



CURSO DE BIOECONOMÍA: GESTIÓN Y FINANCIACIÓN DE PROYECTOS DE BIOECONOMÍA

1ª SESIÓN: INTRODUCCIÓN A LA BIOECONOMÍA

Biorrefinerías: Estado actual y Desarrollo futuro

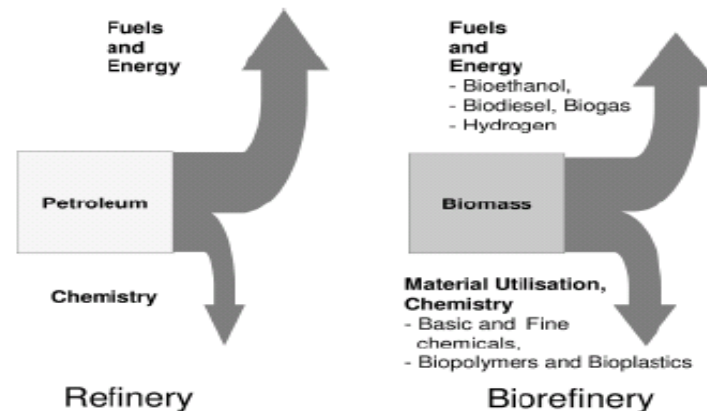
Mercedes Ballesteros

CIEMAT

Madrid, 18 de mayo de 2016

¿Por qué son importantes las biorrefinerías?

- Las refinerías convencionales transforman el petróleo en productos que pueden ser utilizados como combustibles de transporte, electricidad y productos químicos de alto valor añadido (aproximadamente el 5%).
 - Abastecimiento no sujeto a estacionalidad
 - Tecnologías optimizadas y maduras
- Necesidad de re-examinar la economía “petroquímica” por cuestiones ambientales (emisiones de CO₂), económicas (volatilidad en el precio) y políticas. (seguridad del suministro).
- Necesidad de avanzar hacia una bioeconomía que utilice materias primas biológicas renovables , ampliamente disponibles y a coste competitivo: BIOMASA



¿Qué es una Biorrefinería?

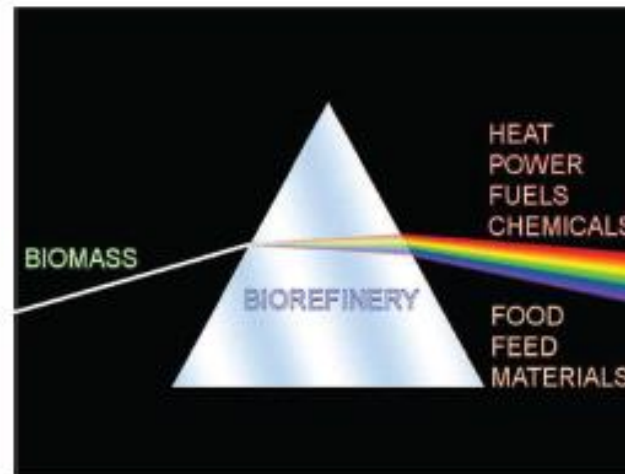
NREL: A biorefinery is a facility that integrates biomass conversion processes and equipment to produce fuels, power, and value-added chemicals from biomass. The biorefinery concept is analogous to today's petroleum refinery, which produce multiple fuels and products from petroleum. [En.wikipedia.org/wiki/Biorefinery](http://en.wikipedia.org/wiki/Biorefinery)

- Cluster of biobased industries producing chemicals, fuels, power, products, and materials. En: www.biorenew.iastate.edu/resources/glossary.php.
- US-DOE: A biorefinery is an overall concept of a processing plant where biomass feedstocks are converted and extracted into a spectrum of valuable products.
- NL: The separation of biomass into distinct components which can be individually brought to the market either directly after separation or after further (biological, thermochemical/chemical) treatment(s).
- Shell: Addition of Pure Plant Oil into traditional oil refineries

Definición de Biorrefinería

La tarea 42 de la Agencia Internacional de la Energía (Bioenergía) ha establecido la siguiente definición:

Biorefinery is the sustainable processing of biomass into a spectrum of marketable products and energy



Esto significa que...

La biorrefinería puede ser un proceso, una planta, una instalación o un grupo de instalaciones.

Materias primas

Azúcar/Almidón: *caña de azúcar, cereales*

Cultivos oleaginosos: *soja, colza, palma.*

B. Lignocelulósica: *residuos agrícolas y forestales*

Residuos industriales: *agroalimentaria, ganadera*

Tecnologías de conversión

Procesos físicos:
prensado, cristalización

Procesos térmicos:
pirólisis, gasificación

Procesos químicos:
catálisis clásica

Bioprocesos:
catálisis enzimática, fermentación

Productos

Energía: *calor, electricidad*

Fuels: *biodiésel, bioetanol, biogás, biobutanol*

Químicos: *ácidos dicarboxílicos*

Materiales: *polímeros*

Comparación de refinerías y biorrefinerías

	Refinería	Biorrefinería
Materia prima	<p>Relativamente homogénea.</p> <p>Bajo contenido en oxígeno. El peso del producto (mol/mol) generalmente aumenta con el proceso.</p> <p>Alto contenido en azufre</p>	<p>Heterogénea (carbohidratos, lignina, proteínas, aceites, extractivos, cenizas. Una gran parte de los componentes en forma polimérica (celulosa, almidón, proteínas, lignina).</p> <p>Alto contenido en oxígeno. El peso del producto generalmente disminuye con el proceso.</p> <p>Bajo contenido en azufre Alto contenido en inorgánicos (silicio).</p>
Composición de los componentes elementales	Etileno, propileno, metano, benceno, tolueno, xileno, isómeros.	Glucosa, xilosa, ácidos grasos (oleico, esterárico, etc.)
Procesos de conversión	<p>Casi exclusivamente procesos químicos. Procesos relativamente homogéneos para llegar a los building blocks.</p> <p>Craqueo por vapor, reformado catalítico. Amplio rango de conversiones químicas.</p>	<p>Combinación de procesos químicos y biológicos. Procesos relativamente heterogéneos para llegar a los building blocks.</p> <p>Pequeño rango de procesos químicos de conversión. Deshidratación, hidrogenación, fermentación.</p>
Productos intermedios a escala comercial	Muchos	Pocos pero aumentando: etanol, butanol, furfural, biodiesel, butiratos, ácido láctico, ac. succínico.

Limitaciones/Desafíos tecnológicos

- Demostrar el potencial para el escalado e integración de las nuevas tecnologías dentro de las existentes.
- Crear confianza en los usuarios finales en el uso de los bioproductos y biomateriales que se obtengan en las biorrefinería.

Petroquímica:

- Simple: Compuestos reducidos
- Procesos optimizados y muy maduros
- Los usuarios finales los conocen y confían

VS

Biomasa:

- Complejos: Compuestos químicos oxidados.
- Procesos emergentes y tecnologías no optimizadas
- Hay que crear confianza en los usuarios finales

Requisitos de la Biorrefinería

Principal eje impulsor : **LA SOSTENIBILIDAD**

Implicaciones ambientales , económicas y sociales de toda la cadena de valor y todo el ciclo de vida (construcción, operación y desmantelamiento). Deben considerarse :

- Posibles consecuencias debido a la competencia con los alimentos
- El impacto en el uso y calidad del agua
- Cambios en el uso de la tierra
- Balance de carbono en el suelo y fertilidad
- Balance neto de GEI
- Impacto sobre la biodiversidad
- Eficiencia energética
- Impactos sobre las dinámicas regionales nacionales e internacionales de los mercados
- Necesidades de los consumidores
- Viabilidad de la inversión

**LA EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD NO ES UN NÚMERO ABSOLUTO
EN COMPARACIÓN CON LOS SISTEMAS CONVENCIONALES QUE PROVEEN EL MISMO
PRODUCTO/ SERVICIO**

Requisitos de la Biorrefinería

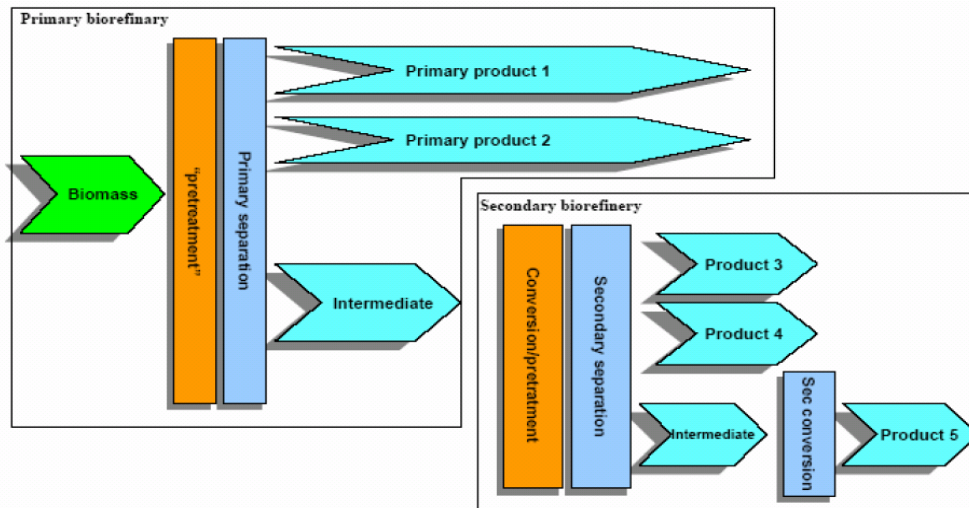
Debe considerar los procesos de UP, MID y DOWNSTREAM

- Puede utilizar todo tipo de biomasa: Forestal, agrícola, acuática, residuos domésticos e industriales .
- Procesos de conversión muy diversos: Pretratamiento mecánicos (extracción, fraccionamiento, separación), conversiones termoquímicas, químicas y biológicas (enzimáticas y microbianas)

NO ES UN CONCEPTO NUEVO: Muchas de las tecnologías de transformación de la biomasa (industria del azúcar, almidón, pulpa y papel) pueden ser consideradas incipientes biorrefinerías. Sin embargo, aspectos ambientales (calentamiento global) y económicos (eficiencia energética, gestión de residuos) están conduciendo a estas industrias a abordar mejoras en los procesos.

ESTO DEBE CONDUCIR A MEJORAR LOS ASPECTOS DE INTEGRACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE TODOS LOS SUBSISTEMAS DE LA BIORREFINERÍA

Representación esquemática del concepto de Biorrefinería



- Debe producir un amplio espectro de productos comercializables (volumen y precio competitivo).
- Los productos pueden ser productos finales o intermedios e incluyen alimentos, piensos, materiales, sustancias químicas., combustibles, electricidad y calor.

Clasificación de las Biorrefinerías

Se han clasificado en base a diferentes criterios::

- Grado de desarrollo tecnológico: Convencionales, Avanzadas, Primera, Segunda o Tercera generación.
- Tipo de materia prima utilizada: oleoquímicas, lignocelulósicas, de cultivo completo, biomasa marina/acuática
- Tipo de productos intermedios: plataforma de gas de síntesis, plataforma de azúcares.
- Tipo principal del proceso de conversión: termoquímicas, bioquímicas, mixtas.

Criterios de Clasificación

PLATAFORMAS: Productos, Materias primas y procesos de conversión.

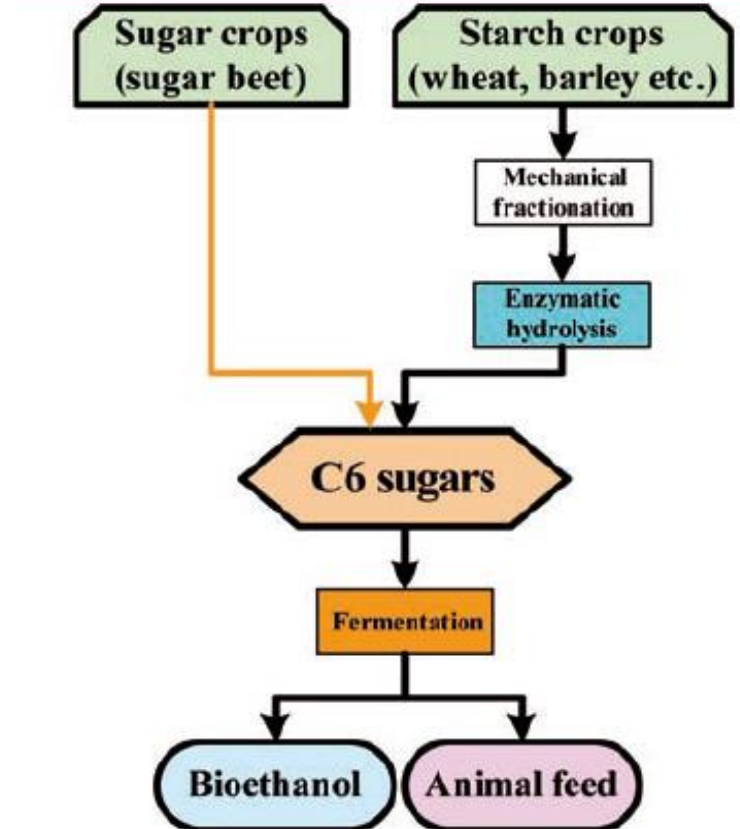
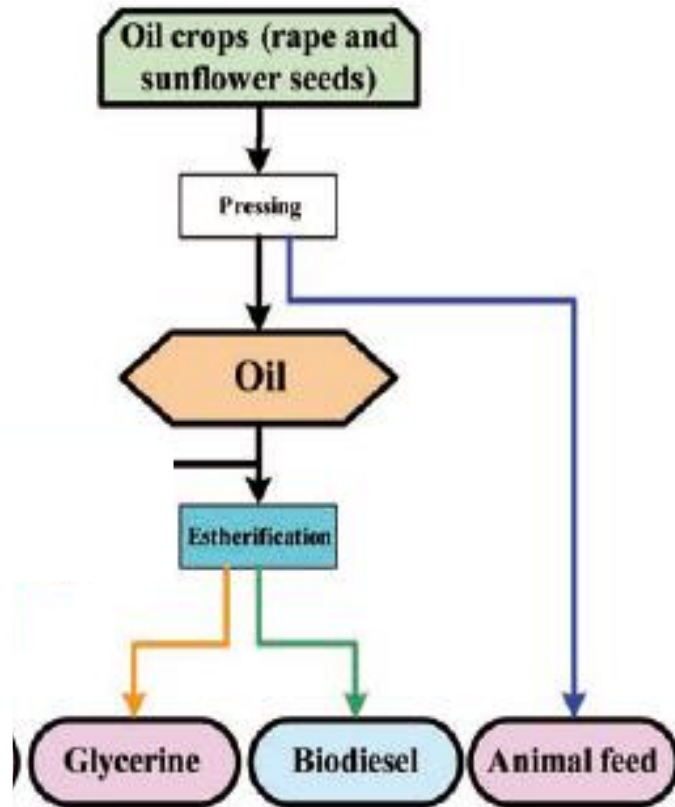
MATERIAS PRIMAS: Cultivos azucarados, amiláceos, oleaginosos, forestales o residuos (agrícolas, forestales, industriales).

PROCESOS DE CONVERSIÓN: Mecánicos (fraccionamiento, prensado, reducción de tamaño), Bioquímicos, (enzimáticos y fermentativos), Termoquímicos (gasificación pirólisis), Químicos (hidrólisis ácida, síntesis, esterificación),

PRODUCTOS: Intermedios; Azúcares (C5/C6), gas de síntesis, biogás, ...que son comunes a diferentes sistemas de biorrefinerías y procesos.
Finales: Energía (bioetanol, biodiesel, biocombustibles sintéticos, productos (químicos materiales, alimentación, piensos).

COMPLEJIDAD: Número de plataformas involucradas

Biorrefinerías Primera Generación



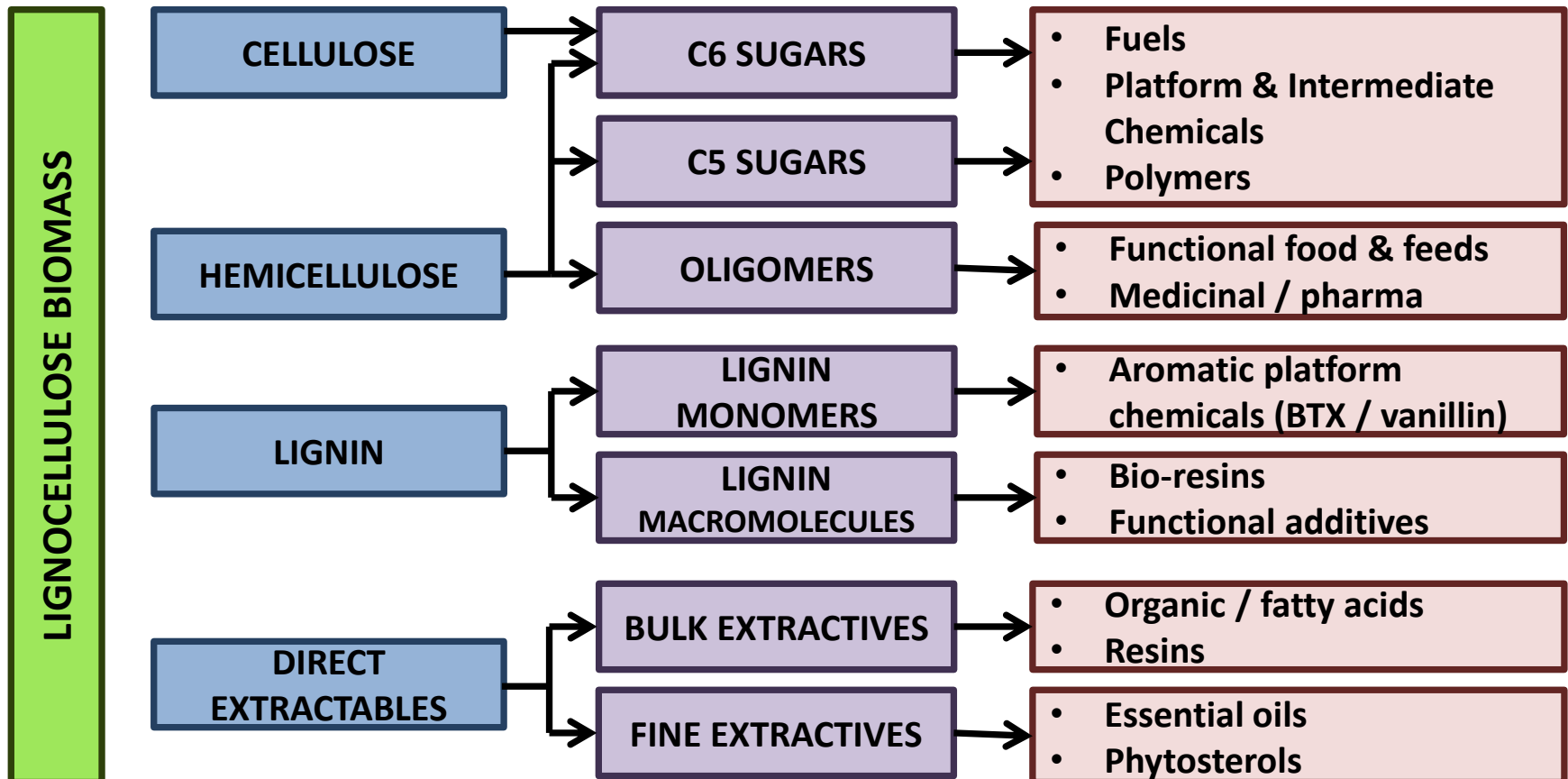
Limitaciones de las Biorrefinerías 1G

- Generan grandes volúmenes de subproductos que tienen valor comercial limitado (alimentación animal, energía).
- Baja productividad comparado con sus equivalentes petroquímicos que obtienen diferentes variedades de productos y utilizan ~100% of la materia prima.
- Requieren materias primas ricas en azúcar, almidón, aceites, que pueden entrar en competencia con el sector alimentario (cereales, semillas, oleaginosas).

Se han desarrollado en el marco de legislaciones de promoción y tratamiento fiscal favorable a los biocombustibles

Biorrefinerías de Segunda Generación

- Gran diversidad de productos (similar a las refinerías de petróleo) a partir de materias primas biomásicas sostenibles.
- Nuevas especies vegetales, aceites microbianos, lignocelulosa.



Ventajas de las Biorrefinerías 2G

- Valorización completa de todos los componentes, por lo tanto:
 - *Permiten el uso óptimo de los recursos disponibles*
 - *Generan mayor retorno económico*
- Integración de múltiples procesos que conduce a competitividades alineadas por las refinerías petroquímicas.
- Permiten usar materias primas más sostenibles (agrícolas, forestales, residuos industriales)
- Viabilidad a pequeña y mediana escala:
 - *Configuración flexible*
 - *Desarrollo rural*

Valor potencial de la biomasa lignocelulósica

EXISTING - FIRST GENERATION BIOREFINERY				
Total Potential Value of Lignocellulose Biomass				
	Product Stream	Mass (kg tonne⁻¹)	Value (€ kg⁻¹)	Value / tonne €
C	Bio-Ethanol	400	0.6	240
HC / L	Animal feed or energy production	520	0.06	32
Ex	Bulk Extractives	75	2	150
Ex	Fine Extractives	5	50	250
	TOTAL	1000		€672

FUTURE - INTEGRATED BIOREFINERY				
Total Potential Value of Lignocellulose Biomass				
	Product Stream	Mass (kg tonne⁻¹)	Value (€ kg⁻¹)	Value / tonne €
C	Bio-Ethanol	400	0.6	240
HC	Oligomers	50	70	350
HC	Bio-Ethanol	250	0.6	150
L	Macromolecules	100	2	200
L	Bulk Chemicals	100	0.6	60
L	Fine Chemicals	20	5	100
Ex	Bulk Extractives	75	2	150
Ex	Fine Extractives	5	50	250
	TOTAL	1000		€1500

Biomass Feedstocks

Intermediate Platforms

Building Blocks

Secondary Chemicals

Intermediates

Products/Uses

Starch

Hemicellulose

Cellulose

Lignin

Oil

Protein

Biobased Syn Gas

Sugars
Glucose
Fructose
Xylose
Arabinose
Lactose
Sucrose
Starch

SG

C2

C3

C4

C5

C6

Ar

Direct Polymers & gases

- H₂
- Methanol
- Mixed alcohols
- Higher alcohols
- Oxo synthesis products
- iso-synthesis products
- Fischer-Tropsch Liquids

- Glycerol
- Lactic
- 3-Hydroxy-propionate
- Propionic acid
- Malonic acid
- Serine

- Succinic acid
- Fumaric acid
- Malic acid
- Aspartic acid
- 3-Hydroxy-butyrolactone
- Acetoin
- Threonine

- Itaconic acid
- Furfural
- Levulinic acid
- Glutaric acid
- Cyanoic acid
- Xylitol/Arabinol

- Citric/Aconitic acid
- 1,5-Hydroxynonyl-furfural
- Lysine
- Glucuronic acid
- Glucuronic acid
- Sorbitol

- Galic acid
- Ferulic acid

- Aromatization, hydrogenation products
- Methyl esters, Formaldehyde, Acetic acid, Dimethyl ether, Dimethyl carbonate, Methyl acetate, STBE, celvol, gasoline
- Linear and branched T alcohols, and mixed higher alcohols
- Oxole hydroformylation products: aldehydes, alcohols, acids
- iso-C4 molecules, isobutene and its derivatives
- o-xylene, gasoline, waxes, diesel

- Permeation products, Propylene glycol esters, 1,3-PDO, diols, epoxy alcohol, diisobutene, epoxides
- Acrylates, 1,2-epoxy glycol, trimers, Polyesters, Lactide
- Acrylates, Acrylamides, Esters, 1,3-Propanediol, Malonic acid and others
- Regiois, propargyl, acrylate
- Phenols, intermediates
- 2-amino-1,3-PDO, 2-aminoethanol, (amino-3AP)

- Diols, 1,4-Butanediol, 1-butanol, ethylene glycol, esters, diamines, 4,4-Bis(4-hydroxybutyl) acid
- Urea/urethane/urea derivatives (see above)
- Hydroxy succinate derivatives (above), hydroxybutyrolactone
- Amino succinate derivatives (see above)
- Hydroxybutyrate, epoxy-butyrolactone, lactonic acid
- Butanediols, isomers

- Diols, lactone derivatives, isobutanol
- Methyl succinate derivatives (see above), unsaturated esters
- Nonyl furf derivatives
- 3-aminovalerate, 2-Methyl THF, 1,4-diol, esters, succinate
- Amino diols, glutaric acid, substituted pyridines
- Lactones, esters

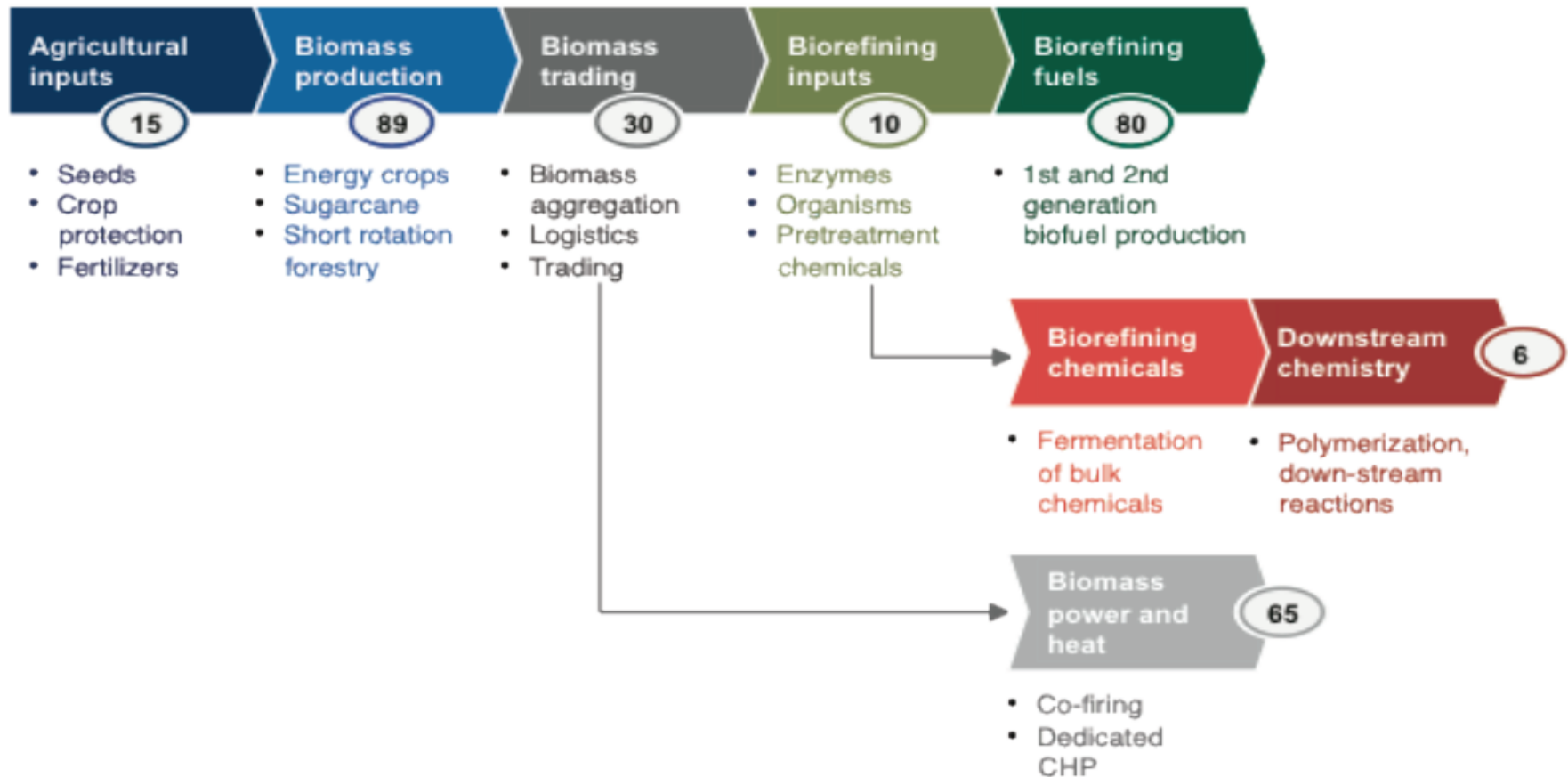
- BE, PD, glycerol, lactate, hydroxy formic, sugar alcohols
- 1,3-propanediol, lactonic derivatives, pyridazines, esters
- Numerous furan derivatives, succinates, esters, lactonic acid
- Carboxides, amino alcohols, 1,2-diaminopropane
- Gluconolactone, esters
- Dilactones, macrolactones, other products
- Glycols (BE, PD), glycerol, lactate, succinate
- Phenols, food additives

- Fluoropolymers
- Resins/building coat
- Adhesives and binders
- Solvents
- Green solvents
- Specialty chemical intermediates
- Bioethanol
- Chelating agents
- Acetone
- Plasticizers
- Polypropylene acetate
- gill control agents
- Resins, crosslinkers
- Polyureth acetate
- Polyacrylates
- Polyesteramides
- Polyesters
- Polypropylenes
- Phthalate polyesters
- PET polyesters
- Polyhydroxyesters
- Nylon (polyamides)
- Polyhydroxyesteramides
- Bioepoxy A-epichlorohydrin
- Polycarbonates
- Polyurethanes
- Phenol-formaldehyde resins
- polyhydroxyacetone
- polyaccharides
- polyamides

- Industrial**
Corrosion inhibitors, dust control, boiler water treatment, gas purification, emission abatement, specialty lubricants, hoses, seals
- Transportation**
Fuels, oxygenates, anti-freeze, wiper fluids molded plastics, car seats, belts hoses, bumpers, corrosion inhibitors
- Textiles**
Carpets, Fibers, fabrics, fabric coatings, foam cushions, upholstery, drapes, lycra, spandex
- Safe Food Supply**
Food packaging, preservatives, fertilizers, pesticides, beverage bottles, appliances, beverage can coatings, vitamins
- Environment**
Water chemicals, flocculants, chelators, cleaners and detergents
- Communication**
Molded plastics, computer casings, optical fiber coatings, liquid crystal displays, pens, pencils, inks, dyes, paper products
- Housing**
Paints, resins, siding, insulation, cements, coatings, varnishes, flame retardants, adhesives, carpeting
- Recreation**
Footgear, protective equipment, camera and film, bicycle parts & tires, wet suits, tapes-CD's-DVD's, golf equipment, camping gear, boats
- Health and Hygiene**
Plastic eyeglasses, cosmetics, detergents, pharmaceuticals, suntan lotion, medical-dental products, disinfectants, aspirin



Mercado Potencial en 2020



Biorefinery revenue potential by 2020 (US\$ billions) - World Economic Forum

Visión de futuro

- La industria adoptará las biorrefinerías para valorizar sus residuos directamente o en instalaciones centralizadas
- Tecnologías de segunda y tercera generación serán claves para el éxito
- Crecimiento continuado del mercado de los biocombustibles, pero también de aquellos mercados dónde las biorrefinerías sean capaces de producir mejor/más barato.
- Las biorrefinerías ayudarán a la competitividad y a la diferenciación de la industria a nivel global.



Documentos útiles para más información

- **The Future of Industrial Biorefineries – World Economic Forum**
- **European Biorefinery Joint Strategic Research Roadmap – www.star-colibri.eu/publications**
- **Bio-based Chemicals: Value Added Products from Biorefineries – IEA Bioenergy – Task 42 Biorefinery**

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Mercedes Ballesteros
CIEMAT
m.ballesteros@ciemat.es