

Oportunidades del sector agropecuario y agroindustrial argentino para la generación de bioenergía en origen

*Ing. Agr. Marcos Bragachini¹, Ing. Agr. Diego Mathier¹, Ing. Agr. José Méndez²,
Ing. Agr. (M.Sc.) Mario Bragachini³, Ing. Agr. Alejandro Saavedra⁴.*

Desde hace algunos años las energías renovables (solar, eólica, biomásica, etc) van ganando protagonismo a nivel mundial y eso se debe a que el petróleo es un recurso escaso y que al usarlo se liberan grandes cantidades de CO₂ a la atmósfera, uno de los gases causantes del efecto invernadero y por ende del calentamiento global.

En nuestro país la matriz energética está compuesta mayormente por fuentes no renovables de energía (gas, petróleo, energía nuclear y carbón), sin embargo, las energías renovables poco a poco están ganando terreno. Además de tratarse de una forma de generación de energía mucho más amigable con el ambiente, son una forma de sustitución del uso de combustibles fósiles. Y esto toma mayor relevancia a la hora de analizar que a partir del año 2010 el país tiene una balanza energética negativa, a pesar del desarrollo del país en estos temas.

Argentina tiene excelentes oportunidades para el desarrollo de la energía eólica y solar, eso ya es sabido. También en lo que respecta a la generación de energía a partir de la **biomasa (bioenergía)**, se presentan muy buenas posibilidades de desarrollo, ya sea mediante el aprovechamiento de residuos biomásicos provenientes de agroindustrias, de producciones agropecuarias, residuos orgánicos municipales, producciones biomásicas dedicadas a tal fin, entre otros, por disponer de grandes extensiones de suelo, luz, temperatura y agua.

En Argentina, la generación y distribución de energía no es uniforme a lo largo de todo el territorio nacional, existiendo lugares o regiones con necesidades energéticas aun no cubiertas, en donde se podría estar aprovechando esta posibilidad de generación energética a partir de biomasa. Esto generaría no solo un beneficio ambiental en el territorio, sino también, por un lado, brindar la posibilidad de desarrollo de la región al disponer de energía en origen para la instalación de industrias o empresas agroindustriales; y por otro, el hecho de llevar adelante un emprendimiento de la instalación de una planta generadora de bioenergía (biodigestión o gasificación de biomasa, plantas de biocombustibles, etc.) conlleva todo un proceso a nivel de la región que también aporta al desarrollo de la misma.

Es por este motivo que el sector agropecuario-agroindustrial se encuentra ante una situación muy beneficiosa para el desarrollo de proyectos de generación energética en origen, ya sea para autoconsumo o venta de energía a la red nacional o como un eslabón importante en la cadena bioenergética, al ser un proveedor de esta biomasa, como por ejemplo al producir cultivos energéticos.

Producción de biogás mediante “Biodigestión Anaeróbica”

Como se comentó anteriormente, una de las tecnologías de aprovechamiento de la biomasa con fines energéticos es mediante la producción de biogás en biodigestores anaeróbicos. La digestión anaeróbica es un proceso bioquímico durante el cual la materia orgánica compleja (carbohidratos, grasas y proteínas) es descompuesta en ausencia de oxígeno, por varios tipos de microorganismos anaeróbicos. Este proceso es común en varios ambientes naturales como los sedimentos de agua de mar, el estómago de los rumiantes o las turberas. [1]

Este biogás, que en algunos casos es necesario un acondicionamiento previo, puede ser aprovechado en la generación de energía térmica y/o eléctrica y/o como biocombustible. Además, de este proceso se obtiene un coproducto llamado “digerido o digestato” que contiene nutrientes esenciales para los cultivos (N, P, K, etc) y por lo tanto puede ser utilizado como biofertilizante devolviendo los mismos al

suelo. [1] Otros beneficios de esta tecnología es que el digerido, en comparación a los efluentes sin tratar presenta menor olor, menor carga patógena y los nutrientes se encuentran de una manera más disponible para el aprovechamiento de los cultivos [6].

Por otro lado, estos biodigestores en muchos casos generan una alternativa ambiental de mucho valor ecológico, al evitar contaminaciones del aire, agua subterránea y superficial. [1]

El biogás es un gas combustible, compuesto principalmente por metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) y por cantidades menores de SH₂, N₂, H₂ y H₂O. La capacidad combustible de este gas la brinda principalmente el metano. [1]

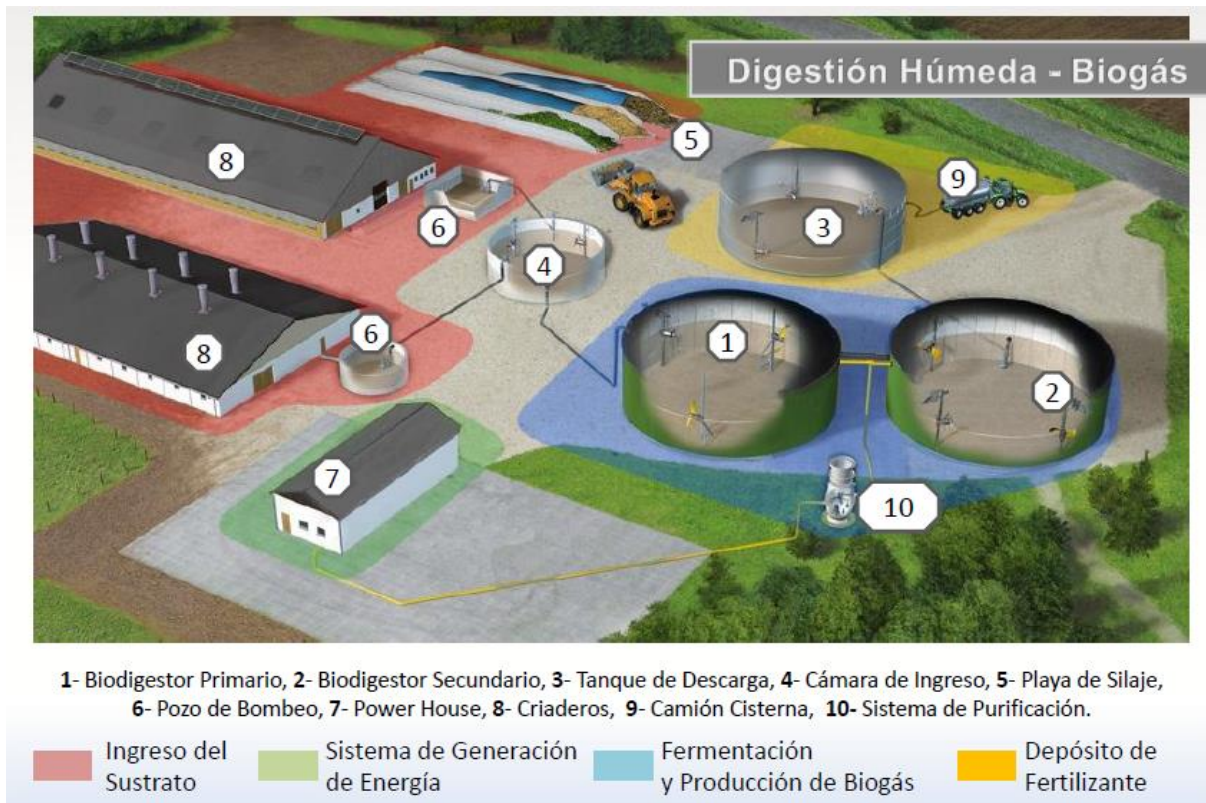
Componentes	Concentración, porcentaje
Metano (CH4)	50 – 75 %
Dióxido de carbono (CO2)	25 – 45 %
Agua (H2O)	2 – 7 Vol. %, (a 20-40 °C)
Acido sulfhídrico (SH₂)	20-20.000 ppm
Nitrógeno (N2)	< 2 Vol.-%
Oxígeno (O2)	< 2 Vol.-%
Hidrógeno (H2)	< 1 Vol. -%

1- Composición aproximada del biogás. [2]

El poder calorífico promedio de un metro cúbico de biogás es de 5.000 Kcal, lo que permite generar entre 1,3 - 1,6 kWh, equivalente a medio litro de petróleo, aproximadamente. [1]

Las plantas de biogás pueden funcionar con un único sustrato (estiércol de animales por ejemplo), pero también pueden hacerlo con la combinación de distintos sustratos (ej: silaje de maíz y estiércol animal) en cuyo caso el proceso se conoce como codigestión, siendo este sistema el más utilizado en países muy avanzados en la temática como Alemania e Italia y además en donde el sistema de digestión anaeróbica es instalado no solo para realizar un eficiente tratamiento de los efluentes sino también para autoabastecerse de energía o para comercializarla a terceros.[1]

En la siguiente imagen se observan las partes intervinientes en una planta típica de “Biodigestión Anaeróbica Húmeda”, un ejemplo de co-digestión de sustratos (efluentes pecuarios y cultivos energéticos) y además en la planta se realiza cogeneración (energía térmica y eléctrica) a partir del biogás producido en los digestores.



2- Esquema de una planta de digestión anaeróbica húmeda. Fuente: TecnoRed consultores S. A. (<http://www.tecnoredconsultores.com.ar/digh.html>)

Como se observa en la imagen, hay 4 sectores principales en una planta de este tipo:

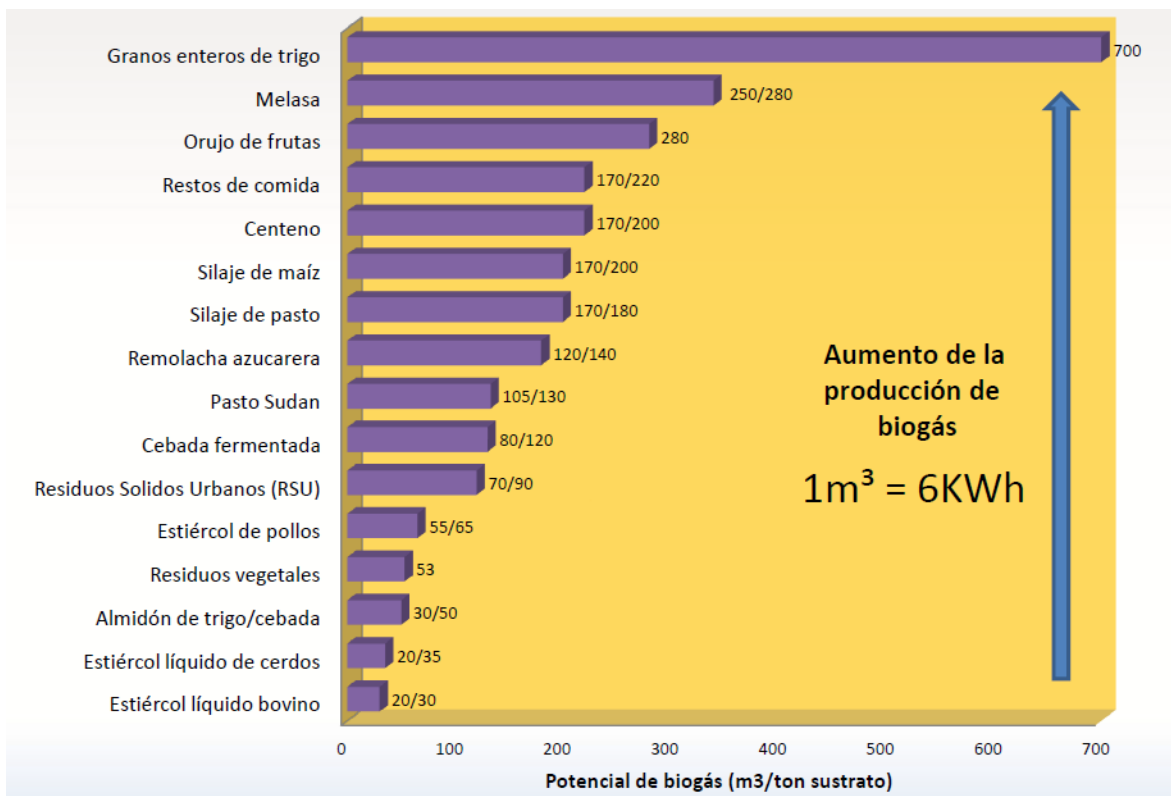
1. Sector de acumulación e ingreso de sustratos al sistema;
2. Sector de fermentación y producción de biogás, en el cual están los biodigestores que son el corazón del sistema;
3. Sector de acondicionamiento de biogás y generación de energía eléctrica y térmica.
4. Sector de depósito y de extracción del biofertilizante o digerido.

Los sustratos en forma de biomasa sólida tales como la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (FORSU), los residuos agroindustriales o la producción de cultivos energéticos como silo de maíz o sorgo, se trituran e introducen en los digestores, junto con estiércol o residuos de la producción pecuaria. Estos, al ser calefaccionados proveen un ambiente con temperatura óptima de proceso; también presentan un sistema de agitación que favorece la fermentación con la consiguiente producción de biogás. [1]

El biogás se acumula en burbujas en la superficie del sustrato y se recoge en un contenedor de biogás. A partir de entonces el mismo puede tener varios usos posibles: la forma más sencilla de utilización es la quema directa en calderas o quemadores o la utilización para calefacción. También puede ser conducido hacia un generador eléctrico (motor de combustión interna o micro turbinas a gas), previo proceso de depuración (para la reducción de sulfhídrico y de vapor de agua), con el objetivo de producir energía eléctrica y calor (proceso de cogeneración).

Otra opción es la purificación del biogás (99% metano) para ser introducida directamente a redes públicas de gas natural, en este caso se llama biometano que también puede ser utilizado en vehículos como biocombustible en remplazo o en conjunto al GNC [1]

En la siguiente imagen se observa el potencial de producción de biogás en metros cúbicos por tonelada de sustrato tal cual.



3- Potencial de producción de biogás de distintos sustratos. Fuente: Tecnored Consultores S.A. [3]

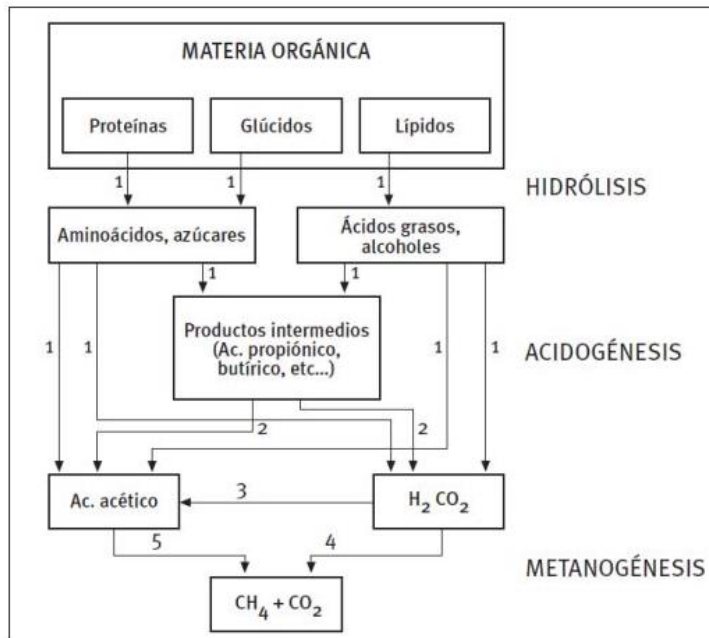
En la imagen se puede apreciar la gran variación entre los distintos sustratos en cuanto a su potencial para producción de biogás. Dentro de los sustratos que menos producen biogás están los efluentes pecuarios, porque son un desecho de estas producciones en las cuales los compuestos orgánicos más complejos han sido ya aprovechados. Entre los sustratos que presentan más potencial de producción de biogás se encuentran los cultivos energéticos o producciones agrícolas dedicadas a tal fin y los subproductos industriales.

Los cultivos energéticos más utilizados en la actualidad son los silos de cereales planta entera, son un buen cosustrato de los efluentes pecuarios para aumentar el rendimiento y las producciones de biogás en los sistemas de tratamiento de los efluentes.

Uno de los aspectos a tener en cuenta al plantear la digestión anaeróbica como sistema para tratar los efluentes pecuarios, es que el estiércol debe ser recolectado e introducido en los digestores diariamente y con el menor contenido de carga inorgánica posible (tierra u otro contaminante, por ejemplo). Por lo tanto para la aplicación de esta tecnología son preferibles los sistemas intensivos de producción animal (feedlot con corrales de concreto, cerdos en galpones en confinamiento, tambos estabulados, etc.).

Etapas del proceso de digestión anaeróbica

Para llegar al producto final el sustrato atraviesa 4 etapas diferentes (hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis). A continuación se presenta un esquema del proceso y una breve explicación de cada etapa.



4-Etapas del proceso de digestión anaeróbica [4]

Hidrólisis: La biomasa se encuentra en forma de grandes polímeros orgánicos. Para que las bacterias presentes en los digestores anaerobios tengan acceso a la energía potencial de este material, las cadenas deben ser rotas a partes más pequeñas (mono y oligómeros). Al proceso de ruptura de estas cadenas y su disolución en moléculas más pequeñas se lo llama hidrólisis. Por este motivo, la hidrólisis es el primer paso para la digestión anaeróbica. Varios microorganismos están involucrados en la hidrólisis, que es llevada a cabo por exoenzimas.

Acidogénesis: Durante esta etapa, los productos de la hidrólisis son convertidos por bacterias acidogénicas (fermentativas) en sustratos metanogénicos. Azúcares simples, aminoácidos y ácidos grasos son degradados a acetato, dióxido de carbono e hidrógeno (70%) así como a ácidos grasos volátiles (AGV) y alcoholes (30%).

Acetogénesis: se le conoce también como acidogénesis intermediaria en la cual los productos correspondientes son convertidos en ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono. [5]

Metanogénesis: La producción de metano y dióxido de carbono a partir de productos intermedios es llevada a cabo por bacterias metanogénicas. El 70% del metano formado se origina del acetato, mientras que el 30% restante es producido de la conversión del hidrógeno (H) y el dióxido de carbono (CO₂).

La velocidad del proceso de descomposición total es determinada por la reacción más lenta de la cadena. En el caso de las plantas de biogás donde se procesan sustratos vegetales que contienen celulosa, hemicelulosa y lignina, la hidrólisis es el proceso determinante de la velocidad. Durante la hidrólisis, se producen cantidades relativamente pequeñas de biogás, alcanzando el pico de producción durante la metanogénesis.

Parámetros operacionales

Los parámetros operacionales hacen referencia a las condiciones de trabajo de los digestores. Entre los principales se encuentran:

- **Temperatura.** Podrá operarse en los rangos psicrófilico (temperatura $<25^{\circ}\text{C}$), mesófilico (temperaturas entre $25\text{-}35^{\circ}\text{C}$) o termófilico (temperaturas entre $45\text{-}55^{\circ}\text{C}$). Las tasas de crecimiento y reacción aumentan conforme lo hace el rango de temperatura, pero también la sensibilidad a algunos inhibidores, como el amoníaco. En el rango termófilico se aseguran tasas superiores de destrucción de patógenos.
- **Agitación.** En función de la tipología de digestor debe transferirse al sistema el nivel de energía necesario para favorecer la transferencia de sustrato a cada población o agregados de bacterias, así como homogeneizar para mantener concentraciones medias bajas de inhibidores.
- **Tiempo de retención.** Es el cociente entre el volumen y el caudal de tratamiento, es decir, el tiempo medio de permanencia del sustrato en el digestor, sometido a la acción de los microorganismos.
- **Velocidad de carga orgánica.** Es la cantidad de materia orgánica introducida por unidad de volumen y tiempo. Valores bajos implican baja concentración en el sustrato y/o elevado tiempo de retención. El incremento en la OLR implica una reducción en la producción de gas por unidad de materia orgánica introducida, debiendo encontrar un valor óptimo técnico/económico para cada instalación y residuo a tratar.

A continuación se demuestran algunos ejemplos de plantas de biodigestión anaeróbica en el país que ya están en funcionamiento y otras que empezarán a funcionar en el transcurso de este año.

- **Planta de generación de biogás “Yanquetruz”**

La planta pertenece a ACA (Asociación de Cooperativas Argentinas) y está ubicada en cercanías de la localidad de Juan Llerena (provincia de San Luis). Esta zona es apta para la producción de porcinos al ser libre de micoplasma (una enfermedad que afecta a los cerdos), y para la producción de semilla. A su vez, la zona carecía de energía al ser punta de línea, lo que limitaba el desarrollo agroindustrial del establecimiento.

Mediante la instalación de una planta de biogás (biodigestión anaeróbica) se está realizando un buen tratamiento de los efluentes generados por la producción porcina de ciclo completo de 1.500 madres (en un futuro 5.200) con el agregado de silo planta entera de maíz o sorgo. Con esto se logra el autoabastecimiento de energía térmica (1,5 MWt), que será utilizada para calefacción de instalaciones porcinas y biodigestor, y de energía eléctrica (1,5 MWe) para sistema de riego, planta de alimento balanceado, instalaciones porcinas, etc. Por otro lado como la energía que se genera en el establecimiento “Yanquetruz” sobrepasa la demanda energética del sistema, un porcentaje elevado se vende al sistema interconectado nacional. La empresa que llevó adelante el proyecto es de origen nacional: TECNORED CONSULTORES SA.



6 – Planta de biogás en funcionamiento en la provincia de San Luis, en el establecimiento Yanquetruz.

- **Proyecto de tratamiento de residuos orgánicos de FECOFE y la Cooperativa Eléctrica de Huinca Renancó.**

Es realizado por la Federación de Cooperativas Federadas Limitadas (FECOFE), asociada con la CEHR (Cooperativa Eléctrica de Huinca Renancó), con el apoyo del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación.

Se trata de un proyecto que se encuentra en la etapa de construcción en la localidad de Huinca Renancó (Cba) y que estará finalizado antes de mediados de 2014. Su objetivo es el tratamiento de 1.449 ton/año de FORSU (Fracción Orgánica de Residuos Sólidos Urbanos) de 11 localidades (30.000-35.000 habitantes) del sur de la provincia de Córdoba pertenecientes a la Comunidad Regional de General Roca, 2.353 ton/año de desechos de frigorífico bovino, 322 ton/año de residuos de frutas y verduras provenientes del mercado concentrador fruti-hortícola y la incorporación de silaje de sorgo silero o biomásico para producir energía eléctrica y biofertilizantes permitiendo revalorizar pasivos ambientales en activos económicos.

La tecnología empleada es la digestión anaeróbica de tipo mesofílica mediante la cual se van a generar unos 300 KWh de energía eléctrica destinando a la red interconectada nacional unos 265 KWh. El proyecto es realizado por una asociación entre el grupo IFES y grupo Montanaro con un socio tecnológico italiano llamado AUSTEP.

- **Proyecto de biogás de Bioeléctrica S.A. en Río Cuarto (Cba).**

El objetivo que se plantea es la generación de energía eléctrica para la venta, a partir de biogás producto de un proceso de fermentación anaeróbica termofílico de silaje de maíz (90%) y residuos pecuarios, como estiércol (10%).

Es un proyecto llevado a cabo por 29 socios vinculados al sector agropecuario que actualmente se encuentra en construcción con fecha estimada de finalización en junio de 2014. En el mismo se va a generar 1 MWh de energía térmica y eléctrica. La energía térmica será provista a Bio 4 SA (planta de etanol que se encuentra localizada frente a este emprendimiento) para el proceso de producción y la energía eléctrica será vendida al sistema interconectado nacional o a la empresa Bio 4 SA. La tecnología es aportada por Krieg & Fischer de Alemania.

- **Proyecto biogás en un feedlot en Carlos Tejedor**

El objetivo del proyecto es la generación de energía eléctrica a partir del biogás obtenido mediante fermentación anaeróbica de los efluentes (estiércol y orina) de 500 novillos en engorde a corral (sobre piso de hormigón) para vender a la red eléctrica nacional. En la actualidad está generando biogás mediante el tratamiento del estiércol bovino, pero aún no está siendo transformado en energía eléctrica. Se estima que en pleno funcionamiento puede aportar entre un 5% y 6% de la energía que se consume en la ciudad de Carlos Tejedor (Bs As) y el ámbito rural aledaño.

Como otro producto del tratamiento del proceso se obtiene el digerido que es aplicado al suelo como biofertilizante para la producción de alimento para el ganado.

El proyecto cuenta con cuatro patas sobre las que se apoya: la producción de carne, la generación de energía, el biofertilizante y el manejo de los efluentes con bajo a nulo impacto ambiental. Este proyecto es realizado por la empresa Biogás Argentina.

Ventajas de la producción y utilización de biogás

La producción y utilización de biogás proveniente de la digestión anaeróbica, provee beneficios ambientales y socioeconómicos para la sociedad en su conjunto, como así también a los agricultores involucrados. La utilización de la cadena interna de valor de la producción de biogás mejora la capacidad económica local, garantiza el trabajo en las zonas rurales e incrementa el poder adquisitivo local. Mejora el estándar de vida y contribuye al desarrollo económico y local. [1]

Se está avanzando en materia de energías renovables en el país, pero son muchas más las oportunidades que existen sobre todo en el área de la **bioenergía**. Con el aumento de la misma se estarían generando muchos beneficios en el territorio nacional, como el incremento de puestos de trabajo, sustitución de importación de energía, generación de energía en lugares en donde hoy no está disponible (“energía distribuida”).

Todo esto permitiría el desarrollo de los territorios que hoy están limitados por falta de energía, además de disminuir el impacto ambiental por el aprovechamiento de lo que hoy son residuos que no se aprovechan (ya sean pecuarios, agroindustriales y/o municipales) y una disminución de las emisiones de gases causantes del efecto invernadero, logrando así una matriz energética nacional y en origen más amigable con el medio ambiente.

Autores:

¹ Técnicos participantes del Modulo 3: “Tecnologías para el desarrollo de bioenergía, a partir de recursos provenientes de las cadenas de producción agropecuario y agroindustrial (líquidos, sólidos y gaseosos)” perteneciente al proyecto Especifico 1 del Proyecto Integrador 1 del Programa Nacional de Agroindustria y Agregado de valor de INTA. Técnicos de la EEA Manfredi – Córdoba.

² Coordinador del Modulo 3: “Tecnologías para el desarrollo de bioenergía, a partir de recursos provenientes de las cadenas de producción agropecuario y agroindustrial (líquidos, sólidos y gaseosos)” perteneciente al proyecto Especifico 1 del Proyecto Integrador 1 del Programa Nacional de Agroindustria y Agregado de valor de INTA. Jefe de agencia de la AER Totoras - Santa Fe.

³ Coordinador del Proyecto integrado 1: “Procesos tecnológicos agroindustriales para agregar valor en origen de manera sustentable” perteneciente al Programa Nacional de Agroindustria y Agregado de valor de INTA. Jefe de agencia de la AER Justiniano Posse – Córdoba.

⁴ Coordinador del Proyecto Especifico 1: “Procesos productivos agroindustriales para agregar valor en origen en forma sustentable” perteneciente al Proyecto Integrador 1 del Programa Nacional de Agroindustria y Agregado de valor de INTA. Técnico de la EEA Manfredi – Córdoba.

Bibliografía

- [1] Biogás handbook Dinamarca. Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Pressl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer Janssen. (2008) www.lemvigbiogas.com
- [2] 1º Jornada de técnicas. Bolsa de subproductos de la Región Central de Santa Fe - Rafaela. Steffen Gruber (2009).
- [3] Producción de biogás a partir de cultivos energéticos, subproductos y residuos agroalimentarios. Jornada de capacitación sobre digestión anaeróbica y gasificación. Tecnoled consultores.
- [4] <http://www.biodisol.com/que-es-el-biogas-digestion-anaerobia-caracteristicas-y-usos-del-biogas/digestion-anaerobia-proceso-de-produccion-de-biogas-biocombustibles-energias-renovables/>
- [5] (<http://www.monografias.com/trabajos48/biomasa/biomasa2.shtml#ixzz2lrlebr5h>) Autores: Carlos Luis Urbáez Méndez, Leila Carballo Abreu, Yasiel Arteaga Crespo, Francisco Márquez Montesino, Universidad de Pinar del Río, "Hermanos Saíz Montes de Oca", Facultad de Forestal y Agronomía, Departamento de Química
- [6] <http://www.consorziobiogas.it/pubblicazioni/biogas-fatto-bene.htm> ; Autor: Consorcio Italiano de Biogás y gasificación. Consultado en noviembre del 2013
- Bragachini. M. Ediciones INTA. 2012. "1º Congreso de Valor Agregado en Origen. Integración Asociativa del campo a la góndola. 11º Curso Internacional de Agricultura de Precisión y 5ª Expo de Máquinas Precisas". Capítulo: "Valor Agregado y Bioenergía estratégica en origen como motor para el desarrollo sustentable de un país líder en agroindustria y agroalimentos". 413 páginas.
- Fuentes consultadas: Sitios webs de empresas: Biogás Argentina, Grupo Ifes, Grupo Montanaro, Bioeléctrica S.A. y Tecnoled Consultores S.A.