



**Producción de biometano para
combustible de transporte a
partir de residuos de biomasa**

**Actualización del estado del conocimiento
en aprovechamiento de biomasa para
producción de biogás en la Región
Iberoamericana**

Junio 2018



EQUIPO DE PROYECTO:

Fundación CARTIF (España)

Dolores Hidalgo (Coordinadora)

Gregorio Antolín

Ignacio Alvarellos

Paula Remor

Jesús M. Martín

Francisco Corona

Ana Urueña

David Díez

Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (México)

Óscar Aguilar

Georgina Sandoval

Roberto E. Bolaños

Universidad Católica de Santa María (Perú)

Gonzalo Dávila

J. Godofredo Peña

Irina Salazar

Hugo G. Jiménez

Instituto Polo Tecnológico de Pando (Uruguay)

Néstor A. Tancredi

Alejandro Amaya

Universidad de Santander (Colombia)

Fausto R. Posso

Neila M. Mantilla

Ingenio la Unión (Guatemala)

Jose L. Alfaro

Edwin Delgado

Álvaro Ruiz

ISBN: 978-84-09-07533-1

ÍNDICE

1. OBJETIVO	1
2. LA BIOENERGÍA EN LOS PAÍSES IBEROAMERICANOS	2
2.1. ARGENTINA.....	3
2.2. BOLIVIA.....	5
2.3. BRASIL.....	6
2.4. CHILE.....	8
2.5. COLOMBIA	9
2.6. COSTA RICA	11
2.7. CUBA	12
2.8. ECUADOR	13
2.9. EL SALVADOR.....	14
2.10. ESPAÑA	15
2.11. GUATEMALA.....	20
2.12. HONDURAS	22
2.13. MÉXICO.....	23
2.14. NICARAGUA	25
2.15. PANAMÁ.....	25
2.16. PARAGUAY.....	26
2.17. PERÚ	27
2.18. PORTUGAL.....	29
2.19. REPÚBLICA DOMINICANA	29
2.20. URUGUAY	31
2.21. VENEZUELA	32
BIBLIOGRAFÍA	34

1. Objetivo

El desarrollo de tecnologías basadas en la preservación del medio ambiente es el vehículo fundamental para la mejora de la calidad de vida y el bienestar de la sociedad actual, así como para legar un futuro con perspectivas más optimistas. En este sentido, es básico comprender la importancia de la investigación en la actualidad y, por ende, la necesidad de invertir en ella resulta trivial.

Así pues, habiendo considerado y evaluado el estado de la biomasa y las premisas requeridas por el presente proyecto (BIOMETRANS) en una etapa previa, este informe tiene por objeto facilitar un esbozo de los principales activos en materia relativa a la investigación y el desarrollo de tecnologías de biomasa y biocombustibles en la Región Iberoamericana.

De esta manera, se pretende fomentar la valorización y el empleo de los residuos de biomasa seca y húmeda generados en esta Región mediante la producción de biogás y/o biometano, así como promover el empleo de biocombustibles en el transporte. Análogamente, se pretende potenciar la inversión y financiación, tanto pública como privada, en biomasa y biocombustibles.

Con este propósito, se ha realizado una amplia búsqueda de los principales impulsores de tecnologías relacionadas con la biomasa y la obtención de biocombustibles, así como ejemplos de implantación de los mismos en los países Iberoamericanos más representativos.

2. La bioenergía en los países Iberoamericanos

En esta sección se pretende abordar de manera simple el estado actual de los proyectos relacionados con el biogás y los biocombustibles en los países iberoamericanos. Para ello, se ha puesto especial énfasis en proyectos que abarquen desde autoabastecimiento hasta generación de biocombustibles para vehículos.

Teniendo en cuenta la idoneidad de las condiciones ambientales, tales como humedad, temperatura y radiación solar, la generación de energía eléctrica y térmica a partir de la biomasa se impone como uno de los recursos renovables con más potencial de utilización en la región intertropical (franja ecuatorial de 23º latitud norte hasta los 23º latitud sur). Asimismo, Iberoamérica tiene buena disponibilidad de tierra y las condiciones climáticas propicias para la producción de cultivos energéticos. Por ende, también tiene el potencial de satisfacer una parte importante de la demanda de biocombustibles y biogás.

A continuación, se exponen algunos de los proyectos e instalaciones encontradas en cada país. El orden seguido viene definido por los países participantes en el proyecto, que son los primeros en exponerse, seguido por el resto de países influyentes de América Latina.

2.1. Argentina

Argentina cuenta con entre 60 y 80 plantas de biogás en funcionamiento actualmente. Hay proyectos en funcionamiento con tecnología probada en diferentes regiones con distintos requerimientos de adecuación. Los principales limitantes de estos sistemas son el marco tarifario, regulatorio y financieros, los cuales a su vez están condicionando el desarrollo de los mismos (Gubinelli, 2015).

2.1.1. Proyectos y empresas implicadas

En la provincia de San Luis se inauguró la primera planta de biogás de Argentina, siendo este un biodigestor que se alimenta de residuos sólidos urbanos para generación de energía. Inicialmente la energía generada se utiliza para abastecer la planta recicladora de El Jote. La planta consiste en dos biodigestores de 200 m³ y tiene una capacidad para procesar hasta tres toneladas de RSU orgánicos por día, lo que permite generar aproximadamente 300 m³ de biogás diariamente (González, 2016).

Bioeléctrica es una asociación de productores regionales que adoptó tecnología alemana para brindar soluciones sustentables en el territorio de Argentina. Se ha instalado una planta en Rio Cuarto, siendo esta modelo para replicarla en otras localidades del país. El principal producto es la energía eléctrica, generada utilizando el biogás como combustible, obtenido a partir de la digestión anaerobia de silaje de maíz con desechos pecuarios. La energía eléctrica, cerca de 1 MW, puede ser subida a la red de distribución de energía eléctrica o ser consumida por una industria vecina. La energía térmica generada es usada, en parte, en la calefacción del proceso de generación de biogás, mientras que el excedente puede ser vendido a una industria vecina, siendo la misma disponible en forma de agua caliente cerca de 90°C (International Center on Renewable Energies-Biogas, 2017).

En Yanquetruz, un criadero porcino ubicado en una zona rural de la provincia de San Luis (Figura 1), también se ha instalado una planta de biogás. El criadero cuenta con 48 ha y la zona no cuenta con servicios de agua potable de red y la disponibilidad de energía eléctrica es restringida. Por eso, el aprovechamiento de los residuos de origen animal que se producen en el criadero está destinado a la producción de electricidad y de energía térmica para el criadero. El proyecto fue desarrollado por una cooperativa de productores que decidieron utilizar purines de cerdos y maíz para producir energía con plantas de biogeneración. Tiene una capacidad de cerca de 1,5 MW y produce cerca de 8.000 MW de energía por año (International Center on Renewable Energies-Biogas, 2017).



Figura 1. Planta de biogás de Yanquetruz (GESTAR COOP, 2016).

Otra planta agropecuaria es el establecimiento ganadero de La Micaela, ubicado en Carlos Tejedor, provincia de Buenos Aires. Esta planta produce energía eléctrica a partir de estiércol animal, abasteciendo a unas 200 familias de esa localidad. La planta utiliza cerca de 13,5 toneladas de desechos más orina y genera unos 800 m³ de biogás por día. Este biogás alimenta un motor de co-generación de 70 kWh de energía eléctrica, la cual se vende a la cooperativa eléctrica local (International Center on Renewable Energies-Biogas, 2017).

2.2. Bolivia

En Bolivia las inversiones en biogás todavía son pocas y se han enfocado principalmente en las comunidades rurales y en la gestión de basuras.

2.2.1. Proyectos y empresas implicadas

La cooperación suiza ha financiado el desarrollo de un modelo productivo y educativo de una planta, con tecnología local, para la producción a gran escala de abono orgánico y biogás, en un municipio con alta producción de residuos sólidos. Swisscontact, como ejecutor del proyecto Biogás, ha diseñado la planta con participación de la Universidad Mayor de San Simón, a través del Programa de Investigación y Tecnologías Aplicadas. La planta comprende un reactor anaerobio de 500 m³ con capacidad de procesamiento de 4 toneladas por día de residuos orgánicos y una generación de 57.000 m³ de biogás anuales, que son utilizados principalmente para generación de energía eléctrica o usados como gas para cocina y calentadores (Bischof et al., 2016).

El proyecto “Viviendas Autoenergéticas” se desarrolló en comunidades campesinas de Bolivia. La iniciativa ha servido de experiencia piloto en la aplicación de biodigestores de polietileno de bajo coste, fuera de ecorregiones tropicales a nivel internacional. Estos biodigestores constituyen una valiosa alternativa para el tratamiento de los desechos orgánicos de las explotaciones agropecuarias de pequeña, mediana y gran escala, permitiendo la generación de energía eléctrica para estas poblaciones, además de biofertilizantes para sus plantaciones (Rivero, 2009).

En 2013, estudiantes de la Universidad Mayor de San Simón (UMSS) trabajaron en un proyecto para el Complejo Productivo de Abono Orgánico y Biogás de Cochabamba, uno de los mayores proyectos de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la UMSS, para aprovechar cerca de 300 toneladas de basura orgánica diariamente. La planta de biogás produce energía eléctrica a través de turbinas y se estima que se genera cerca de 90 kWh que son utilizados en la propia planta (Nava, 2013).

2.3. Brasil

En Brasil existen muchos proyectos de plantas de biogás con diferentes usos de este producto. Se destaca el papel de liderazgo de la hidroeléctrica Itaipú Binacional en el impulso del sector de biogás en el país. La empresa tiene diversos proyectos de investigación y desarrollo en el área de biogás en asociación con el Centro Internacional de Energías Renovables – Biogás (CIBiogás). Su estructura cuenta con un laboratorio de biogás, en el Parque Tecnológico de Itaipú (PTI) y con 11 unidades de producción de biogás en el país. Un manual del CIBiogás presenta algunos de los proyectos de biogás de Brasil (International Center on Renewable Energies-Biogas, 2017).

2.3.1. Proyectos y empresas implicadas

En Argentina, en 2015, existían 153 unidades registradas de generación de biogás, donde tres tienen como principal aplicación del biogás la producción de biometano y cuatro plantas con unidades de refinado de biometano. Dos de estas plantas tienen estaciones de abastecimiento de vehículos a biometano.

La Granja Haacke está ubicada en Santa Helena, Paraná, y cuenta con 84 mil aves ponedoras y 750 bovinos de corte. Desde 2013 un biodigestor recibe cerca de 100 m³ de efluente líquido que realiza la digestión anaerobia de los residuos, produciendo cerca de 1.000 m³ de biogás por día. El biogás es utilizado para producir biometano para automóviles y para generar energía eléctrica.

El Consorcio Verde Brasil está formado por la Cooperativa de los Citricultores Ecológicos del Valle del Caí – Ecocitrus – y por la empresa Naturovos, con apoyo de Sulgás. Este consorcio presentó en 2013 una planta de biogás y biometano en el municipio de Montenegro, Rio Grande do Sul. La planta recibe residuos de la industria de jugos cítricos, lácteos y celulosa, residuos de frigoríficos y de avicultura de puesta. Genera cerca de 1.200 m³/día de biometano que es utilizado como combustible en vehículos de la flota del consorcio y el excedente se utiliza en la generación de energía eléctrica para el

consumo interno de la planta de compostaje de residuos, o en la producción de biometano.

Además, en el país existe un gran potencial de producción de biogás a partir de los efluentes del sector azucarero, como la vinaza y la torta de filtro. Desde 2011 una planta de biogás en Tamboara, Paraná, transforma cerca de 1.300 m³/día de efluentes en cerca de 4.000 m³/día de biogás, que son utilizados para generación de energía eléctrica y para venta para el mercado libre.

La Cooperativa de Productores Rurales (C. Vale) de Assis Chateaubriand, Paraná procesa hasta 400 toneladas de raíz de mandioca por día, planta tuberosa típica del país. En el proceso industrial se generan entre 570 y 1.620 m³/día de efluentes líquidos, dependiendo de la época del año y de los productos en producción, que se dirigen a un biodigestor de tipo laguna cubierta para la fase de tratamiento anaeróbico, en operación desde 2012. Los 20.000 m³/día de biogás producidos generan energía térmica para la industria, permitiendo una reducción de hasta un 90% en la demanda de leña.

El proyecto UPCIBiogás consiste en la construcción de un complejo industrial para tratamiento de biomasa compuesta por parte de efluentes cloacales producidos en el complejo Itaipú, residuos orgánicos generados en los restaurantes de la Usina y restos de poda de césped. El biogás generado es refinado y el biometano es utilizado como biocombustibles para abastecer parte de la flota de vehículos de Itaipú Binacional.

Además, Brasil fue el primer país de América Latina en desarrollar un tractor movido por biometano. El tractor es de la empresa New Holland Agriculture y busca hacer que los agricultores rurales puedan independizarse del uso de combustibles fósiles, siendo ellos mismos los que produzcan el combustible que necesitan (Folha de Londrina, 2018).

2.4. Chile

En Chile, en 2010, 31 empresas utilizaban el biogás en su proceso productivo, de las cuales cinco lo usaban para generación eléctrica. La principal materia prima para generación son los desechos agrícolas y urbanos y las plantas de tratamiento de aguas. El 40% de la producción es quemada en antorcha sin aprovecharse, el 34% es utilizado para cogeneración, seguida por energía térmica con un 11%, un 6% en energía eléctrica y, finalmente, un 9% se orienta a otros usos diversos (Redagrícola, 2017).

2.4.1. Proyectos y empresas implicadas

La planta La Farfana es el principal centro de tratamiento de aguas de Santiago, depurando cerca del 60% de las aguas servidas de la región y generando, como subproducto de la descomposición de la materia orgánica, un promedio de entre 50.000 y 60.000 m³ de biogás. El gas es primeramente tratado en la propia estación de tratamiento de aguas, y en seguida es enviado a la fábrica de gas que es habilitada para almacenar el biogás y realizar un último tratamiento de “polishing”. En resumen, la capacidad de aprovechamiento de biogás puede llegar a los 24.000.000 m³/año y cubrir una demanda de cerca de 35.000 hogares, es decir, cerca de 10% de los clientes que utilizan gas de ciudad de Santiago (Nelson, 2010).

En Molina, Región del Maule, se construyó una planta modular de biogás en Viña San Pedro, a cargo de la empresa Genera Austral, que genera biogás a partir de residuos de vendimia. La planta genera aproximadamente 1 MW/hora de energía limpia, que equivale al consumo de cerca de 3.200 hogares y al 60% de la energía eléctrica que necesita la viña. Actualmente los biodigestores son alimentados con 9 mil toneladas anuales de residuos de vendimia, pero se pretende ampliar su capacidad al doble a fin de llegar cubrir el 100% de las necesidades energéticas de Viña San Pedro (El Amaule, 2016).

La empresa Schwager Energy ha instalado tres plantas de biogás en Chile. Una de ellas “recicla lo reciclado”. Lácteos y Energía S.A., dedicada a la

producción de suero y proteína en polvo a partir de la parte de la leche no aprovechable en las fábricas de queso. La materia orgánica residual de esta actividad recicladora se destina a la generación de biogás y energía eléctrica que es aprovechada totalmente en la propia planta. La calidad de este gas es destacada pues el sustrato no contiene proteína, que es uno de los factores que contribuyen a la contaminación del gas (Redagrícola, 2017).

La empresa VISORS Generación S.A. desarrolló una investigación para obtener biogás a partir de paletas de nopal (tuna), que se realizó gracias a FONDEF junto a la Universidad Mayor. El objetivo fue contribuir a las necesidades de energía de las empresas mineras en el norte del país, buscando una fuente de biomasa que se pudiera producir con rentabilidad positiva en los terrenos desérticos o semidesérticos de esa zona. Actualmente están haciendo los estudios de viabilidad para unirse a las termoeléctricas, considerando que el factor de combustión de planta del gas natural permite hacer “cofiring” (co-combustión) en calderas de carbón o de gas natural líquido (Redagrícola, 2017).

2.5. Colombia

La producción y el empleo del biogás como fuente renovable no ha tenido un gran desarrollo en Colombia. Dentro de los casos prácticos desarrollados destaca la basura como principal fuente de producción de biometano, pero también cuenta con algunos proyectos en el tratamiento de aguas residuales y desechos animales en el sector agropecuario. El principal uso del biogás es la transformación en electricidad para el autoconsumo.

Desde que el gobierno colombiano empezó a favorecer fiscalmente la generación de energías renovables mediante la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), la industria agraria del país ha sufrido un estímulo positivo en el uso de las energías renovables, incluyendo entre ellas la producción de biogás a partir de biomasa de diferentes orígenes.

2.5.1. Proyectos y empresas implicadas

Colombia poco a poco ha venido ganando terreno en la producción de biocombustibles líquidos de primera generación, y comienza a apostarle al desarrollo de proyectos que incentiven el aprovechamiento de los residuos orgánicos para la generación de energía, a través de la producción de biogás. Actualmente, en el país operan algunas plantas de biogás como la que se encuentra en el Jardín Botánico de Bogotá, la planta de tratamiento de aguas residuales San Fernando y el relleno sanitario de la pradera en Medellín (Ariza, 2015).

También en el relleno sanitario Guayabal, la empresa de aseo de Cúcuta construye una planta para generación de energía eléctrica a partir del biogás generado de los residuos sólidos. Ya limpio, el gas tiene capacidad para generar cerca de 2 MW de electricidad que son utilizados para el autoconsumo (El Tiempo, 2017).

La empresa Promoenergía SAS es especialista en el suministro de servicios técnicos para el sector de energía en Colombia y ha desarrollado el Sistema Biobolsa, que es un biodigestor anaerobio tubular pre-fabricado, diseñado para el pequeño y mediano productor agropecuario. Este sistema convierte los desechos del ganado en biogás y en bioabono para ser empleados de manera doméstica (PROMOENERGÍA, 2015).

Además, existen algunas iniciativas como Energreencol, que posee 20 plantas en funcionamiento, que ponen a disposición de ganaderos, industrias, municipios y asociaciones con animales que quieran aprovechar sus desechos la tecnología para generar energía renovable (Miranda, 2016).

También en Nariño, en el Centro Internacional de Producción Limpia Lope, el Servicio Nacional de Aprendizaje (Sena) ha instalado la primera planta de biogás de la zona. La planta ha sido donada por la empresa alemana Ökobit y se ha instalado aquí puesto que se calcula que en el área existen unas 7.500 cabezas de ganado (Miranda, 2016).

La empresa Huevos Kikes, mayor productor de huevos de Colombia, también invierte en biogás. Desde que el gobierno colombiano empezó a favorecer fiscalmente la generación de energías renovables mediante la Unidad de Planeación Minero Energética – UPME, la industria agraria del país ha descubierto el uso de energías renovables. En su proceso de producción Huevos Kikes genera gran volumen de excrementos de gallina y de agua de servicio, con los que se puede operar la planta de biogás de 800 kW sin necesidad de comprar otros sustratos (AviNews, 2016).

En el Anexo I se amplía información sobre el estado de conocimiento en aprovechamiento de biomasa para la producción de biogás en Colombia.

2.6. Costa Rica

En la Universidad Earth en Costa Rica la energía para la cocción de los alimentos es producida a través de las excretas de los animales y de los restos de materia orgánica del propio comedor. El gas es producido en dos biodigestores en el campus (Araya, 2013).

Existe también generación eléctrica a partir del biogás obtenido mediante el tratamiento de excretas porcinas que se generan en una finca agropecuaria, como es la finca Cerdos el Cerro, localizada en Cañas, Guanacaste. La propiedad genera cerca de 5.319 kg/día de excretas porcinas que pueden producir 412,5 m³/día de biogás.

Además, la finca Cerro Grande, una lechería ubicada en Oreamuno de Cartago genera electricidad y abono orgánico a partir de la digestión anaerobia de las excretas. En 2006 los propietarios buscaron asesoría en el ICE (Instituto Costarricense de Electricidad) a fin de cumplir con la normativa ambiental. Así, se diseñó un biodigestor para tratar los desechos y el biogás obtenido se usó para calentar el agua con que se lavaban los equipos de ordeño diariamente. La generación de estiércol diaria es de 456 kg/día que pueden producir 21 m³

de biogás y esta producción diaria permite operar toda la planta generadora por 1 hora (Chanto, 2014).

Una investigación de 2014 por tres ingenieros del Programa Biogás (ICE) se enfocó en la producción de biogás a partir de rastrojo de la piña. Los resultados mostraron una producción promedio de biogás de 25,7 litros de metano por cada kg de rastrojo de piña fresco, es decir, 25,7 m³ de biogás por cada tonelada de rastrojo con una concentración de metano del 52% (Arce, Hernández, & Amador, 2014)

2.7. Cuba

Cuba cuenta, entre los sectores estatal y cooperativo-campesino, con unos 1.000 biodigestores, instalaciones donde se garantiza la digestión anaerobia para procesar y tratar excretas.

2.7.1. Proyectos y empresas implicadas

Con tecnología propia se construyó una planta en la central provincia de Sancti Spíritus una de las mayores del país, con capacidad de 740 m³ que permite una generación de 1 MW/día. Está en el Complejo Agroindustrial Guayos, donde funciona el primer grupo electrógeno que se sincroniza a la red eléctrica nacional de la isla a partir de la obtención de ese gas y logra cada día una producción media de 350 kWh, de los cuales 310 kWh son destinados al consumo del propio centro. La planta cuenta con las excretas del Complejo que posee un multiplicador porcino, cuatro unidades cunícolas, un matadero de cerdos, reses y aves y una planta procesadora de pescado. Además, la Empresa Agroindustrial Guayos sobresale en el país por sus aportes de innovación tecnológica que buscan desarrollo sostenible (Opciones, 2015).

En 2008 se construyó una planta de biogás en el mayor vertedero de La Habana. La planta es de gran escala y permite la generación de energía eléctrica a partir del procesamiento de cerca de 70 a 80 m³ de residuos sólidos urbanos, es decir, entre 15 y 20 toneladas de estos desperdicios. La

instalación, de tecnología alemana, fue construida con la colaboración de la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial y tiene capacidad de generación de 60 a 70 kWh (Cuba Encuentro, 2008).

2.8. Ecuador

En su gran mayoría, los proyectos referentes a biogás en Ecuador están relacionados con el aprovechamiento del gas producido en rellenos sanitarios, con objetivo principal de utilización en la red de gas del país. Existen dos ejemplos principales aplicados en Ecuador que a continuación se exponen.

2.8.1. Proyectos y empresas implicadas

Una nueva Planta de Aprovechamiento de Biogás, situada en Cuenca tiene previsión para generar, a partir de 2019, la energía eléctrica para abastecer a 7.300 familias, con un consumo promedio de 160 kWh/mes. La producción prevista será de 2MW que se conducen directamente al Sistema Nacional Interconectado. La planta está ubicada en el relleno sanitario de Pichacay que recibe cerca de 500 toneladas de desechos por día y fue construida por una empresa holandesa, BGP Engineers (Redacción Ciudadanía, 2017).

Otra planta en relleno sanitario se ubica en relleno de El Inga, que funciona desde 2016. El objetivo es transformar todo el biogás formado en la descomposición de la materia orgánica en energía eléctrica para abastecer cerca de 3.500 viviendas. Esta planta es llevada a cabo por la Empresa Pública Metropolitana de Gestión de Residuos Sólidos (Emgirs) y la proyección de ampliación es que en 2017 la capacidad sea de 5 MW. En este proyecto todo el gas producido es, también, encaminado al Sistema Nacional Interconectado (El Comercio, 2016 y La Hora, 2017).

2.9. El Salvador

En El Salvador destacan las producciones de biogás en proyectos localizados en empresas locales, que por iniciativa propia generan biogás a través del tratamiento de efluentes, utilizándolo en la propia empresa. Existen también plantas instaladas en rellenos sanitarios.

2.9.1. Proyectos y empresas implicadas

La planta AES Nejapa, la primera de su tipo en la región, genera 6 MW de energía eléctrica a partir del biogás que se obtiene de la descomposición de los desechos sólidos en relleno sanitario. Es proyectada por AES El Salvador, que es parte del Complejo Centroamérica de AES, compuesto por los negocios de generación de energía de El Salvador y Panamá (AES El Salvador, 2013).

Desde 2013 hay una planta de generación de biogás que funciona de la combinación de aguas residuales producidas por dos unidades de producción del Grupo Campestre en San Miguel. La planta consiste en un biodigestor de 400 m³ que recicla aguas residuales que salen de la matanza de pollos de la granja Avícola Campestre y las excretas de bovinos y sueros lácteos de Agropecuaria La Laguna. El biogás producido es llevado hacia las calderas para la producción de vapor necesario en los procesos de escaldado de pollos en el rastro (Ventura, 2013).

En 2008 se instaló una planta de tratamiento de aguas residuales con generación de biogás en las Industrias La Constancia, de producción de bebidas. Se estima que haya una producción de 15.000 m³ de biogás por mes. Este biogás es utilizado como combustible en las calderas para generar vapor que sirve en procesos como pasteurización de la cerveza, cocción de ingredientes para la cerveza, esterilización y saneamiento de equipos, etc. Se estima que el uso de este biogás reduce el consumo de fuel oíl en 10% por año y en materia eléctrica, los ahorros se han hecho tangibles al pasar de consumir 21,9 kW de energía por cada 100 litros de cerveza a 9,83 kW por la misma cantidad de producto.

El beneficio Atapasco del grupo CAFECO S.A., se dedica al procesamiento del café para la exportación, proyectaran la producción de biogás a través del tratamiento de sus productos excedentes y de desperdicio. El gas producido es utilizado en la propia industria para generación de energía eléctrica y en las calderas para generar vapor para su proceso de producción. En el biodigestor se producen promedio entre 31.000 y 32.000 m³ de biogás por año (Mendez, 2015).

2.10. España

Dadas las restricciones burocráticas y la ausencia de un marco regulatorio, el potencial desarrollo del biometano en España se está viendo frenado, comparándolo con el de otros países europeos. Pese a ello, existen múltiples organizaciones, desde empresas privadas hasta administraciones públicas, involucradas en el desarrollo y la implantación de tecnologías relativas al biogás. Según los datos aportados por IDAE, España tiene un potencial de energía disponible de cerca de 20.000 GWh (1.700 tep) anuales, lo que representa alrededor del 6,5% del consumo de gas natural en España.

A continuación, se enumeran alguna de estas organizaciones, así como algunos de los proyectos más significativos en el sector.

2.10.1. Organizaciones

Se pueden dividir las mentadas organizaciones en cuatro grupos genéricos:

- Universidades y centros de formación:
 - Universitat Politècnica de Catalunya
 - Universidad Politécnica de Madrid
 - Universidad de Oviedo
 - Universidad de Valladolid
 - Universidad Católica de Ávila

- Universidad Politécnica de Valencia
- Universidad de Santiago de Compostela
- Universidad de Barcelona
- Universidad Miguel Hernández
- Universidad de Cádiz
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)
- Energías Sostenibles
- Escan
- Empresas
 - FCC Aqualia
 - Acciona
 - AGF (Ingeniería de procesos)
 - Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa (AVEBIOM)
 - Abantia
 - Fundación Asturiana de la Energía (FAEN)
 - Agriforest
 - Bioercam
 - Bioforga
 - Biomonte
 - Energías Sostenibles
 - Bitalia Energía Natural
 - Factor Verde
 - Aprovechamientos energéticos del Campo
 - Ecoeficenter
 - Ensaco Servicios Energéticos

- Allia Renovables
- Aresol Servicios Energéticos
- Innergy Engineering
- Corporación Organizativa de Ingeniería Global Española (COINGES)
- Agropellets de Aragón
- Organismos de investigación y centros tecnológicos:
 - Fundación CARTIF
 - Centro Tecnológico AINIA
 - Centro Tecnológico GIRO (Gestión Integral de Residuos Orgánicos)
 - Fundación para la Investigación y Desarrollo En Transporte y Energía (CIDAUT)
 - Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos (CIRCE)
 - Centro Tecnológico EnergyLab
- Administraciones públicas:
 - Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)
 - Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
 - Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)
 - Agencia Provincial de la Energía de Burgos (AGENBUR)
 - Agencia Provincial de la Energía de Ávila (APEA)
 - Delegación Comercial de Dinamarca
 - Advantage Austria
 - Instituto Catalán de Energía (ICAEN)
 - Ente Regional de la Energía (EREN)

2.10.2. Proyectos

Biogasnalía y Biometagas

En 2017 se puso en marcha una planta de biogás en Burgos (BIOGASNALIA), con objetivo de tratar principalmente lodos y grasas. La planta tiene un caudal máximo de 90 t/d de material y una capacidad máxima de producción de aproximadamente 1.000 kW_{e eq.}

BIOGASNALIA genera harina rica en proteína para alimentación animal procesando sangre, proceso térmico que requiere altos consumos de vapor. Antes de la construcción de la planta de biogás, la empresa utilizaba gas natural para ello y ahora utiliza el biogás generado para su autoconsumo térmico y eléctrico. La planta (Figura 2) está diseñada, construida y operada por AGF Ingeniería de Procesos.



Figura 2. Planta de generación de biogás Biogasnalía (Grupo Ecoalia).

Por otra parte, la misma ingeniería (AGF) está ejecutando un proyecto de implantación de otra planta de generación de biogás en Tarragona (BIOMETAGAS LA GALERA). En este caso se trata de una planta de alta potencia con una generación de 375Nm³/h de CH₄ (aproximadamente 1,5MW_{e eq.}) con el añadido de que dicho producción de biogás, posteriormente enriquecido a biometano, será comprimido con el fin de poder ser empleado de

forma polivalente, siendo la primera planta de generación de biogás comprimido de España.

Planta de biogás Valdemingómez

Además de las dos plantas previamente descritas, desde el 2008 existe una planta de biometano en España en el Parque Tecnológico de Valdemingómez, cuyo producto es inyectado en la red de gas natural. Se transforman cerca de 300.000 toneladas de residuos orgánicos en cerca de 240.000 toneladas de biomasa cuya fermentación produce 34 millones de metros cúbicos de biogás. Esta planta es la pionera en España al inyectar el biometano en la red y es considerada la más grande de Europa y una de las más grandes del mundo en cuanto a volumen de biometano inyectado en la red de gas.



Figura 3. Parque Tecnológico de Valdemingómez (Ayuntamiento de Madrid).

Autobús propulsado con biogás

El primer autobús que usa como combustible el biometano, obtenido a partir de biogás, se implantó en España a finales del 2016, concretamente en la ciudad de Pamplona (Figura 4). El biometano se obtiene a partir de los lodos de la depuradora de Arazuri. El biogás obtenido de los lodos de la depuradora se enriquece a fin de eliminar en la medida de lo posible el CO₂ existente en él, del mismo modo que otras impurezas como el ácido sulfhídrico o los siloxanos.



Figura 4. Autobús impulsado a biogás (Escuela de Organización Industrial).

Probiogás

PROBIOGAS es un proyecto singular y estratégico que integra un conjunto de actividades de carácter científico tecnológico que están interrelacionadas entre sí y que tienen como objetivo común "el desarrollo de sistemas sostenibles de producción y uso de biogás en entornos agroindustriales, así como la demostración de su viabilidad y promoción en España". En PROBIOGAS participaron 14 centros de investigación y 14 empresas o instituciones relacionadas con las distintas áreas de conocimiento relacionados con el biogás. Estaba apoyado por el Ministerio de Ciencia e Innovación a través de su programa de ayudas a Proyectos Singulares y Estratégicos. Las actividades del proyecto comenzaron a finales de 2007 y concluyeron en 2011, incluyéndose ensayos en plantas piloto y plantas industriales para la obtención de biogás a partir de diversas materias primas.

En el Anexo II se amplía información sobre el estado de conocimiento en aprovechamiento de biomasa para la producción de biogás en España.

2.11. Guatemala

Desde 2015, un proyecto a cargo de la empresa Industrias de Biogás S.A. (Inbio) genera biogás en una planta en el Vertedero El Trébol, con una capacidad de cerca de 4,8 MW suministrados a la Empresa Eléctrica de Guatemala S.A. (Bolaños, 2015).

Agrogeneradora S.A. es la empresa de Grupo Central Agrícola responsable del desarrollo de unidades de negocios de generación de energía eléctrica sostenible y competitiva que actualmente desarrolla un proyecto de valorización energética de los residuos orgánicos generados en la granja avícola de la empresa Avícola Kaxin S.A.. El proyecto, denominado “Planta de Generación de Biomasa Santa Ana”, tiene como objetivo la generación de energía eléctrica a partir del biogás que es producido por la degradación de los desechos producidos en la avícola, juntamente con pasto King Grass que es cultivado en terrenos de la propia granja (Sandoval, 2017).



Figura 1. Planta de producción de biogás de Santa Ana (Sandoval, 2017).

AquaLimpia Engineering e.k. realizó la construcción de un sistema de biodigestión para el aprovechamiento de gallinaza pura producida por un millón de gallinas ponedoras en la Avícola Victoria. El biogás que se produce en los biodigestores es aprovechado para la producción de electricidad. Son cuatro biodigestores de 3.500 m³ cada para el aprovechamiento de 160 t/día de gallinaza con capacidad para generar cerca de 1 MW que es comercializada a la red pública de electricidad (AquaLimpia Engineering, 2015).

Además de las grandes empresas, el mexicano Daniel Buchbinder Auron logró desarrollar un sistema con objetivo de generar biogás necesario para abastecer una vivienda. El sistema consiste en grandes depósitos herméticos que promueven la descomposición de la materia orgánica, sobras de alimentos o residuos de rastros como estiércol de vacas y cerdos, para producir el metano. El reto es fabricar esta tecnología y extender la gama de biodigestores a diversas zonas de Guatemala, además de disminuir la inversión económica del usuario para que sean accesibles tanto a comunidades rurales como a la agroindustria (DiCYT, 2014).

2.12. Honduras

En Honduras predomina la producción de biogás a partir del tratamiento de residuos y aguas residuales de las empresas.

2.12.1. Proyectos y empresas implicadas

La empresa Eecopalsa cuenta con muchos proyectos de energía renovable que le han permitido producir su propia energía y venderle a Enee (Empresa Nacional de Energía Eléctrica). En 2013, asesorados por inversores belgas, desarrollaron un proyecto de generación de energía a partir de biogás con capacidad de producción de 930 kWh. El proceso de obtención de energía consiste en la captación del metano originado en las aguas residuales y la biomasa que salen de una planta extractora de fruta de palma africana (Alvarenga, 2013).

Con asesoría técnica brindada por el Programa 4E de la Cooperación Alemana, la empresa cooperativa COAPALMA-ECARA, miembro de la Cámara Hondureño-Alemana, desarrolló un proyecto de tratamiento de aguas residuales y generación de biogás. El proyecto tiene como objetivo el tratamiento de aguas aceitosas con alta carga orgánica producto de la extracción y el refinado de aceite de palma africana. El tratamiento de estas

aguas residuales permitió a COAPALMA la instalación de una capacidad de generación de hasta 2,4 MW a base del biogás (AHK, 2010).

En 2014 el Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE) firmó un convenio de cooperación con Bioenergía R4E Choloma para financiación del proyecto “Planta de generación de energía en base a estiércol proveniente de la porqueriza Porkies”. El proyecto genera cerca de 0,3 MW de energía a través del uso de los residuos orgánicos de cuatro porquerizas, ubicadas en Choloma (Vasquez, 2014).

Hay también cerca de diez cafetaleros de Honduras que producen biogás a partir de los residuos del café. El proyecto Energía de UTZ Certified, iniciado en 2010, además de en Honduras, produce biogás en ocho fincas de Nicaragua y en una de Guatemala e intentan implantar la tecnología en Perú y Brasil (Roca, 2014 y La Tribuna, 2014).

2.13. México

México tiene un gran potencial de producción de biogás debido a la alta generación de residuos orgánicos. Este potencial se traduce en generación de energía eléctrica y térmica. La distribución de las plantas asociadas al uso de biometano se concentra principalmente en la capital del país y tienen por objetivo principal la generación de electricidad. Lo que hace falta en México para el aprovechamiento de este gran potencial es la inversión en i+D junto con la importación de tecnología y la formación de recursos humanos en la que el Instituto Politécnico Nacional trabaja actualmente. En comparación con otros países como España y Alemania, México tiene aún más potencial de generación de biogás, e incluso de biocombustibles, considerando únicamente residuos, lo cual es una ventaja para un país con una población de más de 112 millones de habitantes (Piña, 2014).

2.13.1. Proyectos y empresas implicadas

Investigadores de las facultades de Química e Ingeniería, así como del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) han desarrollado una planta para procesar residuos sólidos urbanos, de tipo orgánico, para producir biogás. Esta instalación es actualmente la única planta en México que trata residuos sólidos urbanos con dos tipos de tecnología: la “digestión húmeda” que utiliza agua y la “seca” que funciona con la humedad de los propios residuos. El coordinador del proyecto resalta que estas plantas de biodigestión pueden ser de gran utilidad en las industrias procesadoras de alimentos y que se ha proyectado una planta capaz de procesar 50 toneladas de residuos en Capulhuac, Estado de México, y se estima que con esa cantidad de residuos la producción de energía eléctrica sería de 0,5 MW, es decir, 500 kWh/día (Residuos Profesional, 2016).

Autoridades del Gobierno de la Ciudad de México y del gobierno federal realizaron una inversión en una planta de biogás a partir del tratamiento de basuras en el vertedero Bordo Poniente. Con una capacidad de generación de 508 GW, tiene el objetivo de dar energía a 517.000 luminarias públicas de la capital y cerca de 1.700 edificios públicos (Redacción Obras, 2017).

Otra planta en la Ciudad de México, financiada por la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación (Seciti) local y desarrollada por la empresa Sustentabilidad en Energía y Medio Ambiente (Suema), es alimentada con residuos de verdura y nopal, teniendo una capacidad para tratar 100 toneladas de residuos orgánicos al mes, generando 175 kWh diarios. El biodigestor tiene entre sus componentes un tanque cilíndrico de acero y trabaja a partir de la digestión anaerobia y termofílica (Energías Renovables, 2017).

En el Anexo III se amplía información sobre el estado de conocimiento en aprovechamiento de biomasa para la producción de biogás en México.

2.14. Nicaragua

En 2017 se inauguró en la hacienda Santa Lucía, en el municipio de Santo Tomás, una planta de biogás de domo fijo. La planta tiene 27 m³ y además de generar energía para el ordeño mecánico que se realiza en esta finca, dos veces al día también tiene la aplicación de iluminación y para la cocina, o sea, que se evita de hacer uso de la leña (Sequeira, 2017).

Para remediar la situación de falta de tratamiento de los residuos orgánicos (sangre, estiércol y rumen producto de la matanza de las reses) generados en el Rastro Municipal de Juigalpa, la UPOLI – Universidad Politécnica de Nicaragua a través de su Centro de Estudios Biotecnológicos – CEBiot, diseñó, instaló y puso en marcha una planta piloto de biogás basada en la tecnología de Digestores de Presión Hidráulica (DPH), que la UPOLI promueve a nivel nacional como una alternativa de generación de biogás. El proyecto se llevó a cabo con el financiamiento otorgado por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) a través de la gestión del Ministerio de Energía y Minas de Nicaragua (MEM) y la colaboración de la Alcaldía Municipal de Juigalpa (Medina, 2014).

En 2011 El Fondo Multilateral de Inversiones (FOMIN), miembro del Grupo del BID, se asoció con el Fondo Nórdico de Desarrollo y dos organizaciones no gubernamentales holandesas, Hivos y SNV, para lanzamiento del programa para desarrollo de biogás para proveer energía renovable a pequeños agricultores en Nicaragua y contribuir para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. El proyecto llevará energía de biogás a cerca de 6.000 agricultores (IADB, 2011 y Biogás nicaragua, 2011).

2.15. Panamá

Desde finales de 2016 en el Relleno Patacón, que diariamente recibe cerca de 2.300 toneladas de basura, se ha puesto en práctica el funcionamiento de una planta térmica que produce energía eléctrica a partir de biogás. Este proyecto

tiene como objetivo el autoconsumo de la planta y la distribución de excedente a la red eléctrica, llegando a generar 7,1 MWh (Díaz, 2017).

Para evitar las contaminaciones que ponen en riesgo la salud de la población, la Alcaldía de Panamá en colaboración con la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) desarrollarán un proyecto piloto para generar gas a partir de los residuos orgánicos del Mercado de San Felipe Neri, para ser utilizados en la cocina. El Mercado genera cerca de 4 toneladas de basura orgánica diariamente, inicialmente solo parte de estos residuos serán utilizados para generar cerca de 300 kW de energía por mes, con intención de ampliar la instalación con un biodigestor más grande, a fin de conseguir tratar todos los residuos generados (Rodríguez P. & Julio, 2015).

En 2006 un proyecto para producir biogás, iniciado por la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM) y la Cooperativa de Productores Juan XXIII de la provincia de Veraguas, se realiza en la granja porcina Los Núñez. Son utilizadas las excretas de los cerdos para la producción del biogás que es utilizado como combustible en cocinas y también para el propio consumo de la granja (Panamá América, 2006).

2.16. Paraguay

Paraguay, así como Brasil y Argentina, tiene gran influencia del Itaipu Binacional, que impulsa a varios proyectos de biogás en la región. El Informe de Biogás y Biometano del Mercosur presenta algunos de estos (International Center on Renewable Energies-Biogas, 2017):

La empresa Granja San Bernardo S.A. (GSB) y la Administración Nacional de Electricidad, impulsado por Itaipu Binacional en conjunto con la Fundación Parque Tecnológico Itaipu (PTI), ha logrado el aprovechamiento de gas metano producido a través de un biodigestor para degradar los efluentes provenientes del confinamiento de cerdo en la granja. El aprovechamiento consiste en utilizar el gas metano para la generación de energía eléctrica por medio de un motor

generador; el gas es filtrado por medio de una torre lavadora para mejorar la vida útil del motor y disminuir la contaminación del ambiente con los gases emitidos.

El proyecto “Obtención de Energía Renovable a Partir de Residuos Industriales”, también impulsado por la Itaipu Binacional y el Parque Tecnológico de Itaipu, se basa en el desarrollo de un biodigestor para tratar los residuos industriales provenientes del frigorífico JBS Paraguay.

Además, el proyecto “Biodigestores para Fincas de Agricultores”, impulsado por Itaipu, La Municipalidad de Juan E. Oleary y el Comité de Agricultores San Isidro de la misma comuna, tiene por objetivo utilizar una finca como unidad demostrativa en la utilización de biodigestores anaerobios para la obtención del biogás a partir de residuos y efluentes de animales con los que cuenta la finca. Este biogás será utilizado para la obtención de energía térmica para la cocción de alimentos. Los resultados del proyecto se analizarán y si resultan positivos, se ampliará la interconexión entre fincas a través de un gasoducto, que podrá interconectar los biodigestores para el almacenamiento del gas y su posterior venta a sus potenciales usuarios, ya sea como combustible o para otras necesidades térmicas que requieren los silos y secaderos de la zona.

Ya en 2011 el programa “Gas nacional en movimiento” desarrolló dos vehículos abastecidos a gas metano, patentado en el país como “Ecogas Energy”, teniendo pretensión de aumentar la flota y el abastecimiento a metano (NGV Journal, 2011).

2.17. Perú

En Perú ya se ha comenzado con la ejecución de proyectos para la obtención de biogás. El empleo del mismo se basa principalmente en la producción de combustibles y la generación de energía eléctrica.

El país lleva impulsado desde 2015 el uso de biogás, y en la actualidad se producen el equivalente a 10.000 litros de petróleo por día, no obstante, la

tecnología para presurización y el enriquecimiento de la pureza del metano todavía es baja (UCSM, 2018).

2.17.1. Proyectos y empresas implicadas

Desde 2016 un equipo conformado por 13 investigadores de la Universidad Católica Santa María junto a especialistas del Instituto de Investigación y Desarrollo para el Sur, desarrollaron un sistema tecnológico para operar una planta de producción de biometano basándose en el uso de estiércol de vaca y cerdos, donde el combustible presurizado es utilizado en el caldero de la planta de lácteos del Fundo de la Católica en la Irrigación Majes, y también en un motocultivador, en un tractor y en un automóvil. Esta planta fue ensamblada en la India y trasladada hasta Majes por la empresa Biogas Development & Training Center New Delhi financiado por la Universidad Católica de Santa María y fondos aportados por el Programa Nacional de Innovación Agraria (PNIA) (UCSM, 2018).

AINIA Centro Tecnológico y el Instituto Tecnológico de la Producción (ITP) tienen una planta piloto de biogás instalada en el ITP. La intención es que esta planta permita avanzar en el conocimiento de los procesos de co-digestión anaerobia para el desarrollo de instalaciones a escala industrial. Estos trabajos, que han conllevado la formación y capacitación en tecnologías de digestión anaerobia y plantas de biogás de técnicos del ITP por parte de un equipo de AINIA, se enmarcan en el proyecto de acción cooperativa Espora, liderado por el centro ubicado en Paterna (Valencia), y está cofinanciado por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo y el ITP (Energías Renovables, 2017).

En el Anexo IV se amplía información sobre el estado de conocimiento en aprovechamiento de biomasa para la producción de biogás en Perú.

2.18. Portugal

El potencial de producción energética a partir de biometano en Portugal está en torno de 600 GWh. La Universidad de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD) desarrollo dos tecnologías, la gasificación de recursos forestales y la fermentación de recursos agrícolas, para producción de biometano (Ambiente Online, 2008).

Desde 2011 las empresas Dourogás e Empresa Geral do Fomento (EGF) desarrollan el proyecto BioGN que produce biometano y lo inyecta en la red de gas natural. El proceso de producción engloba también la purificación y limpieza del biogás resultante de la valorización de residuos orgánicos. Además, el proyecto cuenta con la cooperación con la UTAD, que desarrolla los estudios necesarios y ensayos de laboratorio. La producción está cerca de 1,7 millones de Nm³/año (Ambiente Online, 2010).

En 2017, Dourogás inauguró una unidad de biogás para uso como combustible para vehículos a partir de residuos sólidos urbanos de lo relleno de Urjais. Los vehículos que reciben este combustible son de la flota de camiones de basura Resíduos do Nordeste. El biogás transformado puede emplearse en los vehículos después de pasar por una tecnología portuguesa de separación de gases, la Sysadvance (spin off de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Oporto) (Brito, 2017).

En 2009 se inauguró en el país una planta dedicada al tratamiento y aprovechamiento energético de gallinaza con biodigestores de geomembrana BioElax. La granja dispone de más de 280.000 ave y los biodigestores tratan 2,5 m³ de gallinaza por día, produciendo 300 m³ de biogás que son utilizados en la propia granja (Energías Renovables, 2009).

2.19. República Dominicana

Un proyecto de la Comisión Nacional de Energía (CNE) de 2013 para la producción de energía a partir del estiércol y desechos de animales, genera 1,5

MW distribuidos en 17 granjas que aprovechan el excremento de sus animales para generar electricidad, abaratar costos y así evitar un problema medioambiental (Nivar, 2013).

Los Doctores William Ernesto Camilo Reynoso y Cesar Adolis Félix de la Universidad APEC en República Dominicana hicieron una propuesta que trata de la implementación de una flotilla de vehículos híbridos (Biogás-Eléctricos) para el transporte urbano de la ciudad de Santo Domingo, con celdas de combustible de biometano para la tracción eléctrica, y con biometano como combustible para la tracción del motor de combustión interna, siendo el abastecimiento con una red de estaciones a partir del estiércol de los mataderos municipales (Reynoso & Félix, 2013).

Dos instituciones, el Instituto de Innovación en Biotecnología e Industria (IIBI) y la Comisión Nacional de Energía (CNE) trabajan para expandir el uso de biogás conseguido a partir de biomasa y de desechos de animales, como se presenta a continuación (Energías Renovables, 2009):

El IIBI promovió la biotecnología entre productores porcinos de localidades como San Francisco de Macorís, Tanares, Salcedo y Nagua. Estos proyectos cuentan con el apoyo de la Agencia Internacional de Estados Unidos para el Desarrollo (USAID) y se trata de cinco digestores, cuya generación de biogás será utilizada como fuente de energía para cocinar.

Por su parte, CNE trabaja en ámbitos relacionados con la producción de biogás con distintas materias primas. Una es en una finca cafetera en Jarabacoa en donde se han instalado dos reactores que se alimentan con biomasa obtenida del proceso de despulpamiento de los granos de café.

También hay proyecto para utilizar el estiércol de vaca, llamado Proyecto Ysura, que ha expandido la industria lechera en la provincia de Azua. Cuenta con una capacidad de generación de electricidad de cerca de 100 kW.

En Bona0, la empresa estadounidense Koar Energy Resources inauguró en 2008 una planta que produce gas de síntesis y energía eléctrica a partir de la biomasa obtenida de la cáscara de arroz y de bambú, otros residuos vegetales, desechos de palma aceitera, residuos de matas de plátano y cascarilla de cacao. Esta iniciativa también participa la Secretaría de Industria e Comercio, el Instituto Agrario Dominicano (IAD) y Corporación Dominicana de Empresas Eléctricas Estatales (CDEEE). Tiene capacidad para proporcionar gas a 288 viviendas y el excedente es utilizado para la generación de electricidad.

2.20. Uruguay

La política energética en Uruguay tiene una fuerte apuesta por las energías renovables, con importantes metas de incorporación en el corto plazo y significativas ventajas impositivas para estos emprendimientos. Existe un interesante marco normativo para fomentar el desarrollo del sector. La política energética tiene un objetivo explícito de diversificar la oferta energética y aumentar la independencia energética, incrementando la participación de energías autóctonas en la matriz. La introducción de energías renovables permite bajar el costo medio de generación eléctrica y disminuir los impactos ambientales de la misma.

Actualmente, Uruguay no cuenta con plantas de mediano o gran porte para la transformación de residuos en energía, más allá de planes piloto llevados a cabo por algunas intendencias, donde la mayoría genera electricidad para su propio consumo.

2.20.1. Proyectos y empresas implicadas

En Maldonado funciona una planta de producción de electricidad en un relleno sanitario que tiene una capacidad de 1,2 MW de generación de energía a partir de la captura y quema de biogás (Uruguay XXI, 2016).

La empresa Estancias del Lago es una empresa agroindustrial instalada en Durazno que cuenta con una planta de generación a partir de digestión

anaerobia, con capacidad instalada de 0,8 MW de energía a partir de biogás para generación de electricidad para su propio consumo en el proceso productivo. Para 2018, la empresa tiene prevista una ampliación de esta planta: ocho fermentadores van generar cerca de 6 MW a partir de estiércol vacuno y restos de forrajes. También, la empresa Lanas Trinidad, ubicada e Flores, se dedica a la producción de lana y posee una planta de generación de energía a partir de biogás con capacidad instalada de 0,6 MW (Uruguay XXI, 2016 y (Börries, 2017).

Existe un proyecto de generación de biocombustible a partir de biogás llamado Biovalor. Biovalor es un proyecto impulsado por el Ministerio de Industria, Energía y Minería a través de la Dirección Nacional de Energía, el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente a través de la Dirección Nacional de Medio Ambiente, y el de Ganadería, Agricultura y Pesca. Este proyecto tiene como objetivo principal la transformación de residuos generados a partir de actividades agropecuarias, agroindustriales y de pequeños centros poblados en energía, para ser utilizada principalmente como combustible para el transporte (EFE, 2017).

En el Anexo V se amplía información sobre el estado de conocimiento en aprovechamiento de biomasa para la producción de biogás en Uruguay.

2.21. Venezuela

Un grupo del Departamento de Potencia, Escuela de Eléctrica, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo hizo una propuesta de diseño de una planta de biogás para la generación de potencia eléctrica en zonas pecuarias de Venezuela, donde se obtuvieran buenos resultados en cuanto a generación de electricidad se refiere (Mago, Sosa, Flores, & Tovar, 2014).

La empresa Tratamiento Aguas de Venezuela C.A., ha desarrollado plantas de tratamiento de aguas residuales con obtención de biogás. Se ha desarrollado una línea de equipos basados en la producción de biogás por descomposición

anaerobia en biodigestores cerrados, tratando residuos biodegradables y produciendo combustibles que son utilizados en cocinas y para iluminación (Tratamiento de Aguas de Venezuela, 2012).

Un grupo de la Universidad Nacional Politécnica de Venezuela, de ingeniería agroalimentaria, desarrolló un trabajo para elaboración de un biodigestor como alternativa agroecológica en un plan de abastecimiento familiar en la finca “Los 5 Hermanos”, ubicada en el municipio Jesús Enrique Lossada. La finca se dedica a la explotación de ganadería, producción de leche y a la agricultura y no cuenta con los servicios básicos. El proyecto busca beneficiar no solo la finca, sino también a las familias y a otras fincas de la región (Sandrea et al., 2012).

BIBLIOGRAFÍA

- AES El Salvador. (2013). *AES Nejapa*. Obtenido de <http://www.aes-elsalvador.com/nuestra-empresa/aes-nejapa/>
- AGF Ingeniería de Procesos. (01 de 11 de 2017). *Planta de biogás compacta de media potencia. Biogasnalia. Burgos*. Recuperado el 22 de 05 de 2018, de <http://agfprocesos.com/planta-biogas-biogasnalia/>
- AHK. (2010). *Cámara de Comercio e Industria Hondureño-Alemana*. Obtenido de <http://honduras.ahk.de/newsletter-system-v2/newsletter-es/boletin-especial-proyecto-de-biogas-en-coapalma-ecara/>
- Alvarenga, F. (15 de 08 de 2013). *Para compartir esta nota utiliza los íconos que aparecen en el sitio*. Obtenido de <http://www.laprensa.hn/economia/344804-97/inauguran-plantas-de-biog%C3%A1s-y-refinadora>
- Ambiente Online. (21 de 01 de 2010). *Dourogás e EGF avançam com construção da primeira central de biometano*. Obtenido de <http://www.ambienteonline.pt/canal/detalhe/8782>
- Ambiente Online. (20 de 03 de 2008). *Portugal pode produzir até 600 GW/hora de biometano*. Obtenido de <http://www.ambienteonline.pt/canal/detalhe/6335>
- AquaLimpia Engineering. (2015). *Más referencias*. Obtenido de <https://www.aqualimpia.com/biodigestores/referencias1/>
- Araya, D. (02 de 04 de 2013). *Planta de biogás en la Universidad Earth de Costa Rica*. Obtenido de <https://twenergy.com/a/biogas-fuente-de-energia-sostenible>

Arce, A., Hernández, C., & Amador, R. (2014). Determinación de la cantidad y composición de biogás a partir de rastrojo de la piña (*Ananas comosus*) por medio de un sistema continuo a escala laboratorio. *Instituto Costarricense de Electricidad*, 1-8.

Ariza, A. A. (12 de 2015). *BIOMETANO: ALTERNATIVA SOSTENIBLE DEL GAS NATURAL*. Recuperado el 04 de 06 de 2018, de http://www.cdtdegas.com/images/Descargas/Nuestra_revista/MetFlu11/6Biometano.pdf

AviNews. (17 de 08 de 2016). *Colombia: el mayor productor de huevos invierte en biogás*. Recuperado el 04 de 06 de 2018, de <https://avicultura.info/colombia-mayor-productor-huevos-invierte-biogas/>

Ayuntamiento de Madrid. (24 de 05 de 2018). *Parque Tecnológico de Valdemingómez* . Recuperado el 24 de 05 de 2018, de <http://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/El-Ayuntamiento/Medio-ambiente/Residuos-y-limpieza-urbana/Parque-Tecnologico-de-Valdemingomez?vgnextfmt=default&vgnextchannel=d6cd1a2a419be210VgnVCM1000000b205a0aRCRD&vgnextoid=d6cd1a2a419be210VgnVCM10000>

Biogás nicaragua. (2011). *Biogás nicaragua*. Obtenido de <http://programabiogasnicaragua.org/>

Bischof, P., Sitta, V., Dietschi, M., Ortuño Rojas, C., Arancibia Miranda, M., Quillaguamán Leytón, J., & Pool Aróstegui, S. (2016). *Proyecto Biogás: Producción sostenible a gran escala de abono*. La paz: Swisscontact.

Bolaños, R. M. (20 de 07 de 2015). *Generan electricidad por medio de gas metano* . Obtenido de <http://www.prensalibre.com/economia/generan-energia-con-metano>

Börries, A. (14 de 11 de 2017). *Weltec Biopower*. Obtenido de Proyecto de 6,2 megavatios hace posible el crecimiento sostenible en Uruguay: <http://www.weltec-biopower.es/noticias/artikel/proyecto-de-62-megavatios-hace-posible-el-crecimiento-sostenible-en-uruguay.html>

Brito, A. (05 de 07 de 2017). *Dourogás avança com produção de combustível a partir de resíduos*. Obtenido de <https://www.publico.pt/2017/07/05/economia/noticia/dourogas-avanca-com-producao-de-combustivel-a-partir-de-residuos-1777945>

Chanto, C. H. (2014). *Proyectos energéticos – Programa Biogás*. Obtenido de Instituto Costarricense: <https://www.grupoice.com/wps/portal/ICE/Electricidad/proyectos-energeticos/programa-biogas>

Cuba Encuentro. (28 de 05 de 2008). *Construyen una planta de producción de biogás en el mayor basurero del país*. Obtenido de <https://www.cubaencuentro.com/txt/cuba/noticias/construyen-una-planta-de-produccion-de-biogas-en-el-mayor-basurero-del-pais-87699>

Díaz, J. C. (03 de 04 de 2017). *Un provecho del relleno sanitario*. Obtenido de <https://www.diaadia.com.pa/primer-plano/un-provecho-del-relleno-sanitario-313160>

DiCYT. (02 de 10 de 2014). *Crean una fuente de energía en Guatemala a partir de desechos orgánicos*. Obtenido de <http://www.dicyt.com/noticias/crean-una-fuente-de-energia-en-guatemala-a-partir-de-desechos-organicos>

EFE. (03 de 02 de 2017). *Uruguay tatea las posibilidades del biometano con la ayuda de científicos*. Obtenido de <https://www.efe.com/efe/conosur/tecnologia/uruguay-tatea-las-posibilidades-del-biometano-con-la-ayuda-de-cientificos-brasil/50000765-3169142#>

El Amaule. (31 de 03 de 2016). *Viña San Pedro se convierte en la primera del mundo en generar energía renovable.* Obtenido de http://m.elamaule.cl/noticia/sociedad/vina-san-pedro-se-convierte-en-la-primera-del-mundo-en-generar-energia-renovable?utm_source=dlvr.it&utm_medium=twitter

El Comercio. (15 de 02 de 2016). *El gas de la basura se transforma en energía.* Obtenido de <http://www.elcomercio.com/actualidad/gas-basura-energia-elinga-quito.html>

El Tiempo. (10 de 08 de 2017). *En Cúcuta construyen planta para generar energías con las basuras.* Obtenido de <http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/construyen-planta-de-tratamiento-para-generar-energias-con-las-basuras-118322>

Energías Renovables. (13 de 07 de 2009). *En la Republica Dominicana trabajan con residuos agrícolas y ganaderos para generar biogás.* Obtenido de <https://www.energias-renovables.com/biomasa/en-la-republica-dominicana-trabajan-con-residuos>

Energías Renovables. (27 de 04 de 2009). *Portugal inaugura una planta de biogás con gallinaza que emplea un sistema pionero en Europa.* Obtenido de <https://www.energias-renovables.com/biomasa/portugal-inaugura-una-planta-de-biogas-con>

Energías Renovables. (26 de 05 de 2017). *Energías Renovables.* Obtenido de Inauguran en Ciudad de México la primera planta de residuos que genera biogás: <https://america.energias-renovables.com/biogas/inauguran-en-ciudad-de-mexico-la-primera-20170526>

Energías Renovables. (22 de 09 de 2017). *Energías Renovables.* Obtenido de España, Chile y Perú van de la mano para producir y depurar biogás con

innovación: <https://www.energias-renovables.com/biogas/espana-chile-y-peru-van-de-la-20170922>

Escuela de Organización Industrial (EOI). (21 de 02 de 2017). *Biometano: el combustible ideal para el transporte público* . Recuperado el 22 de 05 de 2018, de <http://www.eoi.es/blogs/merme/biometano-el-combustible-ideal-para-el-transporte-publico/>

Folha de Londrina. (25 de 04 de 2018). *Trator Movido a Biometano*. Obtenido de <https://www.folhadelondrina.com.br/carro-e-cia/movido-a-biometano-1005310.html>

Fundación GasNatural Fenosa. (29 de 10 de 2015). *España tiene potencial para producir anualmente 20.000 gwh de energía con Biogás, alrededor del 6,5% del consumo de gas del país* . Recuperado el 26 de 05 de 2018, de <http://www.fundaciongasnaturalfenosa.org/blog/espana-tiene-potencial-para-producir-anualmente-20-000-gwh-de-energia-con-biogas-alrededor-del-65-del-consumo-de-gas-del-pais/>

GESTAR COOP. (29 de 01 de 2016). *Cooperativas producen Biogás generando energía limpia*. Obtenido de <http://www.gestarcoop.com/novedades/noticias/34-mundo-cooperativo/157-cooperativas-producen-biogas-generando-energia-limpia.html>

González, C. (2016). *La primera planta de biogás de Argentina*. Obtenido de <http://construirtv.com/la-primer-planta-de-biogas-de-argentina/>

Grupo Ecoalía. (19 de 05 de 2018). *Grupo Ecoalía*. Recuperado el 19 de 05 de 2018, de <https://www.grupoecoalia.com/>

Gubinelli, G. (08 de 07 de 2015). *En Argentina hay entre 60 y 80 plantas de biogás en funcionamiento*. Obtenido de <http://www.energiaestrategica.com/en-argentina-hay-entre-60-y-80-plantas-de-biogas-en-funcionamiento/>

IADB. (23 de 12 de 2011). *FOMIN y Fondo Nórdico de Desarrollo lanzan programa de biogás para pequeños agricultores en Nicaragua*. Obtenido de <https://www.iadb.org/es/noticias/comunicados-de-prensa/2011-12-23/biogas-para-pequenos-agricultores-en-nicaragua%2C9798.html>

International Center on Renewable Energies-Biogas. (2017). *Informe de biogás y biometano del MercoSur*. Foz do Iguazu: CIBiogas.

La Hora. (13 de 08 de 2017). *Quito: se completa la segunda fase de la planta de biogás*. Obtenido de <https://lahora.com.ec/quito/noticia/1102092092/quito-se-completa-la-segunda-fase-de-la-planta-de-biogas>

La Tribuna. (03 de 12 de 2014). *Producen biogás con los residuos del café*. Obtenido de <http://www.latribuna.hn/2014/12/03/producen-biogas-con-los-residuos-del-cafe/>

Mago, M. G., Sosa, J. L., Flores, B., & Tovar, L. (2014). Propuesta de diseño de una planta de biogás para la generación de potencia eléctrica en zonas pecuarias de Venezuela a través del programa Biodigestor. *Ingeniería UC*, 60-65.

Medina, A. R. (04 de 09 de 2014). *CEBiot evalúa planta de biogás de Juigalpa*. Obtenido de <https://www.upoli.edu.ni/noticias/verNoticia/articulo:218-cebiot-evalua-planta-de-biogas-de-juigalpa>

Mendez, G. (29 de 10 de 2015). *Biogas usos en El Salvador*. Obtenido de <https://pt.slideshare.net/GenMen/biogas-usos-en-el-salvador>

Miranda, C. G. (02 de 11 de 2016). *Generación de Biogás con plantas de digestión anaeróbicas*. Recuperado el 04 de 06 de 2018, de <https://twenergy.com/co/a/generacion-biogas-plantas-digestion-anaerobicas>

- Nava, J. (18 de 08 de 2013). *Estudiantes fabrican la primera planta de biogás y compost.* Obtenido de http://www.opinion.com.bo/opinion/informe_especial/2013/0818/suplementos.php?id=1442
- Nelson, I. D. (01 de 2010). *Planta de Biogás La Farfana de Metrogas* . Obtenido de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1333>
- NGV Journal. (04 de 04 de 2011). *Paraguay busca introducir sus primeros buses a biometano.* Obtenido de <http://www.ngvjournal.com/noticias/paraguay-busca-introducir-sus-primeros-buses-a-biometano/?lang=es>
- Nivar, A. (09 de 12 de 2013). *Ya es una realidad la energía a partir del estiércol en la República Dominicana.* Obtenido de <https://www.diariolibre.com/noticias/ya-es-una-realidad-la-energa-a-partir-del-estircol-en-la-repblica-dominicana-HNdl414355>
- Opciones. (2015). *Cuba incrementará uso de biogás.* Obtenido de <http://www.opciones.cu/cuba/2015-03-25/cuba-incrementara-uso-de-biogas/>
- Panamá América. (02 de 07 de 2006). *Se extiende uso del biogás.* Obtenido de <https://www.panamaamerica.com.pa/mundo/se-extiende-uso-del-biogas-220595>
- Piña, M. (18 de 03 de 2014). *Escuela de Organización Industrial (EOI).* Obtenido de POTENCIAL DE DESARROLLO DE PLANTAS DE BIOGÁS EN MÉXICO: <http://www.eoi.es/blogs/merme/potencial-de-desarrollo-de-plantas-de-biogas-en-mexico/>
- PROMOENERGÍA. (2015). *PEQUEÑAS PLANTAS DE BIOGAS - SISTEMA BIODIGESTOR BIOBOLSA COLOMBIA.* Recuperado el 04 de 06 de 2018, de <http://www.promoenergia.co/biodigestores/index.html>

Redacción Ciudadanía. (29 de 07 de 2017). *Planta de biogás producirá energía para 7.300 familias ecuatorianas*. Obtenido de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/planta-de-biogas-producira-energia-para-7-300-familias-ecuatorianas>

Redacción Obras. (25 de 04 de 2017). *Obras Web*. Obtenido de Presentan planta de biogás que dará luz a la Ciudad de México: <http://obrasweb.mx/construccion/2017/04/25/presentan-planta-de-biogas-que-dara-luz-a-la-ciudad-de-mexico>

Redagrícola. (03 de 2017). *Biogás en Chile y el mundo: Tecnología que transforma un costo en beneficio*. Obtenido de <http://www.redagricola.com/cl/biogas-chile-mundo-tecnologia-transforma-costo-beneficio/>

Residuos Profesional. (13 de 07 de 2016). *Residuos Profesional*. Obtenido de Investigadores mexicanos desarrollan una planta de biogás a partir de residuos.

Reynoso, W. E., & Félix, C. A. (2013). Propuesta para una flotilla de Vehículos híbridos (Biogas-Eléctricos) para el transporte Urbano de la Ciudad de Santo Domingo. *Innovation in Engineering, Technology and Education for Competitiveness and Prosperity* (págs. 1-10). Cancun: LACCEI.

Rivero, O. C. (2009). Biogás en Bolivia programa “Viviendas Autoenergéticas” una nueva forma de ver el futuro energético-ambiental del país, en área rural. *Desarrollo Local Sostenible (DELOS)*, 1-8.

Roca, R. (02 de 09 de 2014). *Centroamérica produce biogás procedente de los residuos del café*. Obtenido de <https://elperiodicodelaenergia.com/centroamerica-produce-biogas-procedente-de-los-residuos-del-cafe/>

Rodríguez P., M., & Julio, L. (15 de 09 de 2015). *Panamá generará gas y energía con los desechos orgánicos*. Obtenido de

<http://laestrella.com.pa/economia/panama-generara-energia-desechos-organicos/23891828>

Sandoval, C. J. (27 de 09 de 2017). *El biogás como opción de energía eléctrica sostenible*. Obtenido de <http://www.centralagricola.com/blog/2017/9/27/el-biogs-como-opcin-de-energa-elctrica-sostenible>

Sandrea, Y., Sánchez, W., Sánchez, J., Silva, J., Bracho, J., Pitre, R., . . . Sánchez, M. (2012). *Elaboración de un biodigestor como alternativa agroecológica en un plan de abastecimiento familiar en la finca "los 5 hermanos" del municipio Jesús Enrique Lossada*. Maracaibo: Ministerio del poder popular para la educación universitaria.

Sequeira, M. (27 de 08 de 2017). *Ganadero chontaleño inaugura planta de biogás*. Obtenido de <https://www.elnuevodiario.com.ni/nacionales/438128-ganadero-chontaleno-inaugura-planta-biogas/>

Tratamiento de Aguas de Venezuela. (2012). *Producción de BIOGAS*. Obtenido de <http://www.tratamientoaguas.com.ve/biogas.html>

UCSM. (2018). *Universidad Católica de Santa María*. Obtenido de UCSM desarrolla planta que producirá combustible ecológico para maquinaria agrícola y vehículos.

Uruguay XXI. (2016). *Uruguay XXI*. Obtenido de Energías Renovables en Uruguay.

Vasquez, K. (07 de 04 de 2014). *Honduras: Producen energía mediante biogás*. Obtenido de <http://www.elheraldo.hn/economia/609724-216/honduras-producen-energia-mediante-biogas>

Ventura, J. (05 de 07 de 2013). *Habilitan planta de biogás en el oriente del país*. Obtenido de



<https://www.elsalvador.com/noticias/nacional/110848/habilitan-planta-de-biogas-en-el-oriente-del-pais/>