



**ETANOL A PARTIR DE
BIOMASA
LIGNOCELULÓSICA**

PROBLEMA ACTUAL

- **Crisis del petróleo**
- **Cambio Climático**
- **Demandas crecientes de combustibles y energía**
- **Alternativas de combustibles**
- **Etanol de azúcar , mieles o amiláceas**
- **Tierra para producir alimentos**

Gasolina

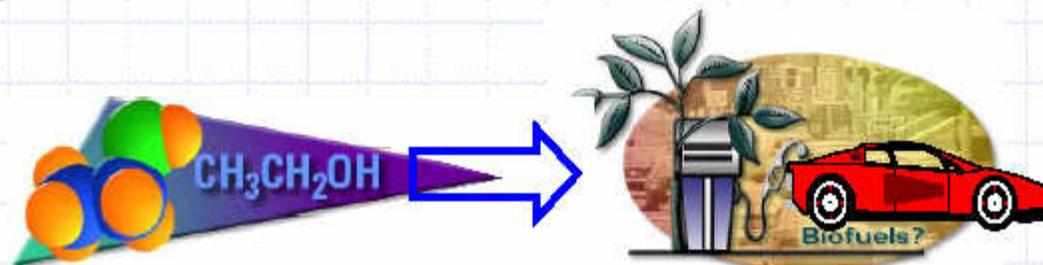
- **Energético Valioso**
- **Contaminación & Derrames**
- **MTBE recalcitrante y cancerígeno**

- **No Renovable**
- **Incremento de CO₂**
- **Cambio Climático**
- **Efecto Invernadero, incremento de T del Planeta**

Etanol

- Contenido Energético (3/4)**
- No tóxico**
- Oxigenante, No cancerígeno**

- Renovable y Sustentable**
- No hay incremento neto de CO₂**
- Reciclamiento del CO₂**



Primeros autos diseñados por H. Ford



Procesos de obtención de etanol

Fermentación de azúcares

Es el proceso tradicional, su eficiencia actual es alta por las mejoras tecnológicas realizadas.

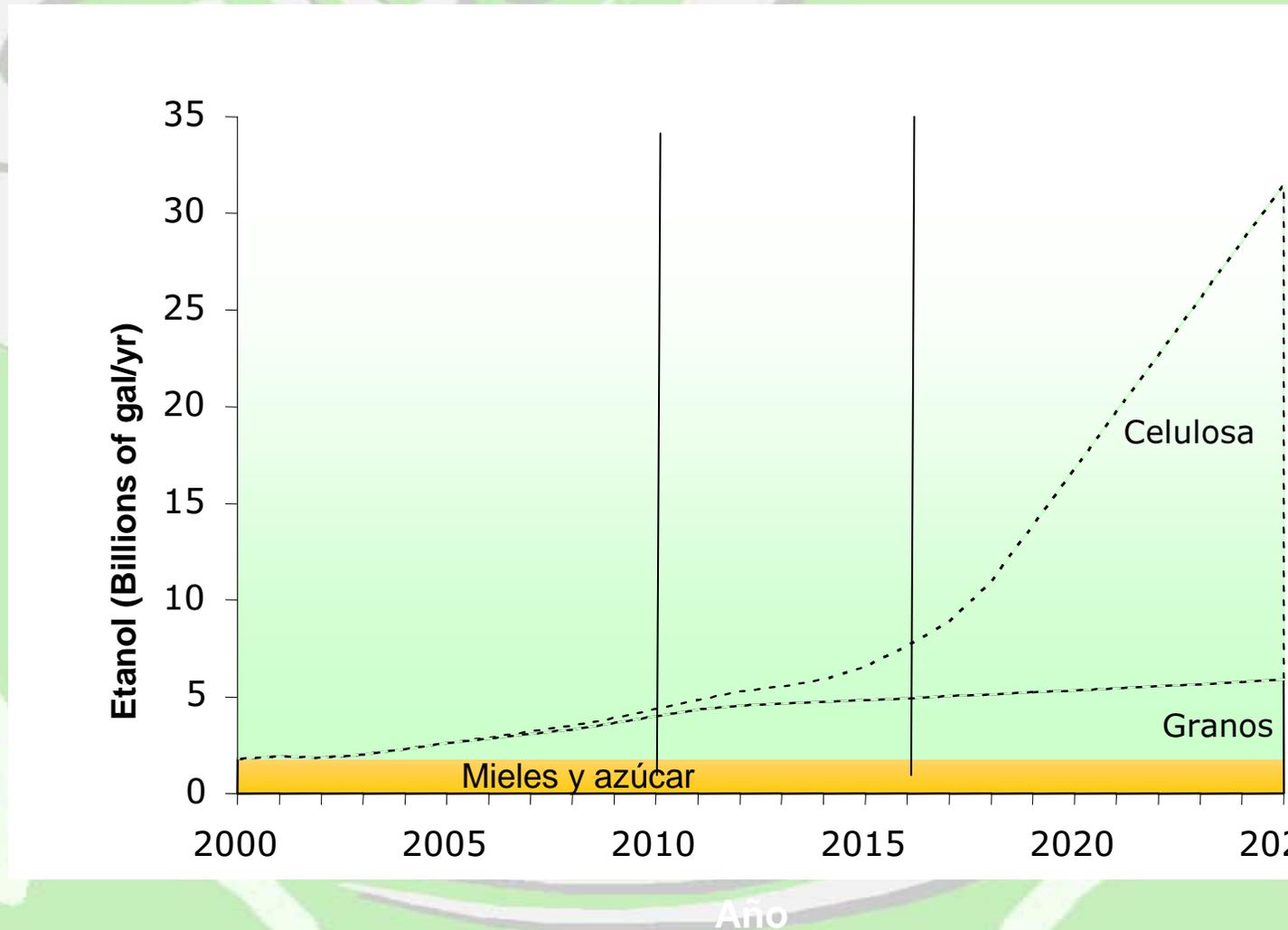
La materia prima de mejores características es la caña de azúcar, ya que puede ser autosuficiente energéticamente e incluso aportar energía eléctrica a la red. Su crecimiento estará limitado por la disponibilidad de mieles y azúcar. Se ha estimado un valor de 8 para la relación salida/entrada entre la energía liberada durante la combustión de etanol y la energía necesaria para su producción a partir de mieles y azúcar de caña, considerando todo el ciclo de vida del producto desde la extracción de las materias primas y los insumos requeridos, pasando por su transporte, hasta el proceso de transformación hasta etanol. (Berg, 2001 (Berg C (2001) World

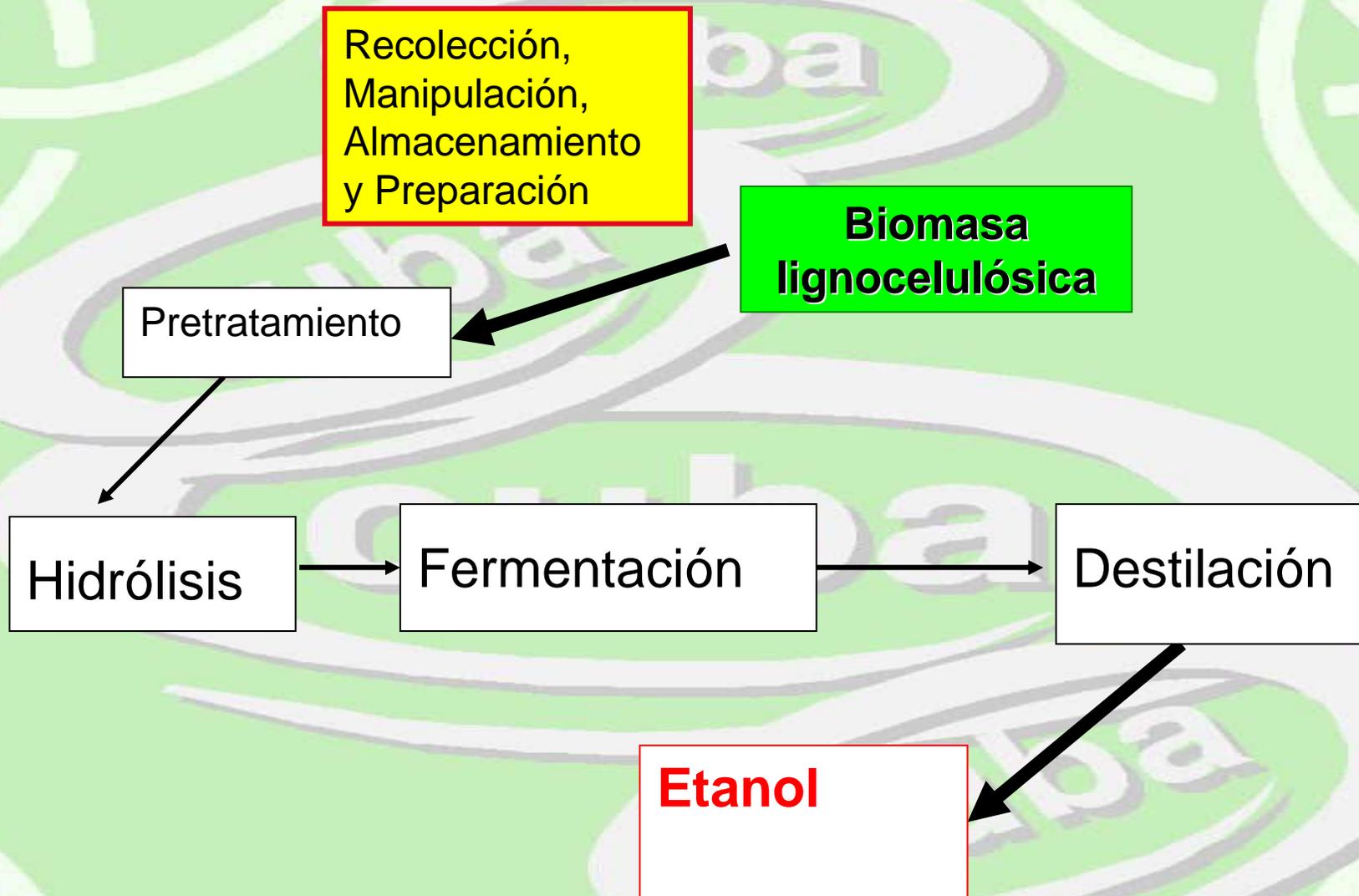
Fuel Ethanol. Analysis and Outlook. www.agra-europe.co.uk/FOLstudies/FOL-Spec04.html).

Etanol de granos

- La producción de etanol a partir de granos está muy cuestionada por sus implicaciones éticas al convertir alimentos en combustibles para automóviles. La relación salida/entrada entre la energía liberada durante la combustión de etanol y la energía necesaria para su producción es de 1,1-1,2 (*Prakash et al., 1998 Prakash R, Henham A, Bhat IK (1998) Net energy and gross pollution from bioethanol production in India. Fuel 77: 1629-1633.*) lo que hace que en los procesos más eficientes se emplea en su obtención casi la misma energía que la que se puede obtener del etanol posteriormente.**
- En el caso del maíz, los residuales del proceso se están empleando en la obtención de un concentrado proteico para la alimentación animal.**

La biomasa: Alternativa para lograr los incrementos en la producción de etanol





Proceso general de obtención de etanol a partir de biomasa lignocelulósica.

Pretratamiento

Operaciones de recolección, transporte y manipulación, almacenamiento, molienda y otras, para reducir el tamaño de las partículas, lograr la apertura del material, y facilitar la posterior penetración de los agentes químicos de hidrólisis. Incluye también un tratamiento termoquímico, con el fin de lograr un ablandamiento de la lignina y las hemicelulosas que facilite el posterior ataque de las enzimas o microorganismos.

Métodos empleados para el pretratamiento de la biomasa lignocelulósica para la obtención de etanol

Físicos	
Pulverizado mecánico	molida
Pirólisis	T>300°C
Físico-Químicos	
Explosión con vapor	Vapor saturado a 160-260°C, presión de 0,7-4,9 MPa en tiempos cortos. Luego descompresión
Agua líquida caliente LHW	Agua 170-230°C, a presión.

Hidrólisis

Convertir la masa obtenida en la etapa anterior en una solución de azúcares en forma de oligómeros. La hidrólisis se puede realizar catalizada por ácidos, bases, calor y con la ayuda de microorganismos y enzimas.

Posteriormente convertir los azúcares oligoméricos en azúcares monoméricos en general glucosa (C6) y xilosa (C5).

Los procesos ácidos son de los más empleados y tienen la ventaja de que separan los azúcares monoméricos de las hemicelulosas y exponen a las fibras celulósicas a la acción hidrolítica posterior.

Tiene la desventaja de generar compuestos inhibidores, por lo que se hace necesario un paso de detoxificación.

Fermentación

Fermentar los azúcares monoméricos (glucosa (C6) y xilosa (C5)) a etanol. Los tratamientos enzimáticos son los preferidos. Las opciones a utilizar son las siguientes:

Hidrólisis y fermentación separadas (SHF).

Tiene la ventaja de que cada operación puede realizarse en condiciones óptimas de temperatura y pH, pero la acumulación de glucosa como resultado de la hidrólisis, inhibe la actividad de la celulasa.

Sacarificación y fermentación simultáneas (SSF),

usando celulasas de fuentes externas. En este caso, la glucosa obtenida se transforma rápidamente a etanol. Este proceso tiene una mayor velocidad de hidrólisis y mayor rendimiento, necesita una carga menor de enzima y reduce el riesgo de contaminación. Se necesita un compromiso entre la temperatura de operación, ya que el paso de hidrólisis es más lento que la fermentación.

Destilación

En tres etapas: Obtención de etanol crudo (45%), Rectificación a 96% y Deshidratación a 99.9%

Disposición de residuales

Este es un punto muy importante, ya que una de las fuerzas motrices del desarrollo de los procesos de obtención de etanol a partir de biomasa lignocelulósica, es la preservación del medio ambiente .

Los procesos de obtención de etanol a partir de biomasa lignocelulósica, pueden generar grandes cantidades de desechos como los siguientes:

- Productos químicos que es necesario recuperar o disponer
- Biomasa celular residual de la fermentación
- Agua residual del proceso
- Vinazas, el residual de la destilación. Se ha calculado que una planta de 100 millones de litros de etanol al año, genera una contaminación semejante a una ciudad de 1,4 millones de habitantes.

Procesos industriales y piloto utilizados en la obtención de etanol a partir de biomasa lignocelulósica.

Planta de Biomasa de BCyL

La primera planta de biomasa a escala comercial del mundo está actualmente en operación por Abengoa Bioenergía para demostrar la tecnología de conversión de la biomasa en etanol. La construcción de la Planta de Biomasa comenzó en agosto de 2005 y comenzará a procesar 70 toneladas diarias de residuos agrícolas, como la paja del trigo, para producir más de 5 millones de litros al año de etanol carburante. Su objetivo final es el desarrollo de tecnologías de producción competitivas con la gasolina. Además de etanol, la planta producirá una cantidad suficiente de residuos de fermentación para el desarrollo y análisis de coproductos, como son piensos animales y sustancias químicas.

Tecnología SunOpta

Compañía canadiense que incluye al Grupo StakeTech Steam Explosion, reconocido por su experiencia en la preparación, pretratamiento y en las tecnologías de explosión con vapor para el tratamiento de la biomasa. El proceso de pretratamiento a la paja de trigo, en la planta de Abengoa, fue suministrado por SunOpta, basado en la explosión con vapor.

Las enzimas necesarias son suministradas por Novozymes.

También, le ha transferido su proceso continuo de explosión con vapor para el tratamiento de la biomasa a la Compañía Celunol, para una planta demostrativa en Louisiana, Estados Unidos. Las materias primas incluyen paja de trigo, residuos lignocelulósicos de la cosecha del maíz, pajas, aserrín, bagazo de caña y otros materiales.

La tecnología se basa en el empleo de Echerichia coli modificada por ingeniería genética lo cual le permite fermentar las hexosas y pentosas presentes en la biomasa lignocelulósica

SunOpta, también iniciará la operación en el 2009 de una planta demostrativa de etanol a partir de residuos lignocelulósicos en China, en un acuerdo con la Corporación China de Fuentes de Alcohol (CRAC) y la firma Novozymes.

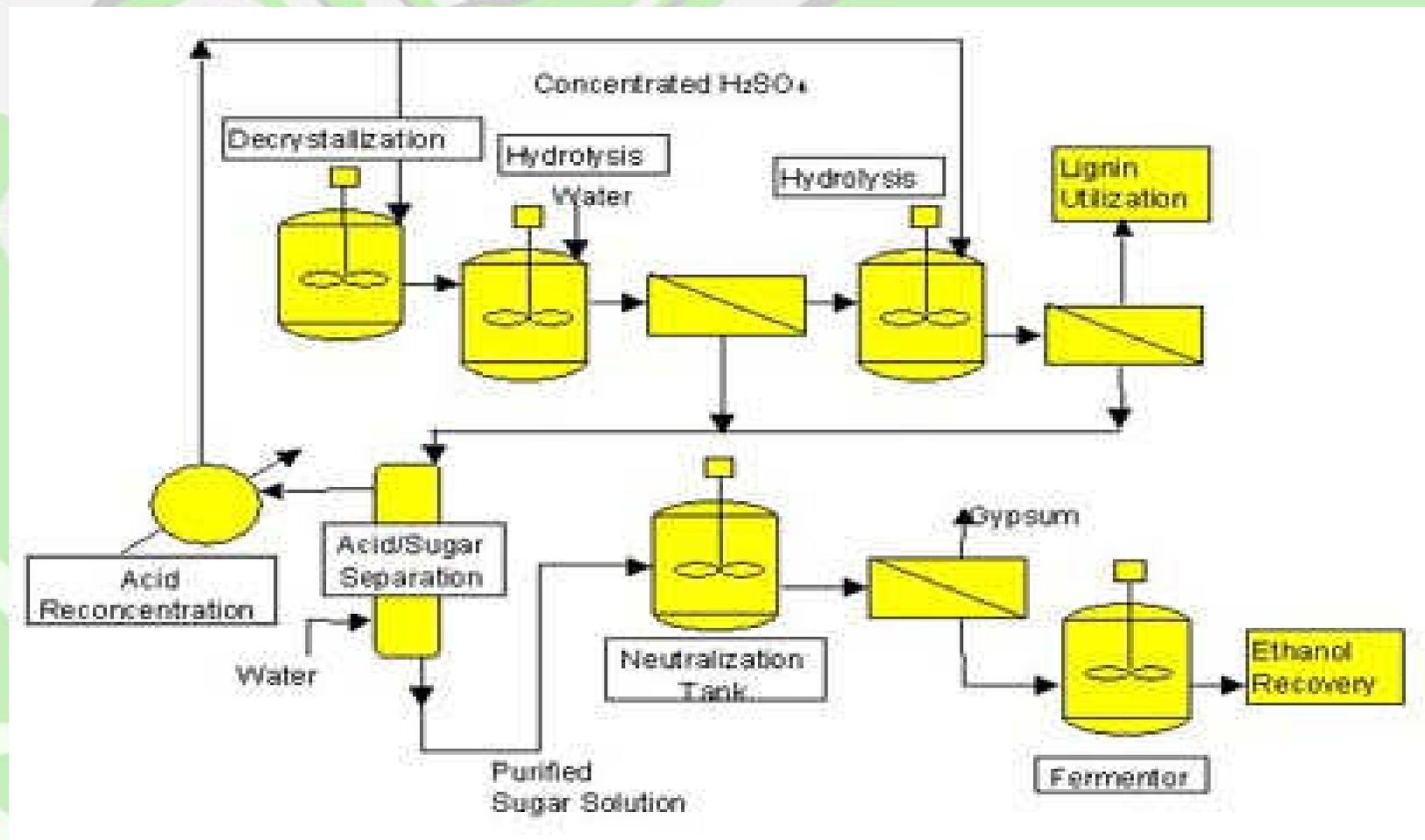
Proceso logen

logen es una empresa canadiense fundada en los años 70. Han desarrollado un proceso para paja/madera para la obtención de etanol de lignocelulosa y la producción y márketing de enzimas para varias aplicaciones. logen es la única compañía canadiense productora de enzimas industriales. El proceso consiste en una hidrólisis enzimática para transformar el material lignocelulósico en etanol. El aspecto esencial de esta tecnología lo conforma el tratamiento previo de auto-hidrólisis rápida (steam treatment). logen posee patentes de ciertos aspectos del proceso de auto-hidrólisis rápida y la producción de enzimas en Canadá y otros países.

Proceso ALKENOL

Consiste en la hidrólisis de la biomasa lignocelulósica, empleando ácidos concentrados.

Se basa en la decristalización de la celulosa provocada por los ácidos concentrados, seguida por la hidrólisis de los azúcares con ácidos diluidos hasta cerca de los rendimientos teóricos



Proceso ACOS (Acid Catalized Organosolv Sacharification) (ACOS 2006)

Para la obtención de bioetanol a partir de maderas y bagazo de caña de azúcar. Combina la hidrólisis con ácido diluido con el organosolv. Logra la hidrólisis y disolución total de los carbohidratos presentes en la biomasa lignocelulósica (celulosa y hemicelulosas) y extracción de la lignina. El rendimiento total es de más del 98%. No se generan inhibidores de la fermentación. Las pentosas y glucosa, se pueden fermentar a etanol, o emplearse como materia prima para otros productos (biorefinería).

Como solvente se emplea la acetona. El proceso se puede aplicar a cualquier material lignocelulósico, incluyendo el papel reciclado y residuos forestales y de cosechas. Es de gran flexibilidad. Puede producir una gran variedad de productos como Etanol, ácido láctico, xilitol, lignosulfonato, fertilizantes, CO₂, ceras y otros productos.

La capacidad propuesta de una planta de esta tecnología es de 350 t/d (base seca) de biomasa lignocelulósica. Refieren que se puede obtener etanol a un costo menor de 0,20 USD/l.

Las vinazas

La producción de etanol genera grandes cantidades de vinaza, que tiene varias aplicaciones. Sin embargo, al incrementarse la producción de etanol, va a ser difícil buscar mercado para los posibles productos, por lo que será necesario disponer de manera adecuada la vinaza, para que no constituya un problema medioambiental.

Problemas de la obtención de etanol a partir de biomasa lignocelulósica

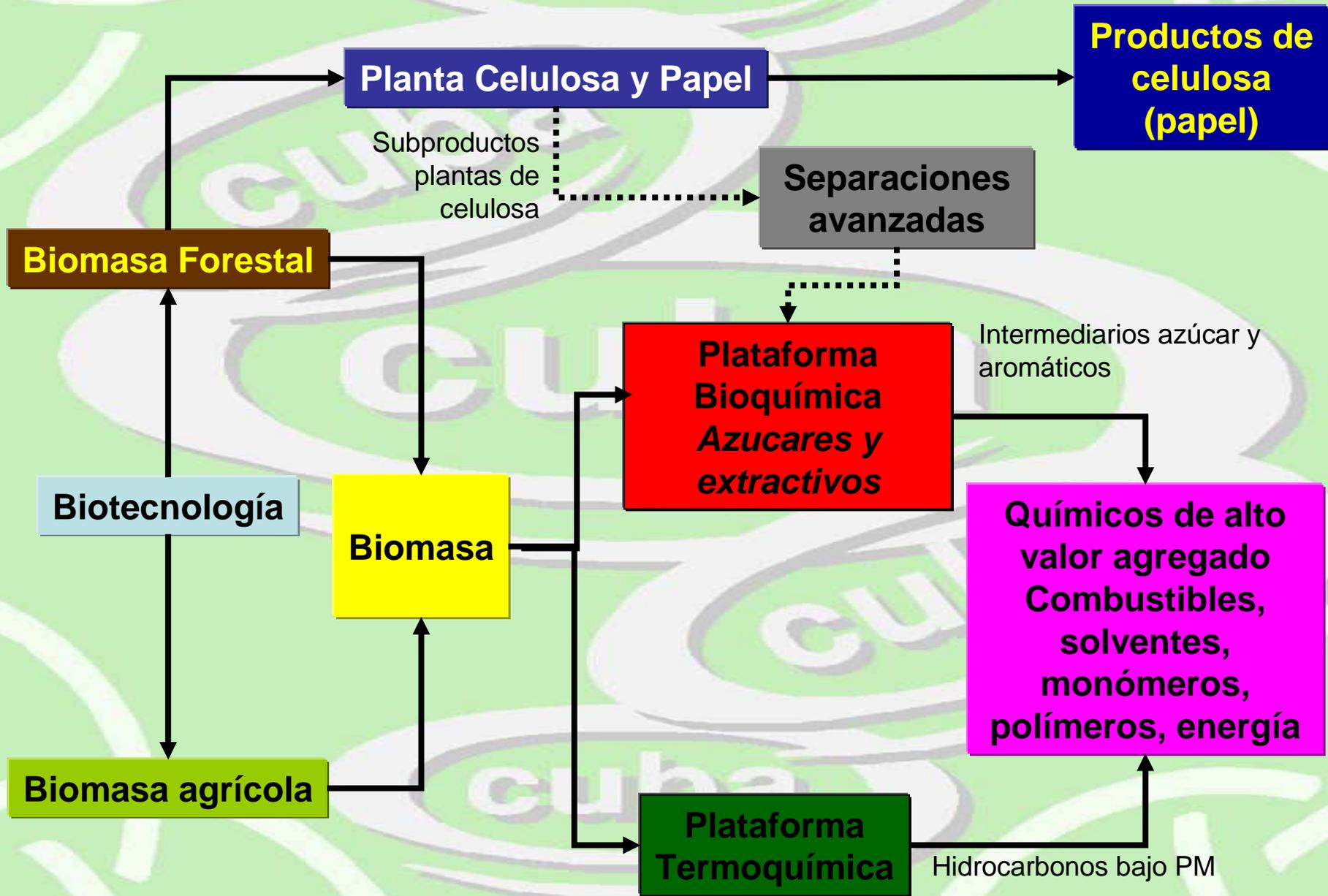
- ❑ A pesar de la gran disponibilidad de materiales y residuos lignocelulósicos, es decisivo el proceso de recolección, manipulación, almacenamiento y preparación del material, así como su concentración en t/ha.año. Estos aspectos pueden hacer o no un proceso viable.**
- ❑ Existen varias posibilidades de pretratamiento, los cuales en general no se han optimizado.**
- ❑ El proceso de fermentación de las pentosas de las hemicelulosas en etanol no es viable aún por el costo elevado de las enzimas requeridas.**
- ❑ No está clara qué solución darle a la lignina presente en los materiales lignocelulósicos, que constituyen el 25% aproximado del material.**
- ❑ Esta situación crea un problema adicional, ya que un proceso donde se produzcan varios productos, requiere tener un mercado seguro para todos, a fin de evitar acumulaciones de uno de ellos o crear un nuevo residual.**
- ❑ El costo actual del etanol obtenido por esta vía es en la actualidad superior al de los procesos con azúcares y granos.**

Biorefinería

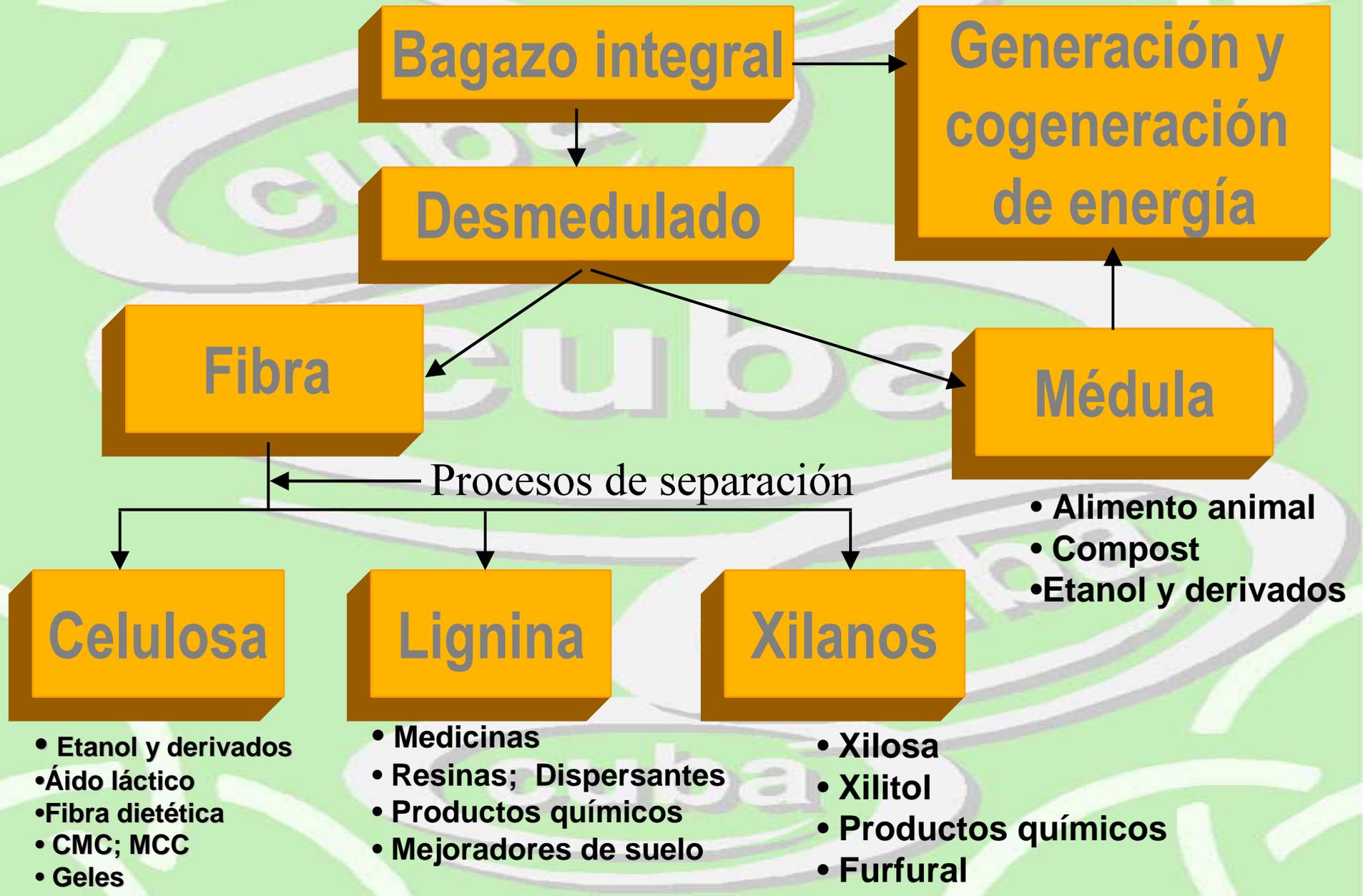
Base de la nueva Bioindustria.

Similar, en concepto, a la refinería del petróleo pero basada en la conversión de biomasa en lugar de crudo.

Una biorefinería es una planta que integra procesos de conversión de biomasa y equipos para producir combustibles, energía y químicos



Ciclo integrado de la utilización del bagazo en la obtención de productos de alto valor agregado



Estrategia de los principales productores de etanol con respecto al empleo de biomasa lignocelulósica

E. U.

En el 2009 deben iniciar sus operaciones varias instalaciones demostrativas en varios Estados, empleando pajas de cereales, residuos de mazorcas, astillas y otros residuos forestales. Están disponibles grandes recursos financieros para las investigaciones e innovaciones en este campo.

La producción comercial a gran escala se espera comience en el 2011. Las tecnologías empleadas serán semejantes a la Sun Opta. Las enzimas serán suministradas por Novozymes.

Brasil

Tienen varios proyectos en ejecución, financiados fundamentalmente por PETROBRAS. Trabajan desde el 2001 en un proyecto conjunto con Canadá.

Novozymes, firmó en el 2007 un acuerdo de desarrollo con CTC, el Centro tecnológico de la industria de la caña de azúcar brasileña. donde aportará la tecnología enzimática para el desarrollo de bioetanol a partir de bagazo.

El IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), reporta los estudios que realizan sobre la conversión de biomasa en etanol por el proceso de gasificación. La tecnología permite el aprovechamiento de toda la biomasa de caña, por medio de la conversión en gas y posterior liquefacción del gas en etanol.

China

La firma SunOpta, también construirá una planta demostrativa para la producción de etanol a partir de residuos lignocelulósicos en China, en un acuerdo de desarrollo conjunto con la Corporación China de Fuentes de Alcohol (CRAC) y la firma Novozymes.

Consideraciones finales

- ❑ El etanol como combustible automotor tiene aspectos relacionados con su impacto medioambiental que no están aún bien definidos. En especial los productos de su combustión, la disposición de las vinazas y del CO₂ producido.
- ❑ El crecimiento en la producción de etanol para cubrir las demandas crecientes solamente podrá ser posible a partir de la biomasa lignocelulósica.
- ❑ La recolección, manipulación, almacenamiento y preparación del material, así como la concentración del mismo en t/ha.año, son aspectos fundamentales para la viabilidad del proceso.
- ❑ El bagazo y la paja de caña constituyen materiales lignocelulósicos con perspectivas para la obtención de etanol, teniendo en cuenta su disponibilidad y concentración en t/ha.año.
- ❑ Las tecnologías de obtención de etanol a partir de biomasa lignocelulósica no están optimizadas en la actualidad y no compiten aún económicamente con las tradicionales. La fermentación de las hemicelulosas y la disposición de la lignina no están resueltas.
- ❑ ¿Por cuántos años será viable el empleo de la gasolina como combustible automotor?
- ❑ Las necesidades de financiamiento para I+D e inversiones son considerablemente elevadas

cuba

