

Una planta piloto para producir bioetanol

Taller Práctico sobre Bioenergía

3 de agosto de 2006, Monterrey N.L México



1

Bioetanol



● Qué es?



- 95% etanol y 5% agua – motores modificados
- Etanol anhidro: 99% etanol – se utiliza en mezclas etanol-gasolina (ej. E10).
- Etanol para producir ETBE (etil-terbutil-eter).



TRES fuentes:

- Plantas almidonosas (granos)
- Plantas con jugos azucarados (caña, sugar beet)
- Materiales celulolíticos.

2

Antecedentes



ne

CONAE

- Substituir gasolina por etanol?
- Cantarell a la baja
- Nuevas reservas a profundidades que hacen no-factible (económicamente) su explotación
- Otros países ya se han adelantado (Brasil es líder).
- Beneficios económicos y ecológicos

5

Cantarell a la baja ?



ne

CONAE

Cantarell, The Second Largest Oil Field in the World Is Dying by G.R. Morton

Published on 18 Aug 2004 by [DMD Publishing](#). Archived on 18 Aug 2004.

- A couple of weeks ago I ran into this from the oil industry rags I read. It is a chilling thought since this is the 2nd biggest producer of oil on earth. Ghawar produces 4.5 million bbl/day, Cantarell, 2.2 million bbl/day, Da Qing and Burgun around 1 million per day.

"Supergiant Cantarell continues to be the mainstay of Mexican oil production, with 2.1 MMb/d of output in 2003 up from 1.9 MMb/d in 2002. However, Cantarell is expected to decline rapidly over the next few years, falling as far as 1 MM b/d by 2008. This has given particular urgency to Pemex's efforts to develop other fields and move into deepwater."

6

Noxal



Explora Pemex pozos en aguas profundas con equipo rentado.

Jueves 8 de junio de 20. La Jornada.

ne

CONAE

- ...se consideran pozos de aguas profundas Nab 1, descubierto en 2004, y Noxal 1. Este último es el de mayor profundidad y el que más expectativas ha despertado, ya que por su potencial se situaría entre los 10 más grandes del mundo.
- La falta de tecnología para llegar a mayores profundidades en las aguas del golfo le cuesta a Pemex unos 66 mil dólares al día sólo por el arrendamiento de la plataforma *Ocean Worker*. Con esto, la petrolera mexicana ha gastado más de 72 millones de dólares (unos 800 millones de pesos).

7

Ley de Bioenergéticos



Aprueban diputados Ley para el Desarrollo y Promoción de los Bioenergéticos Redacción Criterios.com | Publicado el 2006-02-08 03:22:39

ne

CONAE

- Con 346 votos a favor, 3 en contra y 21 abstenciones, el pleno de la Cámara de Diputados aprobó en lo general un dictamen de la Comisión de Agricultura y Ganadería por el que se expide la Ley para el Desarrollo y Promoción de los Bioenergéticos.

Dicho ordenamiento permitirá impulsar la agroindustria para la producción de etanol y otros biocombustibles como elementos clave para contribuir a lograr la autosuficiencia energética del país a través del uso de energías renovables.

8

Beneficios



ve

CONAE

- <http://www.vogelbusch.com/technology/bioethanol.htm>
- renewable resources
- impact on air quality due to cleaner combustion
- reduced net carbon dioxide (greenhouse gas) emissions
- energy security: less dependence on crude oil
- expanded market opportunity in the agricultural field

9

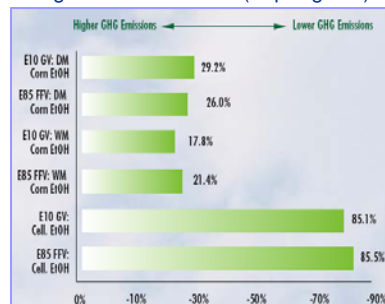
Beneficios ambientales de las mezclas gasolina-etanol



ve

CONAE

Reducción de emisión de gases de efecto invernadero por sustitución parcial de gasolina con etanol (% por galón)*



*Fuente: Ethanol, The Complete Lifecycle Picture. U.S. Department of Energy's Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, 2005.

10

Shell invierte en Bioetanol



- CALGARY, Alberta, May 24, 2002 - The Royal Dutch/Shell Group of Companies has announced that it has invested \$29 million in the bioethanol company Iogen Energy Corporation for the development of a commercial-scale plant that will produce ethanol from biomass.



"This is another positive development for Shell. Bioethanol, when blended with gasoline, is one of a range of environmentally friendly fuels Shell is exploring as it has the potential to significantly reduce greenhouse gas emissions of vehicles," said Mark Gainsborough, Vice President of Fuels, Shell Oil Products. "Bioethanol can become commercially viable, and we will be using our skills in fuel production and plant operations with Iogen's globally recognized technology to reduce the cost of future production. This work will be channeled through our technology business, Shell Global Solutions."

11

Tendencias mundiales en bioenergéticos (bioetanol)



- "A bill mandating the use of **bioethanol** fuel as an alternative transport fuel has been approved by the House energy committee. [...] Under the bill, the Department of Energy (DoE) will adopt a **National Bioethanol Fuel Program...**" (Marzo 2005)
- "Hungary is looking at building up a **viable bioethanol industry** over coming years, according to Gyorgy Follath, Chief Executive Officer of Gyor Distillery Co. Ltd., speaking at the World Ethanol 2004 Conference in London..."



12

Tendencias...



ne

CONAE

- ““Novozymes is launching three new enzymes which make the production of ethanol from wheat, rye and barley up to 20% more efficient, so paving the way for increased production of **bioethanol** in Europe.” (Noviembre 3, 2005)
- “O2Diesel Corporation Reaches Agreement With Abengoa Bioenergy to Jointly Develop and Demonstrate the European Market for Its Cleaner Burning **Ethanol Diesel Blend**” (2005)
- “Uruguay podría poner en marcha en 2008 [...] la primera planta de producción de **etanol** a partir de la paja de arroz si prospera un proyecto uruguayo-canadiense...”(2005)

13

Tendencias...



ne

CONAE

- **Ford's Hybrid: Now With Ethanol**
February 8, 2006
Compiled by Erin Coughlin (e-magazine.com)

Ford Motor Company has created the first hybrid vehicle that runs on an ethanol mix, the Escape Hybrid E85.



The Escape Hybrid E85 is not currently scheduled for production. Still to be worked out are ethanol-related vapor and combustion issues, but Ford says these technical problems could be overcome quickly.

“The E85 hybrid produces 25 percent less carbon dioxide (CO₂) than a gasoline-fueled Escape Hybrid. “As a leader in both hybrid vehicles and in vehicles capable of operating on ethanol-based fuels, we are the ideal company to bring both technologies together for the first time,” says Ford spokesperson Anne Stevens.

14

Experiencia mundial en usar etanol como sustituto de la gasolina



ne

CONAE

- En Brasil 70-75% de los vehículos utilizan E20-E24.
- Estudios en África señalan al etanol como una alternativa para países en desarrollo.
- Australia cuentan con 20 años de experiencia empleando E10.
- En algunas localidades de Estados Unidos es obligatorio el uso de gasolina oxigenada (2-3.5%).

15

Y en México...



ne

CONAE

Extractos de "Diversifican uso de la caña", Martes, 24 de Enero de 2006; Grupo Reforma / Negocios / Dayna Meré y Mayela Córdoba.

La Secretaría de Economía dará a conocer en febrero el Programa de Competitividad para la Industria Azucarera, que busca diversificar el uso de la caña de azúcar y alentar el uso de biocombustibles, para lo cual se construirán dos plantas de etanol. Los recursos serán públicos y privados, y también se consideran plantas de etanol con trigo y maíz como materia prima. El programa estará consensuado con productores de caña y representantes de la industria, los gobiernos estatales, a través de la Convención Nacional de Gobernadores, y legisladores.

Una de las principales restricciones del proyecto de uso de etanol en combustibles es que PEMEX no tiene un proyecto de conversión de plantas de Metil Terbutil Eter a etanol. La SENER solicitó, con apoyo del BID y cooperación técnica alemana, dos estudios para determinar el potencial y opciones de uso del etanol en México, ya que "Se debe identificar la mejor opción para producir etanol en México. **Las fuentes son diversas y por lo tanto es necesario estudiar cada una para minimizar costos de inversión e incentivos y maximizar y asegurar la producción**".

16

Y en México... (continuación)



ne

CONAE

Extractos de "Diversifican uso de la caña"...

- La producción de etanol en México es insuficiente para oxigenar las gasolinas.
- México produce al año 5 millones de toneladas de azúcar y 56 millones de litros de etanol.
- PEMEX vendió 11 mil 25 millones de litros de gasolina en México, Monterrey y Guadalajara en 2005.
- Para cumplir con la especificación de oxígeno en ese volumen de gasolinas se requieren 661.5 millones de litros de etanol.

17

Balance de etanol (como biocombustible)



ne

CONAE

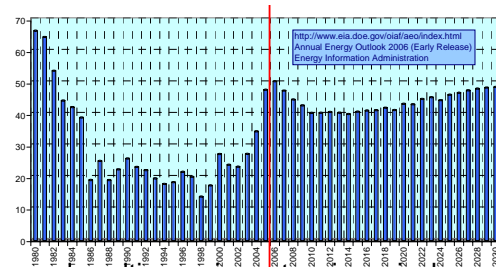
- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ● Demanda potencial <ul style="list-style-type: none"> ● 660 MML/año (ZMVM, ZMG, ZMM) para oxigenar gasolinas ● 2,305 MML/año para oxigenar gasolinas en todo el país ● Para tener mezcla E15: 5,760 MML/año | <ul style="list-style-type: none"> ● Oferta potencial actual <ul style="list-style-type: none"> ● Caña de azúcar: 56 MML/año ● Industrial*: 9 MML/año ● ¿Con qué se está oxigenando gasolinas en México? <ul style="list-style-type: none"> ● MTBE |
|--|---|

18

Antecedentes



- Tendencia del promedio del precio del barril de petróleo, y estimados futuros (USD/barril)



- El sorgo es el segundo cultivo en importancia a nivel nacional (> 6 millones de toneladas de producción doméstica)
 - Más barato que el maíz
 - Mismo contenido de almidón que el maíz (potencial para producir etanol)
 - No hay restricción en la importación de sorgo de EE.UU.

19

... A partir de grano de Sorgo para su uso sustentable como bioenergético

Taller Práctico sobre Bioenergía

3 de agosto de 2006, Monterrey N.L México

Propuesta del grupo de trabajo



- Considerando:
 - Los altos precios del petróleo
 - La baja factibilidad socio-económica de explotar la caña de azúcar o el maíz para generar etanol en México
 - El posicionamiento nacional del cultivo de sorgo
 - Los beneficios ambientales de los bioenergéticos

⇒ Coordinar un proyecto multi-disciplinario para establecer al sorgo como materia prima nacional de biocombustible

21

Alternativas para México: producción de bioetanol



- Caña de azúcar
 - Proceso simple, alto rendimiento (55 L/ton caña)
 - Problemática política en México
- Maíz
 - Tecnologías empleadas: molienda seca o húmeda, buen rendimiento (370 - 390 L/ton)
 - Problemática socio-económica en México
- Sorgo
 - Teóricamente el sorgo debe tener el mismo rendimiento que el maíz
 - Potencial de la producción nacional: 2,220 MML/año

22

Ventajas del uso del Sorgo para generar etanol



ve

CONAE

- Costo internacional: entre 10-15% menos que el maíz.
- Costo nacional: 0.95 centavos vs 1.50 pesos.
- No hay sorgos GMO.
- El sorgo es el segundo cultivo en importancia en el país. La industria competiría solamente con la industria productora de alimentos para animales.
 - Sorgo es un cultivo que requiere menos agua.
 - Adaptado al norte del país.
 - No sufre de estacionalidad en los ciclos de producción como es el caso de la caña de azúcar

23

Principales retos de investigación: Producción



ve

CONAE

- Desarrollo de una tecnología capaz de obtener el mayor rendimiento posible de bio etanol a partir del Sorgo
 - Es más difícil extraer e hidrolizar el almidón del sorgo debido a que la proteína está más entrecruzada. Solución: tecnología enzimática.
 - Optimización del sistema de producción haciendo énfasis en la bioconversión y fermentación

24

Propuesta preliminar de investigación (1/2)

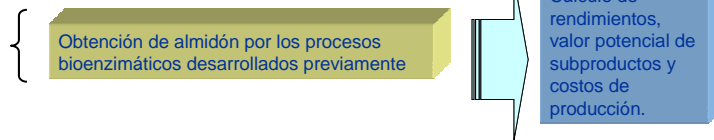


- Desarrollar un modelo para la producción de etanol anhidro a partir de grano de sorgo:

ve

Molienda
Húmeda

CONAE



25

Propuesta preliminar de investigación (2/2)



- Optimización de las operaciones unitarias

ve

Producción de
glucosa



- Establecer condiciones óptimas de conversión enzimática de licuefacción y sacarificación
- Estudio comparativo de cinética enzimática

CONAE

Fermentación



- Establecer condiciones óptimas de fermentación de los caldos glucosados con levadura y *Zymomonas mobilis*
- Cálculo de rendimientos de etanol, valor potencial de subproductos y costos de producción

Destilación



- Establecer condiciones óptimas de destilación para la obtención de etanol anhidro o gasohol

26

Sorgo y maíz, análisis



ne

CONAE

Tabla 1. Análisis químico proximal de maíz, sorgo ceroso y sorgo normal.

	Maíz		Sorgo ceroso		Sorgo normal	
	Porcentaje promedio	Desviación estándar	Porcentaje promedio	Desviación estándar	Porcentaje promedio	Desviación estándar
Humedad	13.28	0.21	12.71	0.06	13.63	0.02
Proteína	7.25	0.10	10.88	0.13	10.72	0.04
Cenizas	1.08	0.19	1.14	0.02	1.7	0.24
Grasa	3.71	0.05	1.15	0.62	1.14	0.88
Fibra cruda	1.66	0.12	0.51	0.03	1.08	0.43
^a ELN	73.02	0.45	73.61	0.61	71.73	1.12

^a ELN = Extracto libre de nitrógeno

Cada valor es el promedio de 3 observaciones. Los valores están expresados en base húmeda.

27

Comparación de rendimientos de extracción de almidón



ne

CONAE

Tabla 3. Efecto del tipo de grano en los rendimientos de fracciones de molienda húmeda para maíz, sorgo ceroso y sorgo normal.

	Maíz		Sorgo ceroso		Sorgo normal	
	Base seca %	Desv. estándar	Base seca %	Desv. estándar	Base seca %	Desv. estándar
Almidón	66.71a ¹	1.01	60.27b	1.36	61.05b	1.84
Almidón de segunda	2.79a	0.44	3.61a	0.42	2.82a	0.53
Fibra	15.22b	0.56	21.99a	2.17	23.00a	0.88
Gluten	10.86a	1.41	12.93a	2.16	11.07a	1.28

¹ Letras diferentes entre columnas indican que los valores son significativamente diferentes (LSD test, $p > 0.05$)

28

Producción de etanol

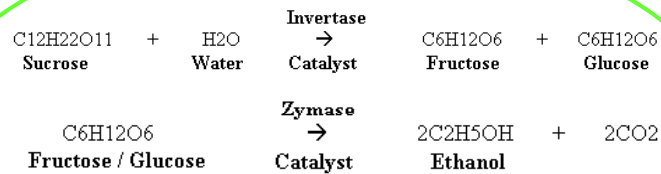


Las reacciones involucradas

Almidón — Azúcares

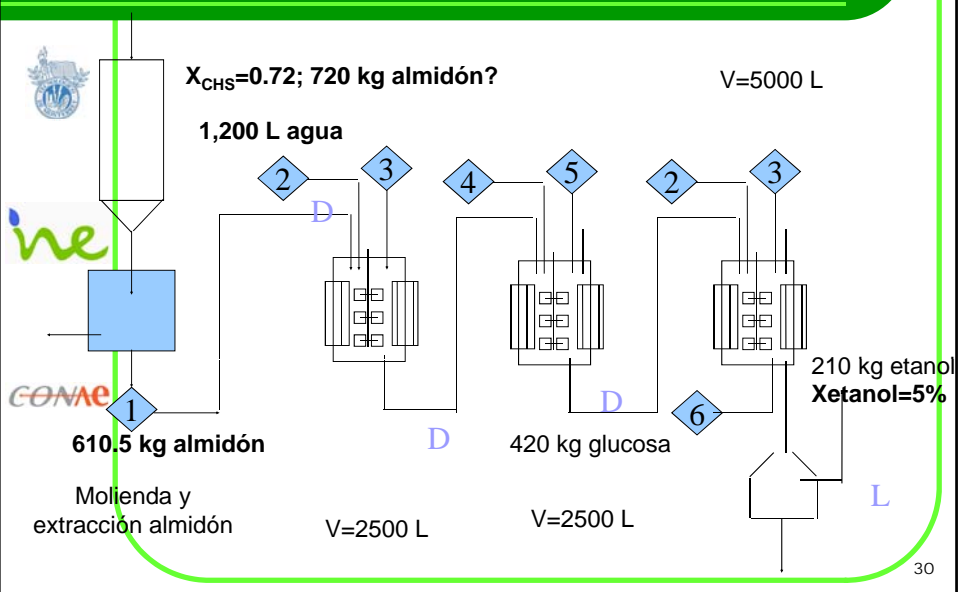
ve

GONAE



29

El Proceso



Rendimiento almidón-glucosa



ve

CONAE

Tabla 6. Concentración final promedio de glucosa en jarabes, obtenido de los diferentes tipos de almidón, y porcentaje total de conversión de almidón a glucosa.

	°Brix	Almidón mg/ml	Glucosa mg/ml	Porcentaje de conversión
Maiz	27.16	300	264.18a ¹	88.06
Sorgo ceroso	28.33	300	265.02a	88.34
Sorgo normal	27	300	251.85a	83.66

¹Letras diferentes entre concentraciones de glucosa indican que los valores son significativamente diferentes (LSD test, p<0.05)

31

Actividades actuales



ve

CONAE

- Un estudiante de doctorado trabajando sobre el modelo de producción (Dr. Serna)
- Un estudiante de maestría trabajando sobre el análisis del tren de fermentación/separación (Dr. Rito/Dr. Acevedo/Dr. Álvarez)

Se espera terminar los estudios a nivel laboratorio en el transcurso del semestre Agosto-Diciembre 2006 y realizar un primer escalamiento durante enero-mayo 2007

32

Necesidades del grupo de trabajo



- Contar con un “socio” que este dispuesto a invertir en el desarrollo de las tecnologías planteadas y la construcción de una planta demostrativa

33

Impactos futuros



- Establecimiento de una planta demostrativa
- Empleo de mezclas con bioetanol en flotillas
- Desarrollo de otros biocombustibles
- Integración de procesos de aprovechamiento de subproductos (p.ej., gasificación de desechos)

34