaminantes que generan los sectores agropecuario y agroalimentario. En tal sentido, el objetivo del artículo es brindar una evaluación del potencial de producción y utilización del biogás en el país. El potencial diario de producción de biogás es de 674 609 m <sup>3</sup> , en lo cual destacan la producción porcina y avícola; este potencial significa una producción de energía de 1 477 394 MWh/año, equivalente a 132 856 t de diésel, cuya importación cuesta a Cuba 48 615 065 USD según los precios actuales.
Vera Romero, Iván Martínez Reyes, José Ortiz Soriano, Agustina Estrada Jaramillo, Melitón	2016	Redalyc	El objetivo de este trabajo es estimar la cantidad de biogás que se podría obtener a través de la descomposición anaeróbica de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (RSU) dispuestos en un relleno sanitario, captándola y aprovechándola para generar energía eléctrica. Se justifica económicamente la construcción de un relleno sanitario intermunicipal obteniendo beneficios económicos sustanciales a largo plazo (26.5×10 <sup>6</sup> USD, 22.8×10 <sup>6</sup> , 17.9×10 <sup>6</sup> y 11.7×10 <sup>6</sup> , respectivamente), al mismo tiempo que se contribuye a la mitigación del cambio climático y a la prevención de enfermedades.



Venegas, José Apolonio Deb Raj, Aryal Pinto Ruíz, René	2019	Scielo	El aprovechamiento de estiércol de cerdo para generar energía renovable y revertir problemas de contaminación es una alternativa viable para que granjas porcícolas de Chiapas sean más competitivas. Se realizó una evaluación financiera para sistema biodigestor-motogenerador con la metodología de Baca sobre proyectos de inversión; los indicadores financieros como Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Beneficio-Costo (B/C) resultaron económicamente rentables.
Iván Vera Romero Melitón Estrada, Jaramillo González Vera, Conrado Tejeda Jiménez, Martín López Andrade, Xicoténcatl Ortiz Soriano, Agustina	2017	Scielo	En el siguiente trabajo se presenta un análisis energético y económico para el aprovechamiento de la fracción metano contenida en el biogás, como una alternativa energética para la producción de energía eléctrica. Se observó que se obtiene mayor cantidad de energía eléctrica por parte de los biodigestores (16.977GWh) que de los rellenos sanitarios (4.373GWh), así como mayores beneficios económicos al término de la vida útil del proyecto \$35,031x106 MN y \$5,404 x106 MN, respectivamente.
Giubi, Jorge Bernal, Manuel Cañete, Felicia	2019	Scielo	En la presente investigación se ha constado que, para la obtención de gas mensual necesario para el Hospital de Clínicas como fuente de energía, supone la utilización de 22077±780 kilos mensuales de basura, con lo que se podrían obtener 1.485±61 litros de gas mensual. Con la producción de gas resultante, se podrían ahorrar 3.964.950 guaraníes en forma mensual (suponiendo a 2.670 guaraníes el litro del gas), correspondiendo a unos 47.579.400 guaraníes anuales.
Rivera Guardado, Óscar Antonio Umaña Hernández, Ronald Francisco	2019	Google académico	La investigación consiste en estimar el potencial del recurso disponible en la industria ganadera (Bobino/porcino) para producir biogás y posteriormente con base en el anterior cálculo, estimar el potencial energético específicamente en producción de electricidad que se podría producir a partir de este recurso.

Vermehren, M Erlwein, A.b	2016	Google académico	La falta de combustibles fósiles, las altas tasas de crecimiento en el consumo energético nacional y los problemas ambientales, hacen necesario buscar nuevas fuentes limpias y seguras para la matriz energética nacional. El potencial total para la región alcanzó más de 25.500.000 m <sup>3</sup> y surtiría mediante cogeneración una potencia eléctrica de 9,0 MW. Con esta energía se podría abastecer los requerimientos de electricidad de más de 170.000 personas. El potencial económicamente viable para la región alcanzó los 6,2 MWe.
Leiva Vargas, José Antonio	2017	Google académico	Análisis económico para ver la rentabilidad que podría generar la propuesta de instalación de una planta de biogás, enmarcado dentro de las políticas de incentivo de recursos renovables dadas por el Estado Peruano, a un precio competitivo para el sector energético.
Barrera Cardoso, Ernesto L. Carabeo Pérez, Annerys Odales Bernal, Leyanet Contreras Velázquez, Luz M. López González, Lisbet	2017	Redalyc	En el presente trabajo se sistematizan aspectos teóricos de las tecnologías de producción de biogás a escala industrial, teniendo en cuenta cinco etapas básicas: el pretratamiento de los sustratos; la digestión anaerobia; el post-tratamiento de los efluentes; la purificación del biogás; y la generación de energía. A partir de las alternativas consideradas se podrían tratar residuales de altos ( $\geq 15\%$ ) y bajos contenidos de sólidos ( $\leq 15\%$ ) y residuales complejos (altos contenidos de lignina), al mismo tiempo que se podría generar energía como electricidad, calor o combustible motor.
López Savran, Alexander Suárez Hernández, Jesús	2018	Redalyc	Se evaluó el suministro, el consumo y el empleo del biogás producido en una granja porcina y en 31 viviendas de la comunidad rural aledaña. Entre los beneficios, se dejaron de consumir 11 t por año de leña para la cocción en el comedor obrero de la UEB; en las viviendas se disminuyó el consumo de energía eléctrica entre 40 y 60 %, como promedio; mientras que se dejó de consumir 18,3 MW h/año de energía eléctrica del Sistema Electroenergético Nacional (donde 1 MW = 1 000 KW). Además, el uso de biogás para la cocción contribuyó a mejorar la calidad de vida

Rodríguez Reyes, Laura Elisa Cuevas Rodríguez, Germán	2019	Google académico	de 110 habitantes y permite una rápida recuperación de la inversión. El giro de la industria cárnica ha trabajado en la investigación para la reducción de sus residuos orgánicos, se analizó el potencial de cada uno de los residuos que se generan y cuáles de ellos podrían llegar a tener potencial en la producción de biogás, se hace una comparación de la generación del biogás en los diferentes meses y porque varia. Se mencionan los beneficios que les han proporcionado los biodigestores, tanto ambientales, económicos como sociales y algunas problemáticas que se presentan en la empresa y como podrían solucionarse y si el porcentaje de combustóleo ahorrado con el uso de esta fuente alterna.
Castañeda Arrascue, Liliana Maritza	2019	Google académico	En esta investigación se analiza el potencial teórico de producción de biogás usando co-digestión a partir de dos sustratos que generan un alto nivel de contaminación entre otras desventajas, uno de ellos es el suero de leche residual de la elaboración de queso en el Perú y el otro son las excretas de ganado bovino, las cuales se utilizan diluidas en agua en una proporción de 2 a 1. El potencial evaluado arrojó que teóricamente la cantidad de biogás producido en ese año es 7.48 millones de m <sup>3</sup> , que equivale a 3,857 tep, esto significa que el potencial de producción de energía eléctrica es de 15.70 GWh, dicha producción en términos monetarios sería de \$ 1,758,265.00.
Díez Fernández, Héctor	2016	Google académico	La explotación de Biogás en España como en las zonas de Asturias es una apuesta muy viable para un futuro cercano pudiendo así crear una mayor sostenibilidad de la zona y menos dependencia externa, así como de energías fósiles.
David Gabriel Sierra, Hugo	2017	Proquest	La obtención y aprovechamiento del biogás como fuente energética, que se produce por digestión anaeróbica de material orgánico proveniente de distintas fuentes. El biogás puede ser utilizado mediante diferentes tipos de consumo energético.

---

Molina, José

2016 EBSCO

El artículo se centra en la importancia del tratamiento de las aguas residuales en el desarrollo sostenible de la industria alimentaria y de bebidas. La digestión anaerobia de las aguas residuales también produce un valioso biogás. Esto ofrece una oportunidad increíble para que los productores de lácteos transformen los desechos en energía y disminuyan aún más los costos operativos y la dependencia en fuentes de energía externas.

---