

La nueva química: biomasa y los bloques constructores



Según se planteó en las investigaciones realizadas para la Guía de la Industria® Química 2012, el escenario químico ha estado dominado por los productos derivados del petróleo. Es cierto que esta sustancia es mucho más que un simple energético, es un “caldero de bruja” del cual pueden extraerse muchos compuestos para aplicaciones diversas. Sin embargo, la dependencia que nuestra civilización tiene con respecto al “oro negro” pone grandes presiones sobre los procesos productivos, y sobre el ambiente.

Así, las principales empresas químicas han volteado hacia otra fuente de aprovisionamiento: la biomasa.



The new chemistry: biomass and building blocks

According to our research published in the Chemical Industry Guide edition 2012, the chemical scenario has been dominated by oil derivative products. It is true that this substance is much more than a simple energizer. It is a "witches' pot" from which many more compounds for different uses can be extracted. However, dependency from the so-called "black gold" puts a lot of pressure on productive, economic and environmental processes. This is the reason why the main chemical enterprises have considered other provision source: biomass.

La idea es producir compuestos a partir de biomasa capaces de sustituir a los derivados del petróleo en la generación de los satisfactores que demanda la sociedad. Estos compuestos, así como su proceso de producción, utilización y disposición final, tenderán a cumplir con los fundamentos de la "química verde". De este modo, las soluciones ofrecidas al mercado provendrán de fuentes verdaderamente renovables, con un balance de CO₂ lo más cercano a cero, o incluso positivo, que no compitan por suelo fértil ni materia prima para la producción de alimento, tampoco comprometerán la biodiversidad propia de cada región, ni los recursos hídricos.

Aunque estos principios podrían parecer utópicos, hoy día hay tecnologías en fase de evaluación, que potencialmente los cumplen. De este modo, un primer paso para acceder a esta nueva realidad es estudiar las alternativas que la química derivada de la biomasa ofrece.

La biomasa como fuente de materia prima: alternativas a la química derivada del petróleo

Tradicionalmente la síntesis de productos químicos derivados del petróleo parte de lo que en México se ha llamado petroquímica primaria para, a partir de ocho productos ("petroquímicos básicos"), generar toda la petroquímica que a la poste deriva en satisfactores (Figura 1).

Este modelo tiene varias características que lo hacen ser poco eficiente:

- Por un lado, se basa en la demanda de un producto no renovable, que aunque abundante, es finito: el petróleo. Si bien el gas natural es también una materia prima potencialmente obtenible a partir de biomasa, no todos los petroquímicos básicos son fácilmente obtenibles a partir de él, en particular los aromáticos.

- En la refinación de las materias primas y la producción de petroquímicos básicos e intermedios se requiere de temperaturas y presiones alejadas de las condiciones ambiente, por lo que es altamente demandante de energía, no sólo como materia prima, sino como insumo de proceso.

The idea is to produce compounds from biomass that can substitute oil derivatives in complying with demands from society. These compounds, as well as its production, use and disposal processes, would comply with the fundamentals of "green chemistry". As a result of this, solutions offered to the market will come from really renewable sources that do not produce CO₂, as part of their life cycle or that they fix this gas, that do not compete neither for fertile soils nor for raw material in food production and, more importantly, that they do not compromise each region's biodiversity or hydric resources.

Although these principles may seem utopic, at present there are technologies in evaluation phase that potentially comply with them. From this point of view, a first step to access this new reality is to study the alternatives that chemistry derived from biomass offers.

Biomass as raw materials source: alternative to chemistry derived from oil. -

Traditionally, the synthesis of chemical products derived from oil, starts as of the concept Mexico has named "basic petrochemicals" that are the result of the first chemical or physical transformation of crude petroleum or natural gas, which in turns derives into satisfiers. (Figure 1)

This model has various characteristics that refrains it to be fully effective.

- * On the one hand, it is based on the demand of a nonrenewable product that, despite its abundance, it is finite: oil. It is also true that natural gas is also raw material potentially obtainable from biomass but not all the basic petrochemicals can be obtained from it, especially aromatic ones. In the refining process of raw materials and the production of basic and intermediate petrochemicals temperatures and pressures far from environmental conditions are required, thus highly demanding of energy not only as raw material but also as process input.

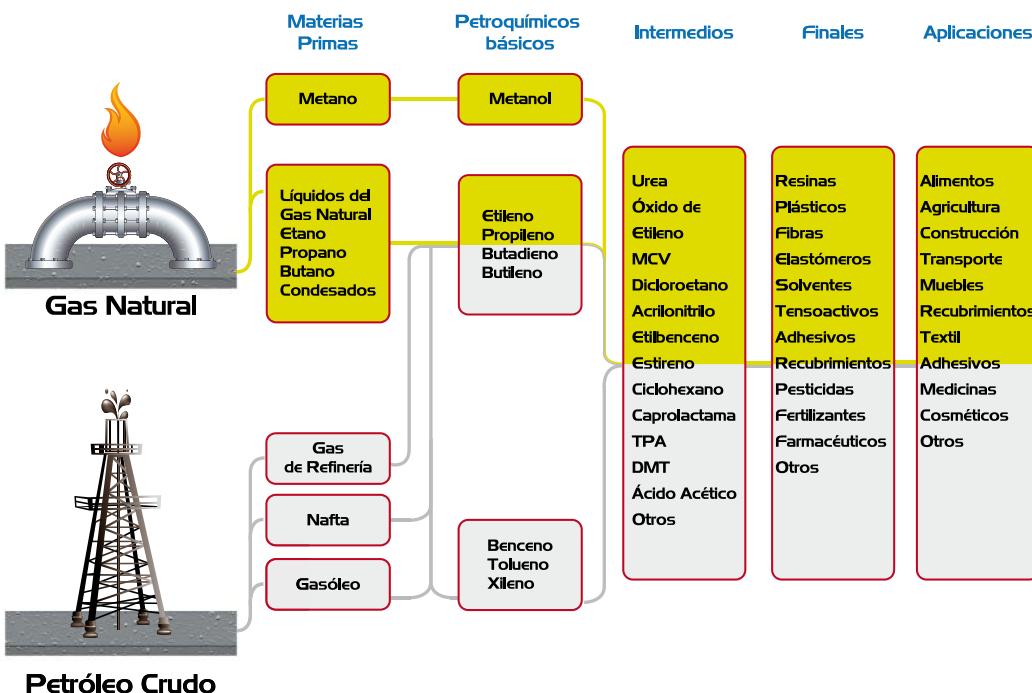


Figura 1. Principales cadenas productivas de la Industria Petroquímica.
Fuente: Anuario estadístico de la industria petroquímica 2007, SENER.

- Su ingeniería está pensada con base en reacciones estequiométricas. Aunque en los últimos años se ha hecho un esfuerzo a nivel mundial por migrar a reacciones catalíticas, la producción de los catalizadores no deja de ser también demandante de recursos dada la pureza requerida en los materiales de construcción. Por consecuencia, la eficiencia global del proceso desde el punto de vista de balance material, es limitada.

- En la creación de productos intermedios y finales, y en su aplicación final, se generan a la vez muchos sub-productos que no son cabalmente aprovechados, incluyendo compuestos nocivos para la salud humana y medioambiental, como los compuestos orgánicos volátiles (VOC por sus siglas en inglés) o los aromáticos cancerígenos. La limpieza de los productos principales es muy costosa en términos económicos y energéticos.

- Esta misma formación de sub-productos ha hecho necesaria la implementación de soluciones "de fin de tubo" que, conforme se endurecen las normas ambientales, se traducen en costos de remediación, preventión y defensivos; cuanto más estricta es la norma, más caro se vuelve el proceso, llegando incluso a ser incosteable.

- Muchos de los procesos intermedios y aplicaciones requieren de solventes orgánicos, regularmente de liberación prolongada, que aumentan la presión ambiental por vía de gases de efecto invernadero como los VOC.

- Este modelo de producción nació bajo una lógica lineal de pensamiento "problema puntual - solución pun-

* Engineering is considered on the basis of stereochemical reactions. Although in recent time efforts at world level have been made to migrate to catalytic reactions, production of catalysts is also a demanding resource due to the purity required in its building blocks. As a result, the overall efficiency of the process, from the point of view of material balance, is limited.

* In the creation of intermediate products and their end applications, many sub-products which are not fully exploited, including those harmful compounds for human and environmental health, such as volatile aromatic (VOC for its acronym in English) or carcinogenic aromatic ones. The cleaning of the main products is very expensive in terms of economy and energy.

* This same formation of by-products has made it necessary for the implementation of "end of pipe" solutions which, according to environmental regulations, translate into remedial, prevention and defensive costs. The stricter the norm is, the more expensive the process becomes, even unaffordable.

* Many of the intermediate processes and applications require organic solvents, regularly extended-release, that increase environmental pressure of greenhouse effect gases such as VOCs.

* This production model was born under a linear logic of thought "point problem - point solution", so its inclusion in a systemic framework that considers economic,

tual", por lo que su inclusión en un esquema sistémico que contempla a la par requerimientos económicos, sociales y medioambientales resulta difícil y genera, en muchas ocasiones, más problemas por resolver.

- No contempla en sus cálculos ni en su modelo a la química ambiental, por lo que su compatibilidad con los sistemas propios de la tierra y la naturaleza (ciclos biogeoquímicos y química ambiental) son muy limitados.

Así, se ha hecho necesario replantear radicalmente el modelo de producción de bienes a partir de la química. Actualmente la economía basada en el petróleo está cambiando a una economía sustentada en biomasa. Esta nueva realidad, bien gestionada, permitirá solventar diferentes retos:

- La necesidad de desarrollar una economía a escala global, que sea sustentable, es decir, que sea: naturalmente amigable, socialmente deseable y económicamente rentable, y que sostenga estas características a lo largo del tiempo.

- El petróleo tendrá una producción máxima en un futuro cercano o mediano -dependiendo de variables económicas- para empezar a declinar su producción, lo que provocará que sus precios aumenten, y su disponibilidad disminuya.

- Reducir la dependencia del petróleo y de sus importaciones, sobre todo por parte de países industrializados

- Los diferentes retos en materia ambiental, sobre todo, reducir el problema del cambio climático

- Una necesidad de estimular el desarrollo regional rural.

En este sentido las principales empresas químicas del mundo se han dado a la tarea de investigar cómo producir los bienes que la sociedad demanda, a partir de la biomasa. En este planteamiento se busca evitar los problemas que genera la química derivada del petróleo; obedece a un enfoque sistémico en el que el diseño del aprovisionamiento de materia prima, los procesos de transformación, la aplicación de los productos y la disposición después del uso, es decir el ciclo de vida del producto, contempla desde el inicio la interacción con el entorno natural, con la sociedad y con una rentabilidad global.

Esta nueva química, es ya una tendencia en países industrializados, en los que la investigación de diferentes compuestos obtenibles a partir de biomasa se está convirtiendo en una actividad principal (main stream). En este marco, la biomasa es un material rico en carbohidratos que se puede obtener a partir de residuos vegetales.

De acuerdo con un informe preparado por la *National Academy of Sciences* de los Estados Unidos de América (EUA), (TRAINHAM James, et al (2005), *Sustainability in the Chemical Industry: Grand Challenges and Research Needs - A Workshop Report*), la Industria Química enfrenta un gran reto hacia la sustentabilidad,

social, y ambiental que generan, en muchas ocasiones, más problemas que soluciones.

- * It leaves out environmental chemistry in its model and calculations, therefore, is limited in soil and nature compatibility (biogeochemical cycles and environmental chemistry).

It radically needs rethink the model of production of goods from chemistry. Currently the oil-based economy is shifting to an economy based on biomass. This new reality, well managed, will allow the solution to various challenges:

- * The necessity of developing a global economy that is sustainable, i.e., whatever: environmentally bearable, socially desirable and economically profitable that would hold these characteristics over time.

- * Oil will have a maximum production in the near or medium future -depending on economic variables- to begin to decline its production, causing their prices to increase, and their availability to decrease.

- * Reduce dependence on oil and its imports, mostly from industrialized countries.

- * The different challenges in environmental matters, above all, to reduce the problem of climate change.

- * A need to stimulate the rural regional development.

In this sense the leading chemical companies in the world have been given the task of investigating how to produce goods that society demands, from biomass. This approach seeks to avoid problems generated by the chemical derivatives from petroleum. This is due to a systemic approach in which raw materials supply design, processes of transformation, the application of the products and the disposal after use, i.e. the life cycle of the product, contemplate early interaction with natural environment, society and a global profitability return.

This new chemistry is already a trend in industrialized countries, in which different compounds obtainable from biomass research is becoming a major activity (main stream). Within this framework, the biomass is a material rich in carbohydrates that can be obtained from vegetables, one important suggestion is the use of waste.

According to a report prepared by the *National Academy of Sciences* of the United States of America (USA), (TRAINHAM James, et al (2005), *Sustainability in the Chemical Industry: Grand Challenges and Research Needs - A Workshop Report*), the chemical industry faces a major challenge towards sustainability, that crosses a paradigm shift: current model dependent on oil, an attainable ideal vision towards the 2105, practically in a hundred years! (Figure 2).

According to this view, two stages of transition are needed to access a total restructuring of the industry; stages shall be taken simultaneously with the rising prices of oil.

que cruza por un cambio de paradigmas, del actual modelo dependiente del petróleo, a una visión ideal alcanzable hacia el 2105 (Figura 2).

Según esta visión, serán necesarias dos etapas de transición para acceder a una reconversión total de la industria; fases que se irán dando de manera simultánea con el encarecimiento del petróleo.

En una primera etapa de veinte años se seguirán utilizando combustibles fósiles, en particular petróleo, como la principal fuente de energía y materia prima para la producción de químicos, mientras se gestionan las emisiones de CO₂, se reduce la intensidad de uso de recursos energéticos, y se realiza un esfuerzo educativo para la promoción del pensamiento sustentable.

A partir del 2025 habrá un periodo largo de transición de 80 años, en el que el uso de combustibles fósiles será suprimido; mientras que se aumentará la capacidad para adoptar procesos de química e ingeniería química verdes, basados en el entendimiento total del impacto del ciclo de vida de los productos químicos; así mismo, se tendrá acceso a fuentes renovables alternativas de combustibles y materias primas.

Para el año 2105 se tendrá una química basada totalmente en fuentes renovables de energía y materias primas, "economía atómica" (de desperdicio cero), y totalmente integrada (amigable) con los ciclos naturales.

El documento reconoce ocho grandes retos que guiarán el cambio durante los 100 años planteados, y que representan grandes oportunidades técnicas y científicas hacia la sustentabilidad:

1. Química e ingeniería química verdes y sustentables: descubrir caminos para llegar a una química fundamentalmente nueva, bajo la premisa de que es mejor prevenir desperdicios que tener que limpiarlos una vez que se han formado.

In a first stage of twenty years fossil fuels, particularly oil, continue to be used as the main source of energy and raw materials for the production of chemicals, while managing emissions of CO₂, reducing the intensity of use of energy resources, and making an educational effort for the promotion of sustainable thinking.

From 2025 there will be a long transitional period of 80 years, in which the use of fossil fuels will be deleted; While the capacity will increase to adopt green chemistry and green chemical engineering, processes based on total understanding the impact throughout the lifecycle of chemical products; Likewise, will have access to alternative renewable sources of fuels and raw materials.

For year 2105 would have a chemistry based completely on renewable sources of energy and raw materials, "Atomic economy" (zero waste), and fully integrated (friendly) with natural cycles.

The document recognizes eight challenges that will guide change 100 years raised and representing major technical and scientific opportunities towards sustainability:

1. Sustainable and green chemistry and chemical engineering: we should discover ways to reach a fundamentally new chemical, under the premise that it is better to prevent waste than having to clean them once they have been formed.
2. Analysis of the life cycle: developing tools for the analysis of the life cycle, allowing comparing the total environmental impact of products generated by different processes, routes and operating conditions.
3. Toxicity: understand the effects and final toxicological destinations of all supplies and chemicals involved in chemical synthesis and processes.
4. Renewable chemical inputs: obtaining chemicals from biomass, particularly that of existing processes waste.

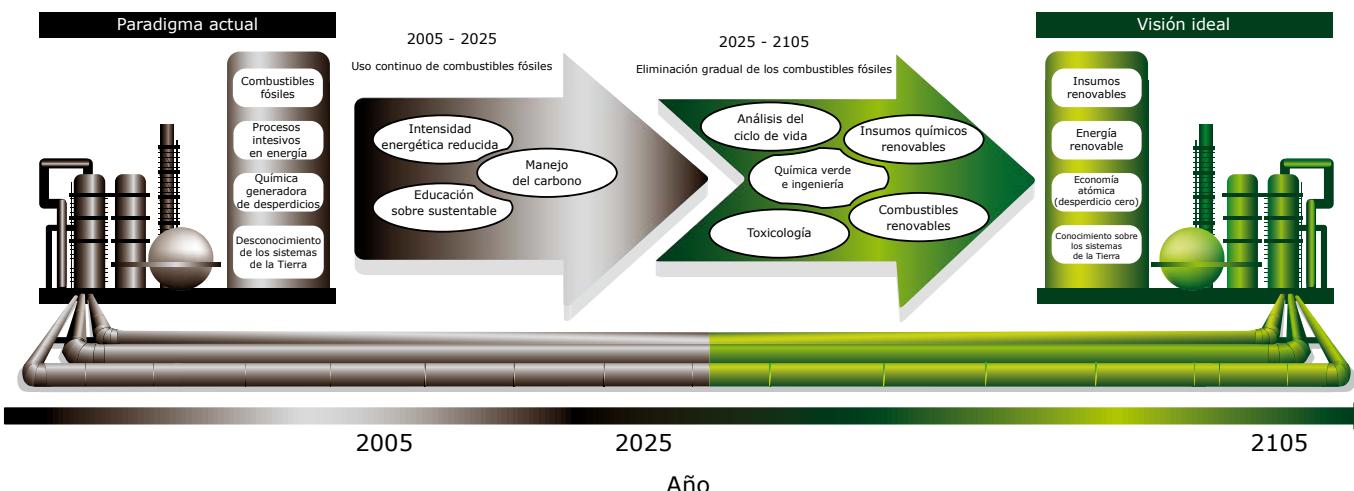


Figura 2. Los grandes retos en sustentabilidad para la Industria Química.
Fuente: Trainham J.; "Sustainability in the Chemical Industry", NRC, 2006.

2. Análisis del ciclo de vida: desarrollar herramientas para el análisis de ciclo de vida, que permitan comparar el impacto ambiental total de productos generados por diferentes procesos, rutas y condiciones de operación.

3. Toxicidad: entender los efectos y destinos toxicológicos finales de todos los insumos y productos químicos que intervienen en los procesos y síntesis químicas.

4. Insumos químicos renovables: obtener productos químicos a partir de biomasa, particularmente la de desperdicios de procesos existentes.

5. Combustibles renovables: guiar el desarrollo de alternativas para combustibles del futuro derivados de fuentes renovables, tales como biomasa, gas de rellenos sanitarios, viento, calefacción solar y tecnología fotovoltaica.

6. Intensidad energética en procesos químicos: continuar el desarrollo de tecnologías de mayor eficiencia energética para el aprovechamiento de fuentes presentes y futuras de energía utilizada en los procesos químicos.

7. Separación, secuestramiento y utilización de dióxido de carbono: desarrollar tecnologías más eficientes y estrategias para gestionar el CO₂ resultante de las actividades humanas presentes y futuras.

8. Educación para la sustentabilidad: aumentar la cultura sobre la ciencia de la sustentabilidad en todos los niveles de la sociedad.

Para que esta solución sea un verdadero avance hacia la sustentabilidad, se deben de cumplir varias condiciones, tanto en el origen de la materia prima, en los procesos de producción, en el diseño de productos, y en su disposición final después de cumplir su uso -es decir, el fin de ciclo de vida-, de tal modo que se atienda a los principios de la química y la ingeniería química verdes.

La mayor discusión sobre la viabilidad y bondades de estas propuestas ha estado en cuanto al origen de la materia prima. Hay algunos observadores que apuntan que la utilización de biomasa como materia prima para procesos industriales ha traído consigo consecuencias indeseables, como la competencia de mercados con la industria de alimentos, la utilización de suelo fértil y agua limpia para la producción de biomasa para aplicaciones industriales en vez de alimento, la depredación de zonas de alta biodiversidad o de zonas naturales con vegetación original para la producción de monocultivos industriales como el caso de la palma aceitera en Indonesia, o la caña de azúcar en Brasil, y la diseminación de genes invasivos.

Para prevenir tales problemas, la biomasa bien puede provenir de desechos de procesos industriales, como los que se desprenden de las diferentes ramas de la industria alimentaria: el bagazo de caña,



5. Renewable fuels: guide the development of alternatives for the future fuels derived from renewable sources, such as biomass, landfill gas, wind, solar heating and photovoltaic technology.

6. Energy intensity in chemical processes: continue the development of more energy efficient technologies for the exploitation of present and future sources of energy used in chemical processes.

7. Separation, isolation and utilization of carbon dioxide: developing more efficient technologies and strategies to manage the CO₂ resulting from human activities, present and future.

8. Education for sustainability: increasing the culture on the science of sustainability at all levels of society.

This solution is to be real progress towards sustainability, must meet several conditions, both in the origin of the raw material, in the processes of production, product design, and disposal after use it is say, the end of the cycle of life, in such a way that it would attend the principles of green chemistry and green chemical engineering.

The further discussion on the feasibility and benefits of these proposals has been regarding the origin of the raw material. There are some observers who are running that the use of biomass as raw material for industrial processes has brought about undesirable consequences, such as the competition of markets within the food industry, the use of fertile soil and clean water for the production of biomass for industrial applications instead of food, predation of areas of high biodiversity or natural areas with native vegetation for the production of industrial monocultures such as oil palm in Indonesia, or the sugar cane in Brazil, and the spread of invasive genes.

To prevent such problems, biomass may well come from waste from industrial processes, such as which arise from the different branches of the food industry: bagasse, waste of malt for breweries, the stubble of the coffee industry, residues of the dairy industry and dairy, waste of grinding grains and seeds, the soft drink industry wastewater, waste of grape industry alcoholic

los desechos de malta de las industrias cerveceras, los rastrojos de la industria del café, residuos de la industria lechera y de derivados de la leche, desechos de la industria de molienda de granos y semillas, aguas residuales de la industria refresquera, desechos de uva de la industria de bebidas alcohólicas derivadas, desechos de agave, y desechos de frutas provenientes de diferentes procesos industriales.

Otras fuentes de biomasa disponibles son los desechos de procesos agrícolas, ganaderos, aserraderos, industria maderera y mueblera, e industria del papel y celulosa. Los residuos municipales también pueden ser una fuente de aprovisionamiento. Las algas producidas en albercas ricas en CO₂ proveniente de procesos industriales pueden ser utilizadas para la producción de biocombustible de tercera generación, los residuos de este proceso son una buena fuente de biomasa. También se puede gestionar las purinas provenientes de granjas porcícolas, o de ganado vacuno, ovino o caprino para la producción de biogás y lodos que serían a su vez una fuente de biomasa.

De este modo, además de utilizar residuos para su revalorización en un ciclo ecosistémico industrial, se permitirá que la materia prima para una química derivada de biomasa:

- No compita con la industria alimentaria por producción, suelo fértil ni agua limpia
- Permita mantener una alta biodiversidad, al no necesitar de biomasa proveniente de la explotación o tala de zonas de alta densidad vegetal
- Evite la diseminación de especies invasivas
- Procure restaurar entornos naturales, particularmente los más biodiversos
- Conserve los servicios ecosistémicos que proporciona un entorno natural sano

Actualmente en México sólo se usa la biomasa en aplicaciones comunes y tradicionales, sin avanzar en el desarrollo de tecnología innovadora para la síntesis de productos que sustituyan químicos provenientes del petróleo. El 25% de los hogares utiliza la biomasa como combustible (leña para cocinar y calentarse). En los procesos industriales, la biomasa residual (como el bagazo en las industrias de alimentos: azúcar, malta, café, etc.) es utilizada también como fuente de energía, lo que representa un derroche material, pues el contenido de agua llega a ser hasta de 80%, mientras que los azúcares contenidos en estos residuos y otros elementos pueden ser una excelente fuente de materia prima para una química derivada.

El proceso: la plataforma de intermedios, las rutas de síntesis y los bloques constructores

La Industria Química es la principal manufacturera por su consumo energético, pues utiliza el 11% de la energía total entregada a nivel mundial, la mitad es para

beverages, of agave, and wastes from fruit of different industrial processes.

Other available sources of biomass are waste processes agricultural, livestock, sawmills, timber and furniture, and the paper and pulp industry. Municipal waste can also be a source of supply. The algae produced in ponds rich in CO₂ from industrial processes can be used for the production of third generation biofuel, this process residues are a good source of biomass. Purines from hog farms, or cattle, sheep or goats for the production of biogas and sludge which would at the same time a source of biomass can also be managed.

In addition to using waste for its revaluation cycle industrial ecosystem, be allowed that the raw material for a chemical derived from biomass:

- * Does not compete with the food industry by production, fertile soil and clean water
- * Will help maintain high biodiversity, no need of biomass from exploitation or deforestation of areas of high plant density
- * Avoid the spread of invasive species
- * Try to restore natural, particularly the most bio diverse environments
- * Keep the ecosystem services that provides a healthy natural environment

In Mexico at present, only biomass is used in common and traditional applications without progress in the development of innovative technology for the synthesis of products which substitute chemicals from the oil. 25% of households use biomass as fuel (firewood for cooking and heating). In industrial processes, the residual biomass (such as bagasse in the food industry: sugar, malt, coffee, etc.) is used also as a source of energy, which represents a material waste, because the water content becomes up to 80%, while the sugars contained in these waste and other elements can be an excellent source of raw material for a chemical derivative.



potencia (Power) y puede ser abastecida por fuentes alternas y renovables de energía -solar térmica, fotovoltaica, microhidráulica, eólica, mareomotriz, geotérmica, gas natural de rellenos sanitarios, nuclear (aunque, estrictamente hablando esta fuente no es renovable) y otras que estén por venir-; la otra mitad corresponde al uso del petróleo y gas natural como insumos de proceso. Si bien la biomasa también puede ser una fuente de energía para proveer potencia y calor, a diferencia de los otros medios es la única fuente alternativa y renovable para la producción de combustibles y químicos derivados de carbono.

De acuerdo con un informe del Departamento de Energía (DOE) de los Estados Unidos de América (EUA) (Werpy T. y Petersen G.; "Top Value Added Chemicals From Biomass". DOE, 2004), la química derivada de petróleo y gas tiene posibilidades de síntesis de compuestos y productos menores a las que ofrece una química derivada de biomasa, como se ejemplifica en las figuras 3 y 4.

Para la utilización de biomasa como materia prima en la síntesis de compuestos, existe ya un avance en la química implicada en la generación de plataformas de intermedios y síntesis de bloques constructores. A partir de biomasa proveniente de diferentes fuentes se llevan a cabo procesos de bio-refinación para obtener compuestos químicos como intermediarios clave, es decir, plataformas intermedias entre las materias primas y los productos finales.

Dentro de los compuestos presentes en la biomasa, los azúcares son muy susceptibles de generar diversas rutas de síntesis, debido tanto a su estructura, como a que en la naturaleza hay una gran cantidad de microorganismos que procesan este tipo de carbohidratos. Así, los azúcares pueden ser tratados por procesos de fermentación o por reacciones químicas catalíticas para dar lugar a una variedad muy amplia de compuestos químicos. Una vez formados, estos compuestos son utilizados como bloques constructores para, a través de síntesis basadas en la química verde, transformarlos en productos pensados para una aplicación en particular.

Desde el punto de vista químico, los *commodities* derivados del petróleo tienen principalmente Carbono e Hidrógeno en su estructura; mientras que los bloques obtenidos de la biomasa cuentan con grupos funcionales que pueden ser removidos o alterados selectivamente, para ser aprovechados en la diversificación de rutas de síntesis hacia otros compuestos. Particularmente abundan los grupos Carboxilo y Oxhidrilo, que son muy versátiles hacia la síntesis de una gran gama de compuestos.

Los bloques constructores tienen algunos atributos inherentes que los hacen ser versátiles: la funcionalidad química, es decir, pueden conducir a un número de derivados y nuevas familias de moléculas útiles que

The process: the intermediate platform, synthesis routes and building blocks

- The chemical industry is the main manufacturing by its energy consumption, as it uses 11% of the total power delivered worldwide; half is used as an input to produce power and can be supplied by sources alternate and renewable energy - solar thermal, photovoltaic, micro hydraulics , wind, tidal, geothermal, landfill gas, nuclear (although strictly speaking this source is not renewable) and others that are coming-; the other half corresponds to the use of oil and natural gas as raw materials of processes. Although biomass can also be a source of energy to provide power and heat, unlike other media, it is the only alternative and renewable source for the production of fuels and chemicals derived from carbon.

- According to a report of the Department of energy (DOE) of the United States of America (USA) (Werpy T. & Petersen G.;) "Top Value Added Chemicals From Biomass". DOE, 2004), derived from oil and gas chemistry has potential for synthesis of compounds and products below which provides a chemical derived from biomass, as exemplified in figures 3 and 4.

- For the utilization of biomass as raw materials in the synthesis of compounds, there is already a breakthrough in the chemistry involved in the generation of platforms of intermediates and synthesis of building blocks. From different sources from biomass bio-refining process is often done to obtain chemical compounds as key intermediates, i.e., intermediate platforms between raw materials and finished products.

- Within the compounds present in biomass, sugars are very likely to generate different synthesis routes, due to its structure, both that in nature there are a lot of microorganisms which process this type of carbohydrate. Thus, the sugars can be treated by fermentation or by catalytic chemical reactions to give rise to a very wide variety of chemical compounds. Once formed, these compounds are used as building blocks for, through green chemistry-based synthesis, transforming them into products designed for application in particular.

- From the chemical point of view, petroleum commodities are mainly carbon and hydrogen in its structure; while the blocks obtained from biomass are equipped with functional groups that can be selectively removed or altered, to be exploited in the diversification of routes of synthesis to other compounds. There are particularly many groups carboxyl and hydroxyl, which are well-suited to the synthesis of a wide range of compounds.

- Block builders have some inherent attributes that make them to be versatile:

Figura 3. Ejemplo de mapa de síntesis de productos a partir de insumos basados en petróleo.
Fuente: Werpy T. y Petersen G.; "Top Value Added Chemicals From Biomass". DOE, 2004.

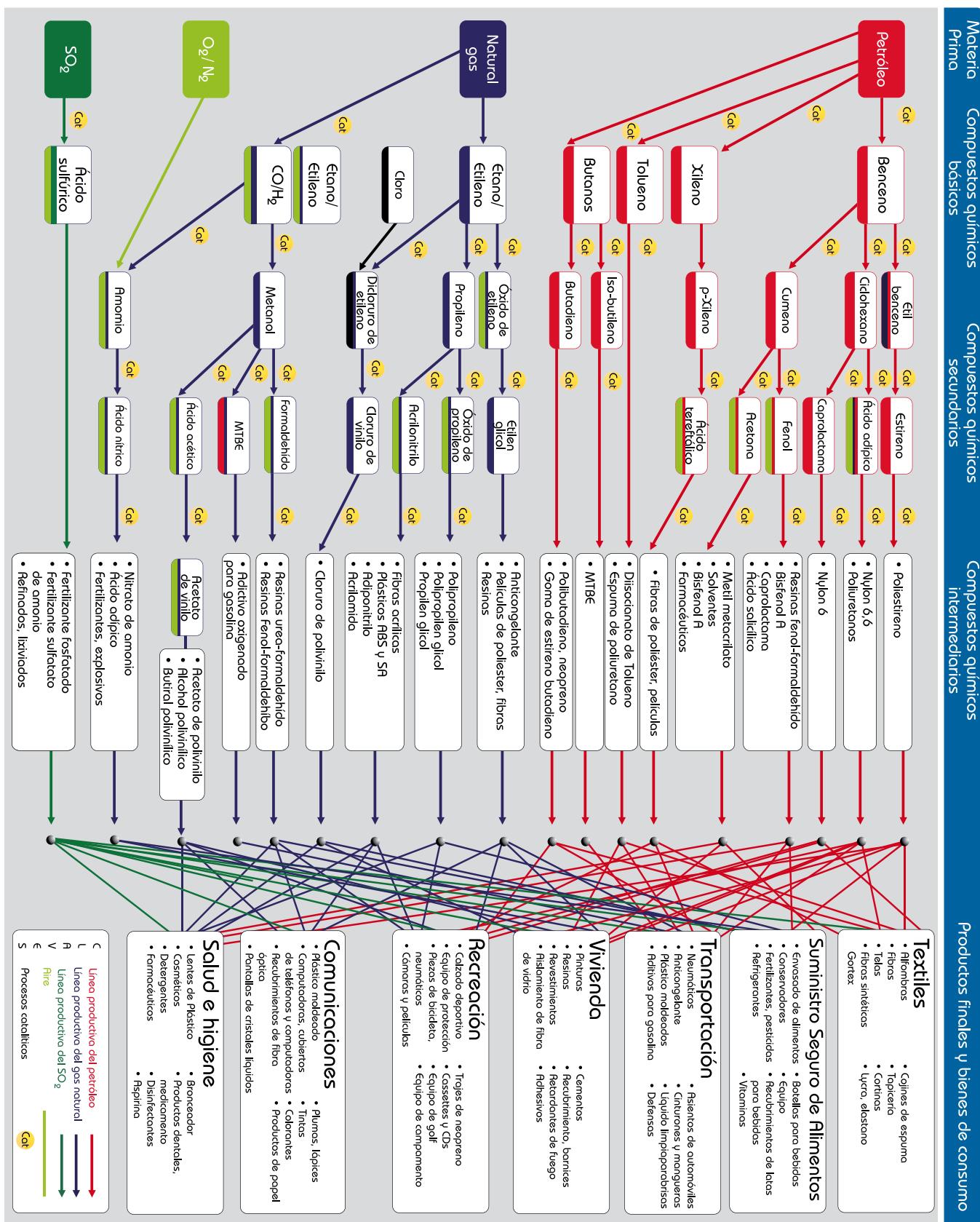
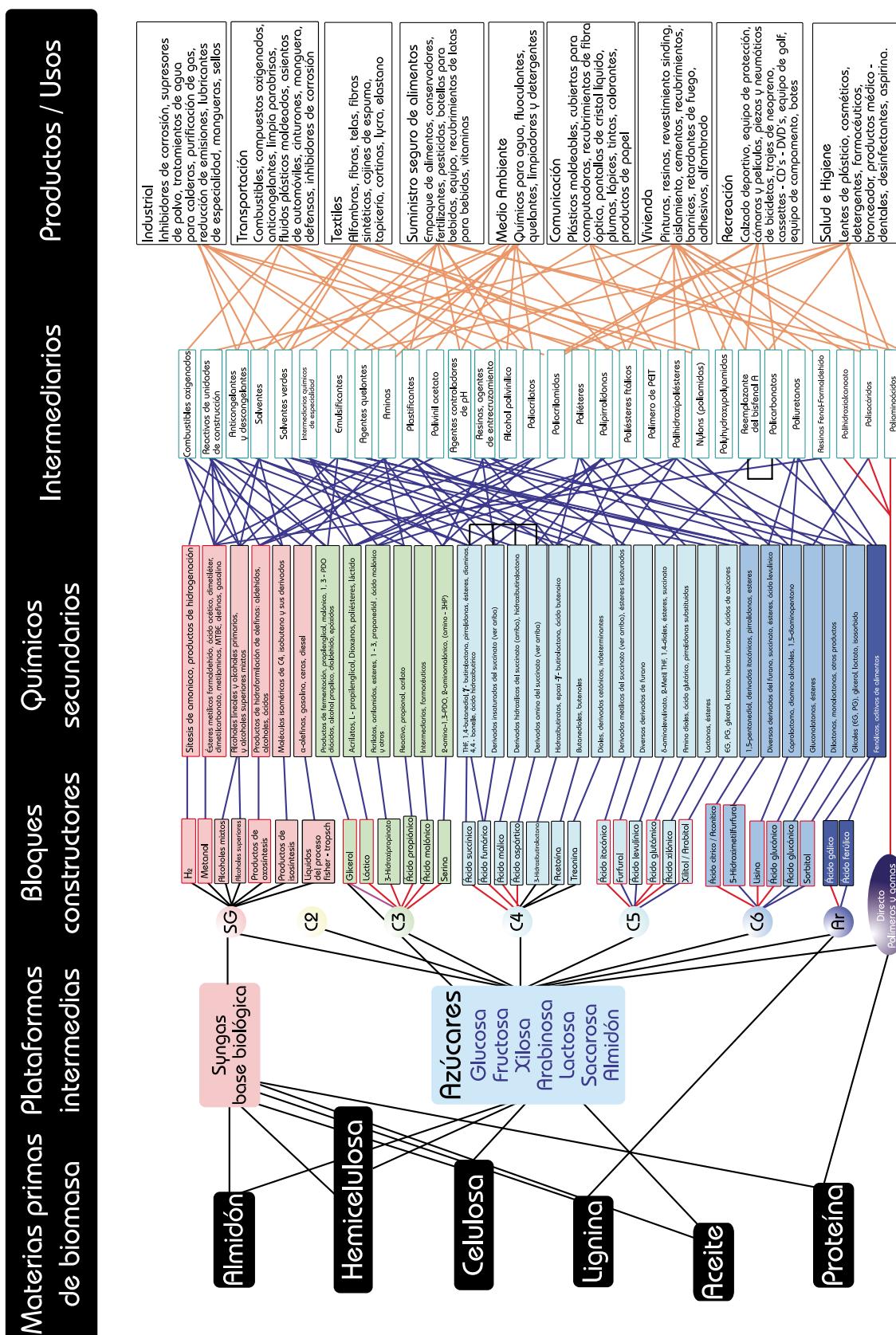


Figura 4. Los grandes retos en sustentabilidad para la Industria Química.
Fuente: Trainham J.; "Sustainability in the Chemical Industry", NRC, 2006.



pueden ser sintetizados en transformaciones químicas o biológicas; valor de los bloques y sus derivados como reemplazo de productos de petróleo o nuevos químicos; complejidad técnica alcanzable de cada parte de las rutas de transformación -plataforma de intermedios a bloque constructor y bloque a derivados-; potencial de los bloques constructores para producir familias o grupos de derivados similares.

El estudio del DOE analiza doce compuestos o grupos de compuestos derivados de azúcar que tienen un gran potencial como bloques constructores, a partir de los cuales se puede derivar toda una Industria Química alternativa (Figura 5).

En algunos casos se agrupan compuestos debido a las potenciales sinergias estructurales que tienen. Pueden ser isómeros intercambiables para producir una molécula determinada, tienen rutas que conducen a las mismas familias de productos.

Estos y otros bloques constructores pueden ser obtenidos a partir de azúcares, por vía de fermentación aerobia o anaerobia (con levaduras, hongos o bacterias), por procesos químicos catalíticos y por biotransformación a partir de enzimas. Si bien muchos de estos procesos están en desarrollo, actualmente existen ya procesos con aplicaciones comerciales probadas, como la producción del Ácido Itacónico a partir de fermentación aerobia por hongos o levaduras.

Cada uno de estos doce bloques puede derivar en varios productos secundarios de acuerdo con diferentes rutas de síntesis. Estos productos pueden ser sustitutos a los que se obtienen de la química derivada del petróleo, o

- Chemical functionality, i.e., they can lead to a number of derivatives and new families of useful molecules that can be synthesized in chemical or biological transformations.

- Value of the blocks and its derivatives as a replacement for petroleum or new chemical products.

- Technical complexity attainable from each part of the routes of transformation - platform of intermediates to building block and block to derivatives-.

- Potential of the building blocks to produce families or groups of similar derivatives.

The DOE study analyses twelve compounds or groups of compounds derived from sugar that have great potential as building blocks, from which you can derive an entire industry chemical alternative (Figure 5).

In some cases compounds are grouped because of the potential structural synergies they have. Can be interchangeable isomers to produce a certain molecule; have routes that lead to the same families of products.

These and other building blocks can be obtained from sugars, through aerobic or anaerobic fermentation (with yeast, fungi, or bacteria), by catalytic chemical processes and biotransformation. While many of these processes are in development, currently there are already processes with commercial applications tested, such as the production of Itaconic acid from aerobic fermentation by fungi or yeasts.

Each of these twelve blocks can lead to several secondary products according to different synthesis

Bloques constructores

1,4 Diácido (Succínico, Fumárico y Maleico)

Ácido 2,5- Furano Dicarboxílico

Ácido 3 Hidroxipropiónico

Ácido Aspártico

Ácido Sacárico

Ácido Glutámico

Ácido Itacónico

Ácido Levulínico

3- Hidroxibutirólactona

Glicerol

Sorbitol

Xilitol / Arabitol

Figura 5. Los 12 principales bloques constructores derivados de biomasa.

Fuente: TAdaptado de Werpy T. y Petersen G.; "Top Value Added Chemicals From Biomass". DOE, 2004.

pueden ser fuente de nuevos materiales con características de desempeño innovadoras para desarrollar nuevos segmentos de mercado. Cada bloque constructor puede tener diferentes rutas para producir derivados.

A modo de ejemplo de la primer familia de bloques, el Ácido Succínico tiene una química básica similar a los derivados petroquímicos del Ácido Maleico y del Anhídrido Maleico. Puede ser producido por síntesis bioquímica a partir de glucosa utilizando diferentes bacterias; por ejemplo *DOE Laboratories* desarrolló una *Escherichia coli* modificada que realiza esta función. Este bloque constructor puede derivar a diferentes familias primarias de productos de acuerdo con la figura 6.

Si bien esta lista de 12 bloques constructores básicos derivados de azúcar es una guía de inicio, hay muchas otras plataformas de intermedios y bloques constructores por explorar. Por ejemplo, la Lignina puede衍生复杂的芳香族化合物从糖；油脂是另一种生物质来源，工业过程潜力巨大；多糖展示了在纸张和金属抛光方面的潜在价值。

Para impulsar el desarrollo de esta nueva química, es necesario aumentar la base de conocimientos y tecnologías disponibles. Por ejemplo, se requiere de un

routes. These products can be substitutes that are obtained from chemical oil, or it can be a source of new materials with innovative performance features to develop new market segments. Each building block can have different paths to produce derivatives.

By way of example of the first family of blocks, Succinic acid has a basic chemistry similar to petrochemical derivatives of maleic acid and maleic anhydride. It can be produced by biochemical synthesis from glucose using different bacteria; for example, DOE Laboratories developed a *Escherichia coli* modified to carry out this function. This building block can refer to different primary families of products in accordance with Figure 6.-

While this list of 12 basic building blocks derived from sugar is a start guide, there are many other builders to explore block and intermediate platforms. For example, Lignin can derive hardly obtainable aromatic compounds from sugar; oils are another source of biomass and industrial processes that are potentially exploitable for various applications; Polysaccharides have demonstrated potential properties of much value for the recovery of oils and paper and metals finishers.

To promote the development of this new chemistry, it is necessary to increase the knowledge base and

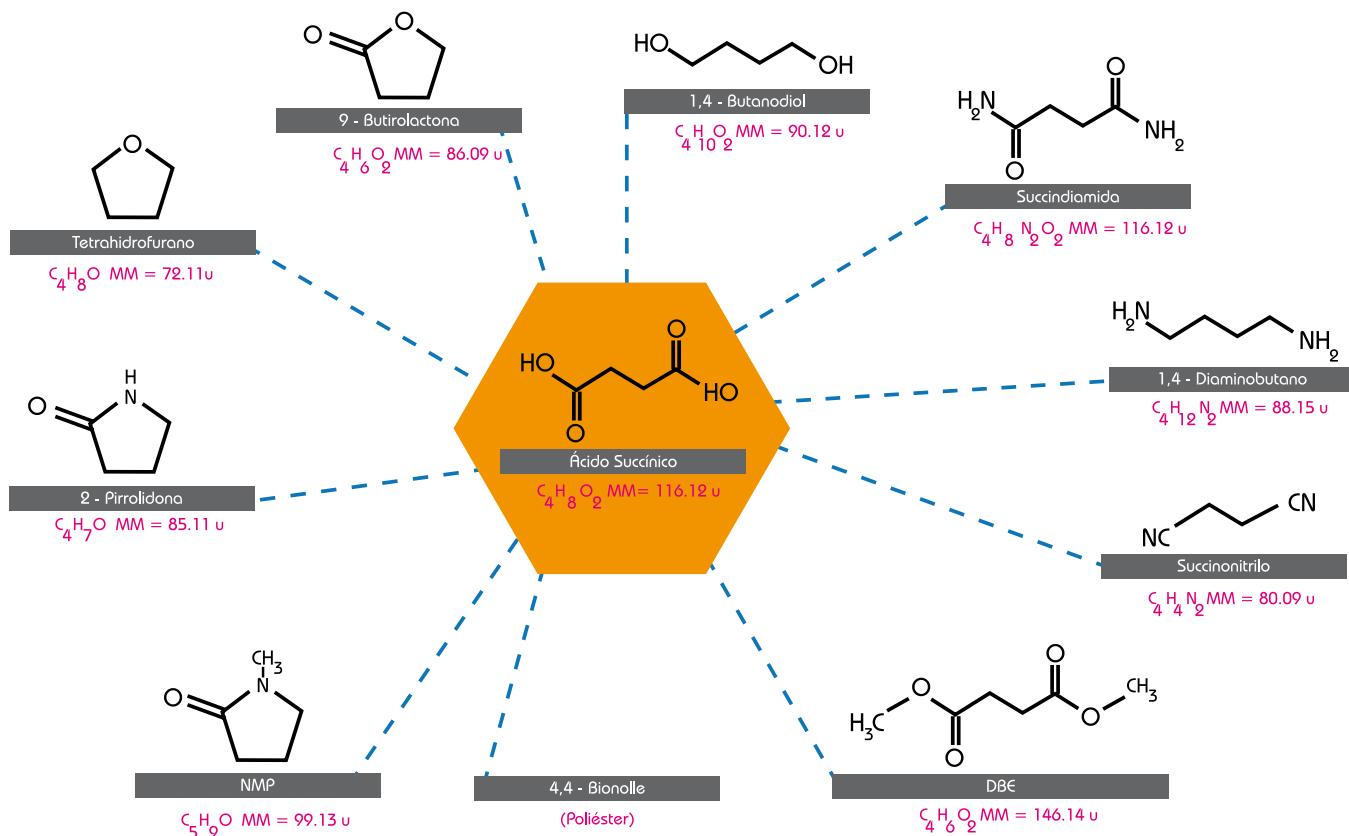


Figura 6. Posibles derivados del Ácido Succínico.

Fuente: Werpy T. y Petersen G.; "Top Value Added Chemicals From Biomass". DOE, 2004.

mejor desarrollo de las reacciones químicas más comunes para la transformación de bloques constructores a otros derivados: procesos de oxidación suave, reducciones selectivas y deshidrataciones químicas, mejor control de procesos de ruptura de enlaces, y polimerización directa de monómeros funcionales. En cuanto a los procesos bioquímicos que permiten pasar de las plataformas de intermedios a los bloques constructores, también es necesario aumentar conocimientos y tecnologías, particularmente en cuanto a las rutas de ingeniería de organismos con aplicaciones industriales, rutas metabólicas y biología celular.

Combinación entre biotecnología y química

El proceso de producción de químicos utilizables en la manufactura de satisfactores puede esquematizarse en cinco etapas de transformación básicas: de materias primas a plataformas de intermedios por medios de extracción existentes; de las plataformas a los bloques constructores a través de procesos biotecnológicos, típicamente fermentación; de los bloques a químicos secundarios por procesos de síntesis química; de los secundarios a intermediarios a través de diversos procesos, tanto químicos como físicos y termoquímicos; y de los intermediarios a su aplicación en productos finales manufacturados (Jong Ed de, et al; "Bio-based Chemicals . Value Added Products from Biorefineries ", IEA, S.D.).

De este modo, es necesario combinar conocimientos de diversas áreas técnicas para recorrer toda la ruta. Los procesos clave están en los procesos biotecnológicos y la síntesis química. Tradicionalmente las empresas químicas han tenido expertise diferente a la de las empresas biotecnológicas, por lo que es necesario complementar conocimientos.

Así, se ha dado el caso de colaboración entre empresas de ambos sectores, proyectos de investigación conjuntos entre empresas e instituciones de educación y centros de investigación, y fusiones entre empresas. Por ejemplo la adquisición de CIBA por parte de BASF, la compra que hizo Bayer de la división agraria de Aventis (hoy Bayer CropScience), y la decisión de DuPont de vender su división de pinturas y recubrimientos para concentrar esfuerzos en su división biotecnológica. Así, de ocho casos seleccionados para su análisis, cinco implican la colaboración de empresas complementarias químicas - biotecnológicas, o entre empresas que tienen una tecnología prometedora, con otra que tiene asegurada la cuota de mercado.

Proyectos actuales

Si bien hace falta un largo camino para que esta nueva química se establezca como una realidad en toda la industria, hay empresas que han decidido apostar por

available technologies. For example, requires a better development of the most common chemical reactions for the transformation of building blocks to other derivatives: processes of mild oxidation, chemical dehydration, selective reductions and better control of processes of rupture of links, and direct polymerization of functional monomers. In terms of the biochemical processes that can have the builders blocks intermediate platforms, it is also necessary to increase knowledge and technologies, particularly in terms of the engineering routes of organisms with industrial applications, metabolic pathways and cell biology.

Combination of biotechnology and chemistry

The production process of chemicals usable in the manufacture of satisfiers can be outlined in five basic stages of transformation (Jong Ed, et to;) "Bio-based Chemicals." Value Added Products from Biorefineries "; IEA, S.D.):

1. Of raw materials to intermediates through existing extraction means.
2. Platforms to the building blocks by biotechnological processes, typically fermentation..
3. Blocks to secondary chemical by chemical synthesis processes.
4. Of secondaries to intermediates through various processes, both chemical, physical and thermochemical.
5. Intermediates to its application into manufactured finished products.

In this way, it is necessary to combine knowledge from different technical areas to travel the entire route. Key processes are in the biotechnological processes and chemical synthesis. Traditionally chemical companies have had a different expertise than biotech companies , so it is necessary to complement knowledge.

Thus, is given the case of collaboration between companies in both sectors, joint research projects between companies and educational institutions and research centers, and mergers between companies. For example, the acquisition of CIBA by BASF, Bayer buying agricultural division of Aventis (now Bayer CropScience), and the decision of DuPont to sell paints and coatings division to concentrate efforts on its biotechnology division did. Thus, in eight cases selected for analysis, five involve the collaboration of complementary chemical companies - biotechnology, or between companies that have one promising technology, with another that has secured market share.

Consolidated current projects

- Although a long way is necessary for this new chemistry is established as a reality throughout the industry,

Producto	Fuente	Compañía	País	Inicio de operaciones
Polietileno	Caña de Azúcar	Braskem	Brasil	2007
Monoetilenglicol (MEG)	Etanol (Caña de Azúcar)	Greencol Taiwan (Toyota Tshusho-China Man-Made Fiber)	Taiwan	2011
Ácido Poliláctico (PLA)	Glucosa de Maíz	NatureWorks (Cargill – DOW)	Estados Unidos	2002
Propilenglicol	Glicerina (Aceite de soja)	Archer Daniels Midland	Estados Unidos	2011
Epiclorhidrina	Glicerina	Solvay	Francia Tailandia China	2007 2011 2014
Ácido Acrílico	Caña de azúcar	Dow – OPX Biotechnologies	-	Diseño
Ácido Succínico	Glucosa	BioAmber – Mitsui	Francia Canada Tailandia	2010 2013 2014
Xilitol	Azúcar de Madera	Danisco - Lenzing	Austria	2006

Figura 7. Proyectos de desarrollo de productos químicos a partir de biomasa.

su desarrollo. En la figura 7 se presenta una selección de ocho casos destacados por su importancia a nivel global.

La producción de Polietileno de Alta Densidad (HDPE) a partir de caña de azúcar aprovecha la capacidad instalada de producción de este polímero de la brasileña Braschem. La ruta de síntesis deriva al azúcar de caña en Etanol a través de fermentación, posteriormente se sintetiza Etileno, para completar la conversión a HDPE. Este fue el primer Polietileno “verde” certificado del mundo, desarrollado en el 2007; además, la brasileña produce Polietilen Tereftalato (PET) y tiene proyectos para producir Polipropileno (PP) a partir de fuentes renovables. En el mismo año, DOW anunciaba la construcción de una fábrica de bio-Polietileno a partir de Alcohol, también en Brasil, con una capacidad de 350,000 ton/año. Como punto en contra está la general deforestación de una parte de la selva de Amazonas para la producción de caña de azúcar.

La compañía Greencol, con base en Taiwán, construyó una planta para la producción de Monoetilen Glicol (MEG) a partir de Etanol derivado de caña de azúcar, con una capacidad instalada de 100,000 ton/año. Esta compañía resulta de una unión (*joint venture*) a partes iguales entre la japonesa Toyota Tshusho Corporation (TTC) y la china Man-Made Fiber Corporation.

there are companies that have decided to go for their development. Figure 7 presents a selection of eight cases highlighted by its importance globally.

- Production of high density polyethylene (HDPE) from sugar cane takes advantage of the installed production capacity of this polymer of the Brazilian Braskem. The route of synthesis leads to cane sugar to ethanol through fermentation, is subsequently synthesized ethylene, to complete the conversion to HDPE. This was the first certified "green" polyethylene in the world, developed in 2007; In addition, the Brazilian company produces polyethylene terephthalate (PET) and has projects to produce polypropylene (PP) from renewable sources. In the same year, DOW announced the construction of a bio-polyethylene factory from Alcohol , also in Brazil, with a capacity of 350,000 tons per year. As point against is the general deforestation of a part of the Amazon jungle for the production of sugar cane.

- Taiwan-based Greencol company, built a plant for the production of Monoetilen glycol (MEG) from ethanol derived from sugar cane, with an installed capacity of 100,000 tons per year. This company is a joint venture in equal parts between the Japanese Toyota Tshusho Corporation (TTC) and the china man-made Fiber Corporation. For this project profited the management of supply chain of TTC, who is responsible for transforming the MEG into PET for the automotive production of

Para este proyecto se aprovechó la gestión de cadena productiva de TTC, quien es la responsable de transformar el MEG en PET para la producción de textiles aprovechables en los mercados automotriz, y para la producción de botellas. La tecnología de producción de esta planta fue suministrada por la empresa estadounidense Petron Scientechn, y la proveeduría de Etanol está a cargo de Petrobras.

Con el desarrollo de la tecnología de producción del Ácido Poliláctico (PLA) a partir de glucosa de maíz, la empresa norteamericana NatureWorks dominó el mercado de los bioplásticos hasta 2010. Actualmente esta empresa produce 140,000 ton/año de PLA derivado de maíz y sigue siendo la mayor productora de este tipo de polímero a nivel mundial. El PLA se produce por polimerización del Ácido Láctico, derivado de la fermentación del Almidón de fuentes naturales como maíz, trigo o remolacha; así, el proceso de producción se lleva a cabo en dos etapas, la primera es la fermentación del Almidón para la generación del Ácido Láctico, y la segunda es la polimerización. El PLA tiene muchas aplicaciones en mercados diferentes, dentro de los que destacan los envases. NatureWorks surgió de una unión entre DOW y Cargill, empresas química y agroquímica-biotecnológica respectivamente, por lo que en este caso se evidencia la colaboración entre empresas con aptitudes complementarias.

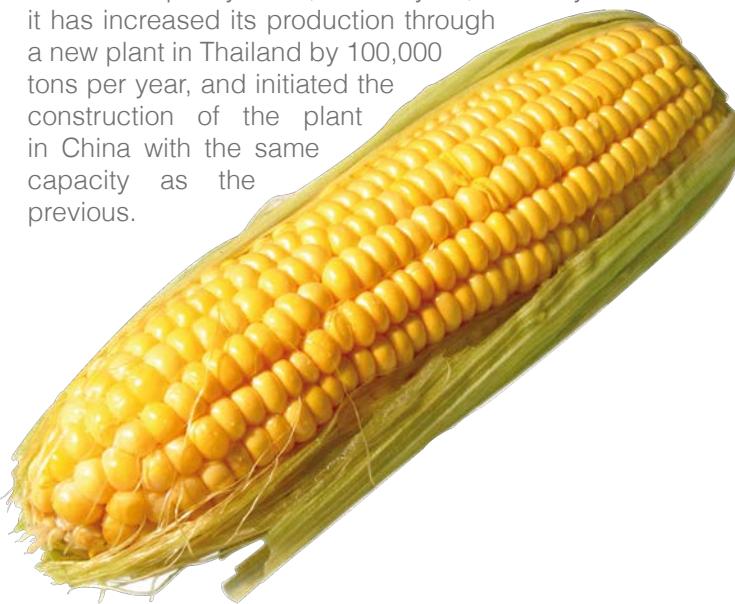
La Glicerina derivada de granos es un subproducto de la producción de biodiésel, a partir de la producción a gran escala de este combustible, diversas empresas han buscado darle valor a la Glicerina para integrarla en sus cadenas comerciales. La empresa norteamericana Archer Daniels Midland tiene una historia de transformación de granos en productos utilizables para diferentes mercados como alimentario, agrícola y energía. En este contexto, desarrolló una tecnología para producir Propilen Glicol (PEG) a partir de Glicerina obtenida en la refinación de aceite de soya. Por su parte, la internacional Solvay inició en 2007 la producción de Epiclorhidrina a partir de esa materia prima, en un desarrollo que ha dado lugar a la solicitud de 11 patentes; en este proceso se sustituye al Propileno como materia prima. La primer planta tuvo una capacidad instalada de 10,000 ton/año; actualmente ha aumentado su producción a través de una nueva planta en Tailandia por 100,000 ton/año, e inició la construcción de la planta en China por otras 100,000 ton/año.

La tecnología tradicional de producción de Ácido Acrílico parte del Propeno, un hidrocarburo, para su ruta de síntesis. Mediante una alianza, OPX Biotechnologies y DOW han desarrollado un proceso alternativo que aprovecha el azúcar y una bacteria E-coli modificada para producir Ácido Acrílico, y planean abrir una planta de producción a gran

usable textile markets, and for the production of bottles. Technology of production of this plant was supplied by the U.S. company Petron Scientechn, and the supply of ethanol is in charge of Petrobras.

- With the development of the production technology of polylactic acid (PLA) from glucose from corn, the American company NatureWorks dominated the bioplastics market until 2010. This company currently produces 140,000 tons/year of PLA derived from corn and is still the largest producer of this type of polymer worldwide. PLA is produced by polymerization of lactic acid, derived from the fermentation of starch sources, such as corn, wheat or sugar beet; Thus, the production process is carried out in two stages, the first is the fermentation of starch for lactic acid generation, and the second is polymerization. PLA has many applications in different markets, among which are containers. NatureWorks grew out of a joint between Cargill, chemical and agrochemical biotechnology companies respectively, so in this case is evidence the collaboration between companies with complementary skills.

- Glycerin derived from grains is a by-product of the production of biodiesel from production on a large scale this fuel, companies have sought to give value to the Glycerin to integrate it into their commercial chains. The U.S. company Archer Daniels Midland has a history of transformation of grain into usable products for different markets as food, agriculture, and energy. In this context, it developed a technology for producing propylene glycol (PEG) from Glycerin obtained in the refining of soybean oil. Moreover, the international Solvay launched in 2007 the production of Epichlorohydrin from this raw, in a development that has given rise to the request of 11 patents; in this process it is replaced with propylene as raw material. The first plant had an installed capacity of 10,000 ton/year; currently it has increased its production through a new plant in Thailand by 100,000 tons per year, and initiated the construction of the plant in China with the same capacity as the previous.





escala para el 2014. Ante esta realidad, BASF, el principal productor de este compuesto a nivel mundial, ha entrado en una alianza con Cargill y Novonzymes para no quedarse atrás; a través de procesos enzimáticos, convierten materia prima renovable en Ácido 3-Hidroxipropiónico (3-HP), para su posterior síntesis en Ácido Acrílico. Se espera utilizar este producto para fabricar polímeros superabsorbentes para diferentes mercados.

En estos proyectos nuevamente se pone de relieve la colaboración entre empresas, en tanto que BASF tiene el conocimiento del mercado de Ácido Acrílico, Novonzymes tiene expertise en el terreno de las enzimas, y Cargill domina los procesos de fermentación a gran escala.

Otro proyecto prometedor es el que desarrolla la japonesa Nippon Shokubai Co. (Nishoku) para la fabricación de Ácido Acrílico a partir de Glicerina; en él, este compuesto se deshidrata por vía catalítica para producir Acroleína, para su posterior oxidación, también por catálisis, a Ácido Acrílico.

La empresa BioAmber fue la primera en producir Ácido Succínico en una escala industrial a partir de fuentes renovables. Tradicionalmente este producto ha sido producido por hidrogenación catalítica de Ácido Maleico o de Anhídrido Maleico, obtenidos a partir de Benceno o Butano a través de procesos de oxidación. La tecnología desarrollada por la empresa se basa un proceso de fermentación mixta de Glucosa para obtener Ácido Succínico. A través de una alianza con Mitsui tienen proyectos de inversión

- The traditional technology of acrylic acid production based on the propene, a hydrocarbon, for its synthesis route. Through a partnership, OPX Biotechnologies and DOW have developed an alternative process that takes advantage of sugar and a modified E-coli bacteria to produce acrylic acid, and plan to open a production plant on a large scale by 2014. Faced with this reality, BASF, the main producer of this compound around the world, has entered into a partnership with Cargill and Novonzymes not to be back; through enzymatic processes, develop renewable raw material in acid 3-Hidroxipropionic (3-HP), for its subsequent synthesis in acrylic acid. He is expected to use this product to produce superabsorbent polymers for different markets.

- These projects again highlights the collaboration between companies, while BASF has knowledge of the market of acrylic acid, Novonzymes has expertise in the field of enzymes, and Cargill dominates fermentation processes on a large scale.

- Another promising project the development of the Japanese Nippon Shokubai Co. (Nishoku) for the manufacture of acrylic acid from glycerin; in it, this compound is dehydrated by catalytic via to produce Acrolein, for its subsequent oxidation, also by catalysis, into acrylic acid.

- The BioAmber company was the first to produce Succinic acid on an industrial scale from renewable sources. Traditionally this product has been produced by catalytic hydrogenation of maleic acid or maleic anhydride, obtained from

y comercialización conjuntos para echar a andar tres plantas a nivel global de producción de Ácido Succínico y 1,4 Butanediol (BDO) provenientes de fuentes renovables.

El último caso considerado es la producción de Xilitol a partir de azúcar de madera por la empresa Danisco, subsidiaria de DuPont; este método aprovecha la fermentación generada por un hongo (*Trichoderma reesei* y *Trichoderma longibrachiatum*) modificado. Este método de producción ha demostrado tener un impacto ambiental entre el 10 y el 15% del que genera el método de producción derivado de la fermentación de restos de maíz.

Ante las presiones de recursos energéticos y los riesgos ambientales, las empresas están apostando por el desarrollo de una Industria Química alternativa; apartir de programas de investigación y desarrollo tecnológico (I+D) se están generando nuevas plataformas de intermedios derivadas de biomasa; a través del aprovechamiento de la capacidad de transformación de la materia que tienen algunos organismos como bacterias, hongos o enzimas, estos intermedios son derivados en bloques constructores, es decir, compuestos que pueden ser utilizados para dar lugar a una enorme cantidad de productos químicos útiles para prácticamente todos los mercados.

Muchos de los procesos llevados a cabo hasta el momento han tenido un enfoque de sustitución de materias primas no renovables en la producción de productos *commodities* derivados del petróleo, actualmente disponibles a nivel comercial, por lo que se ha podido aprovechar la capacidad de planta instalada para ofrecer químicos a escala industrial; ello ha favorecido la reducción en costos de instalación e inversión en bienes de capital, y la aceptación de estos productos en el mercado.

Sin embargo, como quedó establecido, los nuevos bloques constructores pueden dar lugar a toda una gama nueva de productos diferentes a los obtenidos a partir del petróleo, por lo que es necesario una mayor cantidad de estudios para el desarrollo de nuevos productos y aplicaciones que sean aceptados en el mercado. Como todos los procesos de cambio a gran escala, el establecimiento de estas nuevas ramas llevará varios años y requiere de un compromiso de inversión por parte de las empresas interesadas. De acuerdo con la tendencia de los últimos diez años, es probable que aumenten las coinversiones entre empresas complementarias, incluso rivales, para el establecimiento de nuevas líneas de negocio o la sustitución de productos actualmente comercializados.

Grupo Cosmos agradece el apoyo del Dr. Víctor Gutiérrez, Jefe de Investigación y Desarrollo de Polaquímica para la realización de este artículo. ☐

benzene or butane oxidation processes. The technology developed by the company is based in a mixed fermentation of glucose to obtain Succinic acid. Through an alliance with Mitsui, they have joint investment and marketing projects to jump-start three plants at a global level of production of Succinic acid and 1,4 Butanediol (BDO) from renewable sources.

• The latter case considered is the production of xylitol from sugar from wood by the Danisco company, a subsidiary of DuPont; This method takes advantage of the fermentation generated by a fungus (*Trichoderma reesei* and *Trichoderma longibrachiatum*) modified. This production method has shown to have an environmental impact between 10 and 15% of which generates the production method derived from the fermentation of maize remains.

Prodded by energy resources and environmental risks, companies are betting on the development of an alternative chemical industry; from research and technological development (R & D) programs are being created new platforms of intermediates derived from biomass; through the utilization of the processing capacity of matter that have some organisms such as bacteria, fungus or enzymes, these intermediates are derived in building blocks, i.e., compounds that can be used to give rise to an enormous amount of chemicals useful for virtually all markets.

Many of the processes carried out so far have had an approach to substitution of non-renewable raw materials in the production of commodities, derive from petroleum, currently available on commercial products, so installed plant capacity has been able to leverage to provide chemicals to industrial scale; This has contributed to the reduction in costs of installation and investment in capital goods, and the acceptance of these products on the market.

As it was stated, however, the new building blocks may result in a range new products different to those obtained from oil, so that a greater number of studies for the development of new products and applications that are accepted in the market is necessary. As all the processes of change on a large scale, the establishment of these new branches will take several years and requires a commitment of investment by companies interested. According to the trend of the last ten years, it is likely to increase the joint ventures between companies complementary, even rivals, for the establishment of new lines of business or the replacement of currently marketed products.

Grupo Cosmos appreciates the support of Dr. Víctor Gutiérrez, head of research and development of Polaquímica for the preparation of this article. ☐