

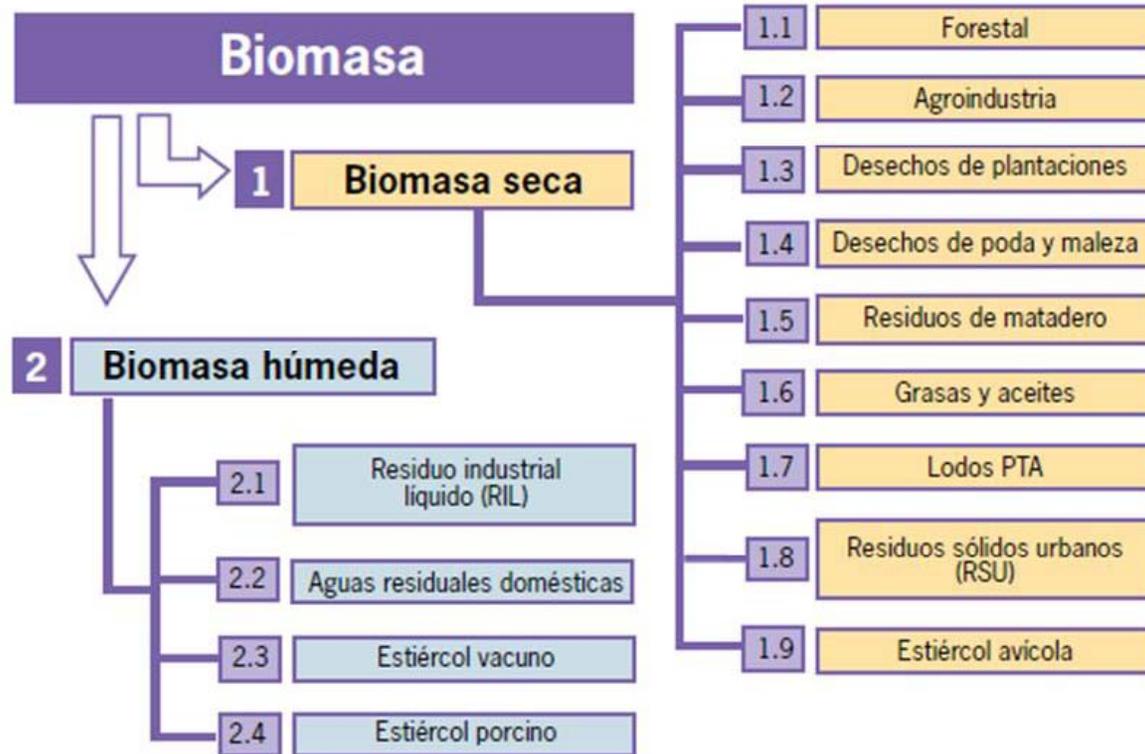


TRANSFORMACIONES BIOQUÍMICAS DE LA BIOMASA. EXPERIENCIAS EN CHILE Y SU IMPACTO EN LA MATRIZ ENERGÉTICA NACIONAL

René Carmona Cerda MSc.

Laboratorio Química de la Madera. Departamento de
Ingeniería de la Madera. Facultad de Ciencias
Forestales y Conservación de la Naturaleza.
Universidad de Chile

Clasificación de los distintos tipos de biomasa disponibles



BIOMASA SECA

Cultivos energéticos

Miscartus, Panicum, Salix, etc



Restos de cosecha

Residuos de Bosques, Agrícolas, etc



Subproductos orgánicos

Aserín, guano, etc

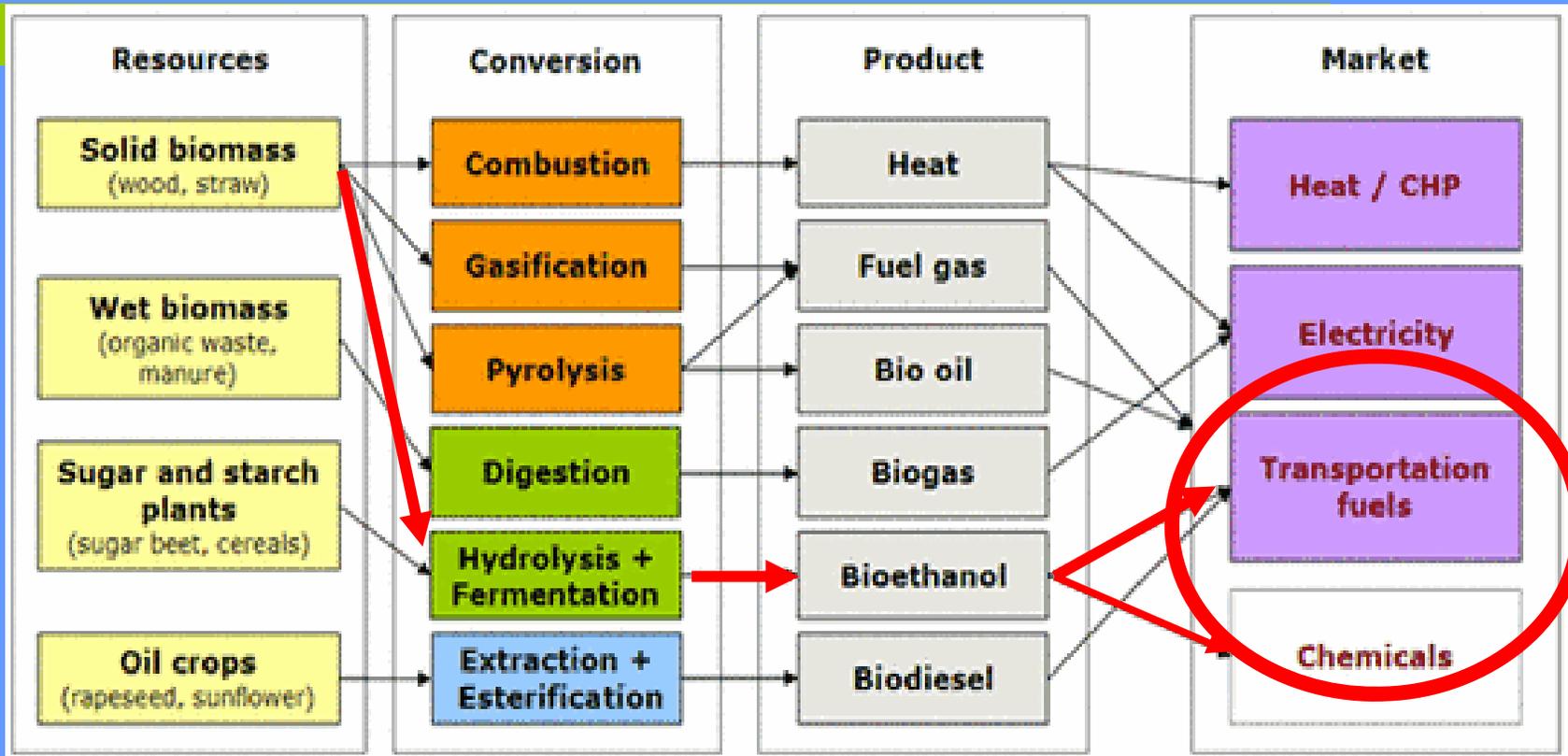


Desechos urbanos

Madera reciclada



RUTAS PARA LA TRANSFORMACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA



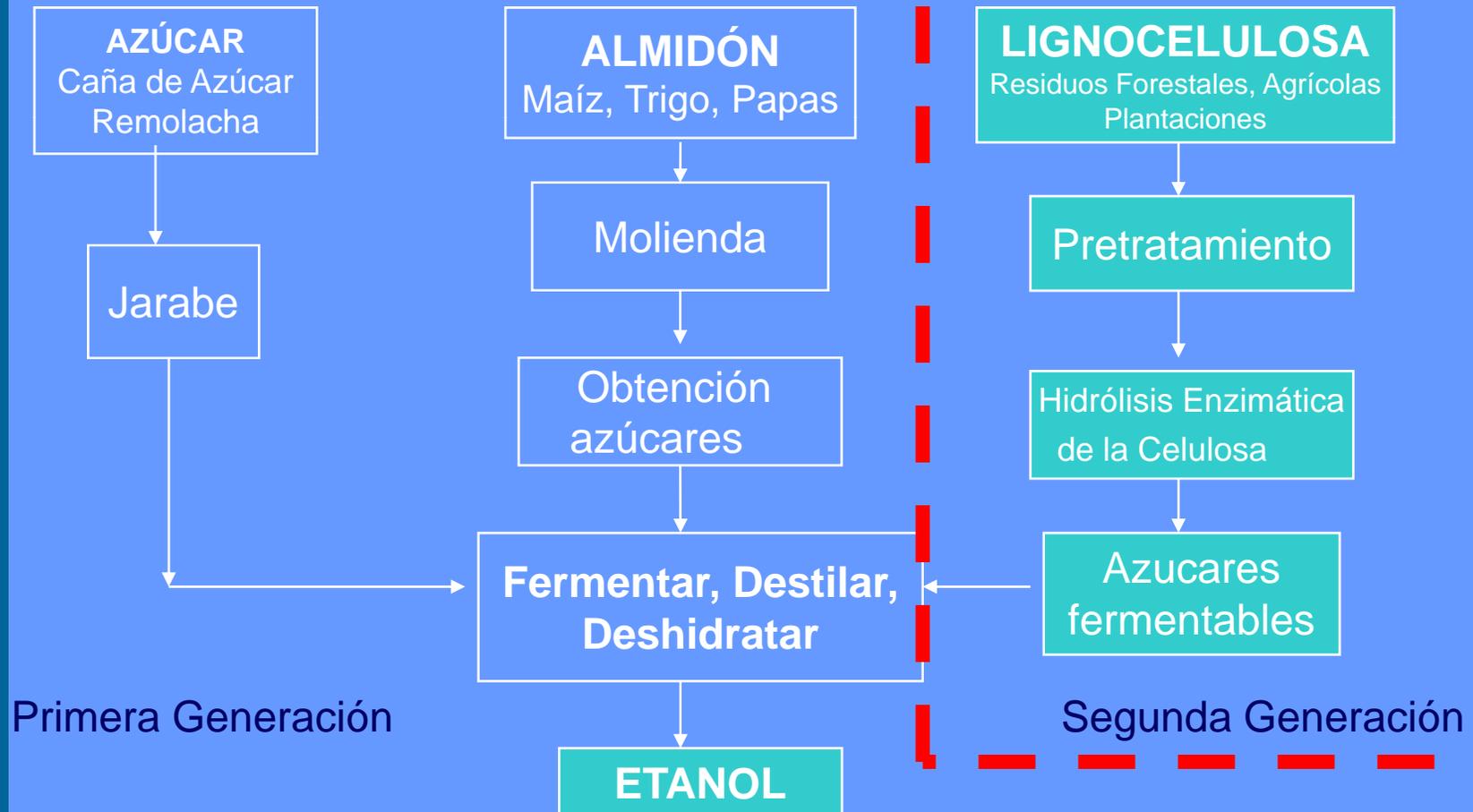
Biocombustibles

- DEFINICION:

Cualquier combustible que derive de organismos recientemente vivos o de sus desechos metabólicos, que pueden sustituir parte del consumo de combustibles fósiles tradicionales .

- Biodiesel → Sustituye al Diesel
- Biogás → Gas
- Bioetanol → Sustituye a las gasolinas

BIOMASA UTILIZADA EN LA PRODUCCION DE ETANOL



MATERIA PRIMAS

- Caña de azúcar, remolacha, almidón de maíz, trigo, papas y otros para el denominado bioetanol de Primera generación.
- Residuos Forestales, agrícolas, Industriales y Municipales.

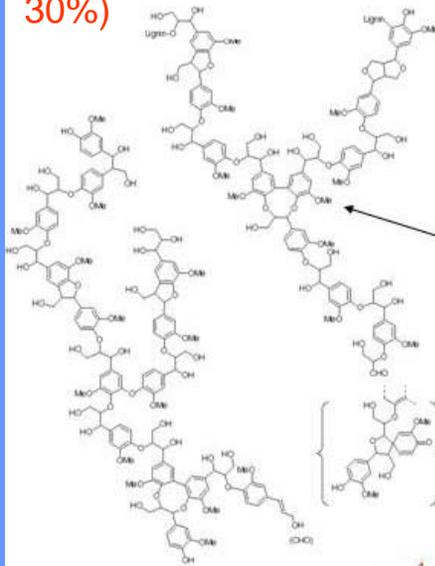
Para la conversión a partir de sacarosa y almidones – bioetanol de 1ª generación – , el proceso principalmente biotecnológico es una realidad industrial. No obstante, existe una fuerte competencia con la producción de alimentos.

La obtención de bioetanol a partir de lignocelulosas – bioetanol de 2ª generación – se encuentra en la etapa de escalamiento a nivel industrial con algunas tecnologías desarrolladas en países industrializados. No obstante, existen importantes esfuerzos de investigación y desarrollo de plantas piloto en las áreas de pre-tratamiento, sacarificación y fermentación enzimática de la biomasa, que haga más competitiva ésta tecnología en el mediano o largo plazo.

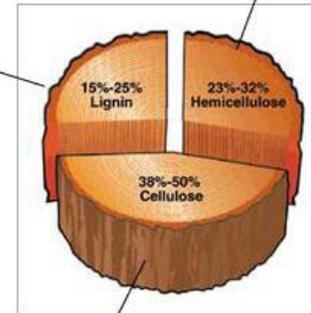
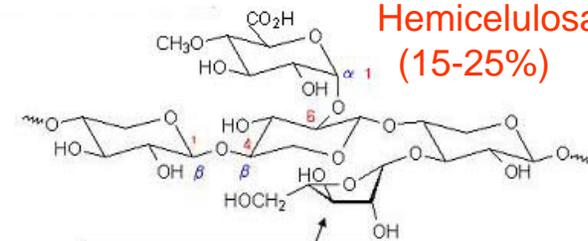
Caracterización de la Biomasa Lignocelulósica



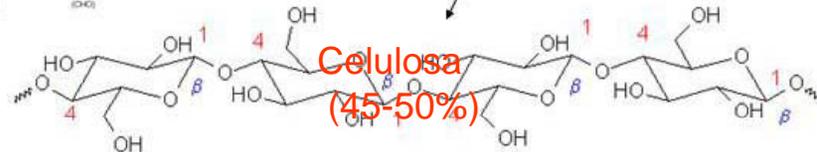
Lignina (15-30%)



Hemicelulosa (15-25%)



Celulosa (45-50%)

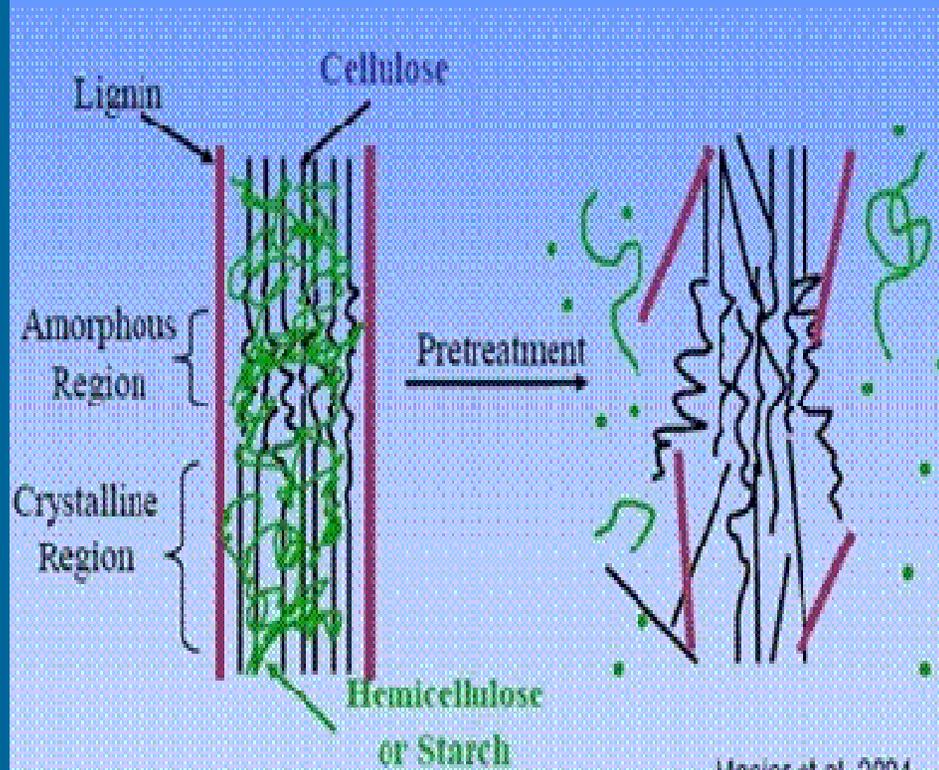


COMPOSICIÓN QUÍMICA % DE MATERIAS PRIMAS LIGNOCELULÓSICAS

FUENTE	Celulosa	Hemicelulosas	Pentosanos	Lignina	Cenizas
Coníferas	40 – 50	15 – 34	4 – 14	26 - 34	< 1
Latifoliadas	38 – 50	21 – 27	9 – 26	16 – 30	< 1
Bagazo de Caña	32 – 44	--	27 – 32	19 – 24	2 – 5
Bambú	26 – 43	--	15 – 26	21 – 31	2 - 5
Pelusa de Algodón	80 – 85	--	--	3 – 4	1 - 2
Paja de Trigo	28 – 36	23 – 28	25	12 – 16	15 – 20
Paja de Arroz	29 – 40	26 - 32	26	7 – 21	4 - 11

Pretratamiento

Objetivo: Liberar la celulosa de la compleja matriz de la pared celular

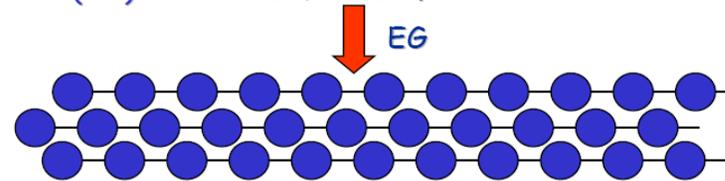


- Físicos
- Químicos (basados en ácido o alcali y organosolv)
- Físico-químico (steam explosion)
- **Biológico (Hongos de pudrición blanca)**

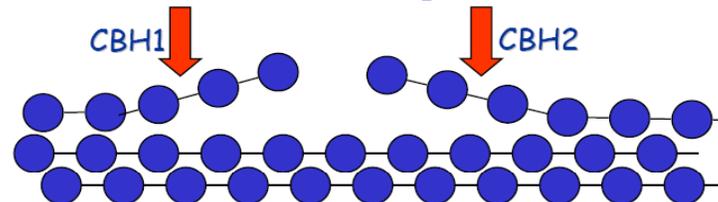
Mecanismo de hidrólisis de la celulosa por enzimas

T. reesei Cellulase Components

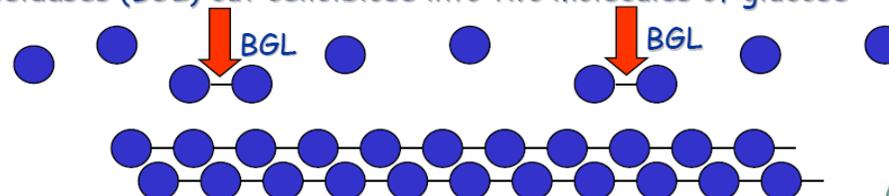
•Endoglucanases (EG) cut in the middle of the chain.



•Cellobiohydrolases (CBH) cut cellobiose (DP₂) from either end



•β-glucosidases (BGL) cut cellobiose into two molecules of glucose



Innovative by Nature™

EG



Desafíos

- La factibilidad económica del proceso aún no ha sido completamente demostrada. La clave para el establecimiento de un proceso comercial es una reducción en capital y costos de operación de cada una de las operaciones de la unidad.
- Desarrollo de reactores y procesos de bajo costo
- Procesos adaptados a la realidad nacional
- Integración avanzada de procesos para minimizar la demanda de energía
- Costo - Uso eficiente de la lignina.
- Las enzimas para la hidrólisis (celulasas) aún no son suficientemente eficaces. Se necesitan nuevos y adaptados cócteles de enzimas con actividades específicas mayores que las actuales enzimas comerciales, y más tolerantes a las duras condiciones de reacción.

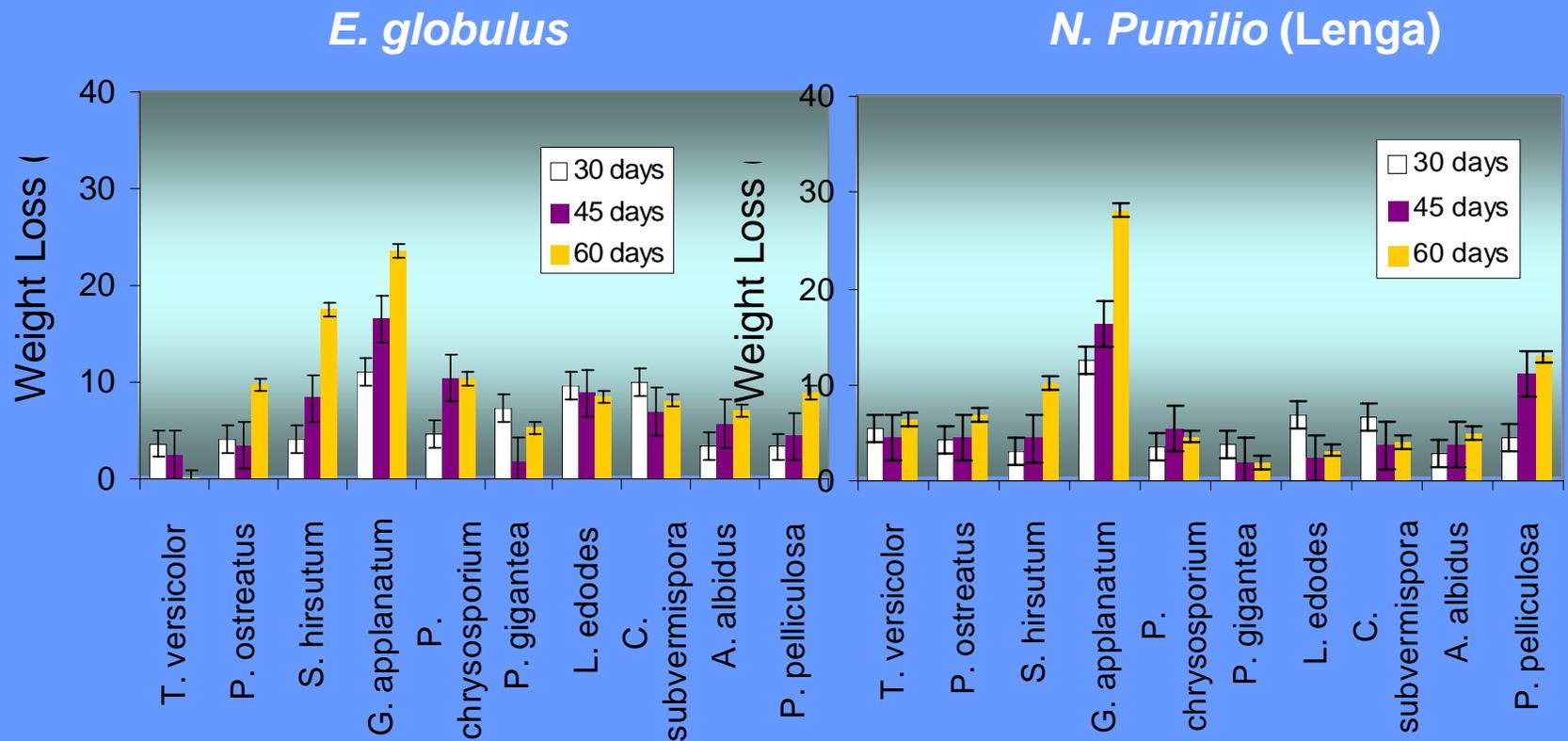
OPTIMIZACIÓN DEL TRATAMIENTO DE LIGNOCELULOSAS CON MIRAS A LA OBTENCIÓN DE BIOETANOL.

Proyecto Programa Domeyko-Energía
V.I.D. Universidad de Chile.

OBJETIVOS:

1. Evaluación del pretratamiento biológico de materiales lignocelulósicos con hongos de pudrición blanca como un paso previo a la hidrólisis de la celulosa.
2. Aumentar la conversión de celulosa a azúcares fermentables, usando celulasas recombinantes, previamente aisladas de hongos y optimizadas por ingeniería de proteínas.
3. Evaluación comparativa de los rendimientos etanol de diferentes sustratos lignocelulósicos (residuos de madera y agrícolas), usando HPB combinados con las enzimas mejoradas.

Pretratamiento Fungoso



Pretratamiento

9 WRF, 1 BRF
30, 45 and 60 days
25 °C

**Pretratamiento
fungoso**

**Pretratamiento
Ac. Sulfúrico
diluido**

H₂SO₄ 1-1,25 %
120 °C, 60 min,
neutralization, wash



Celluclast 1.5 L, Novozyme
188) 25 FP IU/ml, 48 hrs 50 °C

**Hydrólisis
Enzimática**

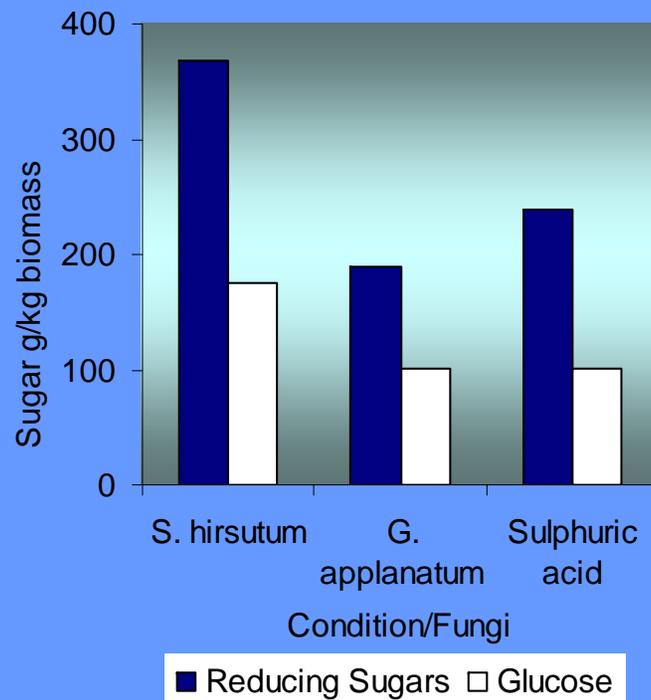


**Azúcares
reductores**

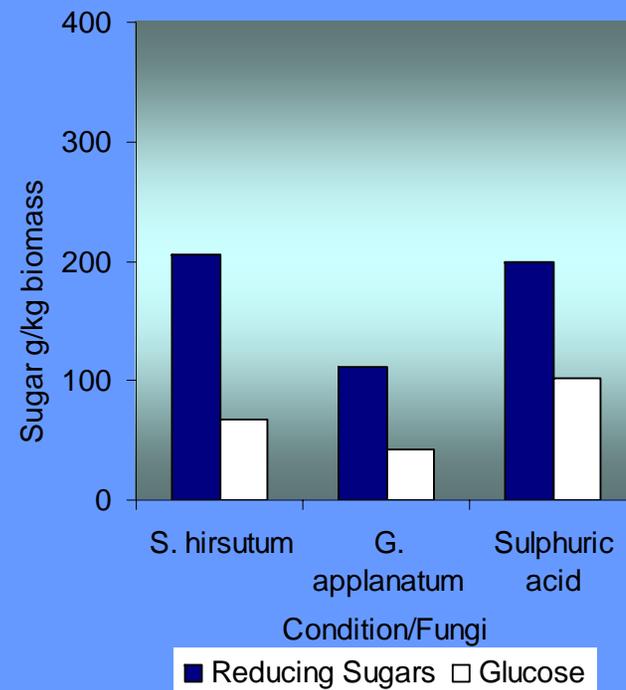
Glucosa

Eficiencia de la Hidrólisis Enzimática post Pretratamiento Fungoso

Eucalyptus globulus



Nothofagus pumilio



Eficiencia de la Hidrólisis Enzimática post Pretratamiento Fungoso

- Pretratamiento con los hongos *Ganoderma applanatum* y *Stereum hirsutum* parece ser una alternativa viable, al menos para Lenga and Eucalyptus; Es necesario un mejoramiento.
- Han sido identificados nuevos genes de endoglucanasas y cellobiohidrolasas diferentes de las enzimas comerciales de *Trichoderma*. Las propiedades bioquímicas necesitan ser caracterizadas.

Experiencias en Chile

- Un estudio publicado por la Oficina de Estudios de Políticas Agrarias ODEPA (UFSA) . Señala la factibilidad de producir biocombustibles a partir de granos sin cambiar el destino de consumo de la actual producción. Siendo los de mayor interés el maíz y el raps para bioetanol y biodiesel respectivamente.
- El potencial agrícola permitiría sustituir por etanol de maíz el 3% de la demanda de gasolina estimada para el 2010 (3.232 MM³) y por biodiesel de raps el 5% de la demanda de diesel (4.832 MM³).
- el Ministerio de Economía y la Comisión Nacional de Energía (CNE) generaron las normas técnicas para regular el uso de biocombustibles, las cuales permiten un 5% de máximo de ellos en la mezcla.

Experiencias en Chile

- Investigación y desarrollo de un paquete tecnológico para producir etanol a partir de álamos híbridos d07i1078 XV Concurso investigación y Desarrollo (i+d) 2007 U. C. Temuco
- Genética funcional de la producción de biomasa en árboles. Cooperación Internacional Chile-Finlandia. Universidad Andrés Bello. Centro de Biotecnología Vegetal CCF-01
- Producción de biogás como combustible para transporte. Cooperación Internacional Chile-Finlandia. Universidad de Concepción. Departamento de Ingeniería Química CCF-02
- **Procesos óptimos para el tratamiento de materiales lignocelulósicos para la producción de bioetanol. Cooperación Internacional Chile-Finlandia Universidad de Chile. Centro de Ingeniería Bioquímica y Biotecnología (CIBYB) CCF-05**

Experiencias en Chile

- Biocombustibles y biomateriales activos en base a polisacáridos: Producción sustentable e integrada con procesos de celulosa y papel. (POLYSMART) Cooperación Internacional Chile-Finlandia. Universidad de Concepción. Laboratorio de Recursos Renovables (LRR), Centro de Biotecnología CCF-07
- Biogás como fuente de ERNC: Oportunidades y Desafíos. Talleres de Articulación Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Escuela de Ingeniería Bioquímica TDA-48
- TPI-16 Incremento de la productividad en la producción de biodiesel con catalizadores enzimáticos, incorporando lípidos residuales en mezcla con aceite de raps. Universidad de la Frontera

Experiencias en Chile

- Production of Biodiesel From Guindilla (Valenzuela Trinervis) Fac.de Ingeniería Pont. Univ. Católica De Chile 934781080117 COI-EXTRE
- Development Of An Enzymatic Membrane Reactor (Emr) For High Refined Biodiesel Production. Fac.de Ingeniería, ciencia Y Administración Univ. de La Frontera 1090382 COI
- Whole Cell Bioreactor To Produce Biodiesel From Rapeseed Oil. Fac.de Ingeniería, ciencia Y Administración Univ. de La Frontera 3080021 PATROC
- Synthesis Of Polyesters From Glycerol, A By-Product Of Biodiesel Production, And Adipic Acid. Inst. de Agroindustrias Univ. de La Frontera 3090072 PATROC
- Potential Production Of Biodiesel From Native Phytogenetic Resources As An Option For The Rehabilitation Of Degreded Mined Sites of Chile. Centro de Investigaciones Mineras y Metalúrgica 11085043IR.

Experiencias en Chile

- Microbiodiesel U. Católica de Temuco D08i1181
- Manejo Biotecnológico de Microalgas Oleaginosas Nativas para la Obtención de Biodiesel Universidad de Concepción. D07I1063
- Generación y uso de Gases Biogénicos en Chile como sustituto de Gas Natural (Sng). Universidad de Concepción. D07I1109
- Purificación de Biogás y Conversión de Dióxido de Carbono A Metano (Gas Natural), Mediante Procesos Bacterianos. Universidad de Chile. D07i1008
- Desarrollo de un paquete Tecnológico para producir Bioenergía a Partir de Algas. Universidad de Tarapacá D06i1099

Experiencias en Chile

- Optimización y Mejoramiento Biotecnológico de las Condiciones de Cultivo de la Microalga Verde *Botryococcus Braunii* para la Obtención de Bio-Hidrocarburos Universidad de Antofagasta. D06i1021
- Utilización de Brassica Napus para la Producción de Biodiesel: Desarrollo y Optimización del Proceso Universidad de La Frontera. D05i10391
- Se ha creado un consorcio, “ Bioenercel”, para el estudio y generación de condiciones para la creación de plantas demostrativa de Bioetanol de segunda generación 2008.
- Convocatoria Nacional de Consorcios Tecnológicos Empresariales de Investigación en Biocombustibles a partir de Micro y Macroalgas.2009

EXPERIENCIAS EN CHILE



ZONA	PROVINCIA	INICIATIVA	GESTORES
Árida y semi árida	Arica	Estudio: cultivar 1.500 ha de jatropha	Universidad de Tarapacá - Ministerio de Bienes Nacionales
	Iquique	Proyecto producción de biodiesel de microalgas	Universidad Arturo Prat - Innova-CORFO
Paralelos 18° al 32°	Elqui-Limarí-Choapa	Estudio introducción de la jatropha	INIA - Innova CORFO (en evaluación)
	Chacabuco	Planta de biogás a partir de paletas de tuna	Fundación Chile - Escuela Municipal de TIL TIL
Centro	Santiago	Elaboración de pellets de aserrín	EcoPellets S.A. - Fundación Chile - Empresarios privados
	Curicó	Biogás de los residuos de viñas	Vinicas
Paralelos 32° al 36°	Cachapoal	Etanol de maíz	Etanol del Pacífico S.A. Fase Idea
	Cachapoal	Biodigestores para los purines	Agrosuper
Sur y extremo sur	Ñuble	Estudio para la elaboración de etanol	Orafti Chile S.A. Fase Idea
	Bío-Bío	Biogás de purines de sala de ordeña	Liceo Agrícola de Negrete, ONG SERAPE, UTEH
	Bío-Bío	Etanol de topinambur	Bioelgerber - Universidad de Concepción - INIA Quilamapu. Fase Idea
	Cautín	Producción de biodiesel de raps	Universidad de La Frontera - Molino Gorbea - FONDEF - CORFO. Fase Idea
Paralelos 36° al 55°	Cautín	Producción de biodiesel de raps	Oleotop. Fase Idea
	Aysén	Estudio para elaborar etanol a a partir de nabo forrajero	INIA Tamel Aike. Fase Idea
	Magallanes	Estudio para elaborar biodiesel a partir de grasa animal	Empresa frigorífica. Fase Idea
País	Todas forestales	Elaboración vapor, electricidad	Empresas forestales

Fuente: CDEPA.

Áreas de impacto en la Matriz Energética

1. Diversificación de la Matriz Energética
2. Reducción de las emisiones de CO₂
3. Desarrollo de una Industria Nacional de Biorefinería sobre la base de biomasa lignocelulósica
4. Valorización de residuos de biomasa generalmente quemados
5. Identificación de las barreras técnicas y económicas para el establecimiento de una industria del etanol de residuos lignocelulósicos en Chile.
6. Contribuir a construir las bases para la oferta de etanol, la que debe estar disponible pronto en orden a incluirlo en las mezclas de combustibles para el transporte (2 a 5%).

Áreas de impacto en la Matriz Energética

Consumo de gasolina al 2010: 3.300.000 m³/año

Si se reemplaza el 5% por bioetanol : 165.000 m³/año

→ Si se utiliza MAIZ se necesitarían: 55.000 Hectáreas

→ 1/3 del área usada en el cultivo de MAIZ

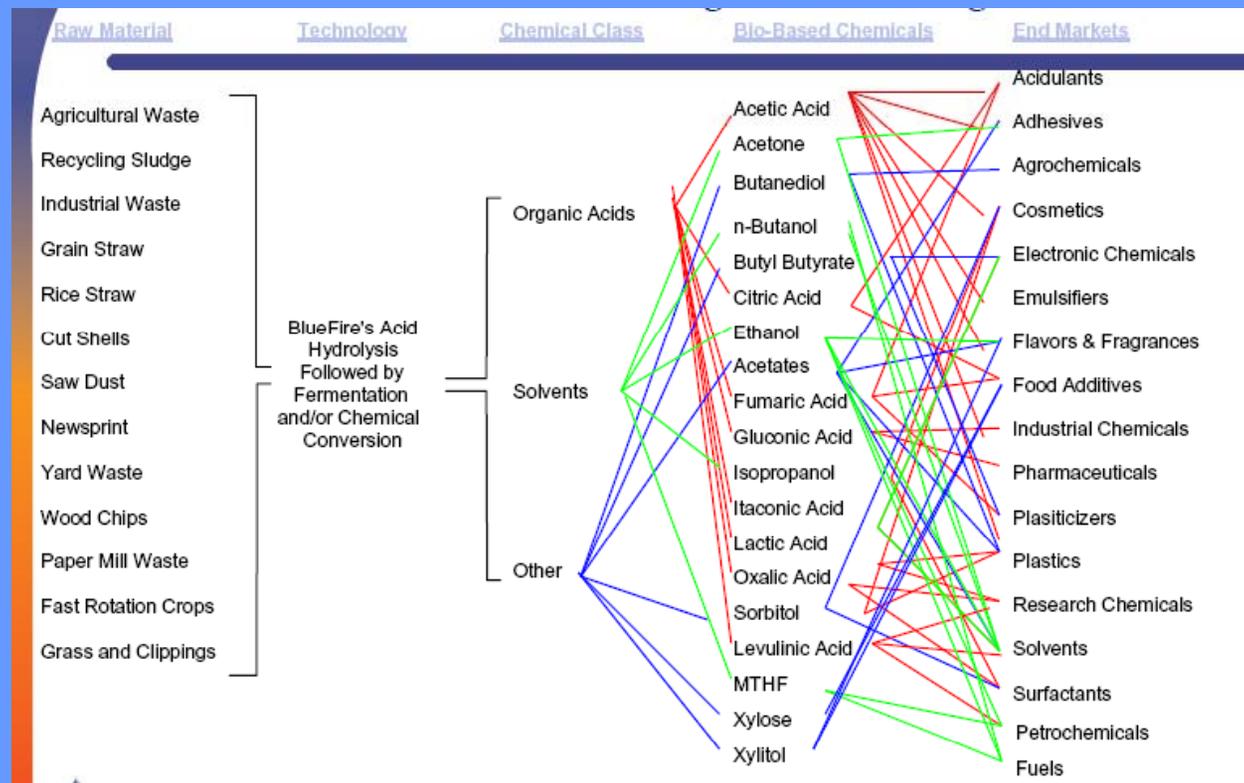
Si se reemplaza el 10% por bioetanol : 330.000 m³/año

- La disponibilidad de residuos lignocelulósicos puede abastecer sobradamente las necesidades de Bioetanol para la sustitución requerida, considerando una transformación de 300 litros de etanol por tonelada de biomasa lignocelulósica se requerirían 1.100 ton de residuos.

Otras áreas de impacto

- El desarrollo de una industria de biocombustibles a partir de biomasa promueve el desarrollo de actividades de Investigación desarrollo e Innovación en el aprovechamiento integral de los coproductos generados. Tales como: Glicerina, levaduras, Lignina y otros azúcares entre otros.

Biorefinería



Agradecimientos

- Dr M.E. Lienqueo
- Dr. O. Salazar
- Dr A. Garcia

Pretreatment and biomass characterization

Consuelo Fritz
Victoria Cortínez (Postgrad)
Ricardo Pezoa (Postgrad)
Pablo Santibañez

Economic assesment of bioethanol plant

Diego Schneuer
Roberto Sotomayor

Enzyme cloning and engineering

Alejandra Guerrero
Alejandro Salinas
Marcela Vega (Postgrad)
Iván Gajardo (Postgrad)
Javier Jofré (Postgrad)

Fermentation Process

Tomás Niklitschek



MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN

René Carmona Cerda MSc.

Laboratorio Química de la Madera. Departamento de Ingeniería de la Madera. Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza.

Universidad de Chile