



Secretaría  
de Agroindustria



Ministerio de Producción y Trabajo  
Presidencia de la Nación

## **"La biomasa y la bioenergía distribuida para el agregado de valor en origen"**

**Mathier, D; Méndez, J.M; Bragachini, M; Sosa, N.**

Programa Nacional de Agregado de valor, Agroindustria y Bioenergía– INTA.

### **Resumen**

Argentina presenta una marcada dependencia de los combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural), los cuales representan alrededor del 86,5% de la matriz energética primaria nacional; de estos combustibles el gas natural representa el 53,9% (Ministerio de energía y minería, 2017).

Por otro lado, las redes de transporte y distribución de energía eléctrica no se encuentran homogéneamente dispuestas con lo cual existen zonas del país sin acceso a la misma o con un acceso de menor calidad. La misma situación se da para el gas natural.

Argentina, por su disponibilidad de recursos naturales tiene un enorme potencial de producción de biomasa y por ende de generación de energías renovables a partir de esta de manera distribuida.

Estos desarrollos permitirían mitigar en cierta medida los problemas planteados anteriormente.

Con la creación del programa RenovAR se favoreció la instalación de proyectos de energías renovables en los últimos años. En la ronda 2 de este programa se superó la potencia licitada en todas las fuentes (fotovoltaica, eólica, pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, biogás y biomasa), con lo cual queda demarcado una tendencia creciente al desarrollo de este tipo de proyectos en nuestro país.

Se describe en el presente trabajo la situación de Argentina en cuanto al desarrollo y/o implementación de tecnologías para la obtención de energía a partir de biomasa y se ejemplifica el impacto que tienen algunas de estas tecnologías sobre el sistema productivo mediante algunos

casos relevados por el equipo del Programa Nacional de Agregado de valor, Agroindustria y Bioenergía de INTA.

**Palabras clave:** bioenergía, biomasa, agregado de valor, bioeconomía.

### **Abstract**

Argentina presents a marked dependence on fossil fuels (oil, coal, and natural gas) that represent around 86.5% of the national primary energy matrix. Of these fuels, natural gas represents 53.9% (2017, Ministry of energy and mining).

On the other hand, electricity transportation and distribution networks are not homogeneously arranged, so there are country areas that do not have access to electricity, or that do have access but with lower quality. The same situation applies to natural gas.

Due to its availability of natural resources, Argentina has an enormous potential for biomass production and, therefore, for the generation of renewable energies based on biomass in a distributed manner.

These developments would help mitigate to some extent the problems previously posed.

With the creation of the RenovAR program the set up of renewable energy projects was favored in the last years. In the second bidding round of this program, the amount of demanded power was exceeded in all sources (solar power, wind power, small hydro, biogas and biomass) which marks a growing trend towards the development of this type of projects in our country.

This paper describes the situation of Argentina in terms of development and/or implementation of technologies to obtain energy from biomass and exemplify the impact of some of this technologies on the productive system through some projects relieved by the team of the National Program of added value, agroindustry and bioenergy of INTA.

**Keywords:** bioenergy, biomass, added value, bioeconomy.

## Introducción

“La biomasa es el conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma” (Probiomasa, s.f). Es una fuente de energía solar almacenada por las plantas mediante el proceso de fotosíntesis.

La biomasa puede ser clasificada según diferentes criterios, uno de ellos es desde el punto de vista de su origen el cual puede visualizarse en la Tabla 1.

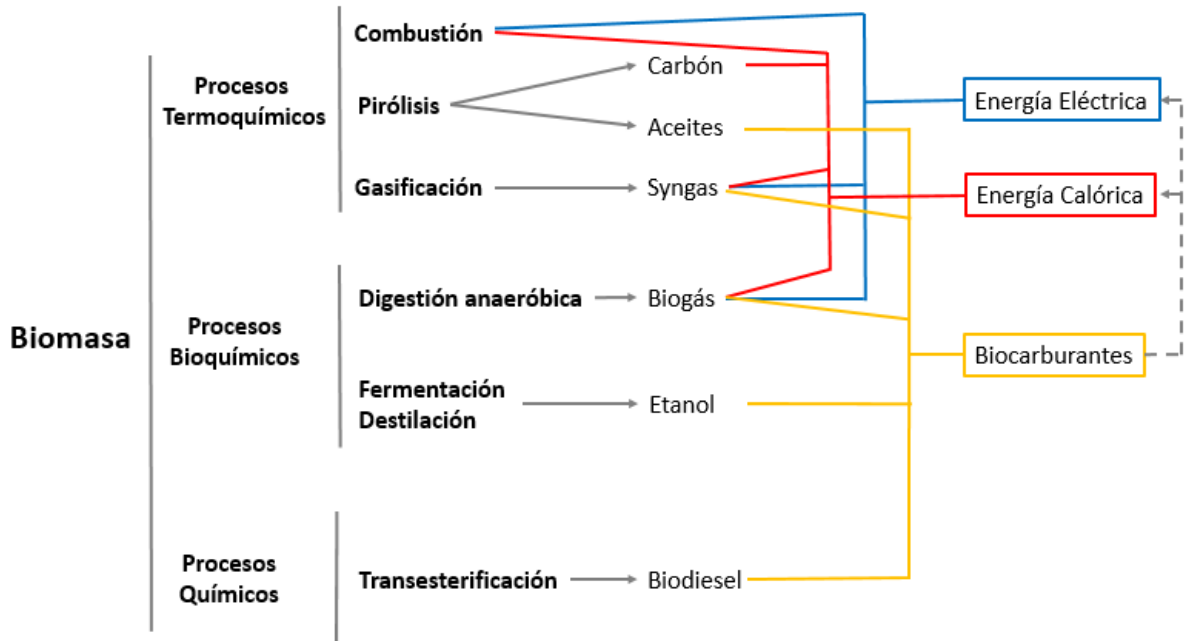
Otro criterio de clasificación utilizado es según su contenido de humedad, lo cual define fundamentalmente el tipo de tecnología a emplear para su transformación en energía.

La Bioenergía es un tipo de energía renovable que se basa en el aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía. A diferencia de otras fuentes de energía, la biomasa presenta una gran versatilidad ya que permite obtener combustibles líquidos, sólidos y gaseosos según el proceso empleado (Esquema 1).

Tabla 1. Clasificación de biomasa según su origen

<b>Tipo de biomasa</b>	<b>Ejemplos</b>
<b>Biomasa Residual</b>	<u>Residuos agrícolas</u> : RAC (Residuo agrícola de la cosecha de caña de azúcar), rastrojos, marlos de maíz, otros.
	<u>Residuos agroindustriales</u> : carozos, cascarilla de maní, cascarilla de girasol, otros.
	<u>Residuos forestales</u> : restos de poda, costaneros, corteza, otros.
	<u>Residuos pecuarios</u> : estiércoles y residuos sólidos de producciones porcinas, aviares, bovinas, otras.
	Fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (FORSU)
<b>Biomasa Producida</b>	<u>Cultivos energéticos dedicados</u> : sorgos biomásicos, maíz, caña de castilla, otros.

Dependiendo de las características de cada biomasa, existen diferentes tecnologías para su aprovechamiento energético (Esquema 1).



Esquema 1. Procesos de conversión de biomasa en energía

En el presente trabajo se describirá la situación de Argentina en cuanto al desarrollo y/o implementación de estas tecnologías considerando aspectos de evolución de la producción, mercado al que se destina el producto, barreras, escalas, tecnologías y se ejemplificará el impacto que tienen algunas de estas tecnologías sobre el sistema productivo mediante casos relevados por el equipo del Programa Nacional de Agregado de valor, Agroindustria y Bioenergía de INTA. Luego se presentará el aporte que realiza la generación de energía eléctrica a partir de biomasa a nivel país sobre la generación de puestos de trabajo y la visión del equipo de INTA sobre la importancia de la bioenergía en origen para el desarrollo agroindustrial.

## Desarrollo de la bioenergía en Argentina

### Fermentación (Bioetanol)

La producción de este biocombustible se realiza en argentina a partir de dos materias primas, caña de azúcar en la región noroeste del país y grano de maíz en el área pampeana principalmente.

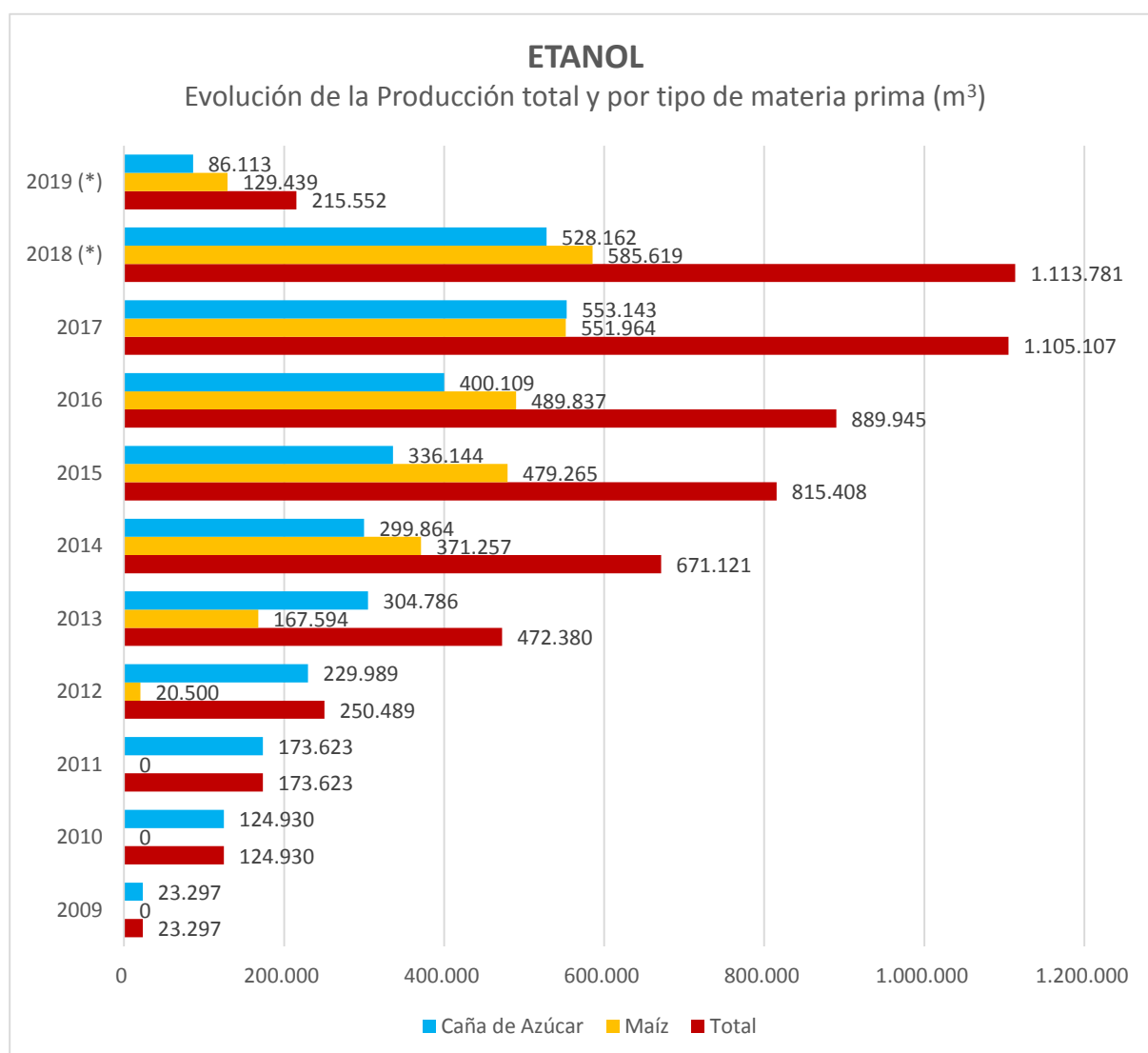
Existen en nuestro país experiencias sobre la producción de etanol a partir de caña de azúcar desde 1922. En 1978 se inició en la provincia de Tucumán el programa Alconafta cuyo objetivo

fue la promoción del uso del etanol de caña de azúcar como combustible vehicular. Luego de la implementación de este programa en Tucumán, se adhirieron otras provincias (Salta, Jujuy, La Rioja, Catamarca, Santiago del Estero), posteriormente se integraron las provincias de las regiones Litoral y NEA totalizando 12 provincias adheridas y un consumo de aproximadamente 250 millones de litros de alcohol anhidro por año.

Durante los años siguientes debido a que las zafas no fueron buenas, a problemas de rentabilidad del negocio y a un incremento del precio internacional del azúcar, el plan llegó a su fin en 1989. Posteriormente se produjo un incremento pronunciado de los niveles de producción de etanol en base a este cultivo desde el año 2009 en adelante (Gráfico 1).

Argentina cuenta con 23 ingenios azucareros concentrados en su mayoría en las provincias del NOA donde existen 371.829 hectáreas plantadas con caña de azúcar (Benedetti, P.E., 2018). La provincia de Tucumán cuenta con la mayor cantidad de ingenios (15), los restantes se encuentran en las provincias de Salta (2), Jujuy (3), Santa Fe (2) y Misiones (1) (Centro Azucarero, 2019). Doce de estos veintitrés ingenios son los que producen etanol de caña de azúcar para el corte de las naftas que se consumen en el país y corresponden a los ubicados en las provincias del NOA.

Gráfico 1. Evolución de la producción total de etanol y por tipo de materia prima (caña de azúcar-maíz) en m<sup>3</sup>.



La producción de etanol en base a grano de maíz comenzó en Argentina a partir del año 2012 como consecuencia de la entrada en vigencia, a partir del año 2010, de la ley 26.093 “Regulación y Promoción para la Producción y Uso sustentable de Biocombustibles” que establecía el corte obligatorio (del 5%) de las naftas con combustibles renovables.

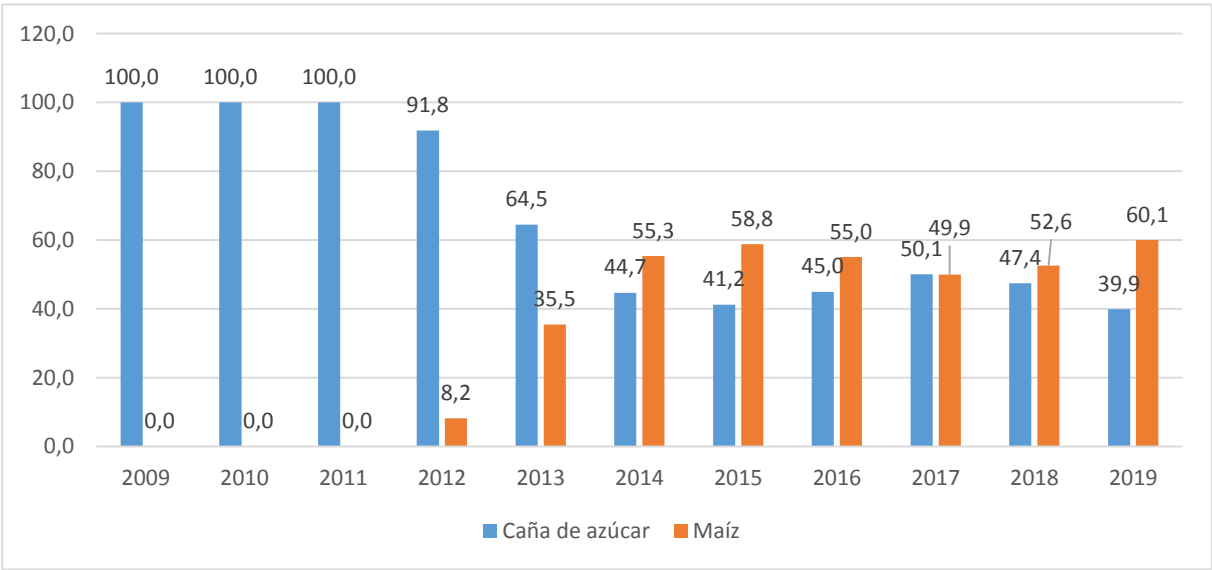
Las primeras plantas de producción de bioetanol a partir de grano de maíz fueron Bio 4 en Río Cuarto (provincia de Córdoba) y Vicentín en Avellaneda (provincia de Santa Fe) en el año 2012. Luego entraron en funcionamiento Promaíz en Alejandro Roca (provincia de Córdoba) en 2013 y ACABIO en Villa María (provincia de Córdoba) y Diaser en Villa Mercedes (provincia de San Luis) en 2014. Es decir, existen en el país 5 plantas etanoleras en base a grano

de maíz, 3 de ellas ubicadas en la provincia de Córdoba; 1 en la provincia de San Luis y 1 en la provincia de Santa Fe. Además, se encuentra también en la provincia de Córdoba una planta que produce etanol en base a grano de maíz para productos farmacéuticos y de consumo humano (Porta Hnos en Córdoba capital).

La producción de etanol desde 2012 (250.489 m<sup>3</sup>) fue creciendo hasta alcanzar en el año 2018 un volumen de 1.113.781 m<sup>3</sup>, lo cual representa un corte en las naftas del 12% de este biocombustible. Este porcentaje de corte fue fijado en abril de 2016 por resolución 37/2016 del Ministerio de energía y minería de la nación.

De esta producción total, el bioetanol en base a grano de maíz superó al producido a partir de caña de azúcar desde el año 2014 a la fecha (en 2018 el etanol de maíz representó un 52 % del volumen total). (Gráfico 2).

Gráfico 2. Porcentaje de participación de cada materia prima en el volumen total de producción de etanol (2009-2019)



El destino del bioetanol es principalmente el corte de las naftas del mercado interno y un reducido volumen, en comparación con el consumo para corte, se utiliza para la producción de bebidas alcohólicas y otros usos.

Se estima que, en conjunto, las 5 plantas que producen etanol de maíz muelen 1.623.240 toneladas de maíz por año. Como subproducto del proceso se obtiene la burlanda (granos destilados), que es un excelente alimento para incorporarlo en las raciones animales que, en su

versión húmeda, se utiliza fundamentalmente en la producción de carne y leche bovina. La disponibilidad de este subproducto impulsa el desarrollo de producciones pecuarias en cercanías de las plantas de producción de etanol.

A partir del año 2016, la empresa Porta Hnos. desarrolló un nuevo concepto de producción de etanol a partir de granos de maíz en minidestilerías. Se trata de plantas instaladas en campos de productores agropecuarios de una escala de producción menor (5.000 m<sup>3</sup> de etanol/año) que la de las grandes plantas mencionadas anteriormente. Esto permite una integración del campo y la industria, ya que se utiliza la materia prima (maíz) producida en el establecimiento -14.600 t/año- y los subproductos obtenidos del proceso (burlanda húmeda y vinaza) para alimentación de animales bovinos en feedlot (9.500 animales/año) del mismo establecimiento. Esto permite reducir los costos debido a que, por un lado, se tiene una menor cantidad de fletes ya que la materia prima y los subproductos se consumen en el propio establecimiento; y por otro, no existe la necesidad de concentrar la vinaza con lo cual se reduce el costo energético implicado en el proceso. <sup>1</sup>

Este desarrollo permitiría una producción de etanol más distribuida en el territorio de nuestro país y un menor costo de obtención de este biocombustible por eficiencias asociadas a costos de fletes y de tecnología de producción, permitiendo así el desarrollo de la agroindustria en las zonas donde es producido el maíz.

Si bien el corte de naftas al año 2019 está fijado en un 12%, existe la capacidad tecnológica y la disponibilidad de materia prima necesaria para incrementar la producción de etanol en el caso que se aumente el porcentaje de corte de las naftas y/o se incorporen al mercado automotriz argentino por parte de la industria los motores flex.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Normalmente las plantas de producción de etanol de maíz, luego de la fermentación y destilación, concentran la vinaza por medio de evaporación obteniendo un jarabe que es posteriormente mezclado con la burlanda.

<sup>2</sup> Motores que pueden emplear más de 15% de etanol en mezcla con naftas o incluso etanol puro en un 100%.

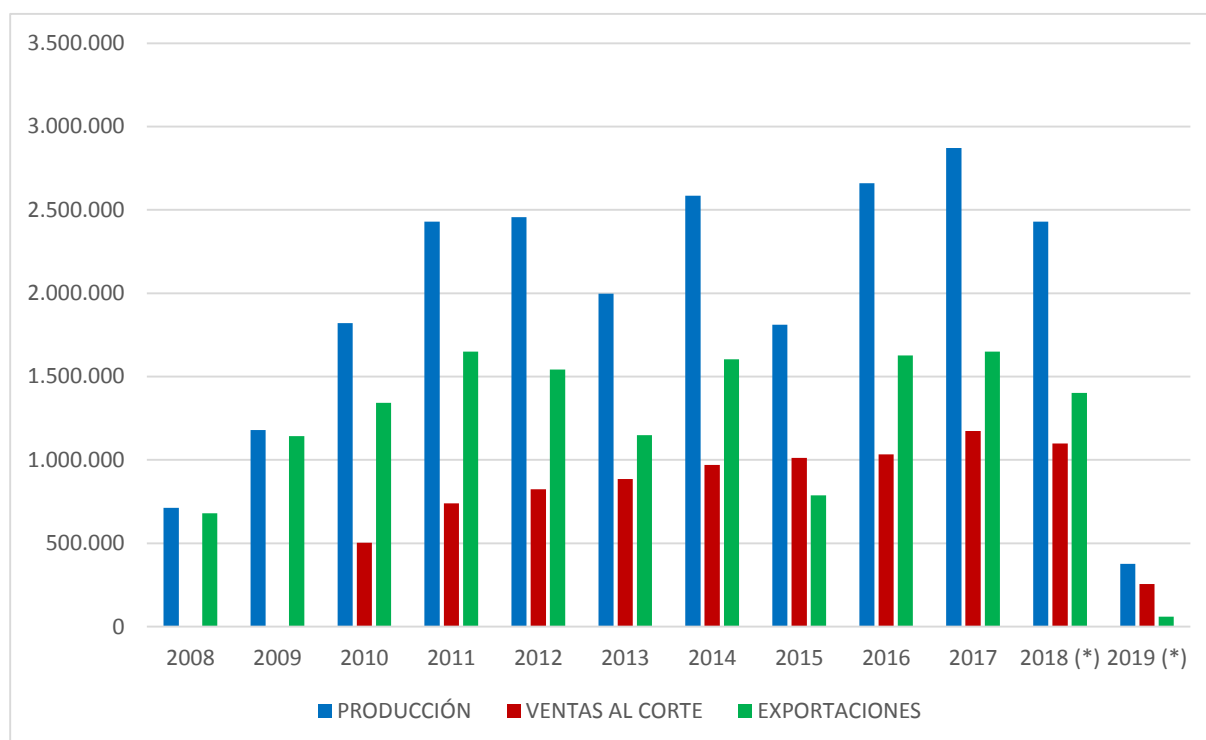


### Transesterificación (Biodiesel)

La industria del biodiesel en base a aceite de soja es la industria de bioenergía más desarrollada en nuestro país.

El Gráfico 3 muestra la producción de biodiesel argentino desde el año 2008 a la actualidad. En 2008 y 2009 el total de la producción se destinaba al mercado de exportación. Al igual que lo sucedido con la industria del etanol, la producción de biodiesel tomó mayor impulso en 2010 al sancionarse la ley 26.093 de “Regulación y Promoción para la Producción y Uso sustentable de Biocombustibles” que estableció un corte obligatorio del gasoil con un 5% de biodiesel. De esta manera las industrias comenzaron a abastecer al mercado interno con mayores volúmenes de biodiesel. A partir de esa fecha se ha ido incrementando de manera gradual el porcentaje de corte hasta el actual del 10 % (desde el año 2014).

Gráfico 3. Producción, ventas al mercado interno y exportaciones de biodiesel Argentina 2008-2019 en toneladas



Argentina posee actualmente 37 plantas de biodiesel, la mayoría ubicadas en la provincia de Santa Fe, especialmente en los alrededores del puerto de Rosario debido a la “existencia y funcionamiento del complejo industrial oleaginoso del Gran Rosario, el cual abastece de aceite de soja – materia prima principal- a los módulos de biocombustible (Calzada y Molina;

2017)”. Existen también plantas ubicadas en otras 6 provincias (Buenos Aires, Neuquén, San Luis, Entre Ríos, Santiago del Estero y La Pampa). (Figura 1)

Por otro lado, existen plantas de producción de biodiesel para autoconsumo que si bien al no estar registradas en el Ministerio de Emergía su cantidad y volúmenes de producción se desconocen, es frecuente encontrarlas funcionando cubriendo una demanda local de distintas empresas de transporte o utilizando el biodiesel sólo o en mezcla con gasoil, en equipos para la producción primaria (tractores, cosechadoras, pulverizadoras, etc.).

Es importante destacar que el número de éste tipo de plantas, fundamentalmente en regiones en dónde se cultiva soja y en muchos casos asociadas a plantas de producción de aceite de soja mediante el sistema de extrusado/prensado.

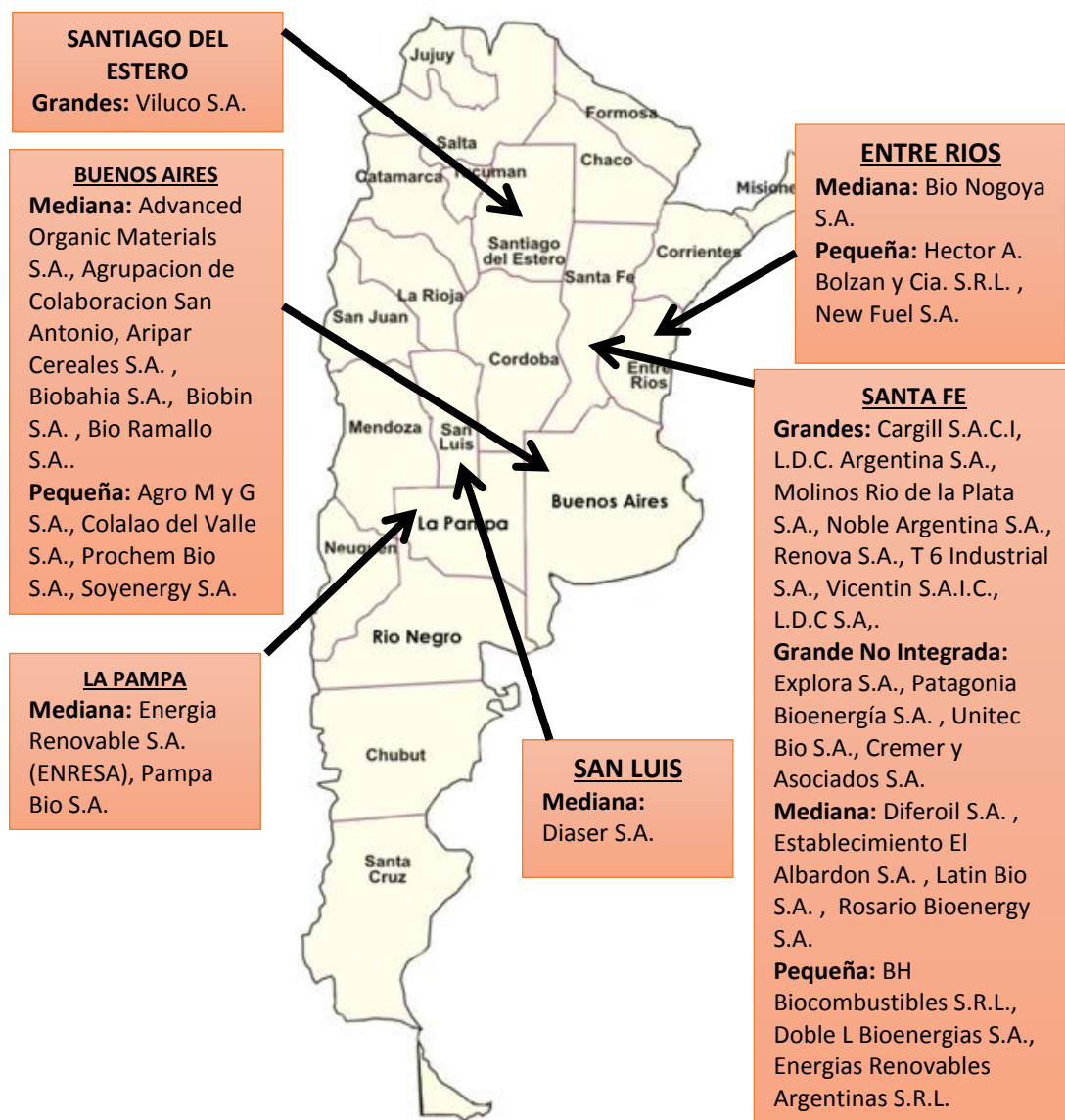


Figura 1. Ubicación de plantas de producción de biodiesel en el país por provincia.

La capacidad instalada de las plantas generadoras de biodiesel argentino alcanza una producción de 4.398.800 t/año (Calzada y Molina; 2017) y se clasifica a las plantas de acuerdo a su capacidad instalada en pequeñas (<25.000 t/año), medianas (25.001 t/año y 99.999 t/año) y grandes (>100.000 t/año). En la Tabla 2 se presenta la capacidad instalada total y su división por provincia y tipo de planta.

Esta capacidad productiva ubica a nuestro país a nivel mundial en el tercer puesto como productor de biodiesel a partir de aceite de soja y en el quinto puesto computando todas las fuentes de materia prima (aceite de soja, aceite de colza, aceite de palma, sebo y otras) (Statista; 2018).

Como se mencionó anteriormente la mayor cantidad de plantas se ubican en cercanías al puerto de Rosario, con lo cual esta región concentra el 79% de la capacidad total de producción nacional de biodiesel. Esto es así debido a que tanto el aceite de soja como el biodiesel están destinados en un elevado porcentaje a los mercados de exportación ya que la capacidad productiva excede ampliamente la demanda del consumo interno.

Tabla 2. Cantidad de plantas de biodiesel y Capacidad de Producción por tipo de planta.

(Fuente: Elaboración propia en base a datos de Minem y BCR).

Provincia	Grandes Plantas		PyMES		Total General	
	Cantidad	Toneladas	Cantidad	Toneladas	Cantidad	Toneladas
Santa Fe	11	3.230.000	7	243.600	18	3.473.600
Buenos Aires	0	0	12	454.000	12	454.000
S. del Estero	1	200.000	0	0	1	200.000
San Luis	0	0	1	96.000	1	96.000
Entre Ríos	0	0	3	75.200	3	75.200
La Pampa	0	0	2	100.000	2	100.000
<b>Totales</b>	<b>12</b>	<b>3.430.000</b>	<b>25</b>	<b>968.800</b>	<b>37</b>	<b>4.398.800</b>

Las pymes aportan el 75% del biodiesel para el corte interno y el resto lo aportan, en su mayoría, las empresas grandes no integradas (CARBIO,2015).<sup>3</sup>

Las ventas en el mercado interno presentan gran estabilidad debido al porcentaje de corte obligatorio fijado actualmente en un 10%. No se observa el mismo comportamiento en el mercado de exportación ya que estos volúmenes de venta están ligados a la demanda internacional y a las trabas impuestas por algunos mercados como europeo en 2012-2013 y estadounidense en 2017-2018.

### **Digestión anaeróbica (Biogás)**

A nivel mundial, la primera planta de producción de biogás se construyó en Bombay en 1859, y desde entonces se encuentran millones de pequeñas instalaciones en Taiwán, Corea, Tailandia, Kenya, Sudáfrica y China. Estas instalaciones suelen ser de carácter sencillo, sin tratamiento del gas producido (Reynoso, 2017). En otros países como Alemania e Italia se ha producido un desarrollo de estos sistemas con mayor grado de tecnología impulsados por normativas que promueven su instalación alcanzando, “según la European Biogas Association, 10.971 y 1.655 plantas en funcionamiento respectivamente en 2017 (2017:2)”.

En Argentina el desarrollo de esta tecnología es incipiente. Según un relevamiento de biodigestores realizado por el grupo de biogás de INTI en el año 2015, existían en ese momento en nuestro país alrededor de 105 biodigestores instalados; de los cuales la mayoría se encontraban en la provincia de Santa Fe (Goicoa, 2016).

Un aspecto a destacar de este relevamiento es que el 56% de las plantas no contaba con sistemas de control de temperatura, un 48% no tenía sistemas de agitación y un 70% desconocía la calidad del biogás que se producía (Goicoa, 2016). Todos estos son parámetros de importancia para una eficiente producción de biogás con destino a la generación de energía eléctrica, con lo cual al no tomarse en cuenta da como resultado una baja eficiencia del proceso, lo que queda

---

<sup>3</sup> **Grandes no integradas:** son las empresas cuyo nivel de producción es igual al de las grandes empresas (igual o mayor a 100.000 t/año), con la diferencia de que no producen su materia prima y el destino de su producción es el mercado interno prioritariamente.

demostrado en que sólo el 6% de las plantas a nivel país utilizaba para ese entonces el biogás con fines energéticos.

En 2015 se sanciona la ley 27.191 (modificatoria de la Ley 26.190) que prórroga 1 año el cumplimiento de la meta del 8 % de la energía eléctrica consumida proveniente de fuentes renovables de generación, y da inicio a la Segunda Etapa del Régimen de Fomento con el objetivo de llegar a cubrir el 20% de la demanda de energía eléctrica del país con energías renovables en 2025. El Decreto 531/2016 reglamenta la ley 27.191 y habilita dos caminos para cumplir con las metas allí impuestas: 1. Mecanismo de compras conjuntas desarrollado por la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S.A. (CAMMESA) instrumentado a través del Programa RenovAr; 2. Habilitación a grandes usuarios (consumidores de más de 300 kW) a contratar energía renovable y/o autogenerarse.

Con la sanción de esta nueva ley y la creación del programa RenovAR tomó mayor impulso el desarrollo de la tecnología del biogás en argentina. Este programa ya lleva 2 rondas de licitación (con rondas intermedias 1.5 y 2.5 para fuentes solar y eólica) y una tercera que está en curso. En las rondas 1, 1.5, 2 y 2.5 las potencias ofertadas y adjudicadas totales superaron a la demandada. En el caso particular del biogás en la ronda 1 se adjudicaron 6 proyectos con una potencia total de 8.6 MW. En la ronda 2 se incrementó la cantidad de proyectos adjudicados para esta tecnología (36 proyectos) con una potencia total de 65MW (Ministerio de Energía y Minería de la Nación, 2018); esta potencia representa el 1.45% del total asignado.

Además de tomar impulso el desarrollo de esta tecnología mediante el programa RenovAR, fue de gran importancia la sanción de la Resolución 19 (2019) de la Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable que regula la aplicación agrícola del digerido proveniente de plantas de digestión anaeróbica en respuesta a la falta de normativa específica en el sector que regule este subproducto. Esto permite generar un ciclo cerrado de nutrientes al utilizar este subproducto como biofertilizante en los cultivos agrícolas y ganaderos incrementando la sustentabilidad de los sistemas productivos agropecuarios.

Se describen a continuación proyectos relevados por el Programa Nacional de Agregado de valor, Agroindustria y Bioenergía de INTA que emplean esta tecnología y que se encuentran actualmente en funcionamiento en Argentina:

### ***Bioeléctrica***

Esta planta se encuentra en la localidad de Río Cuarto (provincia de Córdoba); utiliza como sustratos silaje de maíz, vinaza proveniente de industria de etanol de maíz y efluentes pecuarios. La tecnología es de biodigestión anaeróbica termofílica, es decir que trabaja en un rango de temperatura entre 50 y 55 °C. Generalmente los procesos más difundidos en nuestro país son de tipo mesofílico (trabajan con temperaturas en un rango entre 35 y 38 °C), por lo que esta planta es una de las pocas en funcionamiento que trabaja en el rango mencionado. La tecnología empleada es alemana y la mano de obra para la construcción fue local.

Cuenta con un digestor primario de 5.000 m<sup>3</sup> y uno secundario de 4.000 m<sup>3</sup> (Imagen 1). En sus comienzos, tenía una potencia eléctrica instalada de 1.2 MW y vendía la energía eléctrica a una planta de producción de bioetanol en base a grano de maíz cercana; posteriormente con la entrada en vigencia del programa RenovAR esta planta elevó su potencia eléctrica instalada a 2 MW y actualmente se encuentra vendiendo energía a la red.



Imagen 1. Vistas del digestor primario (izq.) y del digestor secundario(der.).

### ***Yanquetruz***

Se encuentra en la localidad de Juan Llerena (provincia de San Luis); está integrada a un establecimiento de producción porcina de 1.500 madres. Utiliza como sustratos efluentes de cerdos y silaje de maíz (cultivo energético). La tecnología empleada es biodigestión anaeróbica mesofílica (35-38 °C). La planta consta de 2 digestores primarios y 2 secundarios; tiene 2 motores Caterpillar que en conjunto entregan una potencia eléctrica de 1,5 MW (Imagen 2).

Además, se emplea el calor recuperado del agua de refrigeración y del escape de los motores para la calefacción de los digestores y de los galpones de maternidad de cerdos. La mayor parte de los componentes son importados y la obra civil es nacional.

La zona donde se planificaba instalar el criadero de cerdos no disponía de energía eléctrica, pero contaba con potencial de producción de biomasa (cultivos energéticos) y la disponibilidad futura de los efluentes porcinos; por este motivo se optó por la tecnología de biodigestión anaeróbica que permitió el desarrollo productivo de la zona al contar con energía eléctrica y térmica de manera sustentable ya que propició un correcto manejo de los efluentes y un ciclo cerrado de nutrientes con su devolución al suelo.



Imagen 2. Silos de maíz planta entera (superior derecha), Sala de generación (superior izquierda), Digestores (inferior).

### ***La Micaela***

Se trata de un establecimiento agropecuario con feedlot de 1.000 animales en engorde (500 sobre corrales de hormigón y 500 sobre corrales de tierra tradicionales). La empresa instaló un sistema de biodigestión anaeróbica para el tratamiento de los residuos pecuarios generados (Imagen 3).

Con esta finalidad se construyeron 4 corrales de engorde con piso de hormigón (3 m<sup>2</sup>/animal) que presentan una pendiente hacia una calle central también de hormigón. El estiércol (de los 500 animales alojados en estos corrales) es el que se aprovecha para la generación de biogás y biofertilizantes.

El hecho de hacer los corrales y calle central con hormigón es para facilitar la recolección del estiércol sin tierra (habitual en corrales tradicionales), ya que ésta hace poco viable la biodigestión anaeróbica al tener alta carga inorgánica (partículas de suelo).

Este tipo de estructuras en nuestro país, es una innovación para engorde de bovinos siendo más frecuente encontrarlo en otras partes del mundo.

El biodigestor tiene una capacidad útil de 460 m<sup>3</sup> y está equipado con agitadores de paleta y sistema de calefacción mediante un intercambiador de calor externo. El régimen de temperatura de trabajo es mesofílico, es decir, con una temperatura de 35-38°C.

Del proceso se obtiene como producto biogás, que es purificado y utilizado en un motogenerador que entrega 65 kW de potencia eléctrica; y como subproducto, el digerido que es utilizado como biofertilizante en los cultivos base de la dieta de los novillos en engorde.

En este establecimiento se produce carne bovina (con mayor bienestar animal por no tener barro en los corrales), se produce electricidad y se devuelven nutrientes al suelo para ser utilizado por los cultivos mediante el digerido; es decir, se genera un impacto positivo de manera global en el sistema productivo.



Imagen 3. Vista de corrales de hormigón (derecha), del digestor y sala de control (centro) y de laguna de digerido (izquierda). Fuente: Revista Chacra.



### **Gasificación de biomasa (Gas de síntesis)**

La gasificación de la biomasa es un conjunto de reacciones termoquímicas, que se produce en un ambiente pobre en oxígeno (combustión incompleta) a altas temperaturas (600-1.500 °C), que da como resultado la transformación de un sólido en una serie de gases posibles de ser utilizados en una caldera, en una turbina o en un motor, luego de ser acondicionado.

A esa mezcla de gases generada “se la denomina gas de síntesis o syngas y tiene un poder calorífico inferior (PCI) equivalente a la sexta parte del PCI del gas natural, cuando se emplea aire como agente gasificante (IDAE, 2007)”.

Esta tecnología no ha tenido un gran desarrollo en nuestro país si se la compara con otras como la combustión de biomasa. A continuación, se describe un proyecto de gasificación relevado por INTA:

#### ***Gasificación de biomasa Empresa Manfrey***

La instalación del gasificador de biomasa (Imagen 4) se realizó en una zona anexa a la planta industrial de la empresa láctea Manfrey ubicada en la localidad de Freyre (provincia de Córdoba). Es una zona sin abastecimiento de gas natural, por lo que cubrían su demanda energética (térmica) con fuel-oil con el alto costo que esto implicaba. El objetivo, por lo tanto, fue la sustitución de este combustible por energías renovables para la generación del 60-70% de su demanda de energía térmica. Para esto la tecnología que emplean es la gasificación (updraft) para producción de syngas que alimenta a una caldera humotubular para la generación de vapor utilizado en el procesamiento de leche. La materia prima que utilizan actualmente es chip de madera (de pino/eucalipto) con una demanda estimada en 16.000-18.000 toneladas/año. La empresa se ha propuesto reemplazar el uso de chip de madera por un cultivo producido en la zona (sorgos biomásicos); con este objetivo INTA junto a la empresa llevaron adelante, en dos campañas agrícolas, ensayos con variedades de sorgos biomásicos para evaluar los niveles de rendimiento de estos materiales y su calidad como biomasa para gasificación tomando como parámetro de comparación con otras materias primas el poder calorífico. Los resultados obtenidos fueron muy buenos, alcanzando algunos materiales rendimientos de hasta 28 toneladas de materia seca por hectárea y valores de poder calorífico entre 4296 y 4405 Kcal/kg, similares al de chip de pino (4791 Kcal/kg). Es una buena materia prima para reemplazar el chip de madera, aunque presentó algunas dificultades durante la gasificación al ser menos denso

que la madera; dificultad que puede solucionarse mediante la densificación de la biomasa de sorgo.



Imagen 4. Silo de biomasa (derecha) y gasificador (centro).

### **Combustión**

En Argentina esta tecnología se ha desarrollado a partir de biomasa generalmente en aquellas agroindustrias que por su proceso productivo disponen de algún subproducto biomásico (residuos agrícolas de cosecha de caña de azúcar, bagazo de caña, chip de madera, cáscara de maní, cáscara de girasol, entre otros). En el programa RenovAR en la ronda 1 se adjudicaron 2 proyectos por un total de 14.5 MW de potencia eléctrica mientras que en la ronda 2 del mismo programa se incrementó considerablemente la cantidad de proyectos adjudicados (16 proyectos) y la potencia adjudicada (143.2 MW). En cuanto a escalas de generación, las potencias de las plantas oscilan entre 2MW y 37MW (Ministerio de energía y minería de la nación, 2019).

Las zonas donde mayor desarrollo tuvo esta tecnología con destino a la venta de energía eléctrica mediante el programa RenovAR son las zonas del NOA y NEA.

### **Fuentes de trabajo de la biomasa**

El Indicador de Empleo Directo generado por los proyectos de gran escala de fuentes de Energías Renovables No Convencionales se denomina en Argentina IEDER. Los proyectos de biogás demandan empleo a razón de 9.7, 13.1 y 3.2 personas por MW instalado para cada uno de los 3 años de la fase de Construcción y los proyectos de biomasa 4.3, 7.3 y 4.4 personas/MW, valores altos en relación a los pares eólico y solar, de mucho mayor desarrollo, pero con IEDER entre 0,2 y 2,8 (Rijter 2018). El empleo de la etapa de Operación y Mantenimiento en biogás, demanda 4,6 operarios/MW, dada la particularidad de la tecnología que requiere atención

permanente y durante al menos los 20 años de vida útil considerados en proyectos de esta envergadura. Todas las fuentes biomásicas son trabajo-intensivas dada la especialización del aprovechamiento a una localidad en particular y por su menor escala que, en general, representa entre el 5 y el 20% de las potencias solares y eólicas.

Para agosto de 2018, las fuentes biomásicas representaron un 10,6% del total de empleos generados por todas las renovables. Proyectando la demanda total de empleo al momento de cumplimiento de los programas mencionados, las fuentes biomásicas aportarían el 20,8% de los empleos directos para todas las renovables. Esta condición posiciona a la biomasa como un factor de alta generación relativa de empleo especializado en el país.

### **¿Para qué generar energía en origen?**

Argentina presenta una marcada dependencia de los combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural), que representan alrededor del 86,5% de la matriz energética primaria nacional (Ministerio de energía y minería, 2017).

Nuestro país cuenta con una superficie agrícola de 36,8 millones de hectáreas (Calzada, 2014). Este crecimiento de la superficie destinada a la agricultura, sumado a la mayor eficiencia de los sistemas confinados de producción animal, lleva a una mayor intensificación de estas producciones pecuarias. Esto trae aparejado la aparición de nuevos problemas debido fundamentalmente a la concentración en menores superficies de mayor cantidad de efluentes que si no son gestionados adecuadamente podrían ocasionar serios problemas de contaminación ambiental.

También, se presenta la necesidad de agregar valor a la producción agropecuaria en origen con la integración vertical del productor agropecuario en forma asociativa incrementando la competitividad del mismo y favoreciendo el desarrollo local; lo cual en INTA se viene trabajando desde el año 2007. Esta necesidad requiere de la disponibilidad de energía, la cual, en algunos casos no está disponible en la zona requerida por la agroindustria.

Si se toma en cuenta todo este marco general planteado, surge la bioenergía como una de las alternativas o herramientas para suplir esta demanda o, al menos, parte de ella permitiendo aprovechar biomásas que generalmente se consideran residuales transformándolas en un activo económico.

## **Conclusiones**

Argentina es un país que cuenta con una gran superficie agrícola que le permite producir grandes volúmenes de biomasa. Por otro lado, la intensificación de las producciones pecuarias y el desarrollo de las agroindustrias generan una concentración de biomasa residual posible de ser utilizada con fines energéticos y a su vez el subproducto que se genera de éste proceso vuelve al sistema de producción primaria como un biofertilizante

Es un contexto favorable para el desarrollo de la bioenergía a partir de estos recursos. Esto ha permitido el desarrollo de industrias del etanol (de caña de azúcar y de maíz) y del biodiesel en mayor medida ya que es la industria de bioenergía de mayor importancia en nuestro país en relación a la cantidad de producto generado. El resto de las tecnologías (digestión anaeróbica, combustión, gasificación) se encuentran en un proceso, aún incipiente de desarrollo, impulsados fundamentalmente por el programa RenovAR y la ley 27.191.

La inversión por MW instalado de las tecnologías que emplean como fuente de energía a la biomasa es mayor que las eólicas y solares, aunque cabe destacar que el factor de uso de las tecnologías solares (19-23%) y eólicas (30-40%) es menor al de las que utilizan biomasa.

En cuanto a financiamiento para este tipo de proyectos, actualmente las plantas que se desarrollan cuentan con financiamientos de bancos extranjeros u organismos internacionales. En comparación al ofrecido para las energías solar y eólica, la oferta de financiamiento para proyectos de generación con biomasa es aun escasa.

El desarrollo de la bioenergía de manera distribuida es una herramienta que permitiría impulsar la bioeconomía de manera estratégica en determinadas regiones del país que actualmente no disponen de energía (eléctrica, gas) valorizando lo que comúnmente se consideran residuos – transformación de un pasivo ambiental en un activo económico-. Además, la utilización de energías renovables en los procesos productivos agroindustriales permitiría cumplir con normas de manufactura que posibiliten el ingreso a mercados de alimentos con valor agregado (inocuidad, trazabilidad, certificación).

## **Bibliografía**

- Benedetti, P.E. (2018). *Primer relevamiento del área cultivada con caña en Argentina a través de imágenes satelitales*. Recuperado de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_informe\\_relevamiento\\_del\\_cultivo\\_de\\_cana\\_de\\_azucar\\_en\\_argentina\\_durante\\_el\\_2018\\_a\\_partir\\_de\\_imagenes\\_satelitales\\_1\\_0.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_informe_relevamiento_del_cultivo_de_cana_de_azucar_en_argentina_durante_el_2018_a_partir_de_imagenes_satelitales_1_0.pdf)
- Bragachini, M., Ustarroz, F., Saavedra, A., Méndez, J.M., Mathier, D., Bragachini, M., Sosa, N., Alladio, M., Accoroni, C., Henning, H. (2017). *Evolución del sistema productivo Agropecuario Argentino*. Manfredi, Argentina: INTA Ediciones.
- Bragachini, M; Bragachini, M; Méndez, J.M; Mathier, D; Errasquin, L; Alladio, M; Riedel, J.L. (2014). *Informe de la visita al establecimiento “La Micaela” Feedlot en Carlos Tejedor, Provincia de Buenos Aires. Generación de biogás y biofertilizante con estiércol bovino*. Recuperado de:  
<http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/agoindustrializacion/Visita-Establecimiento-Micaela.asp>
- Calzada, J. (26 de Julio de 2014). Comparación entre USA y Argentina: áreas sembradas con cereales y semillas oleaginosas. Agrofy News. Recuperado de:  
<https://news.agrofy.com.ar/informe/141868/comparacion-usa-y-argentina-areas-sembradas-cereales-y-semillas-oleaginosas>
- Calzada, J., Molina, C. (2017). *La industria del biodiesel en Argentina*. Recuperado de  
[http://carbio.com.ar/wp-content/uploads/2017/10/Art%C3%ADculos-Semanal-BCR-\\_17\\_09\\_01.pdf](http://carbio.com.ar/wp-content/uploads/2017/10/Art%C3%ADculos-Semanal-BCR-_17_09_01.pdf)
- Centro Azucarero Argentino (2019). *Los ingenios*. Recuperado de  
<http://centroazucarero.com.ar/oldsite/index.html>
- Decreto No 531/2016. Decreto de Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica. Reglamentación. Publicado en Boletín Oficial No 33.347, del 31 de marzo de 2016. Argentina.

- European Biogas Association (2018). *EBA Statistical Report 2018*. Recuperado de [http://biogas.org.rs/wp-content/uploads/2018/12/EBA\\_Statistical-Report-2018\\_European-Overview-Chapter.pdf](http://biogas.org.rs/wp-content/uploads/2018/12/EBA_Statistical-Report-2018_European-Overview-Chapter.pdf)
- Goicoa, V., (2016). Relevamiento nacional de plantas de biogás. En M.A. Bragachini (Ed), *15° Curso Internacional de Agricultura y Ganadería de precisión con Agregado de Valor en Origen. Recopilación de presentaciones técnicas (pp. 213-218)*. Manfredi, Argentina: INTA Ediciones.
- IDAE (2007). *Biomasa: gasificación*. Recuperado de: [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_10737\\_Biomasa\\_gasificacion\\_07\\_d2adcf3b.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10737_Biomasa_gasificacion_07_d2adcf3b.pdf)
- Ley No 26.093. Ley de Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentable de Biocombustibles. Publicada en Boletín Oficial No 30.905, del 15 de mayo de 2006. Argentina.
- Ley No 27.191. Ley de Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica. Publicada en Boletín Oficial No 33.239, del 21 de octubre de 2015. Argentina.
- Méndez, J.M., Bragachini, M., Sosa, N., Covacevich, M., Accoroni, C., Cohen, A., Acevedo, A., Grasso, D., Alegre, M., (2013). *Informe de la visita al establecimiento Yanquetruz (ACA)*. Recuperado de: <http://www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/agoindustrializacion/Informe-Visita-Yanquetruz.asp>
- Ministerio de Energía y Minería de la Nación (2018). *Proyectos adjudicados del Programa RenovAr. Rondas 1, 1.5 y 2*. Recuperado de: <https://www.minem.gob.ar/www/833/25897/proyectos-adjudicados-del-programa-renovar>
- Ministerio de energía y minería de la nación. (2017). *Balance Energético Nacional de la República Argentina, año 2017*. Recuperado de <http://datos.minem.gob.ar/dataset/balances-energeticos>

Ministerio de energía y minería de la nación. (2019). Estadísticas de biodiesel y bioetanol. Recuperado de <http://datos.minem.gob.ar/dataset/estadisticas-de-biodiesel-y-bioetanol>

Probiomasa. (s.f.). *Energía derivada de biomasa*. Recuperado de <http://www.probiomasa.gob.ar/sitio/es/biomasa.php>

Resolución No 19/2019. Resolución de Norma técnica para la aplicación agrícola de digerido proveniente de plantas de digestión anaeróbica. Publicada en Boletín Oficial No 34.041, del 24 de enero de 2019. Argentina.

Reynoso, M.A. (2017). *Biodigestión anaeróbica: una alternativa para el tratamiento de la Fracción Orgánica de Residuos Sólidos Urbanos* (Tesina de grado). Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.

Rijter, G. (2018). *Generación de empleo - Energías Renovables: Programa RenovAr y MATER*. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/empleorenovable.pdf>

Statista. (2019). *Leading biodiesel producers worldwide in 2018, by country (in billion liters)*. Recuperado de <https://www.statista.com/statistics/271472/biodiesel-production-in-selected-countries/>