

La importancia y el futuro del biogás en la Argentina

Por **Lorena Tobares**

Trabajo seleccionado en el *3er. Congreso Latinoamericano y del Caribe de Refinación* (Buenos Aires, octubre 2012).

El biogás es una nueva oportunidad de negocio para la obtención de energía eléctrica y calor a partir de la biomasa y una solución al problema de los desperdicios orgánicos de establecimientos agrícolas e industriales que puede contribuir significativamente al *mix* energético del país.

El país enfrenta un importante déficit energético y se hace espejo al mismo tiempo de una situación mundial de escasez de hidrocarburos que además muestra día a día un aumento de precios.

El país aún no ha incursionado demasiado en materia de biogás y su producción industrial, si bien éste se presenta como una nueva oportunidad de negocios para la obtención de energía eléctrica y calor a partir de la biomasa y como una solución al problema de los desperdicios orgánicos de establecimientos agrícolas e industriales.

El biogás constituye una parte muy importante en el *mix* de tecnologías aplicadas a la generación de energía limpia, el cuidado del medioambiente y la disminución del efecto invernadero. Sin embargo, contar con políticas y decisiones que impulsen el desarrollo de nuevas fuentes a fin de poder ampliar la matriz energética es, sin dudas, el principal eslabón de esta cadena.

Introducción

La Argentina ha sido siempre un país con posibilidades inigualables de desarrollo económico y social, gracias a las riquezas de sus recursos

naturales e intelectuales. Debido al crecimiento acelerado de la producción industrial de los últimos años, la demanda energética del país aumentó a una velocidad tal que las inversiones realizadas no alcanzan para suplirla.

El país enfrenta un importante déficit energético y hace espejo al mismo tiempo de una situación mundial de escasez de hidrocarburos. Esta situación, junto con la preocupación por el proceso de calentamiento global latente, ha movilizó a la Argentina y a los países del mundo entero a buscar soluciones que reviertan esta realidad, centrándose en las Energías Renovables.

Las energías renovables no convencionales, según su forma de aprovechamiento, generan impactos ambientales menores que las fuentes convencionales de energía, y contribuyen a alcanzar los objetivos de seguridad de suministro y sustentabilidad ambiental de las políticas energéticas. La magnitud de esta contribución y la viabilidad económica de su implantación dependen de las particularidades de cada país, y de elementos tales como el potencial explotable de los recursos renovables, su localización geográfica y las características de los mercados energéticos en los cuales competirán.

Las energías renovables se caracterizan porque, debido a sus procesos de transformación y aprovechamiento de energía útil, no se consumen ni se agotan en una escala humana. Entre estas fuentes de energías se encuentran: la hidráulica, la solar, la eólica y la de los océanos. Además, según su forma de explotación, también son catalogadas como renovables la energía proveniente de la biomasa y la energía geotérmica.

La bioenergía es la energía que se obtiene a partir de biomasa, la cual es, a su vez, la materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía. Biomasa es, por lo tanto, toda planta o materia que existe sobre la superficie: residuos agrícolas, residuos forestales, restos de todas las agroindustrias y cultivos energéticos, entre otros.

Las bioenergías más conocidas son el bioetanol, el biodiesel y el biogás. Argentina, en estos últimos años, ha experimentado un elevado desarrollo en cuanto a la producción de biodiesel y bioetanol, no así en materia de biogás.

Sin embargo, el biogás es un biocombustible muy actual en otras economías latinoamericanas y de la Unión Europea. El desarrollo de todos los biocombustibles en el país contribuirá cada vez más a disminuir la emisión de GEI (Gases de Efecto Invernadero) y a ampliar la matriz energética.

Concepto de biogás

El biogás es el producto de la conversión bioquímica o digestión de biomasa orgánica. Se llama biogás a la mezcla constituida por metano (CH₄) en una proporción que oscila entre un 50% y un 70% y dióxido de carbono que contiene pequeñas

Componentes	Concentración
Metano (CH ₄)	50-75%
Dióxido de Carbono (CO ₂)	25-45%
Agua (H ₂ O)	2-7% vol
Acido Sulfhídrico (H ₂ S)	20-20.000 ppm
Nitrógeno (N ₂)	<2% Vol
Oxígeno (O ₂)	<2% Vol
Hidrógeno (H ₂)	<1% Vol

Tabla 1. Composición del Biogas.

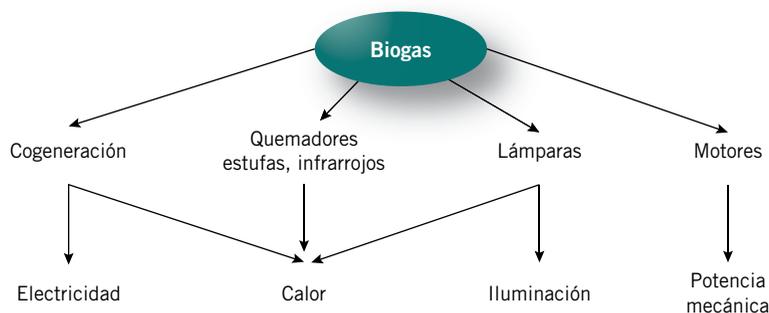


Figura 1. Principales usos del biogas.

proporciones de otros gases tales como hidrógeno, nitrógeno y sulfuro de hidrógeno. El proceso, además, puede generar biofertilizante, lo que lo convierte en una forma atractiva de generar energía y abono a partir de desechos orgánicos como los que produce la agricultura. En la tabla 1 se muestra la composición promedio.

El metano es el vector energético y brinda un poder calorífico que oscila entre 5.500 y 6.000 Kcal.; es posible utilizarlo en todas las aplicaciones de este gas. La figura 1 intenta resumir los principales usos del biogás.

En el caso particular de la electricidad, ésta se genera a través de motores de combustión interna instalados en la planta de biogás. Estos motores funcionan con el biogás generado por la digestión anaeróbica y se alimentan del biogás directamente del digestor o de un gasómetro externo, que posee una reserva de dos o tres días de capacidad. El biogás requiere un sistema de acondicionamiento para purificar el contenido de

sulfhídrico y vapor de agua. Así, son necesarias instalaciones específicas en la línea de distribución así como la implementación de inyección regulada de oxígeno en el gasómetro con el fin de reducir el sulfhídrico.

Mecanismo de producción de biogás

La fermentación anaeróbica involucra un complejo número de microorganismos de distinto tipo, los cuales pueden dividirse en tres grandes grupos principales: microorganismos de fase de hidrólisis, microorganismos de fase de acidificación y microorganismos de fase metanogénica. En la figura 2 se ilustran las etapas bioquímicas mencionadas de producción de biogás.

La real producción de metano constituye la última parte del proceso y no ocurre si no han actuado los primeros dos grupos de microorganismos.

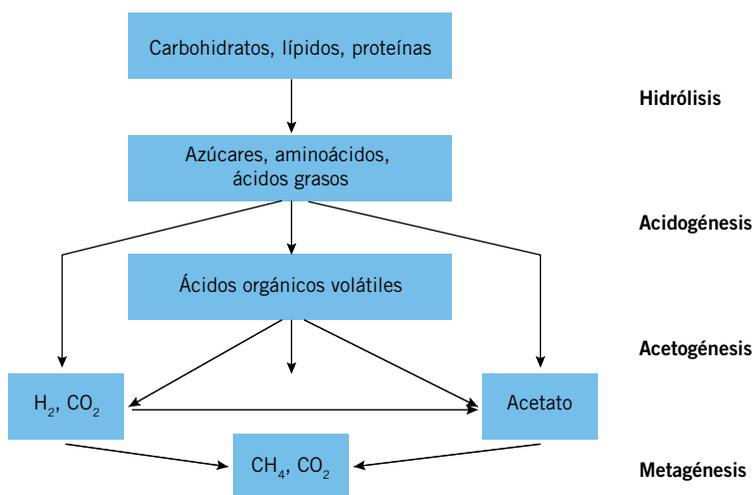


Figura 2. Proceso químico de producción de Biogas.

	Tipo	Uso	Descripción	Ventajas	Desventajas
Sistemas híbridos	Sistemas de dos etapas	Residuos de frutas, verduras, urbanos, estiércol.	Éstos consisten en un primer reactor con elevado tiempo de retención, en el cual se favorece la hidrólisis, seguido de un reactor de bajo tiempo de retención que digiere la materia orgánica disuelta y los ácidos producidos en la primera etapa. Si la primera etapa consiste en un reactor discontinuo, el líquido tratado en la segunda es el obtenido por percolación en la primera una vez recirculado el efluente de la segunda. Este sistema permite mantener fácilmente la temperatura en el reactor discontinuo, controlando la temperatura del efluente del segundo reactor.	Sistema de alta eficiencia	Alto costo de implementación
	Sistema de dos fases	Residuos de alta concentración de azúcares y bajo contenido en sólidos. No fibrosos.	A diferencia de los sistemas de dos etapas, la separación de fases se refiere a mantener dos reactores en serie, en los cuales se realizan, respectivamente, las fases de acidogénesis y metanogénesis, y su objetivo es conseguir un tiempo de retención global inferior al correspondiente a un único reactor de mezcla completa. La separación es de tipo cinético, controlando el tiempo de retención de cada reactor, el cual será inferior en el primero, debido a las más altas tasas de crecimiento de las bacterias acidogénicas.	Sistema de alta eficiencia	Alto costo de implementación
Sistema continuos (Industriales)	Mezcla completa sin recirculación	Residuos orgánicos y lodos cloacales	Consiste en un reactor en el que se mantiene una distribución uniforme de concentraciones, tanto de sustrato como de microorganismos (ver figura). Esto se consigue mediante un sistema de agitación. Ésta puede ser mecánica (agitador de hélice o palas, de eje vertical u horizontal) o neumática (recirculación de biogás a presión), y nunca violenta.	No ofrece problemas de diseño	Tiempo de retención alto
	Mezcla completa con recirculación	Sólo residuos de alta carga orgánica (azucareras, cerveceras)	El bajo tiempo de retención se debe a su confinamiento en el sistema mediante la separación en el decantador y recirculación. Antes del decantador se debe disponer de un sistema de desgasificación, sin el cual la decantación se puede ver impedida.	Bajo tiempo de retención comparado con el de mezcla completa sin recirculación	Específico para alta carga orgánica
	De retención de Biomasa (Filtro anaerobio)	Residuos de industrias agroalimentarias, residuos ganaderos	En este sistema las bacterias anaerobias están fijadas a la superficie de un soporte inerte -formando biopelículas-, columna de relleno, o atrapadas en los intersticios de éste, con flujo vertical. El soporte puede ser de material cerámico o plástico. Su distribución puede ser irregular (filtro anaerobio propiamente dicho, con flujo ascendente), y en este caso las bacterias se encuentran mayoritariamente atrapadas en los intersticios, o regular y orientado verticalmente, y en este caso la actividad es debida básicamente a las bacterias fijadas, recibiendo el nombre de lecho fijo con flujo descendente.	Existencia de tamaño escala piloto. Bajo tiempo de Retención (0,5 a 3 días). Alto rendimiento (7 veces el volumen del reactor/día).	Alto costo de implementación
	De retención de Biomasa (lecho fluidizado)	Residuos de industrias agroalimentarias y a fracciones líquidas o sobrenadantes de residuos ganaderos	En este sistema las bacterias se encuentran fijadas, formando una biopelícula, sobre pequeñas partículas de material inerte que se mantienen fluidizadas mediante el flujo ascendente adecuado del fluido. Para mantener el caudal adecuado, que permita la expansión y fluidización del lecho, se recurre a la recirculación	Existencia de tamaño, escala piloto y laboratorio. Bajo tiempo de Retención (0,5 a 3 días) Alto rendimiento (7 veces el volumen del reactor/día)	Alto costo de implementación
	De retención de Biomasa (lecho de Lodos)	Residuo de Industria Agroalimentaria (muy utilizado actualmente)	En este sistema se favorece la floculación o agregación de bacterias entre ellas, formando gránulos o consorcios, de forma que por sedimentación se mantienen en el interior del reactor, con la velocidad ascendente adecuada del fluido, siempre que en la parte superior exista un buen separador sólido (biomasa)/líquido/gas.	Es el diseño más simple de entre los sistemas con retención de biomasa. Bajo tiempo de Retención (0,5 a 3 días) Alto rendimiento (7 veces el volumen del reactor/día).	El único limitante para su aplicación es que la biomasa activa granule, esto es, que forme agregados de alta densidad. Para ello es determinante la composición del agua a tratar.
Semi-Continuos (Rurales)	Hindú	Estiércol	Existen varios diseños, pero en general son verticales y enterrados. Se cargan por gravedad una vez al día, con un volumen de mezcla que depende del tiempo de fermentación o retención y producen una cantidad diaria más o menos constante de biogás si se mantienen las condiciones de operación. El gasómetro está integrado al sistema, en la parte superior del pozo se tiene una campana flotante donde se almacena el gas, balanceada por contrapesos, y de ésta sale el gas para su uso; en esta forma la presión del gas sobre la superficie de la mezcla es muy baja, de menos de 20 cm., de columna de agua. Por lo general el volumen del gasómetro es del orden de 1/3 del biogás generado al día.	El funcionamiento es muy sencillo. Alta Eficiencia de 0,5 a 1 volumen de gas, por volumen de digestor.	
	Chino	Estiércol	Estos son tanques cilíndricos con el techo y el piso en forma de domo, y se construyen totalmente enterrados. En este tipo de digestores no existe gasómetro, almacenándose el biogás dentro del mismo sistema. A medida que aumenta el volumen del gas almacenado en el domo de la planta, aumenta su presión, forzando al líquido en los tubos de entrada y salida a subir, y llegando a alcanzar presiones internas de hasta más de 100 cms., de columna de agua.	La producción de biogas/ m ³ en este tipo de digestores es de 0,1 a 0,4 m ³ de biogás de digestor. Es excelente en la producción de bioabono.	
	Mezcla Parcial	Estiércol, sustratos ricos en sólidos comunes y fibrosos.	El método de agitación es muy rudimentario (agitadores del tipo manual o rotación de la campana gasométrica), a fin de evitar la formación de costras. En el caso de digestores del tipo horizontal, la agitación se logra mediante la circulación del sustrato dentro de la cámara de digestión prevista de una serie de tabiques. El flujo puede ser ascendente o descendente, lo que dependerá la ubicación de las cañerías de entrada y salida del sustrato.	Bajo costo. En algunas granjas, el propio biodigestor es empleado como depósito o almacenamiento de los residuos.	

Tabla 2. Tipos de biorreactores.

Los procesos bacterianos y enzimáticos de la digestión anaeróbica son sensibles a variación en temperatura, contenido de agua, y composición general de la mezcla en el biodigestor. En el mundo existen diversas tecnologías de digestores, dependiendo particularmente de los sustratos o materias primas empleadas y el tiempo de retención. De un modo general, pueden clasificarse en sistemas continuos, semi-continuos y discontinuos. En la tabla 2 se ejemplifican algunas tecnologías empleadas, sus ventajas y desventajas.

Sustratos o materias primas empleadas

Existe una amplísima variedad de residuos valorizables mediante la digestión anaeróbica, si bien no todos poseen las mismas propiedades de cara al aprovechamiento. Existe una serie de variables características de los diferentes tipos de residuos a tener en cuenta para posibilitar el desarrollo del procedimiento:

- Volumen de residuo disponible
- Potencial contaminante del residuo
- Potencial de producción de biogás
- Contenido de metano del biogás generado
- Relación Carbono: Nitrógeno del residuo
- Capacidad tampón del residuo: alcalinidad
- Subproductos generados en la reacción: posibilidades de inhibición de la reacción.
- Cantidad de sólidos volátiles del residuo
- Necesidad de tratamiento previo

A continuación se resumen los residuos más utilizados por lo general para la generación de biogás:

Residuos ganaderos y de granjas: purines de cerdo y vaca, estiércoles, gallinaza. En general, su potencial para la producción del biogás no es demasiado alto, debido a su alto contenido de nitrógeno y a su excesiva liquidez para el proceso. No obstante, a causa de su poder contaminante de suelos y la abundancia del recurso, además de la ausencia de tratamientos eficientes de valorización, los residuos ganaderos constituyen el combustible por excelencia para la

generación de biogás mediante digestión anaeróbica.

Residuos agrícolas: Los restos agrícolas procedentes de cultivos de consumo, cultivos energéticos o generación de materias primas para la industria alimentaria constituyen un sustrato apropiado, en general, para la digestión anaeróbica. No obstante, la tipología del material usado, en función de la carga orgánica que posea, genera una gran variabilidad en el potencial de biogás existente en el residuo.

Además, presenta la problemática de estar sometido mayormente a la estacionalidad del recurso.

Residuos de la industria alimentaria: El procesado de las materias primas animales y vegetales para la elaboración de productos alimenticios genera abundantes residuos susceptibles de ser aprovechados para la producción de biogás. Las industrias lácteas, cerveceras, conserveras, azucareras y similares producen residuos con alta carga de materia orgánica, muy adecuados para su aprovechamiento energético. No obstante, en función del tipo de residuo, puede ser necesario un tratamiento previo tendiente a maximizar el potencial de generación de biogás.

Residuos de matadero: Constituyen uno de los residuos con mayor potencial para la generación de biogás. Los restos de contenidos estomacales, intestinos, etc., así como los restos de depuración de los efluentes de este tipo de residuos, suponen un sustrato muy adecuado para la biometanización, aunque, generalmente, este aprovechamiento se realiza en co-digestión con otros residuos.

Residuos pesqueros: Los restos de pesca y del procesamiento de productos alimentarios de la industria conservera y similares son un muy buen sustrato para la digestión anaeróbica.

Lodos de depuradora: Los tratamientos de depuración de aguas residuales generan lodos de difícil tratamiento, muy apropiados para la generación de biogás.

Residuos de plantas de biocombustibles: En este tipo de plantas, particularmente en las de biodiesel, se generan grandes cantidades de glicerina, que es uno de los residuos con mayor potencial de generación de biogás. No obstante, existen otras formas de aprovechamiento de la

glicerina, lo que supone que, al día de hoy, la glicerina procedente de las plantas de biodiesel sea un residuo que depende, por un lado, de la producción real de las plantas, y por otro lado, de la utilización del subproducto en otros aprovechamientos independientes de la producción de biogás mediante digestión anaeróbica.

Fracción Orgánica de Residuos Sólidos Urbanos (FORSU): Los RSU constituyen una fuente de sustratos para la biometanización, suponiendo esta operación una fuente de valorización y reducción de los mismos. No obstante, se observa una gran variabilidad en el potencial de producción de biogás por parte de estos residuos, en función de las operaciones de separación que se hayan realizado previamente.

Biogás de vertedero: Existen vertederos que cuentan con sistemas de aprovechamiento del biogás, mediante la colocación de una red de tuberías y chimeneas que reconducen el biogás que se genera hasta los motores para generación eléctrica. De este modo, se aprovecha de manera pasiva la emisión gaseosa de la fermentación de los vertidos para la generación de un biogás con bajo contenido en metano.

Contexto nacional e internacional

Históricamente, la bioenergía ha desempeñado un rol protagónico en el suministro energético de la humanidad, especialmente mediante el uso de la leña y el carbón vegetal. Durante la era del petróleo redujo su participación, si bien se mantiene en niveles considerables en determinados países y regiones.

Actualmente la bioenergía representa un 10% de la matriz energética mundial. La disponibilidad de una mayor cantidad de bioenergía contribuiría al suministro de servicios de energía más limpia para satisfacer las necesidades básicas.

La bioenergía está llamada a cumplir un rol junto con otras fuentes no convencionales en el cambio de una economía basada en los combustibles fósiles a otra basada en un abanico de fuentes. La agricultura, la silvicultura y los residuos desprendidos de ambas serán las principales fuentes de



biomasa para elaborar bioenergía en diferentes vectores, como el biogás.

Los países industrializados ven en los biocombustibles una manera de diversificar las fuentes de energía, encontrar nuevos mercados para sus productos de origen agropecuario, y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes del sector transporte. Los actuales estudios sobre certificación de sustentabilidad permiten en la actualidad establecer el impacto neto de los sistemas de bioenergía sobre las emisiones y asegurar que las tecnologías ahorren en la emisión de carbono y prevengan deterioros en la biodiversidad en comparación con los combustibles fósiles a ser reemplazados.

La bioenergía es la más versátil de las energías renovables, dado que puede servir tanto para la generación de electricidad y calefacción como para la producción de combustible. Esto podría tener un papel significativo en el fortalecimiento de economías locales al encontrar, mediante una planificación adecuada, fórmulas innovadoras para frenar la migración, y crear empleo y actividades econó-

micas mediante el uso sustentable de los recursos naturales. Para ello, la energía podría servir como factor de crecimiento junto con los demás productos generados por la cadena.

Es de destacar que la Argentina se caracteriza por un sólido sector agropecuario y agroindustrial, la producción de granos, carnes, productos lácteos, alimentos, etc. Esta actividad genera una gran cantidad y diversidad de residuos y subproductos agropecuarios, como por ejemplo residuos de procesos agroindustriales y estiércoles (materia fecal animal y agua).

La FAO, dentro del marco institucional conformado por la Secretaría de Energía, la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, la Secretaría de Agricultura Ganadería, Pesca y Alimentación y el INTA, ha llevado adelante una evaluación detallada de la biomasa natural, utilizando el modelo WISDOM. Esta evaluación contempla una estimación realizada sobre la base de información secundaria proveniente de estadísticas productivas con datos sobre la distribución geográfica del potencial de la

leña, otra biomasa leñosa (generada por el procesamiento de los rollizos), el bagazo, y residuos agrícolas y agroindustriales.

El estudio del proyecto de FAO indica que la biomasa total accesible y potencialmente contabilizada por el modelo utilizado ascendió a más de 148 millones de toneladas, en tanto que la denominada "biomasa comercial" accesible y potencialmente disponible alcanzó más de 124 millones de toneladas.

Tras la gran expansión del biodiesel y, junto con ella, la producción de bioetanol, el biogás busca dentro de los biocombustibles, de la matriz energética y como herramienta medioambiental, un lugar en la Argentina. El biogás se instala en Europa para agregar valor a los cultivos energéticos, los efluentes agropecuarios, los residuos sólidos urbanos y los residuos orgánicos industriales como los de los rellenos sanitarios; ahora, está insertándose lentamente en la Argentina.

Dentro del programa nacional de promoción a los Biocombustibles, y junto con la ley 26093/06,

Argentina logró convertirse en 2009 en el primer exportador mundial de biodiesel. En 2011, llegó a exportar U\$S 3.026 millones y a ser el cuarto productor mundial de biodiesel. Así, la agroindustria en la Argentina realizó rápidamente grandes inversiones y alcanzó una capacidad de producción eficaz de biodiesel y bioetanol; no así de biogás, aunque sea más eficiente desde el punto de vista energético. Un ejemplo de esta situación muestra que, a partir de la producción de una hectárea cultivada para biocombustibles, un vehículo puede recorrer casi 20.000 km con biodiesel, 30.000 km con bioetanol y 70.000 km con biogás. Es sabido que Alemania promueve el corte voluntario del GNC con el 10% de BioGNC de biogás. Si a esto le sumamos que en la Argentina contamos con una flota de más de 1.700.000 vehículos que funcionan con GNC y que somos, después de Pakistán, el segundo país mundial con más de 1.800 estaciones de GNC, es razonable pensar en la gran oportunidad que posee el país de ampliar, desarrollar e implementar la tecnología del biogás para incorporarlo a la matriz actual de biocombustibles.

Como actor de la matriz energética nacional, el papel principal lo tienen las centrales hidroeléctricas y, en el marco de la ley de Fomento Nacional de Energías Renovables 26190/06, la energía eólica ocupa el primer lugar con el 49% de los cupos para 2016. El biogás obtiene un cupo del 14%. La ley de Fomento estima cubrir un 8% de la demanda eléctrica nacional para 2016 con energías renovables, lo cual representa aproximadamente 2.800 MWe de potencia eléctrica instalada. A simple vista, parece un valor ambicioso, aunque no lo es para 10 años de trabajo y menos aún si conocemos el potencial nacional. Alemania, solo con biogás,

Descripción	Valor	Unidad
Cantidad de madres	2.500	cabezas
Cantidad de efluentes por madre (suma ciclo completo-aprox. 30.000 cabezas)	0,1	m ³ /día
Producción diaria total de efluentes / estiércoles crudos y agua	250	m ³ /día
Porcentaje de materia seca en los efluentes	1,60%	%
Porcentaje de materia seca en los volátil (digestible) de materia seca	81,5%	%
Producción diaria total de materia seca volátil	3,26	t/día
Producción de biogás	1.060	m ³ /día
Producción de biogás específico de m ³ de estiércoles crudos	4,24	m ³ /m ³
Porcentaje de metano al biogás	60%	
Producción de metano	636	m ³ /día
Valor calórico de metano	10	kWh/m ³ *
Producción de energía térmica diaria total dentro de biogás producido	6.357	kWh/día
Eficiencia del grupo electrógeno	32%	%
Producción de electricidad	2.034	kWh/día
Horas en que está el grupo electrógeno en funcionamiento	8	h
Potencia de grupo electrógeno	254,3	kW

Tabla 4. Balance de producción de biogás a partir de estiércol de cerdo.

tendrá 2.900 MWe de capacidad eléctrica instalada en 2012.

Para alcanzar este objetivo se han publicado diversas resoluciones (N° 1281/06 Energía Plus, SE 220/07, SE 719/2009,) que hicieron posible la generación de energía eléctrica basada en renovables, y propusieron cupos a la potencia a contratar: entre los residuos sólidos urbanos y el biogás propiamente dicho, alcanzaron los 145 MW dentro de 1015 MW disponibles. Por último, dentro de las renovables, la resolución N° 108/011 facilitó la operatividad y la tenencia de los beneficios del régimen de inversión para alcanzar un crecimiento en dichas inversiones. A modo de ejemplo, dentro del programa GENREN, se invirtieron 30 millones de dólares en una central térmica que generará energía eléctrica en base a biogás de 1,8 MW (provincia de Buenos Aires).

La versatilidad de la digestión anaeróbica y el biogás hacen que también sea posible generar energía descentralizada y de diferente escala, como por ejemplo suministrar gas o luz eléctrica a hogares en el interior del país, utilizando pequeñas cantidades de residuos o efluentes. El proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales (PERMER/1999) y el Programa Nacional de Bioenergía intentaron e intentarán posicionar al biogás dentro de los hogares argentinos.

El biogás está adquiriendo importancia como una herramienta medioambiental de los lodos cloacales y rellenos sanitarios, así como de los efluentes porcinos, avícolas y vacunos estabulados. La Argentina ya cuenta con algunas plantas de biogás que tratan sus residuos recuperando energía, como por ejemplo los lodos cloacales, los efluentes en la industria cervecera, en frigoríficos, empresas lácteas, empresas productoras de gelatinas, granjas porcinas y ciertos tambos como *feedlot*.

Por otro lado, la provincia de Córdoba impulsa el biogás en el sector rural y lanzó, junto con la Federación Argentina de Cooperativas Eléctricas y el Programa de Servicios Agrícolas Provinciales (PROSAP), un plan para que más de 3.000 tambos generen su propia energía, con el fin de mitigar la contaminación y obtener un fertilizante propio para sus cultivos. El

	Materia Seca (%)	Materia orgánica (%)	m ³ de biogás t MS org.	Potencia (m ³) de BG cada t de materia fresca
Silaje de maíz	32	94	642	193
Estiércol de cerdos estabulados en la RA	1	45	354	1,6
Estiércol de vacas lecheras en la RA	2	60	354	4,2
Estiércol de vacunas / <i>feed lot</i> (posible)	8	80	400	25,6
Guano de gallinas ponedoras	45	75	500	169
Granos / cereales (off spec)	87	98	700	597

Tabla 3. Capacidad de transformación a biogás (estimado) de diferentes sustratos.

financiamiento de los biodigestores está siendo analizado por el Programa de Servicios Agrícolas mediante una prueba piloto de 12 tambos de dicha provincia que, a su vez, de ser necesario, estarán interconectados con la cooperativa eléctrica de cada localidad. Se prevé que esta iniciativa se amplíe al sector porcino, el cual también necesita mitigar la contaminación de sus efluentes y autoabastecerse de energía descentralizada.

A modo de ejemplo, en la tabla 3 se estima el biogás producido por la digestión anaeróbica de diversas materias primas.

Cuando se prioriza la producción de energía renovable como el biogás para reemplazar energías no renovables, como gas natural y gasoil, se requieren las mezcla de los efluentes como los estiércoles con materia de alta potencia de producción de biogás.

La energía aportada por un metro cúbico de biogás equivale a la energía de 0,65 m³ de gas natural y puede llegar a producir hasta 1,3 a 2,1 kW/h de energía eléctrica renovable (el poder calorífico promedio de un metro cúbico de biogás es de cinco mil kilocalorías).

La tabla 4 muestra la capacidad de producción de una planta de biogás, alimentada con estiércol de cerdo.

Conclusiones

El país asiste a un acelerado proceso de agregado de valor en origen y la realidad actual evidencia las exigencias que esto genera en cuanto a una mayor oferta energética. Al mismo tiempo, la preocupación por el proceso de calentamiento global mundial ha movilizó a las naciones del mundo a buscar soluciones, en las cuales las energías limpias (renovables y con reducción de las emisiones de carbono) juegan un papel fundamental.

En este contexto, el desarrollo de las bioenergías en nuestro territorio es inminente, aún más si consideramos que estas fuentes alternativas de energías constituyen una verdadera oportunidad para países que, como la Argentina, poseen recursos ambientales inigualables para producirlas.

En la actualidad se observan ya en todo el territorio nacional progresos en materia de biodiesel y bioetanol.

El biogás, en cambio, aún se presenta como una oportunidad latente de ser producido en forma industrial, lo cual permitiría alimentar redes eléctricas y de gas de uso público, brindando autonomía energética a pueblos y ciudades, y ofreciendo una nueva posibilidad de agregado de valor en origen para los productos y subproductos agropecuarios.

Sin embargo, contar con políticas y decisiones que impulsen el desarrollo de nuevas fuentes a fin de poder ampliar la matriz energética es, sin dudas, el principal eslabón de esta cadena. ■

La autora se desempeña en la Dirección de Tecnología YPF S.A.

Bibliografía

- Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente (ASADES).
Cámara Argentina de Energías Renovables.
Energía Argentina S.A. (ENARSA). "Programa Generación Renovable, GENREN".
Instituto Nacional de Tecnología Aplicada (INTA)
Secretaría Nacional de Energía.
ATEM A.D., INDIVERI M.E., LLAMAS S. "Biomass Storage for Further Energy Use through Biogas Production". *International Journal of Hydrogen Energy*, Volumen 35, Edición 11, junio de 2010, Páginas 6048- 6051.
CHENNAKESAVA REDDY A., RAO Y.J. "Biogas from an Industrial Waste". *Energy for Sustainable Development*, Volumen 3, Edición 1, mayo de 1996, páginas 41-43.
D.J. RODDY D.J. "Biomass and Biofuels – Introduction". *Comprehensive Renewable Energy*, Volumen 5, 2012, páginas 1-9.
DI SBROIACCA N., NADAL G. "Estimación de los recursos energéticos renovables de la República Argentina". Fundación Bariloche, julio de 2004.
FLORES M., ANSCHAU R.A., CARBALLO S., HILBERT J. "Bioenergía como vehículo de valoración de las cadenas agroforestindustriales regionales para el desarrollo de las comunidades locales. Perspectivas de desarrollo con criterios de sustentabilidad ecológica, social y económica".
FUNDACIÓN BARILOCHE / ENDESA CEMSA S.A. "Argentina: diagnóstico, prospectivas y lineamientos para definir estrategias posibles ante el cambio climático". Buenos Aires, Argentina, septiembre de 2008.
FUNDACION BARICHE, SECRETARÍA DE ENERGÍA DE LA REPÚBLICA ARGENTINA. "Energías Renovables, diagnóstico, barreras y propuestas". 2009.
HILBERT, JORGE. "Manual para la producción de biogás". INTA Castelar.
KORAKIANITIS T., NAMASIVAYAM A.M., CROOKES R.J. "Natural-Gas Fueled Spark-Ignition (SI) and Compression-Ignition (CI) Engine Performance and Emissions". *Progress in Energy and Combustion Science*, Volumen 37, Edición 1, febrero de 2011, páginas 89-112.
LAWAND T.A., AYOUB J. "Renewable Energy Activities in Rural Argentina - Educational Aspects". *Renewable Energy*, Volumen 9, Ediciones 1-4, septiembre-diciembre de 1996, páginas 1194-1198.
NAVEAU H., NYNS E. "Biogas: Exploitation of a Renewable Energy in Latin America". *Renewable Energy*, Volumen 3, Ediciones 6-7, septiembre-octubre de 1993, páginas 763.
PLAZA G.P., ROBREDO P., PACHECO SARAVIA TOLEDO A. "Anaerobic Treatment of Municipal Solid Waste". *Water Science and Technology*, Volumen 33, Edición 3, 1996, páginas 169-175.
SIÑERIZ F. "Otro combustible para la matriz energética". Simposio: Energías alternativas. Desafíos globales y demandas sociales. 2009.
SINERIZ F. "Electricity from Biogas. Integrated Plan for Tucuman in North West Argentina". *Journal of Biotechnology*, Volumen 150, Supplement, noviembre de 2010, página 148F.
XINYUAN J., SOMMER S.G., CHRISTENSEN K. "A Review of the Biogas in China". *Energy Policy*, Volumen 39, Edición 10, octubre de 2011, páginas 6073-6081.