



Etanol

00000

\$

00000

Valor litro

00000



# Primer Seminario de Energías Renovables



## Producción de Bioetanol y aprovechamiento de la biomasa de caña de azúcar. Caso Tucumán.

✚ Dr. Carlos Gusils      Email:  
[cgusils@eeaoc.org.ar](mailto:cgusils@eeaoc.org.ar)

14 y 15 de Septiembre de 2017

# Producción de **Bioetanol** y aprovechamiento de la biomasa de caña de azúcar. Caso Tucumán.

## **Objetivos**

### **Bioetanol**

Es un biocombustible de origen vegetal que se produce a partir de la fermentación de materia orgánica rica en azúcar (caña, remolacha o vino), así como de la transformación en azúcar del almidón presente en los cereales.

# Producción de Bioetanol y aprovechamiento de la **biomasa** de caña de azúcar. Caso Tucumán.

## **Objetivos**

## **Biomasa**

Es aquella materia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los efluentes orgánicos, susceptible de ser aprovechada energéticamente

# Producción de Bioetanol y aprovechamiento de la biomasa de **caña de azúcar**. Caso Tucumán.

## **Objetivos**

### **Caña de azúcar**

*Saccharum officinarum*, habitualmente conocida como caña de azúcar o simplemente caña, es una especie de planta perteneciente a la familia de las poáceas.

¿PARA QUÉ NECESITAMOS FOMENTAR LA  
PRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO?



9

## ***Leyes y decretos reglamentarios sancionados para el sector de Biocombustibles.***

**Ley N° 26.093/2006** Biocombustibles. Régimen de regulación y promoción para la producción y uso sustentable de Biocombustibles, estableciendo un régimen especial para incentivar su producción y uso en el país. Se promocionan por la norma el biodiesel, el bioetanol y el biogás. Se define la obligatoriedad de la participación del biodiesel y el bioetanol en los combustibles diesel y naftas comercializadas en un porcentaje del 5% a partir de 2010.

**Ley N° 26334/2008** Régimen de promoción de la producción de bioetanol.

- **Resolución 1283/2006** establece las especificaciones que deberán cumplir los combustibles que se comercialicen para consumo en el territorio nacional.
- **Resolución 109/2007** establece las condiciones para desarrollar en mercado interno.
- **Resolución 1293/2008** establece el mecanismo de selección, aprobación y orden de prioridad para los proyectos de producción de bioetanol, mediante el cual se otorgaran los beneficios promocionales acordes al Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentables de Biocombustibles de la Ley N° 26.093.
- **Resolución 1295/2008** Especificaciones de calidad que deberá cumplir el bioetanol.
- **Resolución 1296/2008** Condiciones mínimas en plantas de elaboración, almacenamiento y mezcla de biocombustibles.

# ¿PARA QUÉ NECESITAMOS FOMENTAR LA PRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO?



Edición Impresa Jueves 16 de Febrero de 2017

## Analizan agregar más etanol a las naftas

por EL CRONISTA



Argentina podría duplicar en tres años la cantidad de etanol que usa en sus combustibles, que actualmente es del 12% de la mezcla y, de concretarse el incremento, la potencia agrícola pasaría a consumir alrededor de dos millones de metros cúbicos anuales de etanol, elaborado en base a maíz o caña de azúcar. Según un cable de la agencia Reuters, el secretario de Agregado de Valor del Ministerio de Agroindustria, Néstor Roulet, explicó que esta suba le permitiría al país reducir su déficit energético. "La política de Estado de aumentar la participación de etanol en nafta está. Si se trabaja bien, al doble del uso de etanol se puede llegar a hablar en un plazo de dos o tres años", sostuvo el funcionario quien además agregó que el país no tendría dificultades en incrementar el volumen de maíz usado para elaborar etanol, que actualmente ronda los 1,2 millones de toneladas, gracias a la fuerte capacidad del

Recientemente, los gobiernos de Tucumán y Córdoba exigieron a la Nación que concrete el aumento de tres puntos para la industria del bioetanol, que llevaría el corte en las naftas al 15%.

**TABLE 1: TEN COUNTRIES FOR ETHANOL AND BIODIESEL MANDATORY MIX**

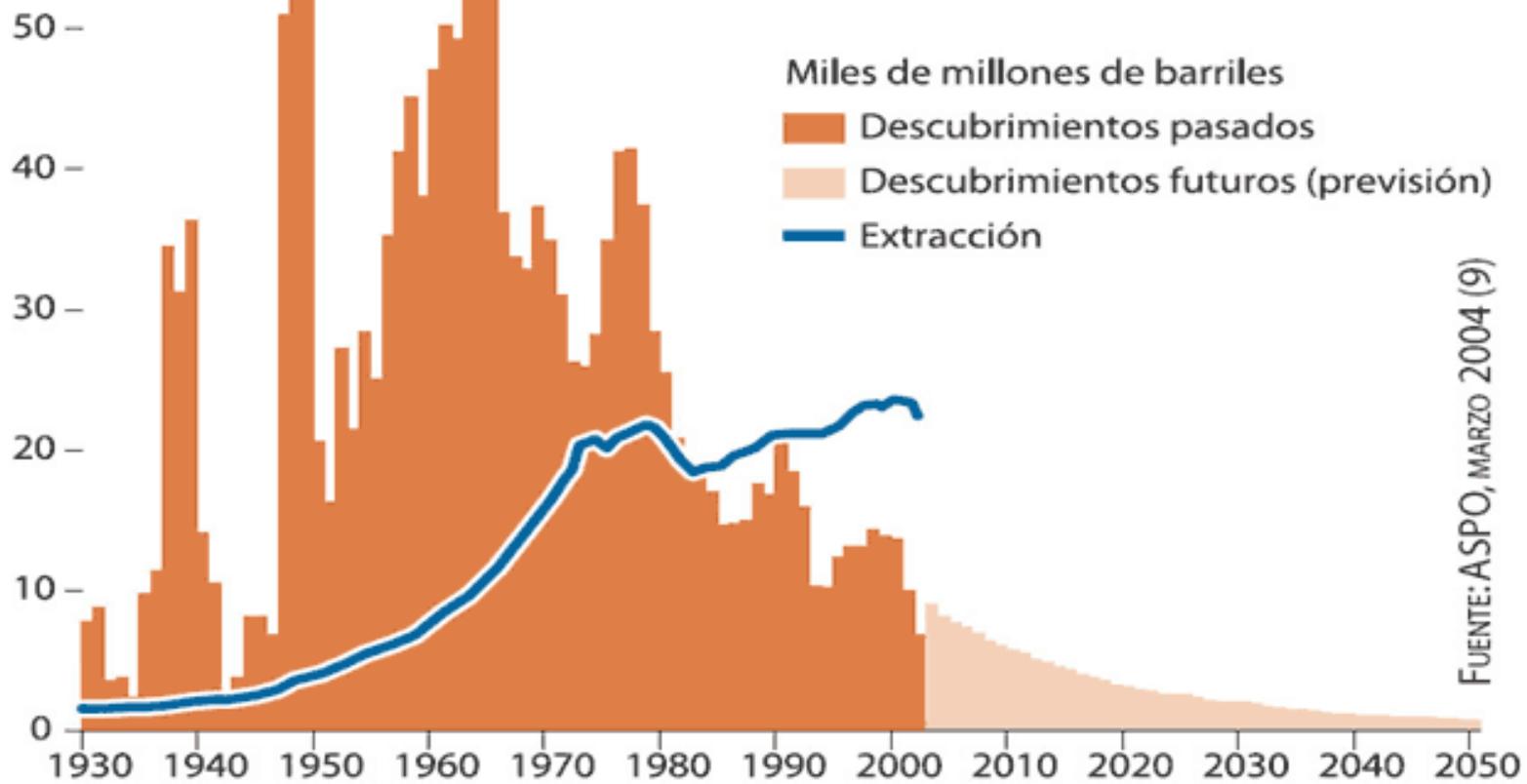
Country	Ethanol blend percentage	Biodiesel blend percentage
Paraguay	25%	1%
Brazil	27.5%	7%
United states	National: The Renewable Fuels Standard 2 (RFS2) requires 136 billion litres of renewable fuel to be blended yearly with transport fuel by 2022.	
Philippines	10%	5%
Costa Rica	7%	20%
Argentina	10%	10%
India	5%	-
Jamaica	10%	-
Canada	National: 5%	National:2%
China	10% (in nine provinces)	-
EU	10% (food crop biofuels limited to 7%)	

¿PARA QUÉ NECESITAMOS FOMENTAR LA  
PRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO?



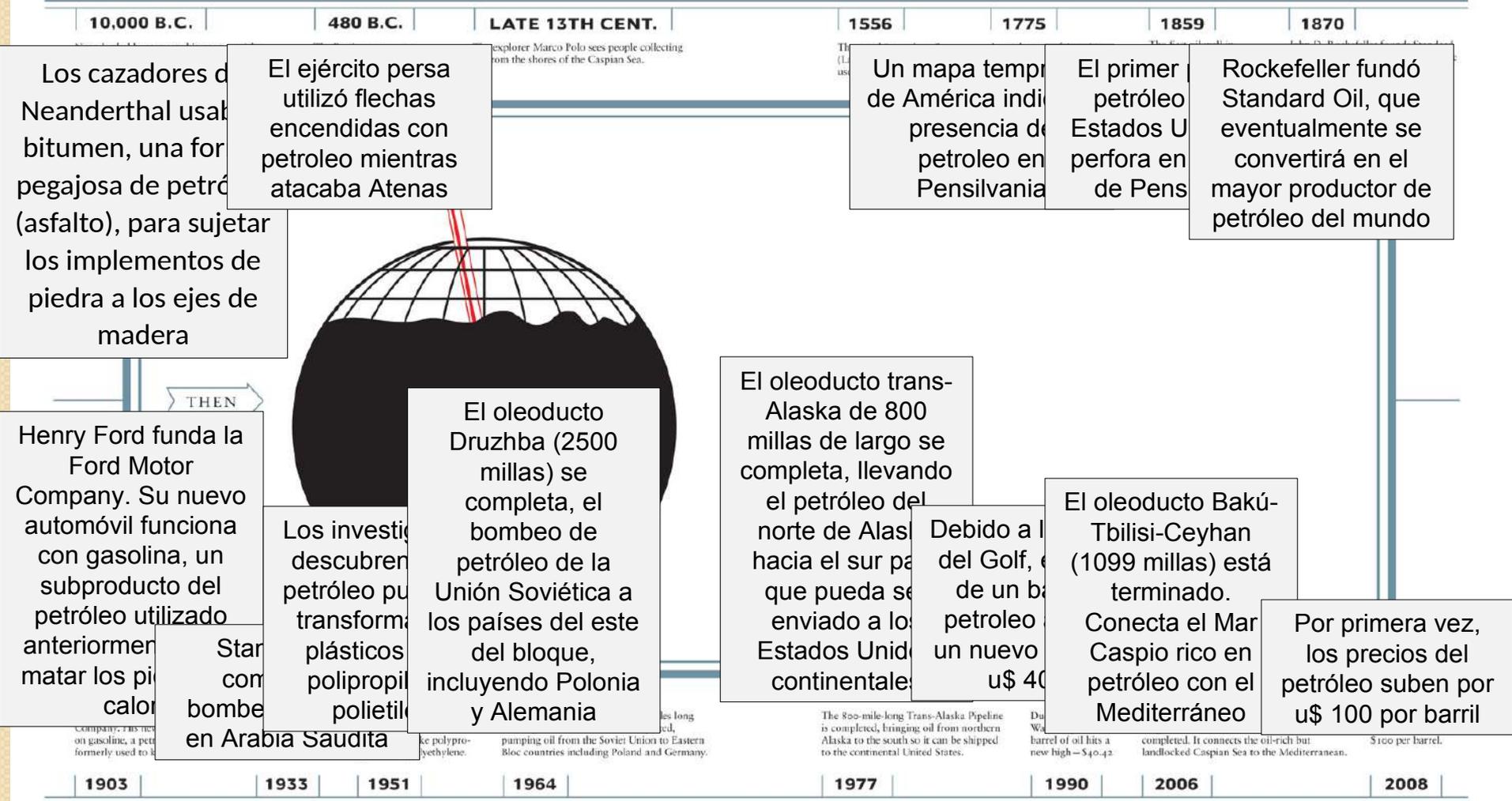
¿PARA QUÉ NECESITAMOS FOMENTAR LA  
PRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO?



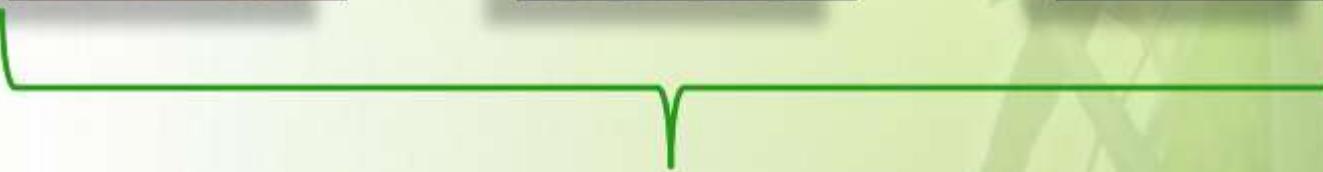


FUENTE: ASPO, MARZO 2004 (9)

# Oil: A History



# ENERGIA NO RENOVABLES



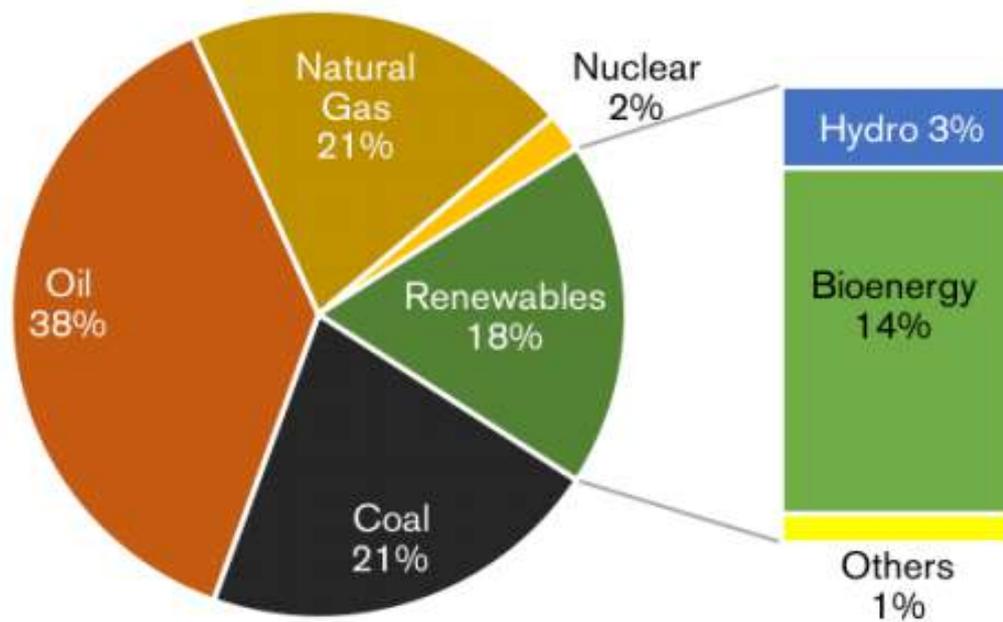
**Energías**



**Renovables**

# ENERGIA RENOVABLES

**FIGURE 2: GLOBAL FINAL ENERGY CONSUMPTION IN 2013 (WBA GLOBAL BIOENERGY STATISTICS 2016)**



Source: Based on data from World Bioenergy Association (2016)

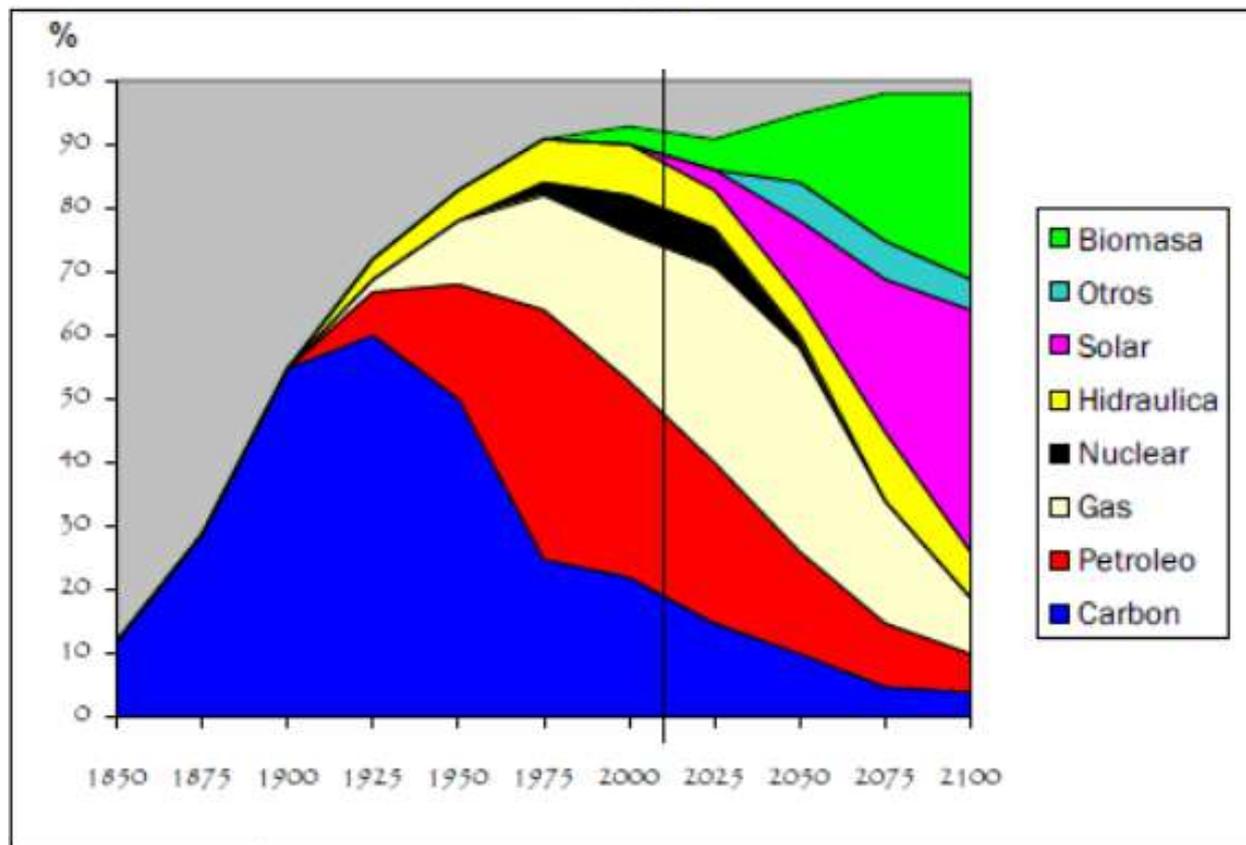
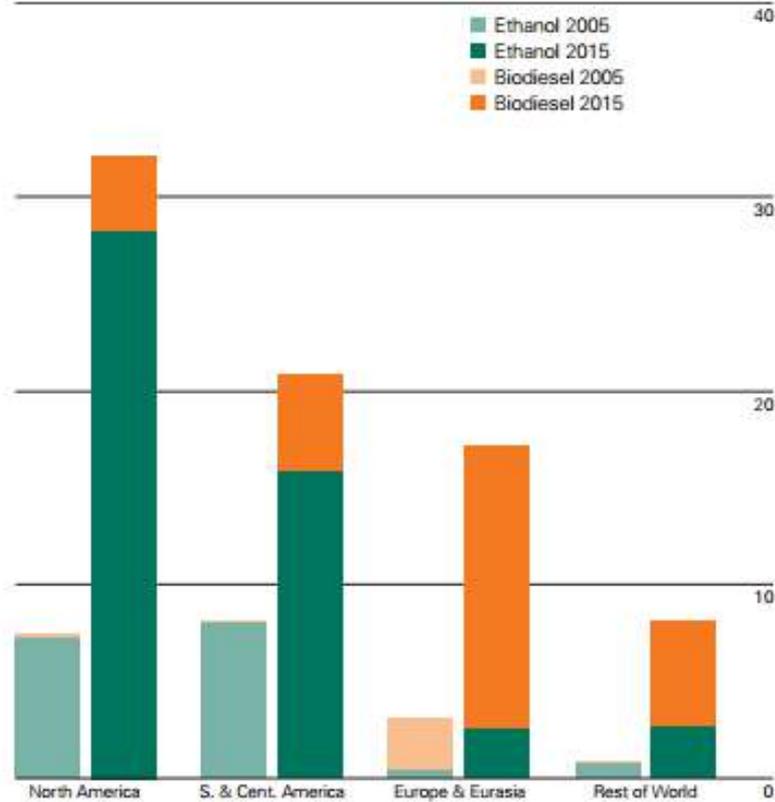
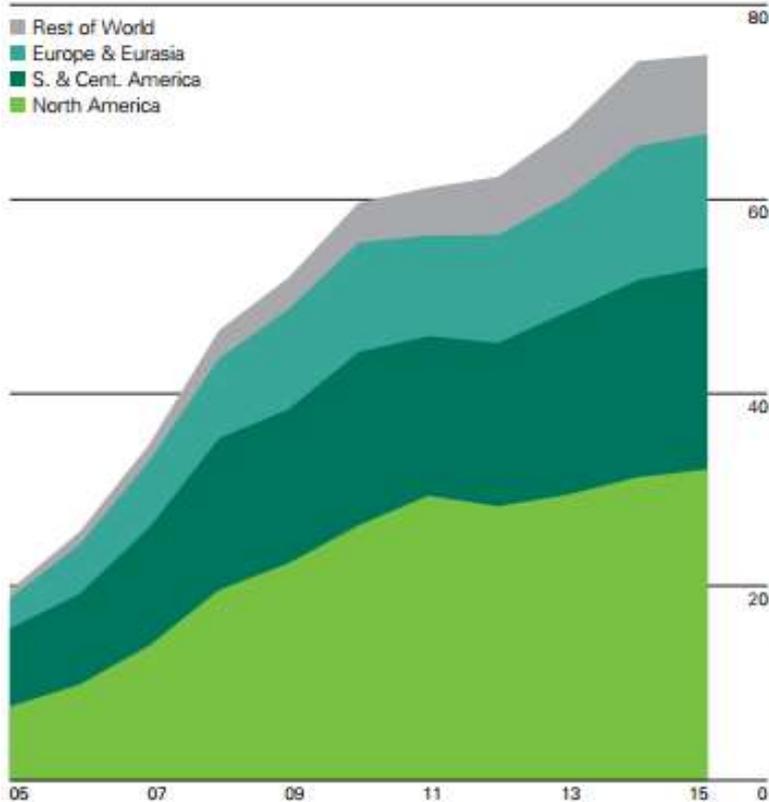


Gráfico 1.1. Proyección de la utilización de energías utilizadas hasta el año 2100 [1]

## World biofuels production

(Million tonnes oil equivalent)

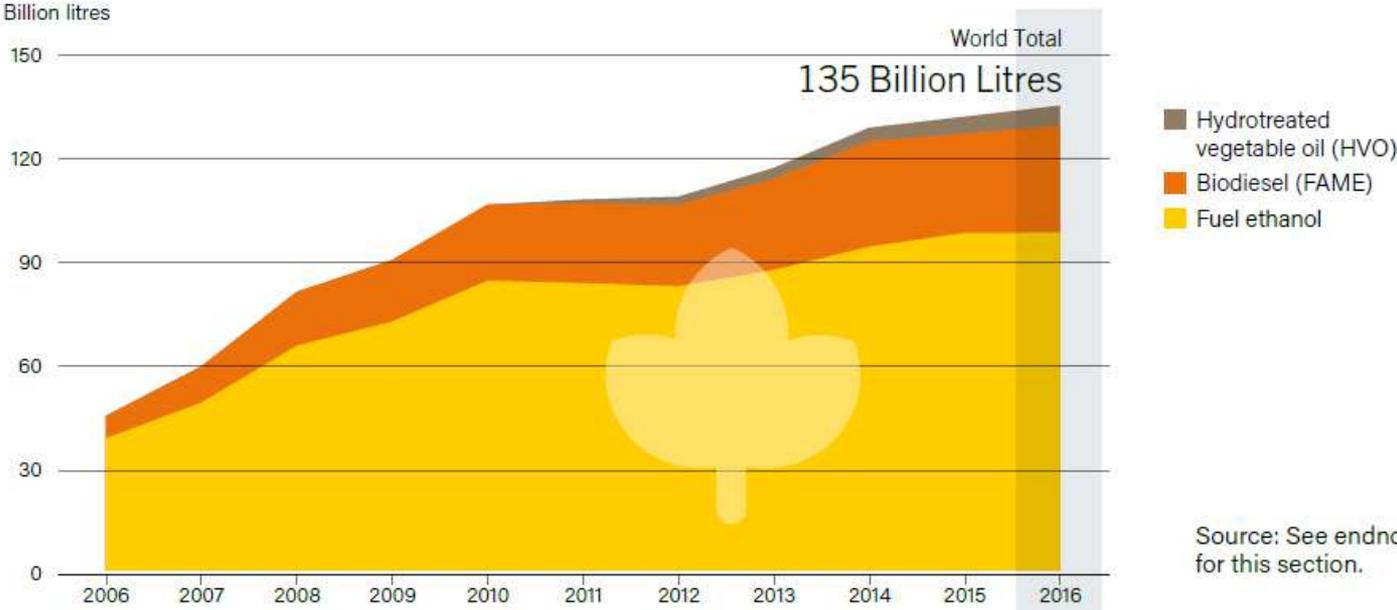


BP Statistical Review  
of World Energy  
June 2016

[bp.com/statisticalreview](http://bp.com/statisticalreview)  
#BPstats

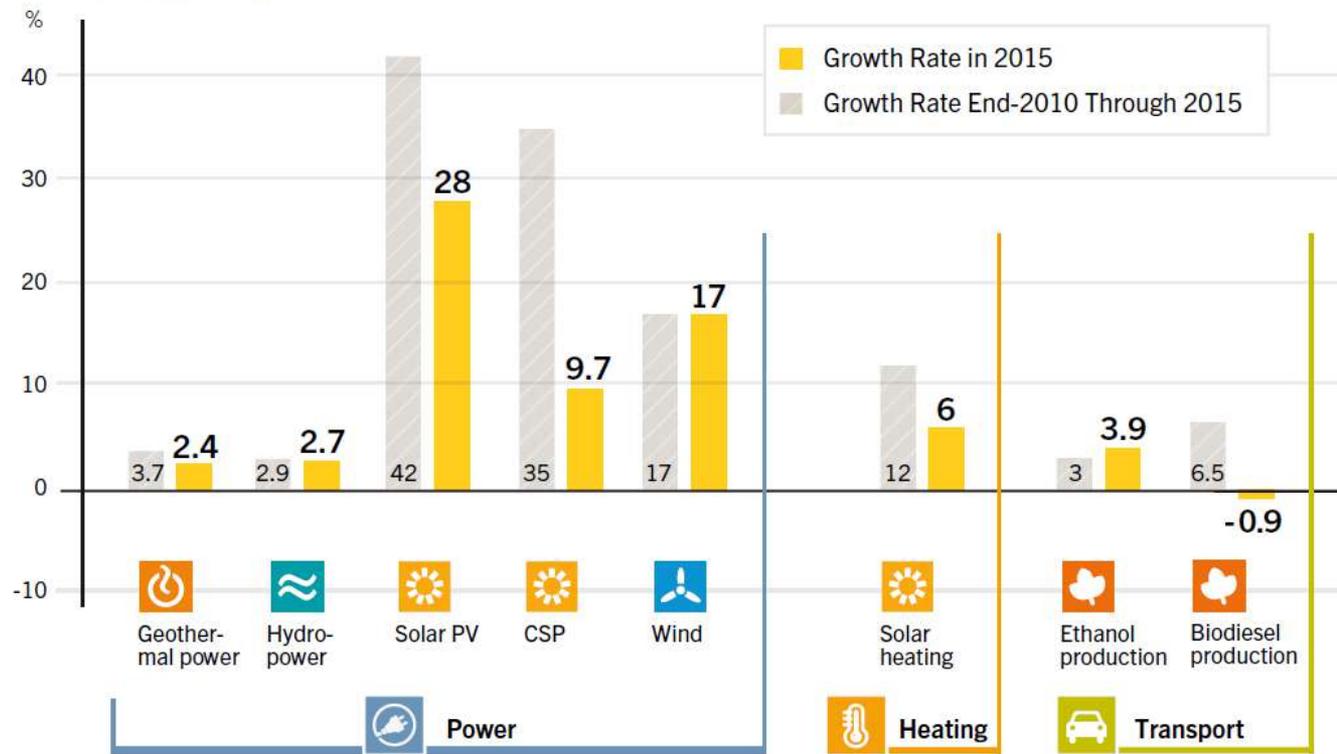


**Figure 9.** Global Trends in Ethanol, Biodiesel and HVO Production, 2006-2016



Source: See endnote 50 for this section.

**Figure 2.** Average Annual Growth Rates of Renewable Energy Capacity and Biofuels Production, End-2010 to End-2015



Source:  
See endnote 40  
for this chapter.

# El uso de biocombustibles está en crecimiento

Hay una gran capacidad instalada tanto en el caso de biodiésel como en el de bioetanol

DOMINGO 24 DE ENERO DE 2016



## Producción y Ventas de Bioetanol



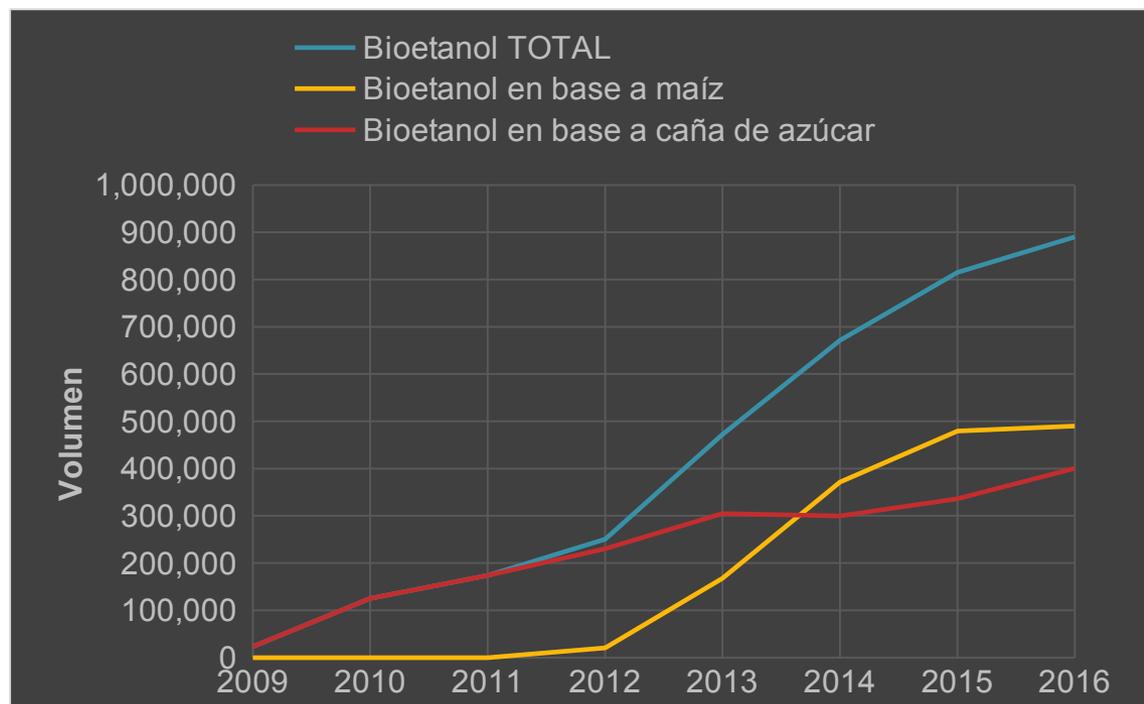
Ministerio de Energía y Minería

Fuente: Ministerio de Energía y Minería

En metros cúbicos

Datos anuales y mensuales

PERÍODO	BIOETANOL TOTAL		BE DE MAÍZ		BE DE CAÑA DE AZÚCAR	
	PRODUCCIÓN	VENTAS TOTALES	PRODUCCIÓN	VENTAS TOTALES	PRODUCCIÓN	VENTAS TOTALES
2009	23.297	2.664	0	0	23.297	2.664
2010	124.930	117.806	0	0	124.930	117.806
2011	173.623	165.392	0	0	173.623	165.392
2012	250.489	237.843	20.500	17.395	229.989	220.448
2013	472.380	474.752	167.594	169.143	304.786	305.609
2014	671.121	663.102	371.257	364.900	299.864	298.202
2015	815.408	803.639	479.265	475.570	336.144	328.069
2016 (*)	889.945	910.891	489.837	490.525	400.109	420.366
2017 (*)(**)	504.956	522.352	262.320	263.795	242.636	258.557



**BIOETANOL: RESUMEN POR PROVINCIA**

 Ministerio  
de Energía  
y Minería

Fuente: Ministerio de Energía y Minería en base a DDJJ de las empresas

En metros cúbicos

Datos mensuales

PERÍODO	CORDOBA		JUJUY		SALTA	
	VENTAS TOTALES	PRODUCCIÓN	VENTAS TOTALES	PRODUCCIÓN	VENTAS TOTALES	PRODUCCIÓN
ene-16	32.604	32.751	6.413	5.764	5.442	1.420
feb-16	28.169	29.313	6.284	5.366	5.336	6.327
mar-16	30.269	33.328	6.180	4.949	5.992	3.679
abr-16	27.359	27.447	5.543	6.762	5.171	785
may-16	23.452	27.740	6.562	4.405	5.694	4.505
jun-16	24.461	21.777	6.893	6.488	5.886	4.387
jul-16 (*)	26.823	25.643	8.359	7.314	7.076	1.581
ago-16 (*)	30.023	32.662	10.392	12.854	2.924	1.702
sep-16 (*)	28.719	30.669	9.816	11.153	8.003	9.468
oct-16 (*)	30.256	22.946	10.117	11.676	8.254	10.282
nov-16 (*)	30.192	29.077	10.437	10.634	8.764	7.787
dic-16 (*)	33.404	31.411	9.978	9.348	8.899	5.609
ene-17 (*)	31.667	33.086	11.227	8.761	9.316	8.701
feb-17 (*)	30.005	31.761	8.853	9.256	9.250	9.359
mar-17 (*)	30.469	31.204	10.068	9.173	9.604	10.316
abr-17 (*)	30.751	31.817	11.307	11.045	8.258	4.703
may-17 (*)	30.660	27.176	12.705	10.529	6.390	9.777
jun-17 (*)	30.799	28.560	11.659	12.113	7.973	13.075

SAN LUIS		SANTA FE		TUCUMAN	
VENTAS TOTALES	PRODUCCIÓN	VENTAS TOTALES	PRODUCCIÓN	VENTAS TOTALES	PRODUCCIÓN
6.819	6.944	4.976	5.330	17.887	14.411
6.892	6.925	4.728	4.656	16.537	12.464
6.881	6.987	5.453	5.623	15.802	10.484
7.191	7.474	4.529	5.289	16.686	12.911
6.708	6.795	3.640	4.083	18.719	15.131
6.502	6.593	3.813	3.354	19.889	18.097
6.948	7.473	4.343	4.570	20.112	25.077
7.411	7.136	5.278	5.549	23.622	27.767
7.516	7.584	4.876	4.954	23.506	28.333
7.708	7.538	5.310	5.099	23.218	27.406
7.555	7.111	5.350	4.789	23.688	27.630
8.133	8.291	6.234	4.927	26.285	26.150
8.072	7.818	5.693	5.585	24.638	20.305
7.637	7.751	5.259	4.977	23.865	16.991
7.716	7.452	5.294	5.445	24.324	19.207
7.825	7.965	5.401	5.436	22.894	19.607
7.806	7.672	5.447	5.375	21.797	23.746
7.847	7.893	5.446	5.347	24.430	25.971



### CATEGORIAS DE EMPRESAS

CAÑA	MAIZ
Alconoa S.R.L.	Aca Bio Cooperativa Ltda.
Bioenergía La Corona S.A.	Bioetanol Rio Cuarto S.A.
Bioenergía Santa Rosa S.A.	Diaser S.A.
Bio Ledesma S.A.	Promaiz S.A.
Bio San Isidro S.A.	Vicentin S.A.I.C.
Biotrinidad S.A.	
Compañía Bioenergética La Florida S.A.	
Energías Ecológicas del Tucumán	
Río Grande Energía S.A.	

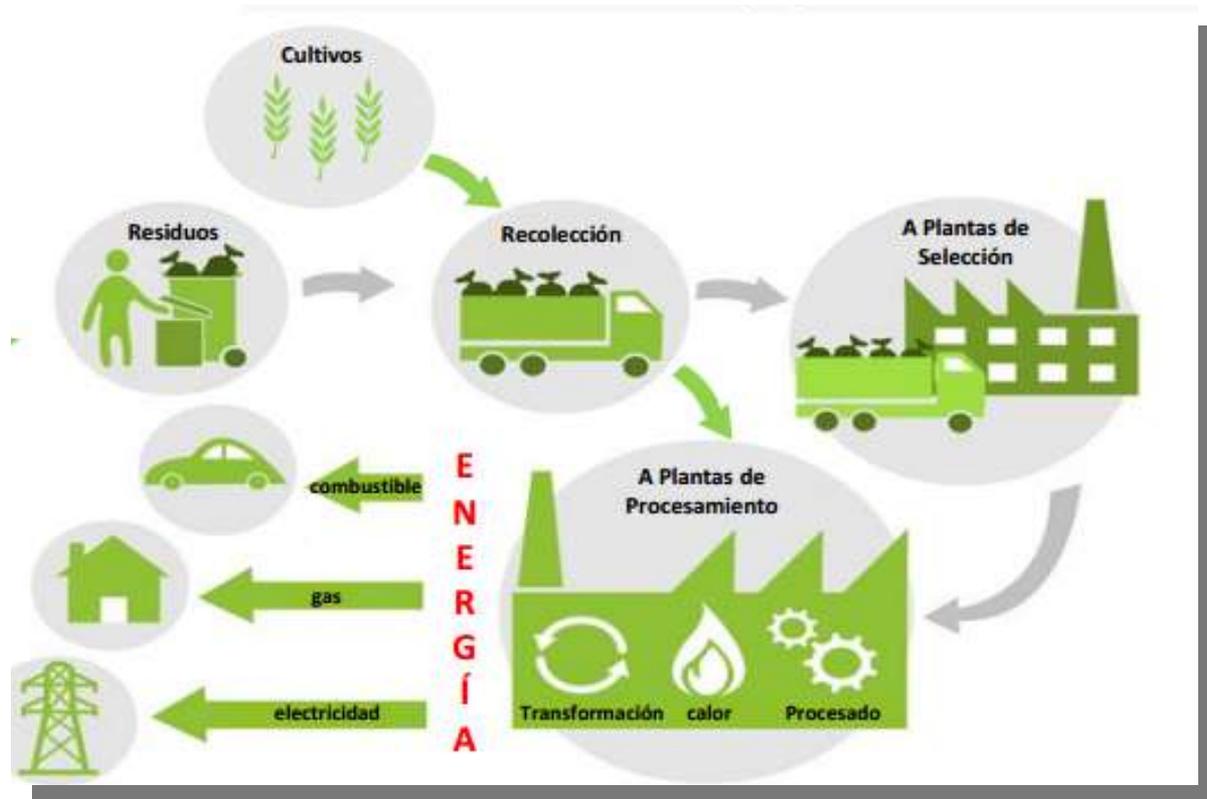
**BIOETANOL: Detalle de Cupos, producción y ventas al mercado interno por empresa****Fuente: Ministerio de Energía y Minería en base a DDJJ de las empresas**

En metros cúbicos

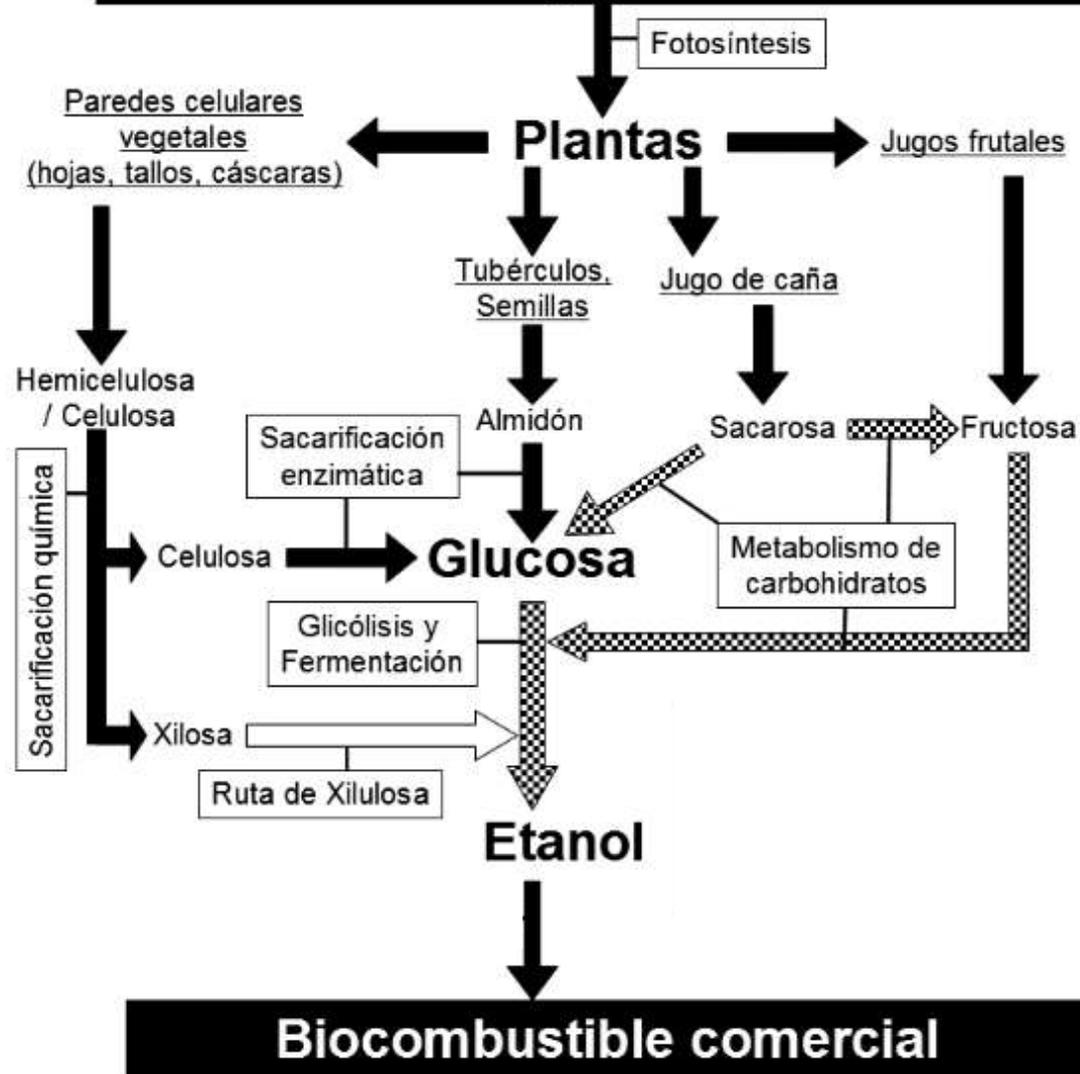
Datos mensuales

PERÍODO	EMPRESA	LOCALIDAD	PROVINCIA	INSUMO	CUPO TOTAL ASIGNADO	PRODUCCIÓN
jun-17 (*)	ACA BIO COOPERATIVA LTDA.	VILLA MARÍA	CÓRDOBA	MAÍZ	11.997	7.900
jun-17 (*)	ALCONDOA S.R.L.	EL TABACAL	SALTA	CAÑA DE AZÚCAR	6.128	13.075
jun-17 (*)	BIO SAN ISIDRO S.A.	CAMPO SANTO	SALTA	CAÑA DE AZÚCAR	0	0
jun-17 (*)	BIOENERGÍA LA CORONA S.A.	CONCEPCIÓN	TUCUMÁN	CAÑA DE AZÚCAR	3.006	2.698
jun-17 (*)	BIOENERGÍA SANTA ROSA S.A.	LEÓN ROUGES	TUCUMÁN	CAÑA DE AZÚCAR	3.327	3.656
jun-17 (*)	BIOETANOL RÍO CUARTO S.A.	RÍO CUARTO	CÓRDOBA	MAÍZ	5.929	7.687
jun-17 (*)	BIOLEDESMA S.A.	LEDESMA	JUJUY	CAÑA DE AZÚCAR	8.050	9.923
jun-17 (*)	BIOTRINIDAD S.A.	VILLA LA TRINIDAD	TUCUMÁN	CAÑA DE AZÚCAR	2.823	3.106
jun-17 (*)	MPAÑÍA BIONERGÉTICA LA FLORIDA S.A.	LA FLORIDA	TUCUMÁN	CAÑA DE AZÚCAR	13.097	14.119
jun-17 (*)	DIASER S.A.	SAN LUIS	SAN LUIS	MAÍZ	7.832	7.893
jun-17 (*)	ERGÍAS ECOLOGICAS DEL TUCUMÁN S.A.	AGUILARES	TUCUMÁN	CAÑA DE AZÚCAR	2.500	1.338
jun-17 (*)	FRONTERITA ENERGIA S.A.	FAMAILLÁ	TUCUMÁN	CAÑA DE AZÚCAR	3.189	1.054
jun-17 (*)	PROMAÍZ S.A.	ALEJANDRO ROCA	CÓRDOBA	MAÍZ	12.718	12.973
jun-17 (*)	RÍO GRANDE ENERGÍA S.A.	LA MENDIETA	JUJUY	CAÑA DE AZÚCAR	1.798	2.190
jun-17 (*)	VICENTÍN S.A.I.C.	AVELLANEDA	SANTA FE	MAÍZ	5.443	5.347

- **Energía renovable.** Es aquella donde su fuente proviene de fenómenos de la naturaleza, proceso o materiales que son transformados en energía, aprovechados por el hombre y se regeneran naturalmente encontrándose de manera continua o periódica.



# Energía solar



# CICLO DEL CO<sub>2</sub>



# Objetivos y Propósitos de Energías renovables



Para la producción de etanol se contemplan cultivos como:

**Caña de Azúcar**



**Maíz**



**Sorgo Dulce**



**Yuca**



**Remolacha**



**Características de las biomásas con potencial para la producción de etanol**

Cultivo	Conocimiento agronómico	Tecnología para producción de etanol	Posibilidad de integración productiva y uso de subproductos
Caña	Alto	Conocida y practicada	Alta
Maíz	Alto	Conocida y practicada	Alta
Sorgo Dulce	Mediano	Conocida	Mediana
Yuca	Limitado	Poco conocida	Baja
Remolacha	bajo	Poco conocida	baja

Fuente: SENER-BID-GTZ

# Productividad promedio de bioetanol, balance energético y emisiones GEI evitadas

Cultivos	Rto (t/ha)	Etanol (l/t)	Etanol (l/ha)	Balance Energético	Emisiones GEI Evitadas
Caña de Azúcar	60-90	75-85	5800	9 - 12	85 - 90 %
Sorgo Azucarado	40-80	40-50	2500	5 - 8	60 - 70 %
Remolacha Az.	35-60	110	6000	1,2 - 2,1	35 - 55 %
Maíz (granos)	7-12	360	4000	0,6 - 2	-30 a 20 %
Trigo (granos)	5-7	340	1800	1 - 1,1	19 - 45 %
Residuos lignocelulósicos	variable	400	variable	8 - 9	65 - 75 %

(BNDS,2008; EEAOC)



G. Cárdenas

M. Ruíz

A. Castagnaro



J. Tonatto

S. Casen

L. Tortaro

## PERSONAL DE LAS INDUSTRIAS SUCROALCOHOLERAS

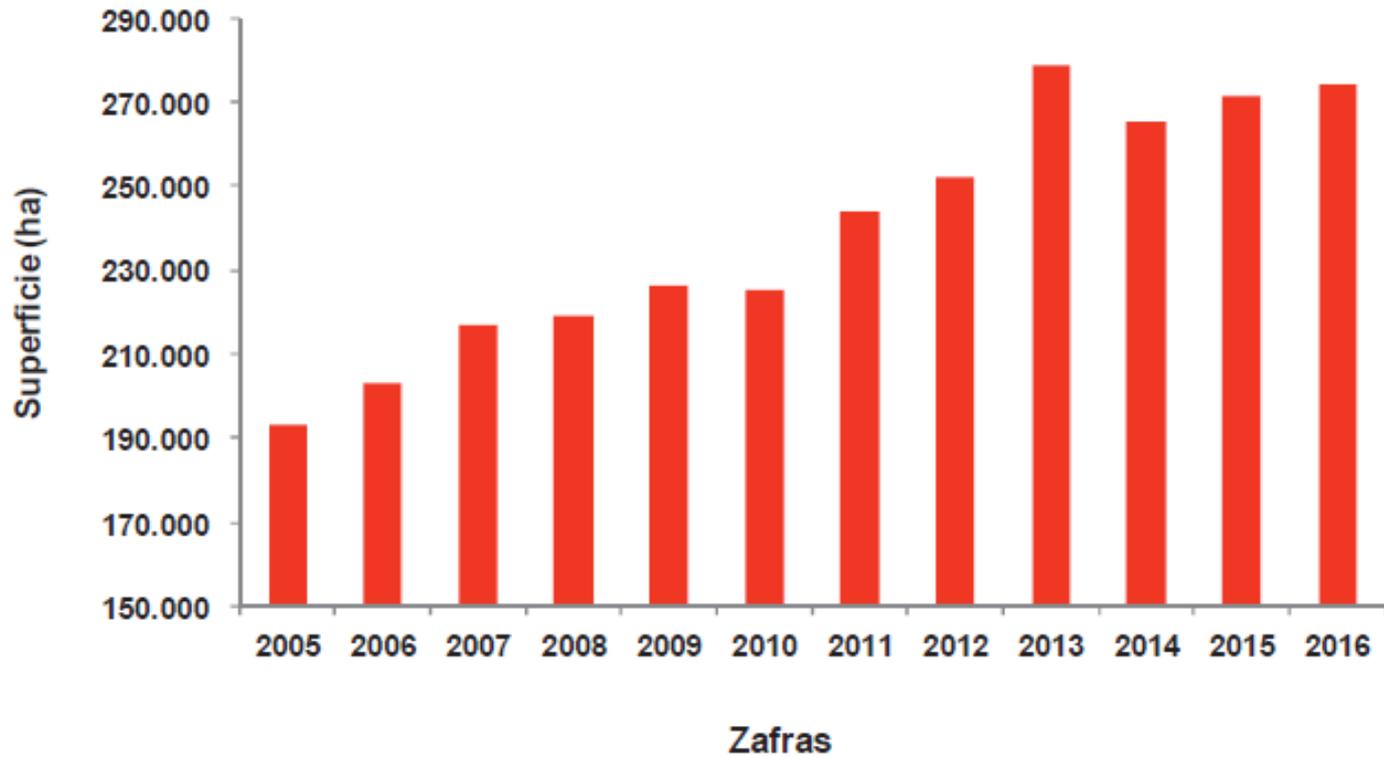




# La caña de azúcar

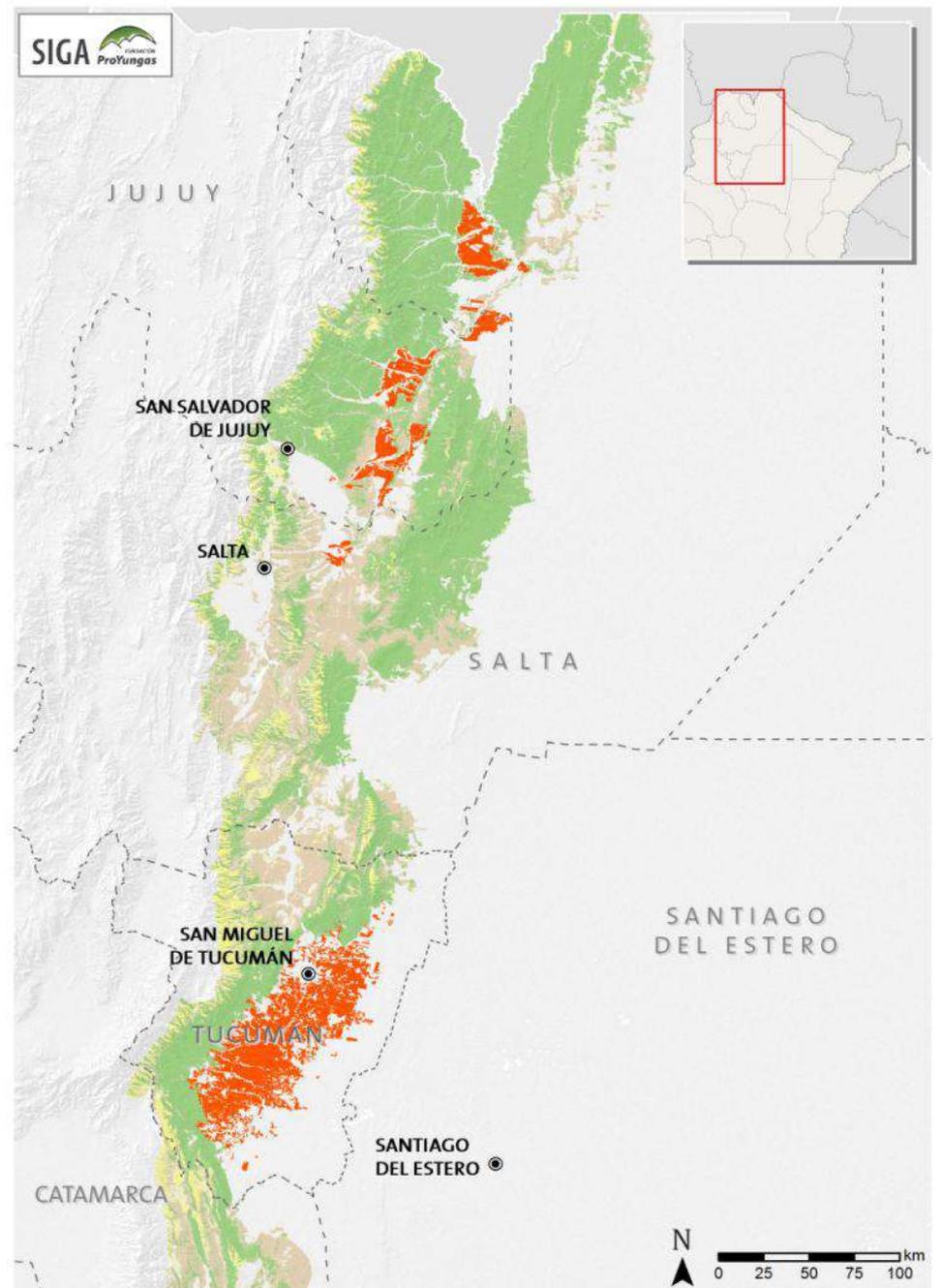


# TUCUMAN



Fuente: Sección SR y SIG - EEAOC

# Área cañera en el NOA



Área cañera Yungas Bosque Chaqueño Pastizales de Neblina

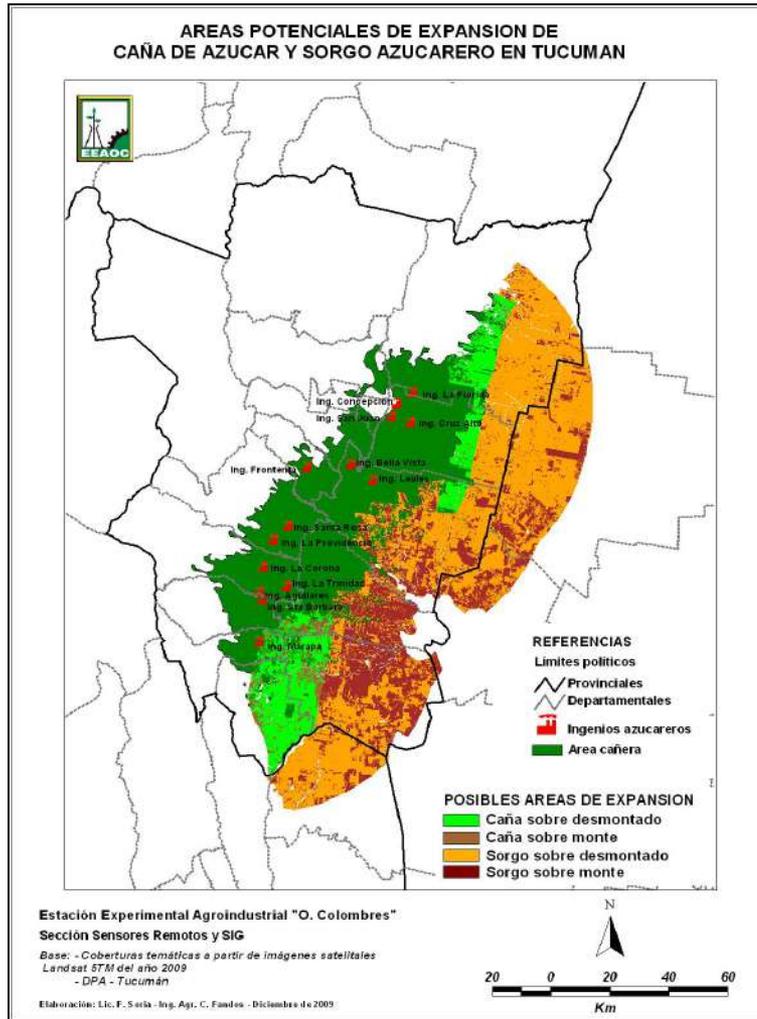


INGENIOS	Azúcares Blancos (kg)	Azúcares Crudos (kg)	Producción Total (kg)	Caña Molida (kg)	Rendimiento	Producción Total (TMVC)	Rendimiento
Columnas	1	2	3=1+2	4	5=(3/4)%	6	7=(6/4)%
Aguilares	26.903.347	18.804.000	45.707.34	492.182.212	9,29%	48.047	9,76%
Bella Vista	54.364.950	24.616.000	78.980.95	749.189.680	10,54%	83.708	11,17%
Concepción	174.556.856	135.150.000	309.706.85	2.671.123.188	11,59%	324.885	12,16%
Cruz Alta	40.082.968	19.660.000	59.742.96	672.022.873	8,89%	63.228	9,41%
Famaillá (La Fronterita)	75.009.563	26.023.000	101.032.56	859.384.123	11,76%	107.555	12,52%
La Corona	24.676.526	19.018.000	43.694.52	443.255.644	9,86%	45.840	10,34%
La Florida	76.369.396	-	76.369.39	772.389.338	9,89%	83.010	10,75%
La Providencia	147.824.677	-	147.824.67	1.414.773.969	10,45%	160.678	11,36%
La Trinidad	113.992.998	24.632.000	138.624.99	1.373.941.362	10,09%	148.537	10,81%
Leales	102.692.875	-	102.692.87	994.031.359	10,33%	111.622	11,23%
Marapa	52.562.909	-	52.562.90	484.768.081	10,84%	57.133	11,79%
Ñuñorco	50.807.993	13.182.000	63.989.99	567.381.386	11,28%	68.408	12,06%
San Juan	19.556.720	69.000	19.625.72	192.745.597	10,18%	21.326	11,06%
Santa Bárbara	50.323.307	4.906.000	55.229.30	495.727.318	11,14%	59.605	12,02%
Santa Rosa	66.934.437	172.000	67.106.43	635.097.051	10,57%	72.926	11,48%
<b>Total Tucumán</b>	<b>1.076.659.523</b>	<b>286.232.000</b>	<b>1.362.891.52</b>	<b>12.818.013.179</b>	<b>10,63</b>	<b>1.456.507</b>	<b>11,36</b>
La Esperanza (*)	42.000.000	-	42.000.00	404.216.146	10,39%	45.652	11,29%
Ledesma(****)	199.578.000	157.554.980	357.132.98	2.923.164.054	12,22%	374.486	12,81%
Río Grande	72.357.286	2.561.155	74.918.44	615.402.927	12,17%	81.210	13,20%
San Martin del Tabacal	98.527.000	10.250.000	108.777.00	1.012.314.448	10,75%	117.344	11,59%
San Isidro (**)	51.315.000	6.742.000	58.057.00	547.885.909	10,60%	62.519	11,41%
<b>Total Norte</b>	<b>463.777.286</b>	<b>177.108.135</b>	<b>640.885.42</b>	<b>5.502.983.484</b>	<b>11,65%</b>	<b>681.211</b>	<b>12,38%</b>
Inaza S.A.(ARNO)	-	-	-	-	-	-	-
Las Toscas	5.547.000	-	5.547.00	50.085.000	11,08%	6.029	12,04%
San Javier (***)	6.500.000	-	6.500.00	65.000.000	10,00%	7.065	10,87%
<b>Total Litoral</b>	<b>12.047.000</b>	<b>-</b>	<b>12.047.00</b>	<b>115.085.000</b>	<b>10,47%</b>	<b>13.094</b>	<b>11,38%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>1.552.483.809</b>	<b>463.340.135</b>	<b>2.015.823.94</b>	<b>18.436.081.663</b>	<b>10,93%</b>	<b>2.150.812</b>	<b>11,67%</b>

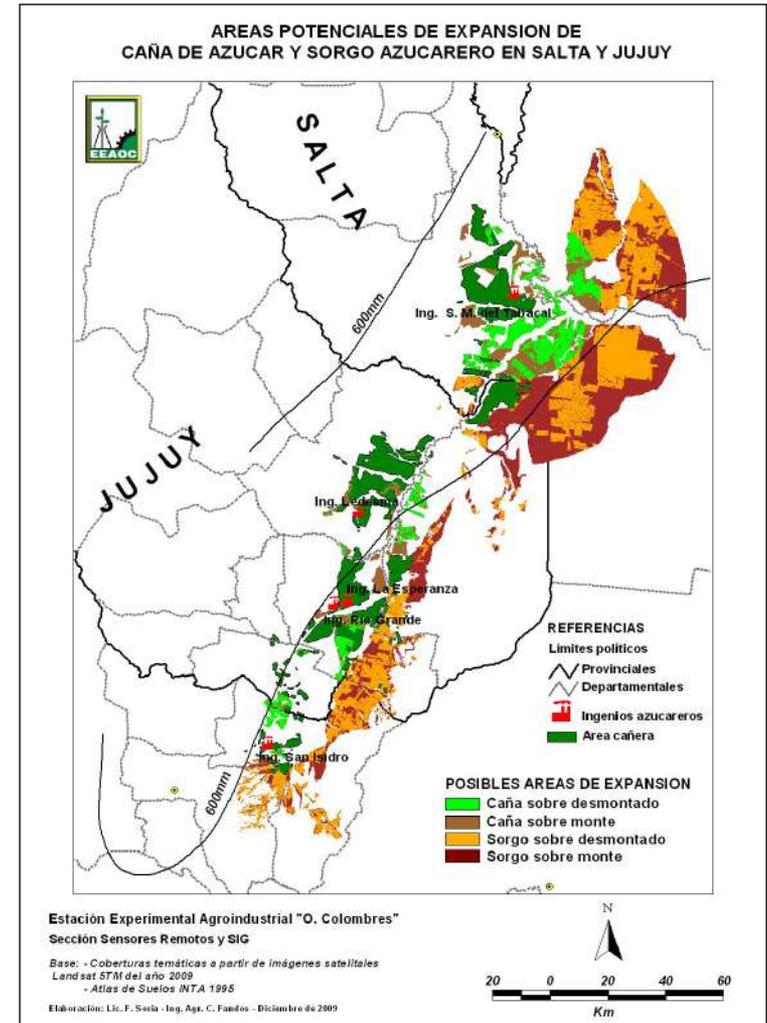
# SORGO SACARÍFERO



# Area Potencial Cultivo de Sorgo



**50% del area sojera  
 92.000 ha**



**50% del area sojera  
 53.000 ha**

# CALENDARIO ENERGETICO

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
				Cosecha Caña de Azucar							
										Siembra Sorgo	
		Cosecha Sorgo									

**AZUCAR, ALCOHOL Y ENERGIA**

**ALCOHOL Y  
ENERGIA**

# 2016

Superficie Sembrada 305 ha



## Servicios Generados

- Jornadas técnicas
- Visitas periódicas de asesoramiento técnico a productores
- Análisis de suelos y evaluación de calidad estructural de lotes y de calidad de semillas
- Estudios e informes de costos y margen bruto general
- Estimación de rendimiento cultural y fabril del cultivo

## Resultados Obtenidos

- Identificación de limitantes ambientales y edáficas
- Generación de mapas de rendimiento cultural
- Cosecha mecanizada, evaluación de performance

## Logros

- Completar las fases agrícolas e industriales
- Actividades de Investigación Transversales al Proyecto Biosorgo

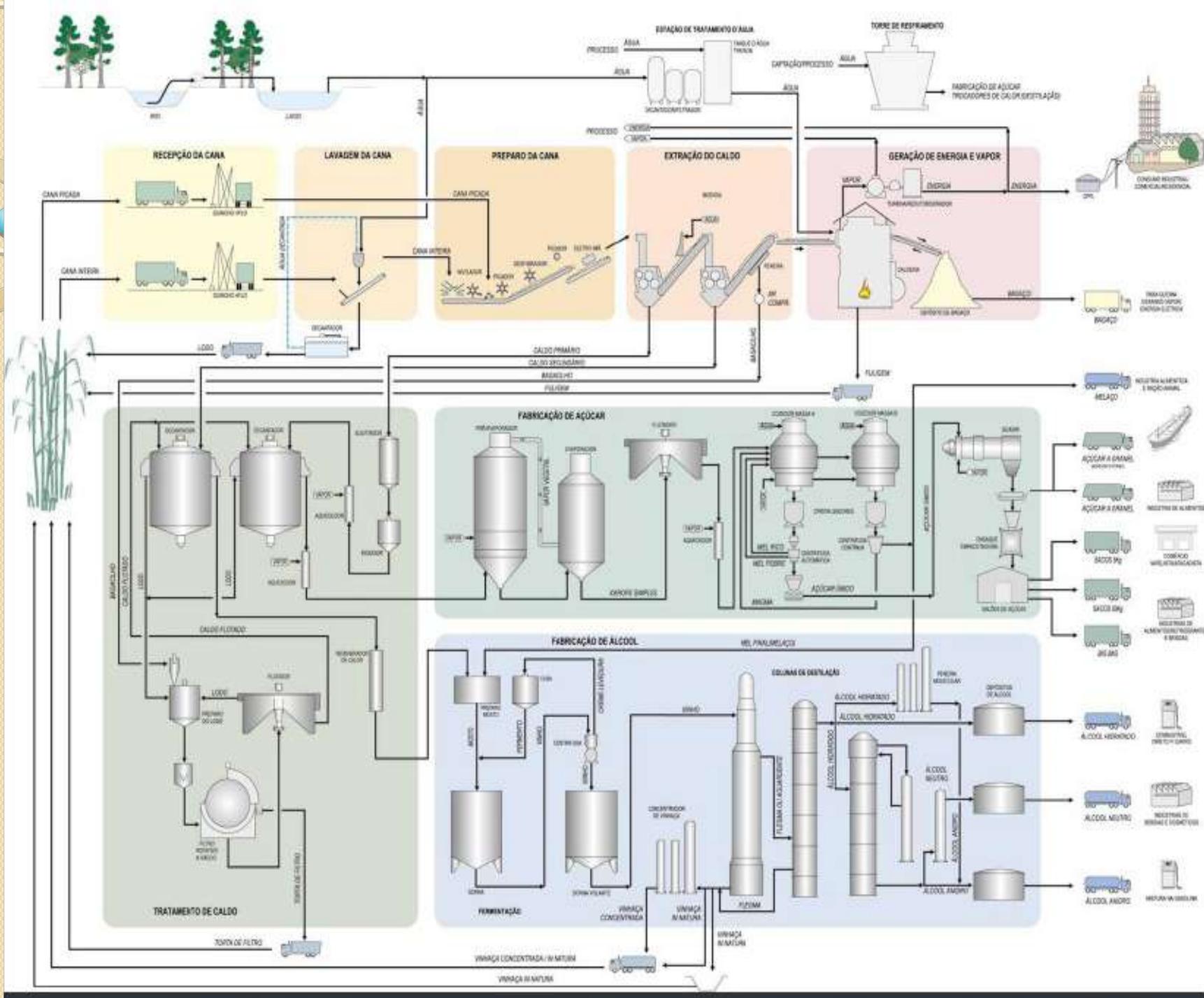


Estimación de Rendimiento basada en NDVI (SRySIG 2016)

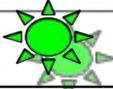


Parámetros	ALIMENTACIÓN		
	Melaza + Agua	Melaza + Jugo de sorgo	Jugo de Sorgo
Goma (mg/l)	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Densidad – 20°C (g/ml)	0,8103	0,8078	0,8065
Grado alcohólico (% vol)	95,3	95,8	96,2
Conductividad (μS/m)	20	20	40
Acidez Acética (mg/l)	11,38	9,61	11,11
Aldehído (acetaldehído) (g/l)	0,11	0,09	0,09
Acetona (g/l)	No detectado LD=0.02[g/l]	No detectado LD=0.02[g/l]	No detectado LD=0.02[g/l]
Acetato de Etilo (g/l)	No detectado LD=0.02[g/l]	No detectado LD=0.02[g/l]	0,02
Metanol (g/l)	No detectado LD=0.02[g/l]	No detectado LD=0.02[g/l]	No detectado LD=0.02[g/l]
Alcoholes superiores C3-C5 (g/l)	0,80-1,87	0,09	No detectado LD=0.02[g/l]
Furfural (g/l)	No detectado LD=0.02[g/l]	No detectado LD=0.02[g/l]	No detectado LD=0.02[g/l]

# PROCESO INDUSTRIAL



# POSIBILIDAD DE PÉRDIDAS

PROCESO	Físicas	Fisico-Qcas	Microbiológicas
MOLIENDA			
CLARIFICACIÓN			
EVAPORACIÓN			
COCIMIENTO			
ALMACENAMIENTO MIELES			
FERMENTACION			
DESTILACIÓN			
DESHIDRATACIÓN			
ALMACENAJE Y DISTRIBUCIÓN			

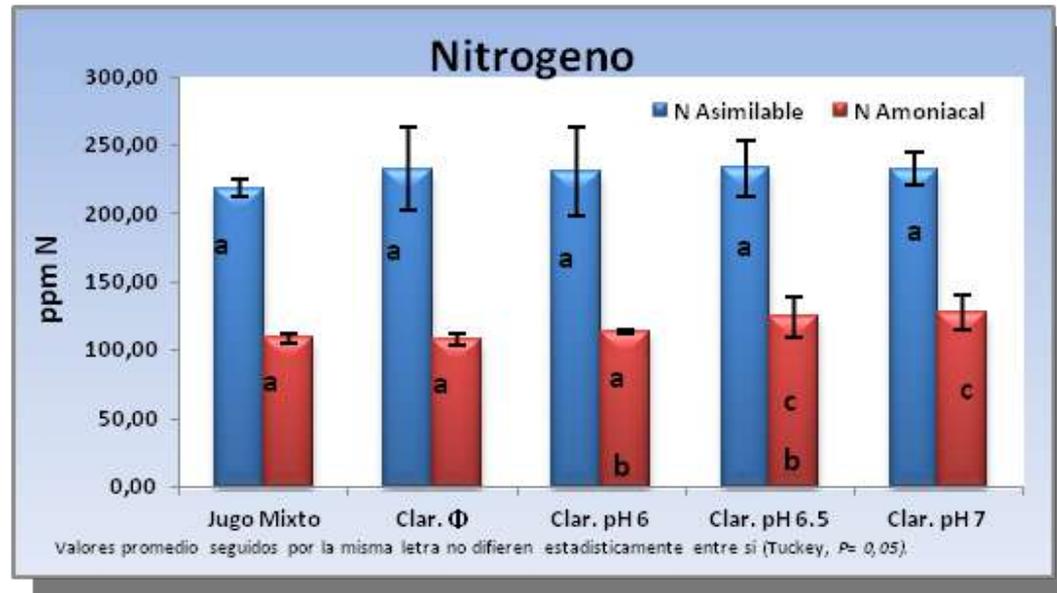
# *Saccharomyces cerevisiae*





# NUTRIENTES

## *Estudios de clarificación de jugos de caña de sorgo*



# NUTRIENTES

## Estudios de clarificación de jugos de caña de sorgo

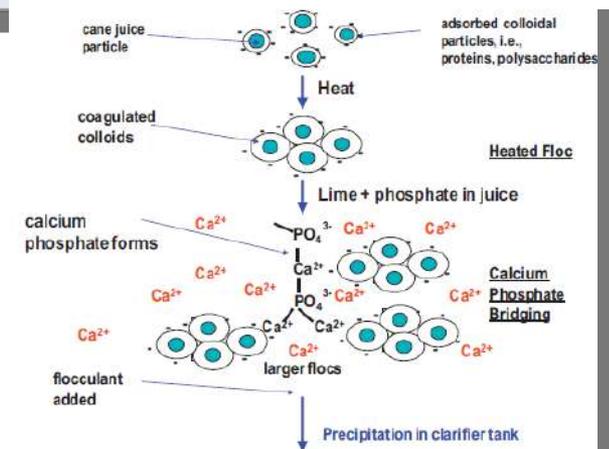
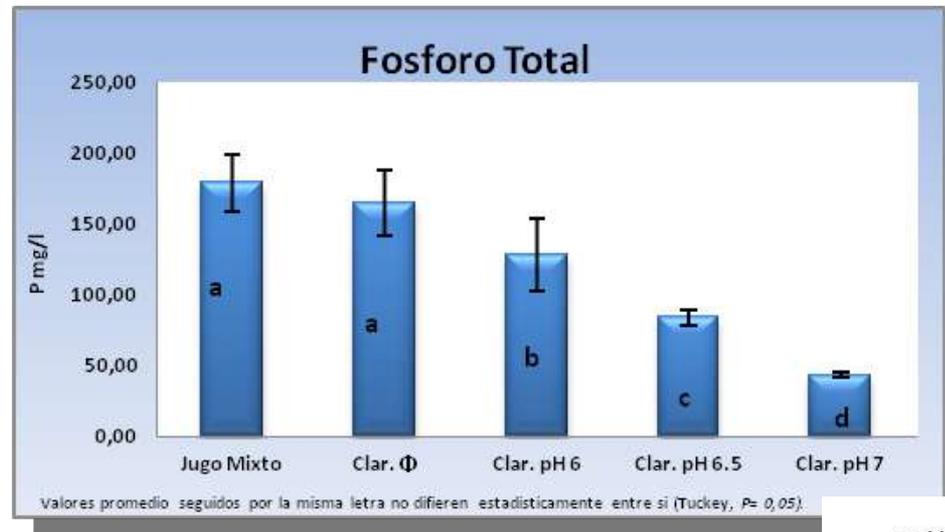
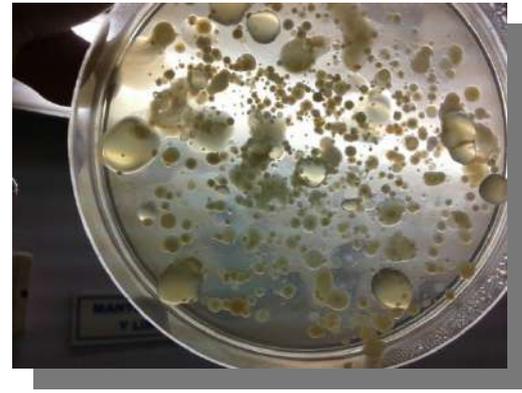
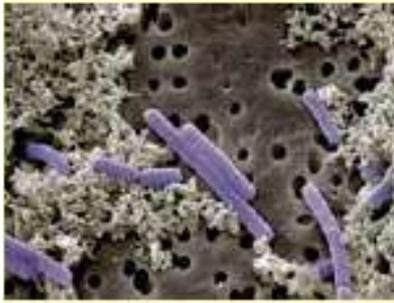
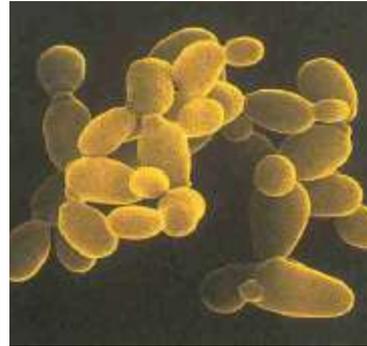
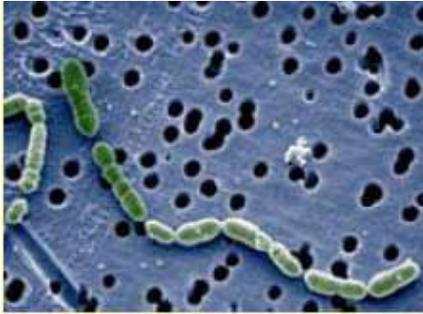


Fig. 1. Schematic mechanism for hot lime clarification of sugarcane juice. From Eccleston et al. (2012b) with permission.

# Calidad microbiológica



# Microorganismos contaminantes



## ¿QUÉ SE NECESITA HACER PARA FOMENTAR LA PRODUCCIÓN DE ETANOL ANHIDRO?

- Modernizar la actividad productiva de los insumos (tecnificación, mecanización, infraestructura).
- Aumentar la capacidad de las destilerías actuales.
- Biotecnología para mejorar procesos de fermentación.
- Creación de nuevas destilerías.
- Aumentar la superficie de producción de caña de azúcar.
- Tecnificación del campo cañero.
- Asegurar el Mercado Interno de combustibles.

# Primer Seminario de Energías Renovables



**MUCHAS GRACIAS**

✚ Dr. Carlos Gusils      Email:  
[cgusils@eeaoc.org.ar](mailto:cgusils@eeaoc.org.ar)

14 y 15 de Septiembre de 2017