



**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PINV 15-949  
– CONACYT**  
***“VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE  
LA UTILIZACIÓN DE BIODIGESTORES  
COMO COMPLEMENTO PARA EL SECTOR  
AGROINDUSTRIAL PARAGUAYO”***



# Entidades colaboradoras

## Modalidad: PROYECTOS ASOCIATIVOS

PARAGUAYO  
ALEMANA



UNIVERSITÄT  
HEIDELBERG  
ZUKUNFT  
SEIT 1386



UNIÓN  
INDUSTRIAL  
PARAGUAYA

**“Este Proyecto fue co-financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - CONACYT con recursos del FEEI”**



# Equipo

PARAGUAYO  
ALEMANA

- Director del Proyecto e Investigador Principal: Ing. Agr. MBA Juan Pablo Dos Santos Miranda (Universidad Paraguayo Alemana – UPA)
- Investigador Senior: Dr. Stijn van der Krogt (Universidad Paraguayo Alemana – UPA)
- Investigador Asociado: Horacio Barrancos Bellot (SNV Latinoamerica)
- Investigador Asociado: Barbara Sprick (SRH Heidelberg)

## Objetivo general del proyecto

Realizar un estudio de los principales rubros agroindustriales del Paraguay para la elaboración de un modelo de viabilidad técnico-económico con sus indicadores, con el fin de sustentar Biodigestores como complemento de la producción

## Objetivos específicos del proyecto

- Ampliar la gama de información respecto a la utilización de Biodigestores en el Paraguay, conjuntamente con la provisión de datos específicos para su utilización como herramienta que complemente la producción agroindustrial.
- Desarrollar un modelo de cálculo base para la incorporación de tecnologías MDL.
- Proveer soluciones socio-ambientales efectivas.

# Encuadramiento del Proyecto

- Sector "Energías limpias y renovables".
- Se pretende fomentar el aprovechamiento de los desechos orgánicos abundantes en el Paraguay para abaratar costos, generar ganancias adicionales y solucionar externalidades ambientales.
- Facilitar el análisis de pre-factibilidad a través de la elaboración de un modelo de cálculo sencillo y práctico.

# Metodología de Investigación

1. En la primera fase se llevó a cabo una recopilación de datos acerca del potencial actual del sector agroindustrial paraguayo.
  - Revisión bibliográfica.
  - Se determinó un curso de acción.
  - Se generó información adicional a partir de los datos obtenidos.

# Metodología de Investigación

- 2. En la segunda fase, se llevó a cabo el desarrollo del Modelo de cálculo.
  - Se tomó como punto de partida los datos obtenidos en la primera fase.
  - Se exploró el campo de acción para cada sustrato.
  - Se exponen los resultados finales luego de la realización de un cálculo base (base de datos).
  - Los resultados finales están sujetos a una interpretación en particular, dando como resultado la rentabilidad, la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, nivel de fertilización y alcance del ahorro de combustible, etc.



# Metodología de Investigación

- En la tercera etapa se fomentó la aplicabilidad del proceso en empresas del sector agroindustrial.
  - Se expusieron los resultados en charlas y debates técnicos.
  - Se analizaron las posibilidades de implementación masiva del proyecto, invitando a representantes del Gobierno (Viceministerio de Minas y Energía) a exponer sobre la situación y sostener un dialogo sobre los modelos de acción posibles a seguir.
  - Se realizó un encuentro entre expertos nacionales en energías renovables, para actualizar la información y aumentar el nivel de participación de empresas en proyectos de este tipo.

# Metodología de Investigación

- 3. En la tercera etapa se fomentó la aplicabilidad del proceso en empresas del sector agroindustrial.
  - Se demostró la aplicabilidad del Modelo de Medición en distintas etapas e instancias de promoción: en la Universidad, en ponencias, en revistas técnicas y páginas web relacionadas.
  - Se preparó un material técnico explicativo y demostrativo.
  - Se analizó el impacto económico probable de la combinación de proyectos de producción de biogás con el proceso productivo del complejo Soja-Maíz-Trigo.
    - Esta combinación fue estudiada a través del Modelo de cálculo.



UPA

UNIVERSIDAD PARAGUAYO ALEMANA  
DE CIENCIAS APLICADAS

# INTRODUCCIÓN

BIOGÁS: definición, usos

- proceso biológico, anaeróbico
- Biomasa
  - desechos de animales (estiércoles),
  - desechos de mataderos,
  - vinazas,
  - residuos de la agricultura (residuos de maíz, café, arroz, papas, banano, etc.)
  - residuos urbanos (aguas residuales, basura orgánica y otros)



UPA

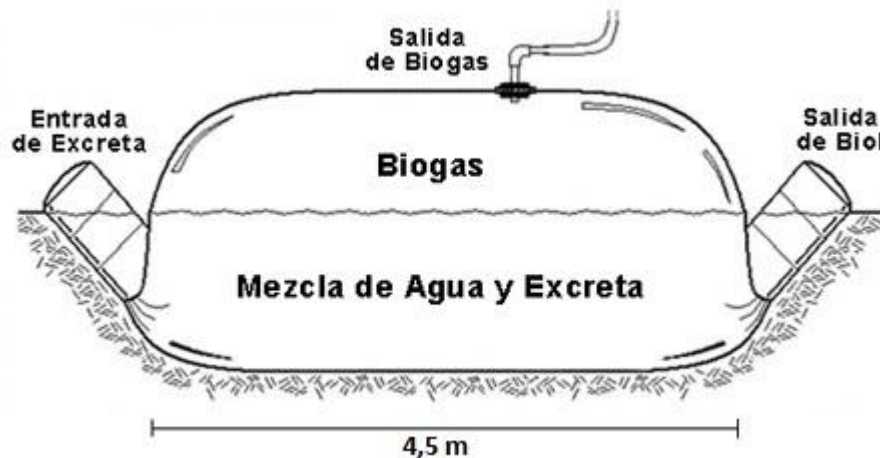
UNIVERSIDAD PARAGUAYO ALEMANA  
DE CIENCIAS APLICADAS

- Gases resultantes:
  - metano (50-75 vol. %), dióxido de carbono (25-50 vol. %)



# Biodigestores

- Recipientes o tanques cerrados herméticamente, que permiten la carga (afluente) de sustratos (biomasa) y descarga (efluente) de bioabono o biol y, poseen un sistema de recolección y almacenamiento de biogás para su aprovechamiento energético.
- El biogás que se producen en los biodigestores se puede aprovechar como combustible en reemplazo del bunker que se utiliza en calderas, o en generadores a biogás para la producción de electricidad



UPA

UNIVERSIDAD PARAGUAYO ALEMANA  
DE CIENCIAS APLICADAS

## Energía, 1 m<sup>3</sup> de biogás equivale a:

0,66 l gasoil

0,85 Kg carbón

6,5 Kw de energía, o sea  
5.600 Kcal/h.

Convertido en energía  
eléctrica en un motor  
proporciona entre 1,8  
y 2,5 Kw/h de  
electricidad



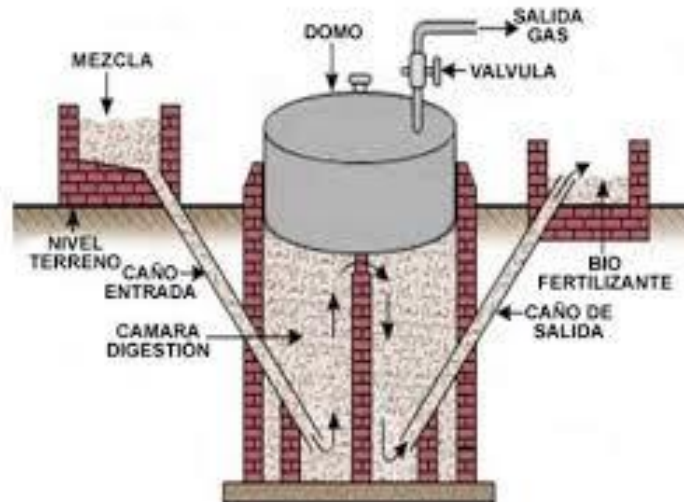
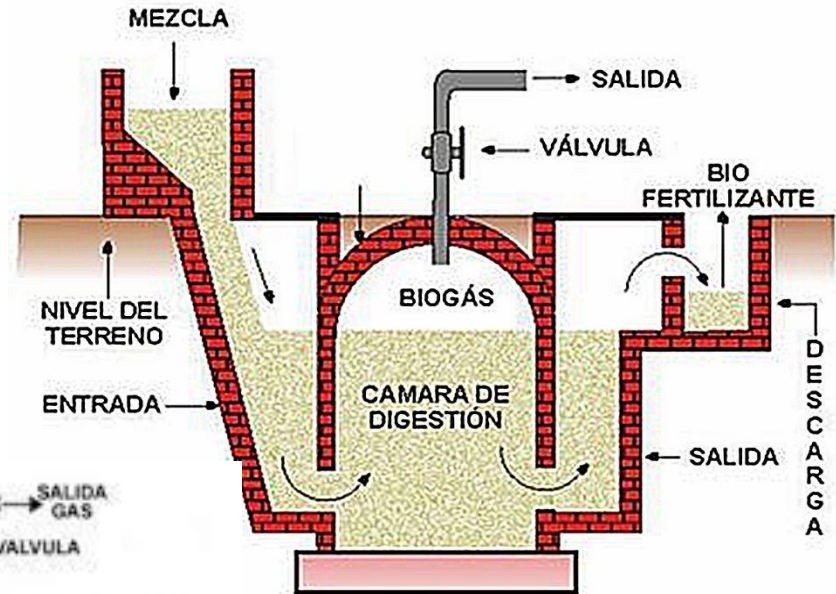
# BIOGÁS

## Sistemas de biodigestión, pequeña escala

PARAGUAYO  
ALEMANA



### BIODIGESTOR



UPA

UNIVERSIDAD PARAGUAYO ALEMANA  
DE CIENCIAS APLICADAS



# BIOGÁS

Sistemas de biodigestión, escala industrial

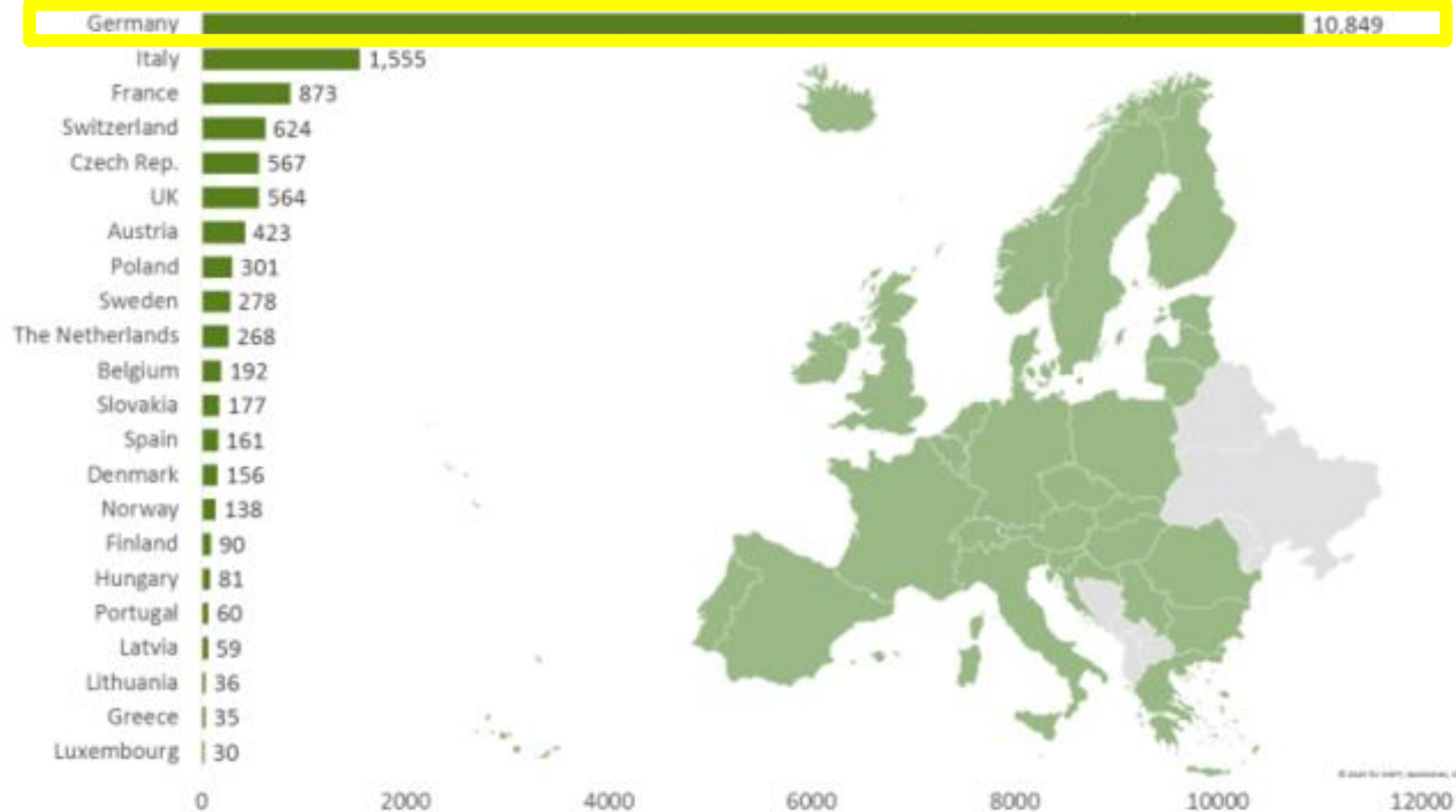
PARAGUAYO  
ALEMANA



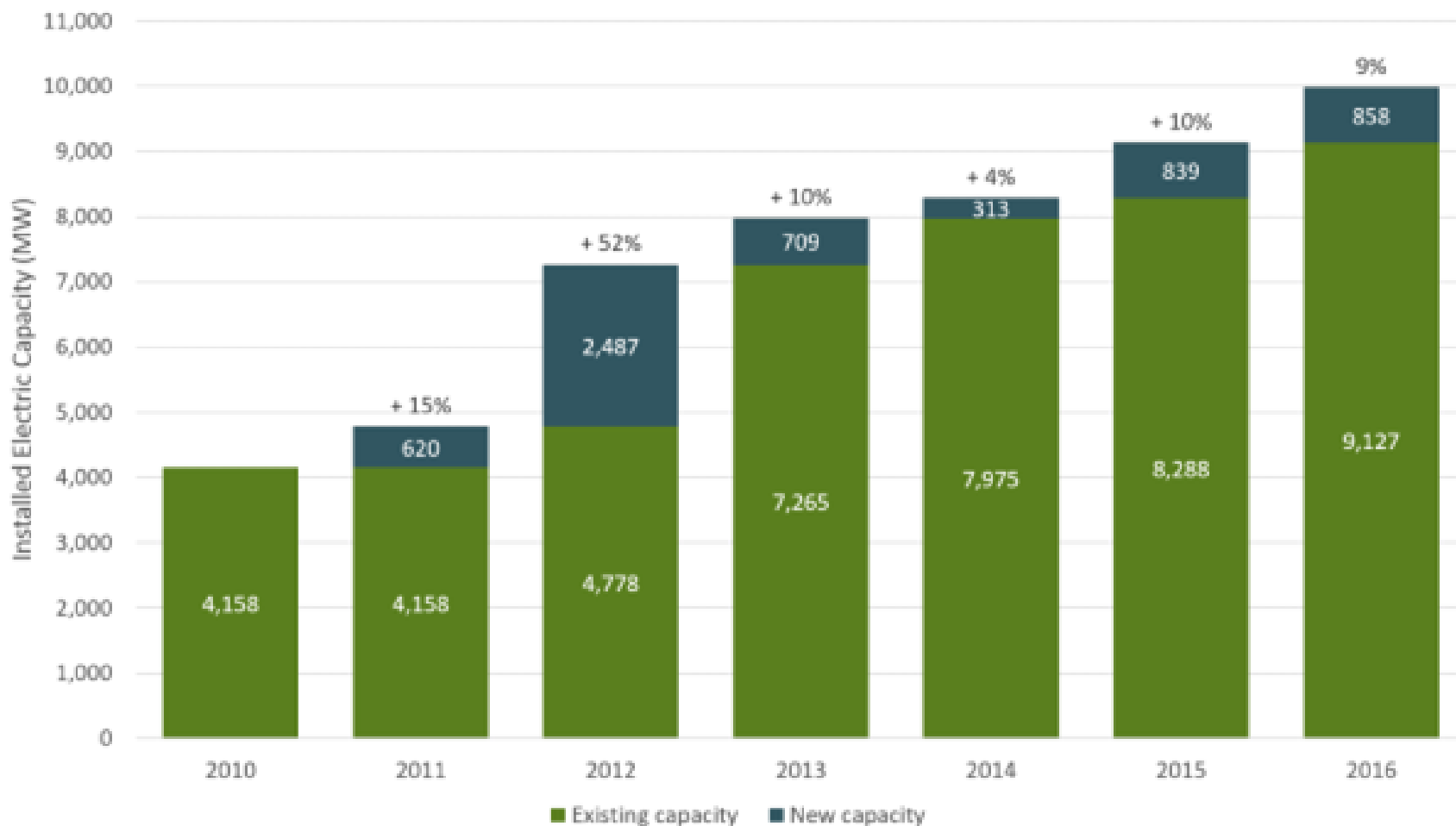
# CONTEXTO MUNDIAL



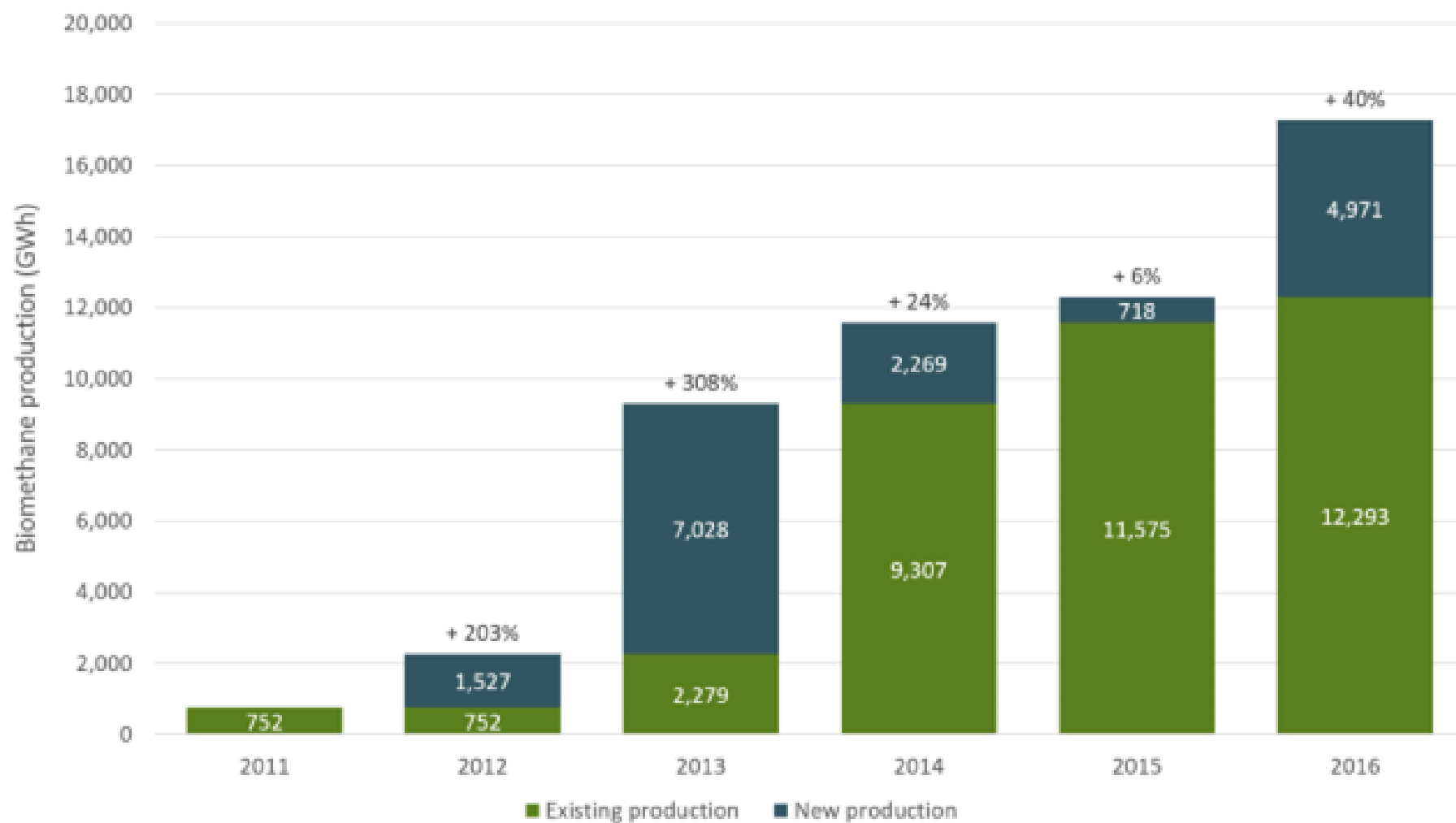
# Biogas plants in Europe



# Growth in Installed Electric Capacity in Europe (MW)



# Evolution of biomethane production in Europe



# CONTEXTO REGIONAL



-  Países de
-  Países A

# CHILE

PARAGUAYO  
ALEMANA



ERNC y Fuentes Convencionales en la Matriz Nacional

Fuente	Operación (MW)	En prueba (MW)	Construcción (MW)	RCA Aprobada (MW)	En evaluación (MW)
Biomasa Biogás = 60 MW)	468	3	0	498	59
Eólica	1,305	114	600	9,227	2,432
Geotérmica	24	0	0	120	100
Mini - Hidro	485	20	49	817	130
Solar - PV	1,837	278	194	15,790	7,496
Solar - CSP	0	0	110	2,348	300
<b>TOTAL</b>	<b>4,119</b>	<b>415</b>	<b>953</b>	<b>28,800</b>	<b>10,517</b>



**6 A 8 DE JUNHO 2018**  
Foz do Iguaçu | PR | Golden Park Internacional



**UPA**

UNIVERSIDAD PARAGUAYO ALEMANA  
DE CIENCIAS APLICADAS



# CHILE

PARAGUAYO  
ALEMANA

## Marco Legal e institucional del Biogás

### Reglamento de seguridad para plantas de biogás.

Establece los requisitos mínimos de seguridad que deberán cumplir las plantas de biogás, en las etapas de diseño, construcción, operación, mantenimiento, inspección y término definitivo de operaciones, en las que se realizarán indistintamente las actividades de recepción, preparación y almacenamiento de sustrato; producción, almacenamiento, transferencia, tratamiento, suministro, uso o consumo de biogás.

SEC  
DECLARACIÓN DE PLANTAS DE BIOGAS

I. Tipo de Presentación  
NUEVA RECONSTRUCCIÓN REGULACIÓN Nº Emisión SEC

II. Antecedentes del Propietario de la Instalación  
RUT Propietario  
Nombre Ppto  
Nombre Celular  
Nombre Completo Propietario o Razón Social del Propietario  
Dirección Postal del Propietario  
Comuna

III. Antecedentes del Representante Legal de Propietario  
RUT Representante Legal  
Nombre Ppto  
Nombre Celular  
Nombre Representante Legal  
Dirección Postal del Representante Legal  
Comuna

IV. Antecedentes del Instalador de Biogás  
RUT  
RUT SEC  
Nombre Ppto  
Nombre Celular  
Nombre Completo Instalador (Apellido Paterno, Apellido Materno, Nombres)  
Dirección Postal  
Región Comuna

V. Antecedentes del Operador de la Instalación de Biogás (Completar sólo si es distinto al propietario)  
RUT Operador  
Nombre Ppto  
Nombre Celular  
Nombre Operador o Empresa Operadora  
Comuna

VI. Antecedentes del Representante Legal del Operador de la Instalación  
RUT Representante Legal  
Nombre Ppto  
Nombre Celular  
Nombre Representante Legal  
Comuna Representante Legal  
Comuna

VII. Ubicación de la Instalación de Biogás  
Comuna  
Región  
Comuna

VIII. Tipo de Zonificación y Coordenadas



6 A 8 DE JUNHO 2018  
Foz do Iguaçu | PR | Golden Park Internacional



## Normativa Energías Renovables

### Bioenergía. Perspectivas para la Argentina



✓ LEY N° 26.190 (2006) impulsó el “Régimen de fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinadas a la generación eléctrica”

Establece que en plazo de 10 años (para el 2016), el 8% del consumo de la electricidad nacional debe ser proporcionada por fuentes renovables, incluyendo biomasa



Nueva Ley Fuentes Renovables de Energía en la Generación Eléctrica – Régimen Nacional de Fomento 2016 – 2025.  
LEY N° 27.191



Profundizar el Régimen de Fomento, fijando una nueva meta para el año 2025, con el objetivo de incrementar dicha participación al 20%. A tal efecto establece...***“cada sujeto obligado deberá alcanzar la incorporación mínima del 8% del total del consumo propio de energía eléctrica, con energía proveniente de las fuentes renovables, al 31 de diciembre de 2017, y del 20% al 31 de diciembre de 2025”...***

# Potencial de Biogás por provincia

PROVINCIA	Tipo de explotación					
	Bovinos Feedlots		Bovinos Tambo		Porcinos	
	Biogás (m <sup>3</sup> /año)	Energía (tep/*año)	Biogás (m <sup>3</sup> /año)	Energía (tep/*año)	Biogás (m <sup>3</sup> /año)	Energía (tep/*año)
BUENOS AIRES	119.320.618	65.626	27.730.349	15.252	54.663.572	30.065
CATAMARCA	1.074.965	591	117.171	64	328.253	18
CHACO	1.778.809	978			4.424.348	2.43
CHUBUT	1.677.868	923	10.244	6	1.100.034	60
CORDOBA	68.782.429	37.830	37.380.385	20.559	52.466.514	28.857
CORRIENTES	423.787	233	4.484	2	1.434.801	789
ENTRE RIOS	15.742.936	8.659	4.602.541	2.531	13.689.904	7.529
FORMOSA					2.865.362	1.576
JUJUY	1.000.357	550	22.524	12	1.192.021	656
LA PAMPA	4.491.320	2.470	1.869.528	1.028	6.950.089	3.823
LA RIOJA	4.115.809	2.264			1.789.476	984
MENDOZA	1.920.620	1.056	21.972	12	1.299.616	715
MISIONES	3.630.580	1.997			1.562.550	859
NEUCUEN	1.000.000	503			1.049.340	577
RIO NEGRO	2.118.387	1.165	120.862	66	929.210	511
SALTA	14.656.999	8.061	381.384	210	4.322.038	2.377
SAN JUAN	394.437	217	16.074	9	1.180.101	649
SAN LUIS	7.588.395	4.174	311.778	171	8.214.557	4.518
SANTA CRUZ	770.497	424			112.756	62
SANTA FE	66.216.940	36.419	37.292.187	20.511	39.504.457	21.727
SANTIAGO DEL ESTERO	13.166.750	7.242	1.878.737	1.033	1.362.170	749
TIERRA DEL FUEGO	154.154	85	4.001	2	18.926	10
TUCUMAN	5.368.793	2.953	276.975	152	1.226.924	675
<b>Total general</b>	<b>335.309.679</b>	<b>184.420</b>	<b>112.041.194</b>	<b>61.623</b>	<b>201.690.211</b>	<b>110.930</b>

**ARGENTINA**

Potencial Nacional  
de Biogás

357 mTep

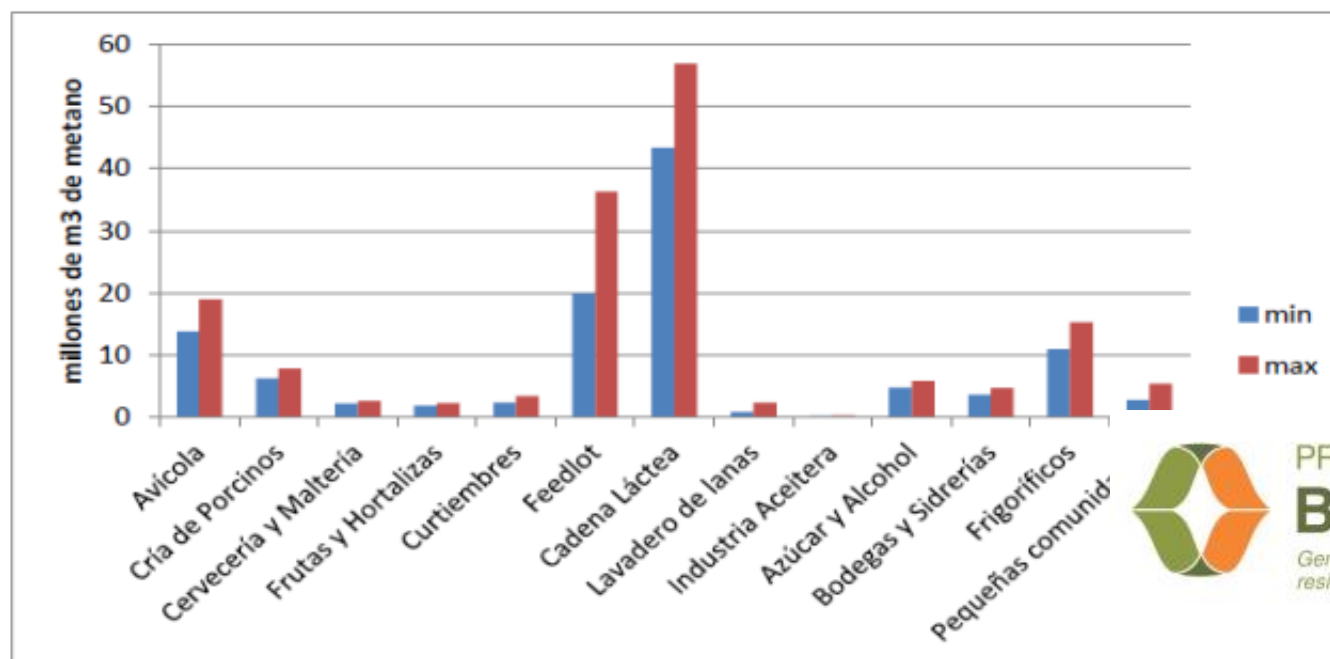


# URUGUAY

PARAGUAYO  
ALEMANA

## Identificación de residuos en el Uruguay pasibles de ser valorizados por digestión anaerobia y estimación de su potencial de metanización

Octubre 2015



PROYECTO  
**BIOVALOR**

Generando valor con  
residuos agro-industriales



**6 A 8 DE JUNHO 2018**

Foz do Iguaçu | PR | Golden Park Internacional

# BRASIL

PARAGUAYO  
ALEMANA

ABiogás

## POTENCIAL BRASILEIRO DE BIOGÁS POR FONTE (m<sup>3</sup>/ano)

39

bilhões

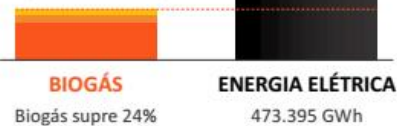
BRASIL: UMA  
POTÊNCIA EM  
DESENVOLVIMENTO

ECONOMIA E SUSTENTABILIDADE

ABiogás

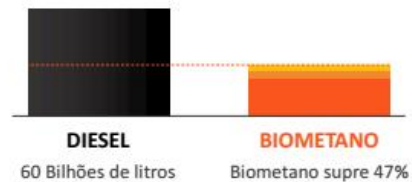
### DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA EPE

Potência  
Instalada  
14,64 GW  
FC: 90%



### DEMANDA DE COMBUSTÍVEL ANP

BIOMETANO  
78 Milhões  
m<sup>3</sup>/dia



6 A 8 DE JUNHO  
Foz do Iguaçu | PR | Golden Park



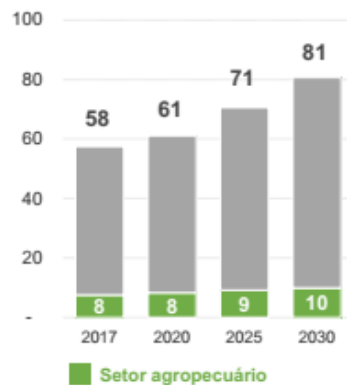
6 A 8 DE JUNHO 2018  
Foz do Iguaçu | PR | Golden Park Internacional

# BRASIL

PARAGUAYO  
ALEMANA

## OPORTUNIDADE 4 SUBSTITUIÇÃO AO DIESEL NO SETOR AGROPECUÁRIO

Demanda de óleo diesel  
(bilhões de litros)



SETOR AGROPECUÁRIO  
RESponde POR 13% DA  
DEMANDA DE ÓLEO DIESEL

Fonte: EPE

## OPORTUNIDADE 4 SUBSTITUIÇÃO AO DIESEL

Exemplo: ônibus a biometano



Em parceria com a Itaipu Binacional, o ônibus rodou 3 mil quilômetros com biometano proveniente da Granja Haacke.



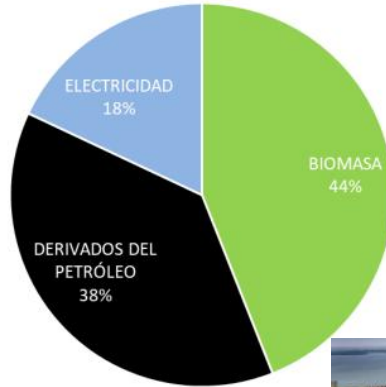
# PARAGUAY

PARAGUAYO  
ALEMANA



Presentación de  
Juan Manuel Cabral Monzón

## MATRIZ ENERGÉTICA - CONSUMO

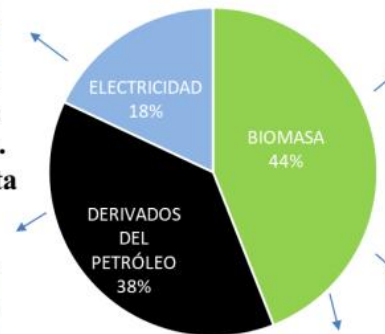


**EXCEDENTES DE HIDROELECTRICA:**  
**4º Productor Mundial Per Capita.**  
**1º Exportador Mundial Per Capita**



**100% es Importado (Gasol, Gasolina y GLP).**  
**35.000 Barriles de Petróleo por día.**  
**Uss. 1.600 Millones Anuales para satisfacer demanda.**

## DEMANDA



Se requiere **REFORESTAR 285.000 HA.** para cubrir la demanda.



La Industria depende en un **85% de la Biomasa.**



Quedan solo **10% de Bosques Nativos.**

# PARAGUAY



## Nuevas Legislaciones en Materia Energética.



Decreto N° 6092/10-Octubre-2016  
"Por el cual se aprueba la Política Energética  
de la República del Paraguay".

### El Anexo:

Comprende de una "VISIÓN ESTRATÉGICA" con "Objetivos Superiores" y "Objetivos Específicos" por Sector: "ELÉCTRICO" con Subsectores "Entes Binacionales Hidroeléctricos e Integración Eléctrica"; "BIOENERGÍA Y OTRAS FUENTES ALTERNATIVAS" (a) Contribuir con la seguridad energética, el desarrollo y la diversificación de fuentes nacionales, b) Fomentar el uso de bioenergía y otras fuentes alternativas de manera sustentable y con criterios de eficiencia, competitividad y calidad, y c) Impulsar la generación de empleos y valor económico vinculados al subsector."); e "Hidrocarburos".

Por cada Subsector, cuenta con "Planes de Acción", "Líneas Estratégicas", "Instrumentos" y "Metas".

[https://www.youtube.com/watch?v=Tt\\_VdsRgsBI](https://www.youtube.com/watch?v=Tt_VdsRgsBI)

### LEY N° 5211/2014 "DE CALIDAD DEL AIRE"

Decreto N° 2794/16-Dic-2014, aprueba el PLAN NACIONAL DE DESARROLLO PARAGUAY 2030, "Pag. 67, Objetivo: Aumentar en 60% el consumo de energías renovables. (%anual de consumo total de energía a nivel nacional) y Reducir un 20% el consumo de combustible fósil (%anual de consumo total de energía a nivel nacional)



Presentación de  
Juan Manuel Cabral Monzón



# UPA

UNIVERSIDAD PARAGUAYO ALEMANA  
DE CIENCIAS APLICADAS

PARAGUAYO  
ALEMANA

# PARAGUAY

PARAGUAYO  
ALEMANA

## CENTRO DE INNOVACION EN TECNOLOGIAS ENERGETICAS - CITE

### PROYECTO GENERACION DE ENERGIA A PARTIR DE EFLUENTES PORCINOS GRANJA SAN BERNARDO

Alianza Publico Privada Generando Energía Renovables



- Granja San Bernardo (Alto Paraná)
- • 1,000m<sup>3</sup> de biogas por día
- • Generación de 3,500 kWhel / día



#### PROYECTOS EN EJECUCION:

Proyecto OBTENCIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE APARTIR DE EFLUENTES PORCINOS DE PLANTA DE PRODUCCIÓN DE CERDOS. PRIORIDAD 1

#### OBJETIVO

La promoción de un sistema para la reutilización de los residuos provenientes del proceso de producción de cerdos y su conversión en energía eléctrica a ser utilizada en la misma granja, mejorando la eficiencia del sistema, aprovechando el valor energético de residuos y minimizando su impacto ambiental. **Presupuesto Aprob: 577.089.828**

**Convenio:** 4500021080/2011 – ITAIPU-FPTI

**Unidad Ejecutora:** Asesoría de Energías Renovables –ER.GP

**Gestor del Proyecto:** Ing. Alberto Garcete



PARAGUAYO ALEMANA  
LICADAS



# Proyecto de Investigación PINV15-949, CONACYT

## RESULTADOS



**UNIÓN  
INDUSTRIAL  
PARAGUAYA**



# Potencial de producción energética a partir del biogás de residuos agroindustriales en Paraguay

PARAGUAYO  
ALEMANA

Juan Pablo Dos Santos M.<sup>1</sup>, Stijn Van der Krogt<sup>2</sup>, Hugo Vargas<sup>3</sup>

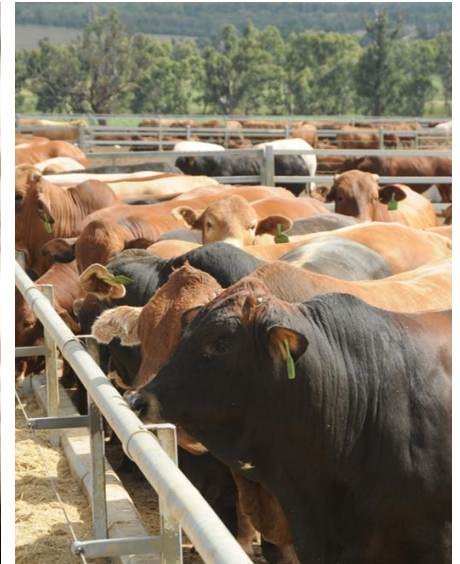
- Introducción
  - > En la matriz energética del Paraguay la composición de la producción primaria de energía es como sigue:
    - > 60,9% hidroenergía
    - > y 39,1% biomasa (leña, carbón vegetal y residuos vegetales).
  - > Analizando el consumo final, la biomasa ocupa el 43% de la energía consumida, 18% es electricidad y 39% hidrocarburos.
  - > En la estructura del consumo final de biomasa la leña ocupa 60% (FEPAMA, 2015).

# Potencial de producción energética a partir del biogás de residuos agroindustriales en Paraguay

PARAGUAYO  
ALEMANA

Juan Pablo Dos Santos M.<sup>1</sup>, Stijn Van der Krogt<sup>2</sup>, Hugo Vargas<sup>3</sup>

- La biomasa consumida proviene de bosques nativos (sin manejo racional), asociado a una creciente demanda, dando como resultado un balance negativo de 7,5 a 10 millones de ton/año de oferta de biomasa sólida (VMME, 2013).
- En la agroindustria podría encontrarse un paliativo a esta situación: a partir de sus residuos se puede producir biogás, el cual puede sustituir a la leña, al diésel y además generar electricidad.



## SECTORES ESTUDIADOS

- > Cárnico
- > Lácteo
- > Granjas de cerdo
- > Granjas avícolas
- > Empacadoras de carne de pollo
- > Ingenios productores de azúcar de caña.

# Sustratos disponibles desde cada sector

PARAGUAYO  
ALEMANA

Sector	Parámetro de medición	Unidades	Valor
Azucarero	Caña molida (promedio 2012-2016)	ton	6.174.205
Bovino de carne	Bovinos faenados (2017)	cabezas	2.066.100
Avícola	Aves faenadas (2017)	unidades	66.624.077
Porcino	Cerdos Faenados (2017)	cabezas	495.513
Lechero	Producción nacional de leche (2017)	m <sup>3</sup>	459.807

# Potencial de producción energética a partir de los sustratos seleccionados

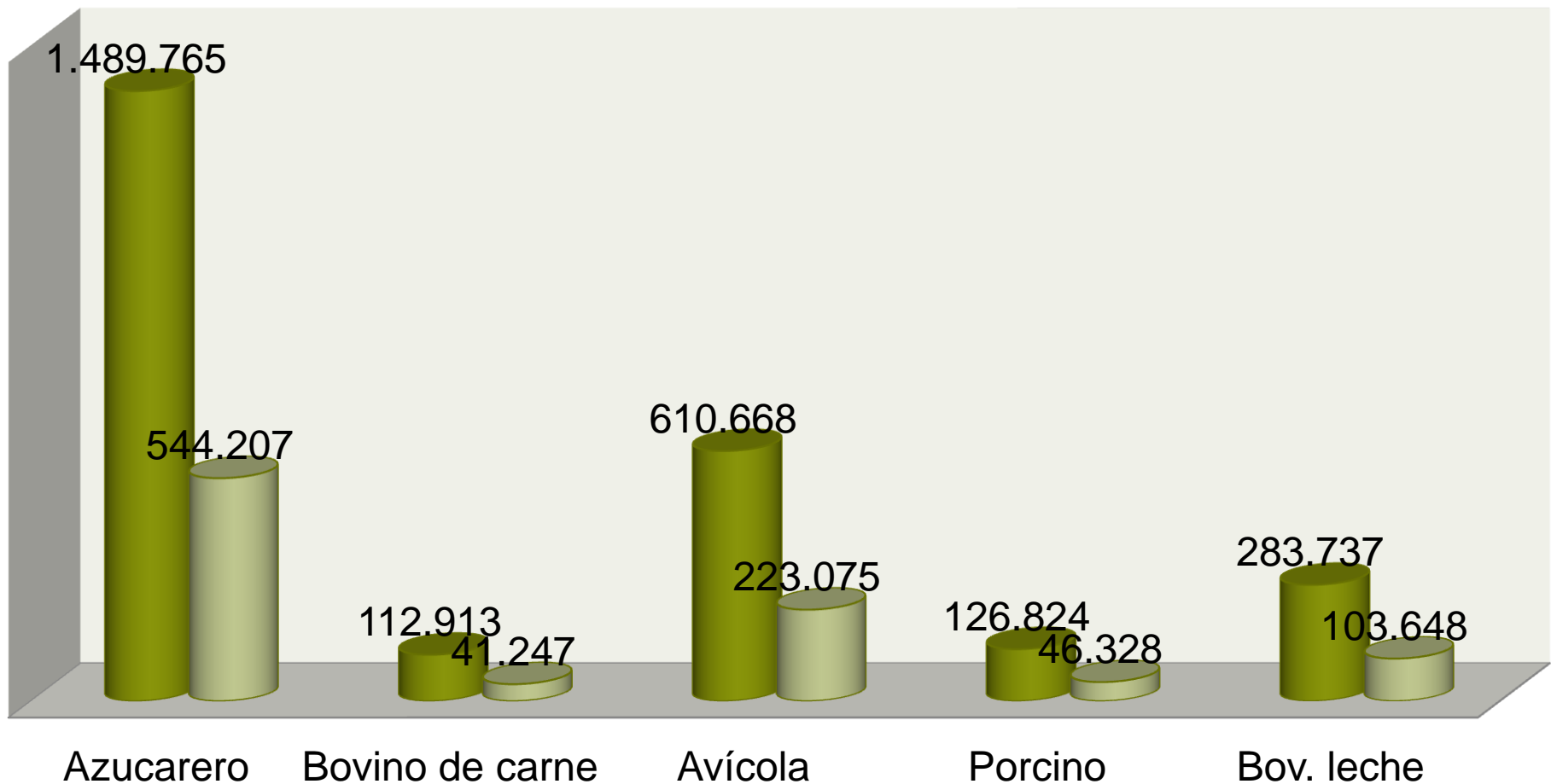
PARAGUAYO  
ALEMANA

Sector	Biogás m <sup>3</sup> /año	Potencia térmica (MWt)	Energía térmica MWht/año	Potencia eléctrica (MWe)	Energía eléctrica MWhe/año
Azucarero	124.147.113	170	1.489.765	68	544.207
Bovino de carne	18.818.755	13	112.913	5	41.247
Avícola	101.778.036	70	610.668	28	223.075
Porcino	21.137.371	14	126.824	6	46.328
Bov. leche	49.027.606	32	283.737	13	103.648
<b>TOTALES</b>	<b>314.908.881</b>	<b>300</b>	<b>2.623.908</b>	<b>120</b>	<b>958.505</b>

## Potencial de producción energética según sector

■ Energía térmica MWht/año

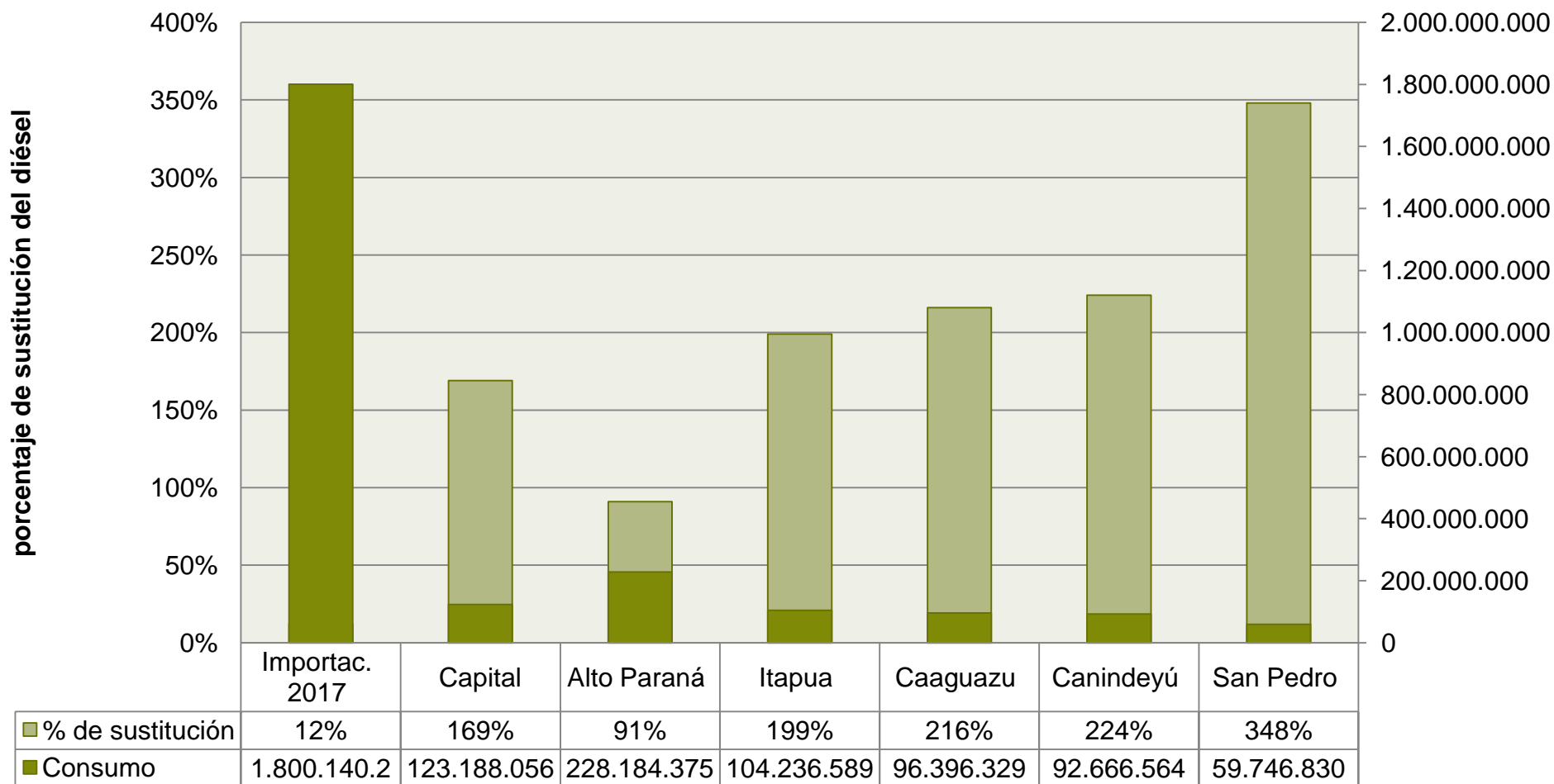
■ Energía eléctrica MWhe/año



# Capacidad de sustitución del diésel con biogás

PARAGUAYO  
ALEMANA

## Consumo y sustitución del diésel por biogás





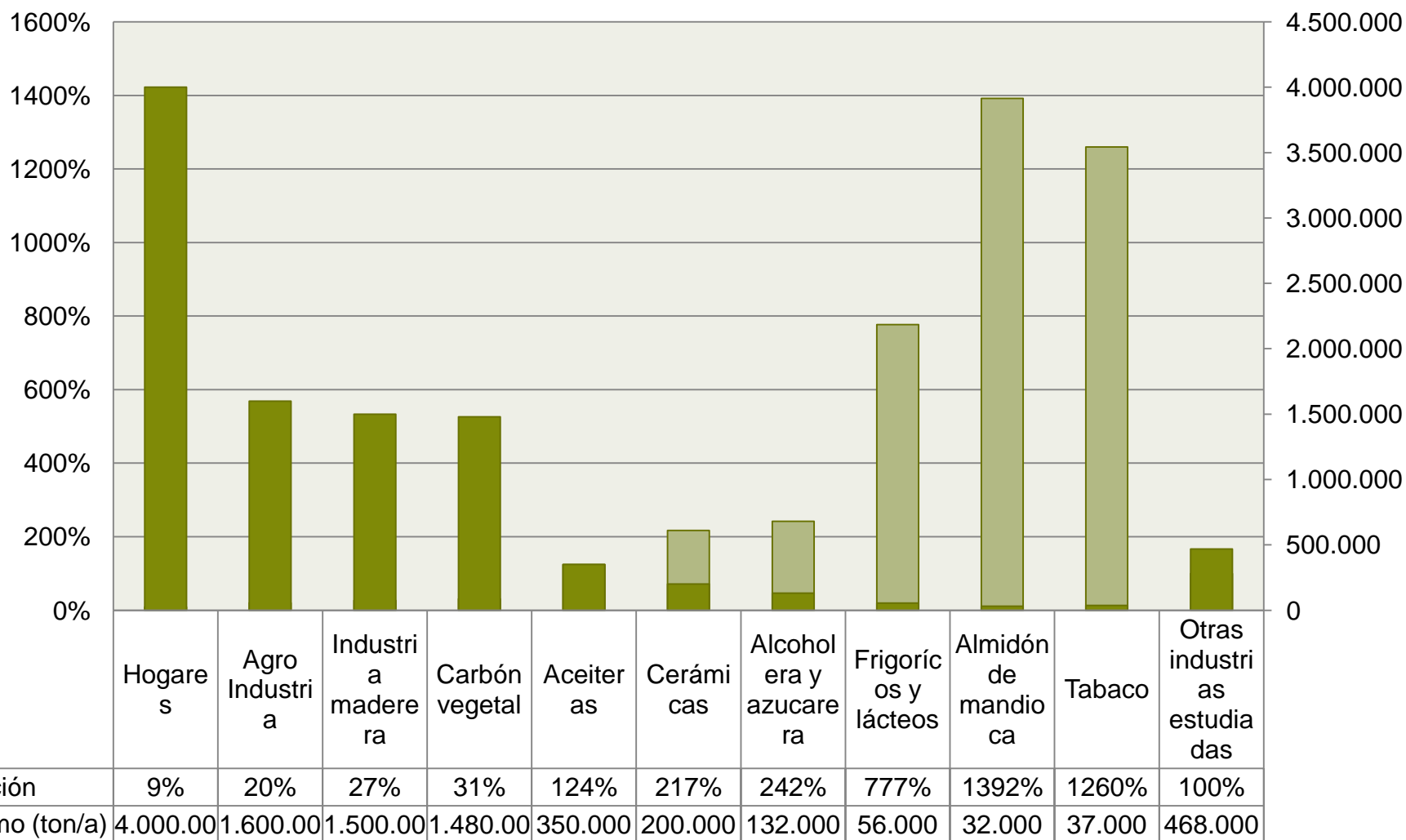
# Ahorro energético

PARAGUAYO  
ALEMANA

- El ahorro total para el país alcanza **M USD \$171**, teniendo en cuenta los precios actuales del diésel.
- Además, se podría satisfacer **336.672 viviendas de clase media con energía eléctrica durante un año**
  - > **(63,2% de la población de Asunción, capital del Paraguay).**

# Capacidad de sustitución de leña con biogás en Paraguay, por rubro

PARAGUAYO  
ALEMANA



# Ahorro por sustitución de leña

PARAGUAYO  
ALEMANA

- la energía térmica generada podría **reemplazar 466.163 toneladas de leña al año**,
  - > **4% del consumo total** anual de biomasa sólida en la **Región Oriental** del Paraguay y
  - > **6,2% del mínimo para cubrir el déficit anual.**
  - > en ***Frigoríficos y Lácteos*** se obtiene **7,7 veces más** de la energía demandada y **2,2 veces más para la industria *Cerámica*.**

# Conclusiones

- La sustitución del diésel con biogás, por medio de la utilización de **tractores y camiones de transporte movidos a biogás**:
  - > podría generar en Paraguay una revolución
    - > posición más favorable frente a las **fluctuaciones de los precios y amenazas climatológicas**
    - > mejorar la **competitividad** de varios rubros, entre ellos el maíz y el trigo.
- La sustitución de la leña con biogás se convierte casi en una **necesidad frente a la reforestación** que necesita el país a fin de cubrir su **demanda de energía térmica**.



**ESTUDIO ADICIONAL**

# Biodigestores como complemento de la cadena productiva de la soja en Paraguay, estudio de pre-factibilidad técnica y económica

PARAGUAYO  
ALEMANA

Juan Pablo Dos Santos Miranda<sup>(1)\*</sup>, Stijn Van der Krogt<sup>(2)</sup>, Ayrton Portillo<sup>(3)</sup>



Cultivo de soja afectado por las heladas



Cultivo de maíz afectado por las heladas



Planta de biogás alimentada con estiércol porcino



**Xº Encuentro RedBioLAC**

Foz de Iguazú, Brasil 2018

*Promoviendo desarrollo territorial sostenible e integración a través del biogás*



**UPA**

UNIVERSIDAD PARAGUAYO ALEMANA  
DE CIENCIAS APLICADAS



# INTRODUCCIÓN

PARAGUAYO  
ALEMANA

- El principal ingreso del productor agrícola dedicado a la soja es la venta del grano en bruto, sometido a las reglas del mercado internacional con precios volátiles y costos operativos altamente sensibles.
- influye mucho el precio del petróleo -relación directa con el diésel y fertilizantes minerales-.
- Con las consecuencias del cambio climático, el productor se ve en riesgo constante de perder cosechas,

# INTRODUCCIÓN

PARAGUAYO  
ALEMANA

- la demanda energética en Paraguay ha ido en aumento
  - > el Gobierno ha realizado estudios para la diversificación de la matriz energética, de lo cual resultó que, según la ANDE (2017), en el 2025 -si no se toman las medidas correspondientes- habrá un déficit en el sector energético.
- oportunidad para la generación de energía e ingresos económicos con la utilización de los residuos agropecuarios y los cultivos energéticos en complemento con Biodigestores Industriales.

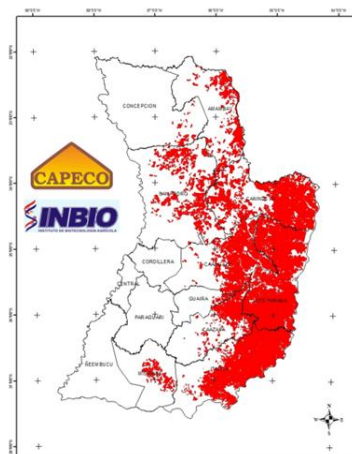
# METODOLOGÍA

PARAGUAYO  
ALEMANA

- El análisis de viabilidad se realizó tomando los siguientes pasos:
  - > benchmarking del modelo de producción Biodigestores de la región Sur del Brasil.
  - > estudio del mercado energético y agropecuario paraguayo.
  - > Determinación de los costos de inversión y operacionales para la planta de producción de Biogás según especificaciones de datos obtenidos del Proyecto Concordia/SC.
  - > Estimación de indicadores financieros



Mapa de Paraguay, límites



Zona de impacto del complejo soya, Región Oriental

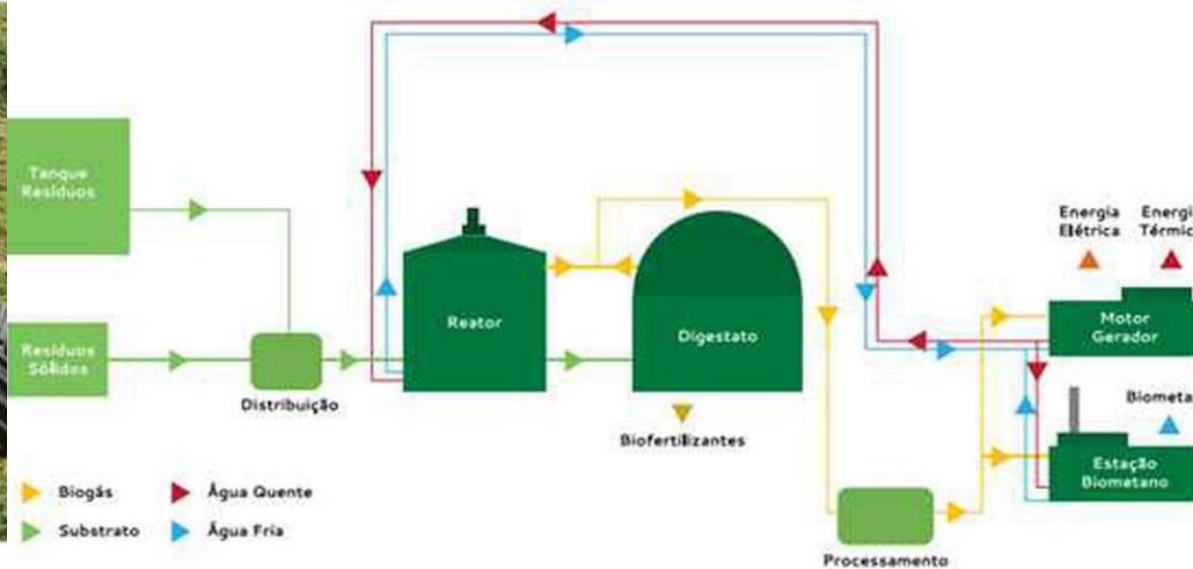


UPA

UNIVERSIDAD PARAGUAYO ALEMANA  
DE CIENCIAS APLICADAS



Tractor movido a Biometano



## Resultados

>En Paraguay aún no está reglamentada la venta de energía eléctrica a la Red o la comercialización de Biometano.

>“Ley 3009 de la producción y transporte independiente de energía eléctrica (PTIEE).”

>A fin de estimar resultados se hace el supuesto de venta de Biometano a precios del gas doméstico en el mercado paraguayo, ya que este producto es 100% importado en Paraguay y presentaría mayor ventaja económica que la venta de energía eléctrica.

# PRODUCCIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE DISTINTOS SUSTRATOS.

PARAGUAYO  
ALEMANA

- Distintos escenarios:
  - > El primer escenario propone la alimentación de un Biodigestor estrictamente con estiércol de cerdo,
  - > el segundo escenario combina el estiércol con ensilaje de maíz,
  - > y el tercero realiza la combinación del mismo estiércol con granos de trigo.
  - > En el último sub-capítulo se expone el ahorro en fertilización de soja, trigo y maíz, que se lograría con la utilización del biol.

# ESCENARIO 2: ESTIÉRCOL DE CERDO + ENSILAJE DE MAÍZ

PARAGUAYO  
ALEMANA

## Datos utilizados en el cálculo

- 32 hectáreas de Ensilaje de Maíz con estiércol producido a partir de 5.000 cerdos de engorde.
  - > El rendimiento promedio de la masa verde del maíz se estimó en 45 toneladas por hectárea.
  - > El cálculo del precio de venta del fertilizante arrojó un precio de venta considerado en US\$ 4,2 por tonelada en base húmeda.



# Resultados económicos

PARAGUAYO  
ALEMANA

## Costos fijos y variables

<b>Concepto</b>	<b>US\$</b>
Costos civiles y equipo electromecánico	4.393.584
Tecnología de purificación biogás	
Estación de carga para vehículos	
Tractor movido a Biometano	
Costos variables anuales	398.944

# Resultados económicos

PARAGUAYO  
ALEMANA

## Rentabilidad

Ganancia neta anual (US\$)	1.202.408
TIR	31,7%
VPN (US\$)	13.717.654
Payback	6,6 años

# Costo de oportunidad de la venta de grano de maíz versus producción de biogás

PARAGUAYO  
ALEMANA

## Datos para el cálculo

- Rendimiento del grano 4.500 kg por ha
- con un costo de producción de US\$552 ha<sup>-1</sup>;
- precio del maíz en Mercado de Chicago pronosticado para marzo de 2019 (US\$ 146,16 por tonelada).

# Costo de oportunidad

PARAGUAYO  
ALEMANA

Comparación de la rentabilidad de venta de grano de maíz versus producción de biogás con ensilaje de maíz.

Venta del grano (a)		Digestión en Planta de Biogás (b)	
Ingreso total	US\$ 20.936	Ganancia neta anual	US\$1.060.080
Ganancia o pérdida	US\$ 3.365	Ganancia o pérdida por ha	US\$ 33.303
Ganancia o pérdida por ha	US\$ 106	<b>Diferencia (a versus b)</b>	<b>US\$ 33.197</b>

# Ahorro de diésel por hectárea y rubro

PARAGUAYO  
ALEMANA

	<b>Soja</b>	<b>Maíz</b>	<b>Trigo</b>
Costo total/ha (US\$)	461	427	418
Costo de mecanizac./ha (US\$)	103	177	167
Horas/tractor/ha	2,5	5,75	5,8
<b>Hectáreas/año/rubro</b>	<b>4.782</b>	<b>2.079</b>	<b>2.061</b>
<b>Ahorro/año/rubro (US\$)</b>	<b>492.570</b>	<b>368.024</b>	<b>344.239</b>

# Análisis del escenario

PARAGUAYO  
ALEMANA

- US\$ 33.197 (costo de oportunidad) por hectárea a favor de la cogeneración del maíz en una Planta de Biogás.
- En caso de alquilar la tierra no habría ganancia para el productor en este rubro.
- situación delicada de la producción de maíz: el productor del complejo soja obtiene la mayoría de sus ganancias a través de la soja precisamente, quedando el maíz como cultivo complementario que no ofrece mucha renta.
- La renta de este modelo se materializa al subsidiar al cultivo de la soja con la producción de biometano y fertilizante.
- Según este escenario, el biometano producido alcanzaría para subsidiar la labor de mecanización de 4.782 hectáreas de soja,
  - > solamente destinando el 0,67% de esa superficie (32 ha de maíz) para la generación de energía y fertilizante.



# Ahorro en fertilización

PARAGUAYO  
ALEMANA

Sustrato	Contenido de nutrientes (masa fresca)			Valor del fertilizante (US\$/ton MF)	Cantidad anual sustrato (ton MF)	Valor total US\$
	N kg/t	P2O5 kg/t	K2O kg/t			
Estiércol de cerdo	4,9	3,2	3,1	0,47	15.000	US\$ 70.582,60
Ensilaje de Maíz	0,28	0,18	0,43	0,37	14.324	US\$ 52.763,22
<b>TOTAL</b>						<b>US\$ 123.346</b>

# CONCLUSIONES

PARAGUAYO  
ALEMANA

- Propósito de demostrar la capacidad energética contenida en el ensilaje de maíz y los granos de trigo (en combinación con materia orgánica húmeda) que hoy son directamente comercializados en bruto o se encuentran almacenados en silos de granos.
- La agricultura hoy necesita ser más eficiente y rentable, debe serlo debido a la fluctuación de los precios y los costos competitivos, además no se puede confiar por siempre al Estado la labor de subsidiar los riesgos de la labor productiva.
- En este estudio se utilizaron los ejemplos del trigo y el maíz precisamente por ser dos rubros ampliamente cultivados en Paraguay, que sin embargo presentan históricamente rendimientos bajos y renta poco satisfactoria -sino pérdida-.
- Silos de granos esparcidos a lo largo del país consumen gran cantidad de energía, lo cual se traduce en costos que deben ser cubiertos: con el uso de los granos y un biodigestor podrían reemplazar el uso de la leña, electricidad y otros carburantes con el biogás para generar ahorros.

# CONCLUSIONES

PARAGUAYO  
ALEMANA

- Este estudio consideró escenarios de gran escala y por lo tanto de alta inversión de capital, por lo cual la mejor opción para posibilitar la implementación de proyectos de este tipo sería la asociación entre productores agropecuarios, cooperativas o inversionistas privados (Joint Ventures).

# CALCULADORA DE BIOGÁS

PARAGUAYO  
ALEMANA

<https://biogas.upa.edu.py/>

- Esta calculadora nació con la intención de facilitar el cálculo para la inversión en biogás a partir de sustratos del sector agropecuario.
- Tiene el propósito de servir como apoyo para la agricultura, determinando el ahorro que se logra a través de:
- la sustitución del diesel con el biogás (el diesel forma parte importante de los costos en las labores de mecanización agrícolas, transporte de granos, etc.)
- la sustitución de los fertilizantes minerales con el digestato (fertilizante natural que queda luego de la digestión anaeróbica)
- emisiones evitadas de CO<sub>2</sub>

PARAGUAYO  
ALEMANA

**¡GRACIAS POR LA ATENCIÓN!**  
**juan.dossantos@upa.edu.py**

