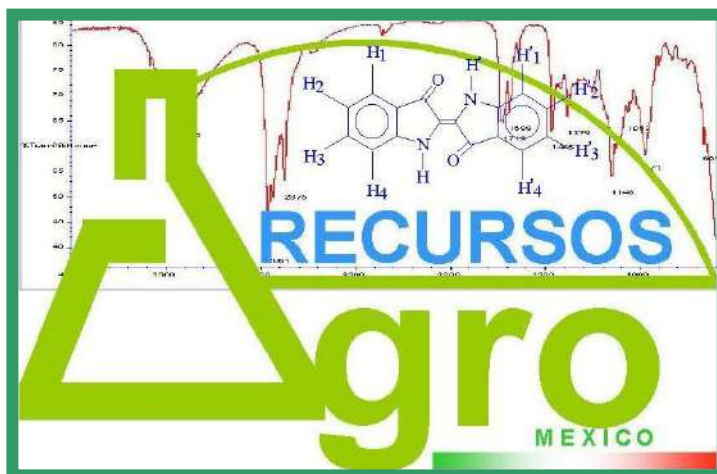


**UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
AGROINDUSTRIAL**

***Introducción al estudio de los
AGRORECURSOS***

Los AgroRecursos



Elías Jaime Matadamas Ortiz

2004

1. INTRODUCCIÓN.

Los progresos alcanzados en los últimos quince años en biología y en agronomía han conducido a numerosos analistas a predecir cambios muy importantes en la industria química y las industrias conexas, gracias a la producción de materias primas renovables proporcionadas por el reino vegetal. Esta hipótesis se basa en el hecho que con la utilización de procedimientos químicos y biotecnológicos, es posible en principio obtener la mayor parte de los grandes intermediarios de la química industrial a partir de materias primas, tales como, **el almidón, los azúcares naturales y la celulosa**.

Para que los recursos vegetales puedan contribuir a satisfacer de manera apreciable la demanda de productos básicos de la industria química, es imperativo que los siguientes criterios sean respetados: los recursos deben ser suficientemente importantes para responder a la demanda del mercado, las tecnologías generadas deben ser confiables y bien adaptadas, los rendimientos de los procedimientos deben ser importantes, y finalmente, los productos deben ser competitivos.

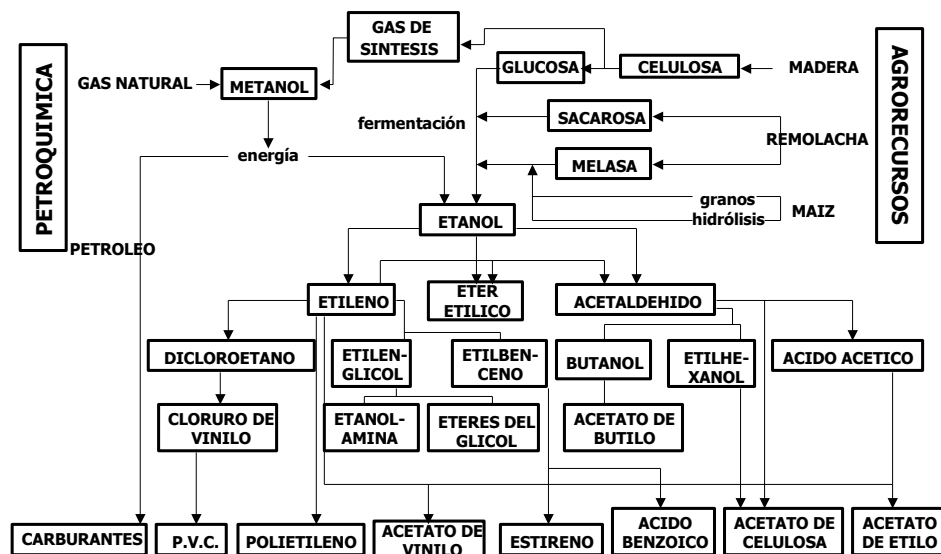


Figura 1. Algunas vías de sustitución de la petroquímica por la biosíntesis y síntesis química clásica.

La **biomasa** disponible para el uso no alimentario engloba el conjunto de **vegetales terrestres y acuáticos**, incluyendo las algas, las turbas, los excedentes agrícolas y forestales, el conjunto de desechos y residuos orgánicos de la agricultura, de la pesca y la silvicultura. La figura 1 muestra que los principales constituyentes de esta biomasa

son por una parte, los **glúcidos** o **hidratos de carbono**, es decir los azúcares (provenientes de la caña de azúcar, remolacha azucarera y sorgo) y los almidones que son polisacaridos (provenientes de los cereales, mandioca y papa), y por otra parte, la **lignocelulosa** (de árboles y de los residuos de cultivo).

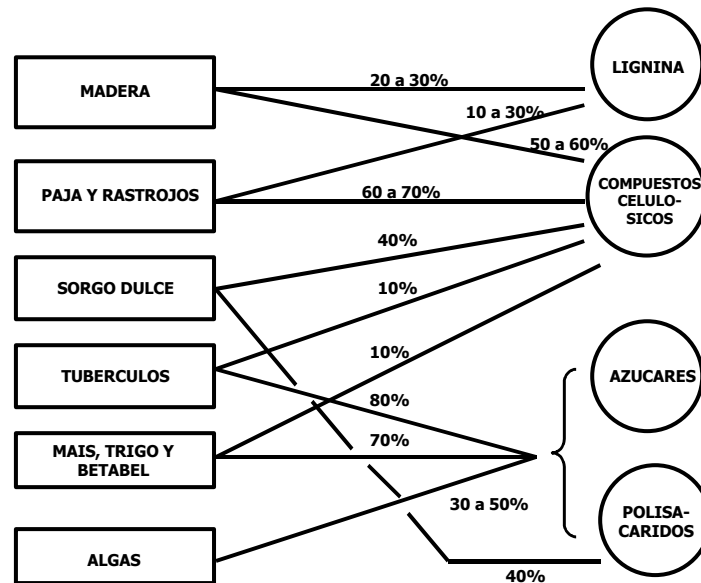


Figura 2. Los constituyentes de la biomasa.

La producción de la biomasa a nivel mundial es del orden de 10^{11} ton por año, de la cual la mayor parte está constituida por lignocelulosa, con cantidades pequeñas de almidón y azúcares. Las tierras cultivadas a nivel mundial representan 10^{10} ha son en un 75% destinadas al cultivo de cereales. Estas cifras tan elevadas no deben hacernos olvidar los contratiempos que pesan por el empleo de la biomasa como materia prima para la industria: carácter estacionario de su disponibilidad, elevados costos de cosecha y almacenamiento, competencia de los usos tradicionales que son la alimentación humana y animal, sin olvidar la vulnerabilidad genética de los monocultivos desarrollados en grandes superficies. Se admite generalmente que en las regiones altamente industrializadas como Europa, la producción de biomasa no podrá jamás satisfacer la demanda de materia prima de la industria química y permitir una producción importante de carburantes; por lo cual debe considerarse solo una fuente complementaria.

El **Cociente Energético Neto** o **CEN** es la relación de la energía producida a partir de materias útiles determinadas, y la energía consumida para producir estas últimas, incluyendo la energía invertida por los procesos agrícolas y la energía necesaria por la producción de fertilizantes y pesticidas. Es un factor importante a tomar en consideración para la evaluación de un proyecto de producción de materia prima a partir de los recursos vegetales. Para la mayor parte de las plantas en almidón y para la industria del azúcar a partir de la remolacha, el CEN es próximo a 1. Para obtener valores de este coeficiente superiores a la unidad, es necesario utilizar la planta entera; la caña de azúcar es un buen ejemplo de una utilización óptima, ya que, el azúcar es el producto principal, la combustión del bagazo, que es un residuo fibroso resultante de la extracción del jugo contenido en los tallos de la planta, produce igualmente vapor destinado al tratamiento industrial del jugo azucarado, y los desechos y residuos permiten producir el biogas o alimentos para el ganado.

Diversas vías son exploradas para aumentar la calidad y la cantidad de la biomasa disponible como lo muestra el ejemplo de las microalgas. En efecto, el rendimiento máximo efectivo de la conversión de la energía solar en biomasa por la técnicas agrícolas clásicas es del orden del 1%. Esta cifra es pequeña si se le compara al 30% del rendimiento fotosintético representando la relación de la energía almacenada en la biomasa y la energía luminosa absorbida. Trabajos de laboratorio han mostrado que los cultivos de microalgas bajo una intensidad luminosa limitada dan un rendimiento efectivo de conversión de la energía solar del 18%. El cultivo de estos microorganismos (cianobacterias, ficoeritrinas, etc.) es en principio muy atractivo ya que solo requiere de gas carbónico, de nitrógeno y de luz. Podemos imaginar fotobioreactores de los cuales podríamos obtener a la demanda, controlando las condiciones del reactor, una biomasa rica en proteínas, lípidos o almidones. En las condiciones actuales, el precio aún elevado de esta materia prima la hace competitiva solo para los productos relativamente caros como los pigmentos naturales, tales como el betacaroteno y los ácidos grasos (ácidos acíclicos de largas cadenas lineares insaturadas) que son ácidos esenciales.

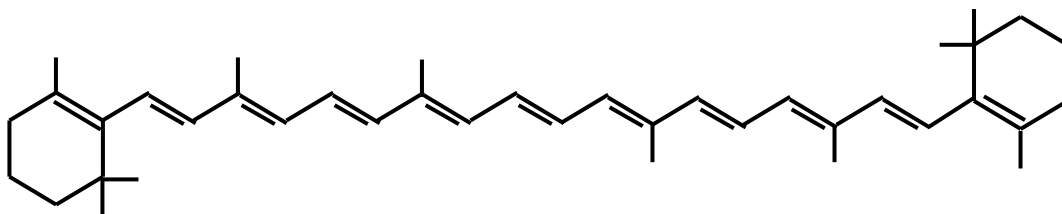


Figura 3. El β - caroteno ($C_{40}H_{56}$).

Las principales técnicas de transformación de la biomasa son, **la combustión, la pirolisis, la gasificación y la fermentación**. Las técnicas de fermentación a partir de la biomasa históricamente han servido a producir solventes y ácidos orgánicos: etanol, acetona, butanol, isopropanol, glicerol, ácido acético, propionico y láctico. Actualmente

son obtenidos por fermentación solo los intermediarios que serían más caros de obtener de otra manera, tales como, **el ácido cítrico o el ácido itaconico**.

Cuadro 1. Intermediarios químicos preparados a partir de la biomasa.

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN	INTERMEDIARIO
Obtenidos por fermentación	<i>Ácido cítrico</i> <i>Ácido gluconico</i> <i>Ácido itaconico</i> <i>Butano-2,3-diol</i> <i>Dihidroxiacetona</i>
Obtenidos por fermentación y por síntesis	<i>Ácido acético</i> <i>Etanol</i> <i>Glicerina</i> <i>Ácido láctico</i>
Obtenidos anteriormente por fermentación	<i>Etilenoglicol</i> <i>Isopropanol</i> <i>Acetona</i> <i>Ácido adípico</i> <i>Butanol</i> <i>Metacrilato de metilo</i> <i>Propilenoglicol</i> <i>Ácido acrílico</i> <i>Ácido propionico</i> <i>Ácido fumarico</i>

La adopción de procedimientos que recurren a los recursos renovables, o también llamados **Agrorecursos**, está regida principalmente por los costos relativos de la biomasa y del petróleo como fuente de carbono y de energía. Cuando las diferencias de costos son pequeñas, el recurrir a uno o a otro, depende de la eficiencia de la técnica de transformación. Estas diferencias de costo entre las materias primas están ligadas a condiciones geopolíticas. Actualmente la primacía del petróleo es rotunda y la producción mundial de compuestos orgánicos de síntesis descansa en más del 80% en los hidrocarburos. Sin embargo, es esencial hacer notar que el problema de las materias primas toma una importancia más o menos grande según se tome en cuenta los productos fabricados en masa o productos de alto valor agregado. El etanol y el metano, productos con pequeño margen de ganancia; fabricados en gran cantidad no

corresponden a los mismos criterios económicos que se aplican para otros productos más complejos y por los cuales los Agrorecursos pueden ser más competitivos.

2. LOS PRODUCTOS ORIGINADOS DE LA FOTOSÍNTESIS.

2.1. Los compuestos lignocelulosicos.

Los compuestos lignocelulosicos, la madera en particular, están constituidos de **celulosa**, de **hemicelulosa** y de **lignina**. Estos dos últimos compuestos constituyen la matriz de **lignocelulosa** dentro de la cual se encuentra la celulosa.

La **celulosa**, polímero de la glucosa, es la más abundante del reino vegetal; representa aproximadamente el 30% de la materia seca de los vegetales. La celulosa está constituida de macro fibras visibles al microscopio, ellas mismas están formadas por micro fibras resultantes del ensamblaje de alrededor de una centena de cadenas moleculares, constituidas por la repetición de dos moléculas de glucosa.

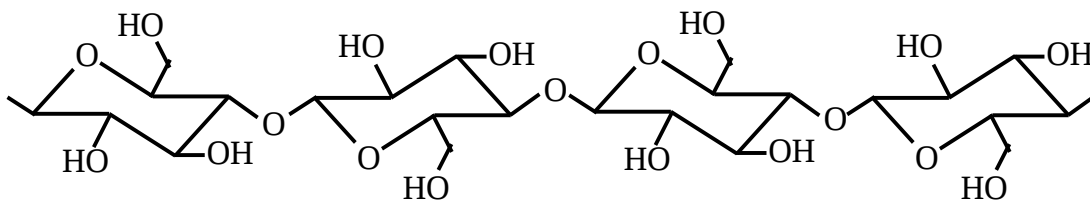


Figura 4. La celulosa.

Las **hemicelulosas** son moléculas complejas hechas de poliósidos de cadenas cortas compuestas de hexosas, de pentosas y de ácidos urónicos. Estas representan el 10% de la materia seca, en el caso de las resinosas, y el 20% en el de los tejidos verdes.

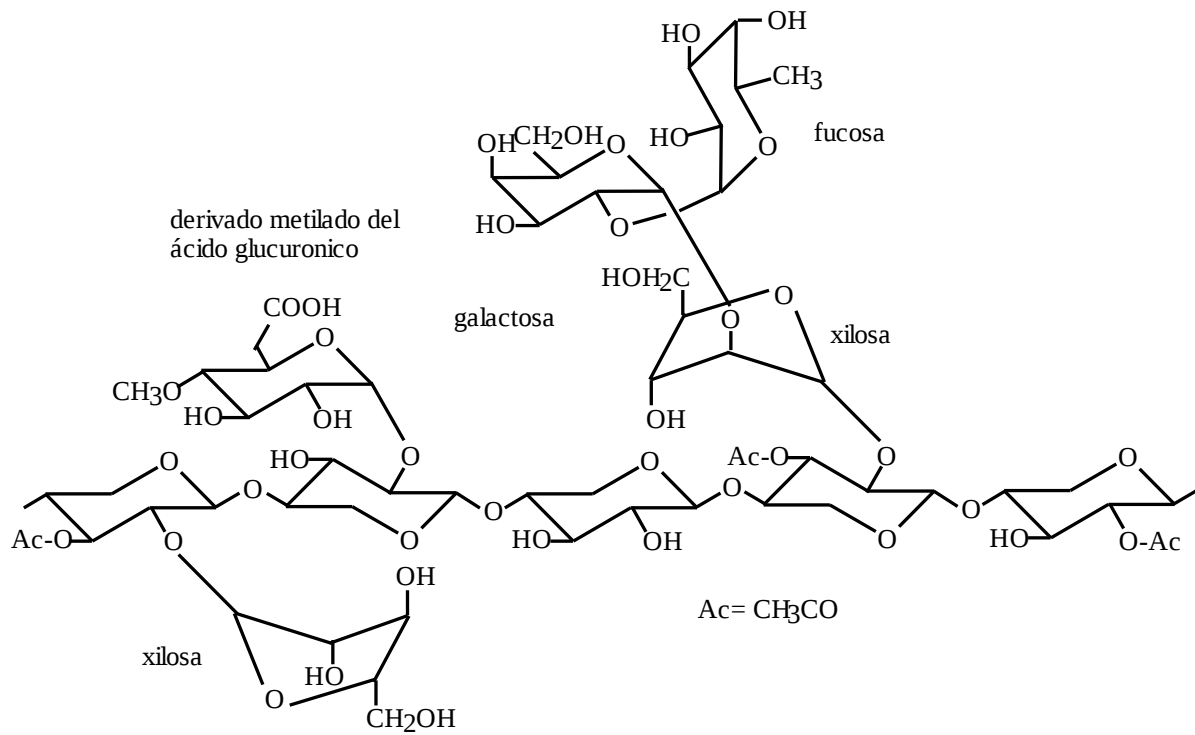
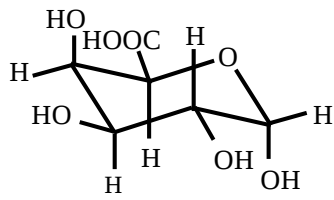
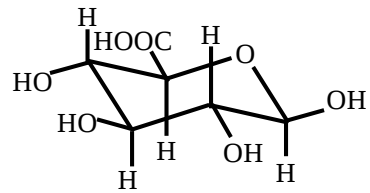


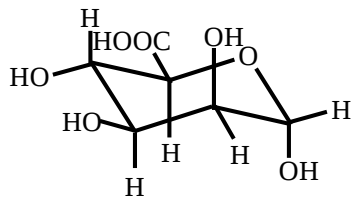
Figura 5. La hemicelulosa (*Modelo rediseñado por The Molecular Biology of the Cell, 1983. Garland, New York*).



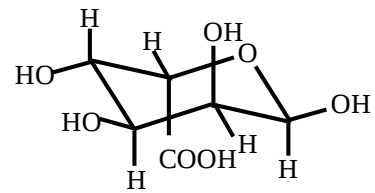
Acido galacturónico



Acido glucurónico



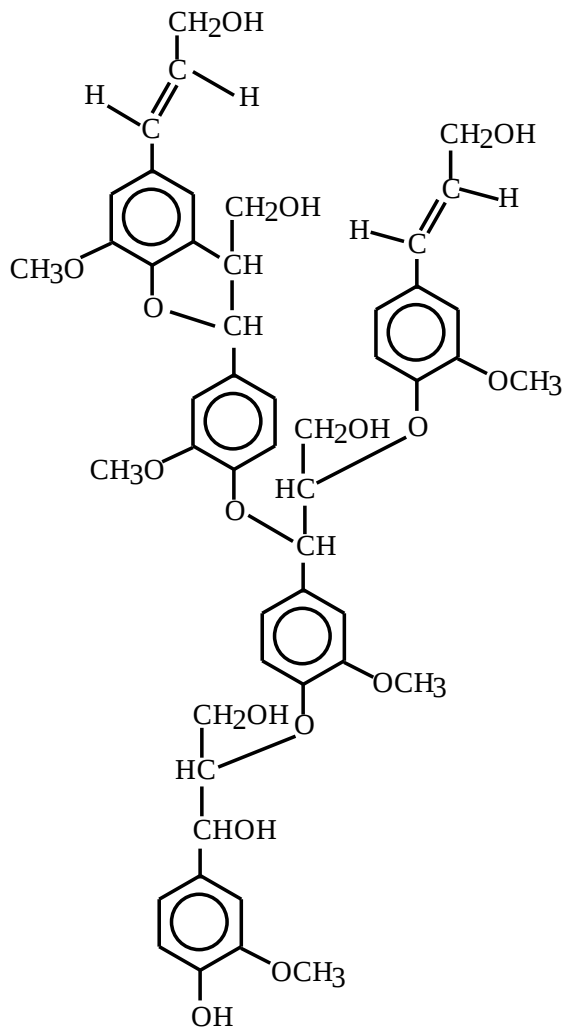
Acido manurónico



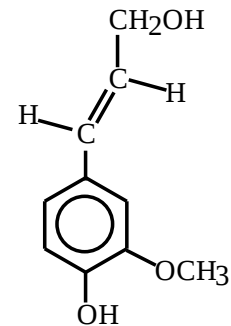
Acido gulurónico

Figura 6. Los ácidos urónicos que componen la hemicelulosa.

La **lignina** representa alrededor del 20% de la materia seca de la madera. Puede ser considerada como un polímero del alcohol coniferílico. Su gran estabilidad química la hace difícilmente degradable por los reactivos químicos y biológicos.



Modelo estructural de la lignina



Alcohol coniferílico

Figura 7. La lignina y el ácido coniferílico.

La utilización industrial de los compuestos lignocelulosicos es antigua. Se sabe obtener los ácidos orgánicos, alcoholes y solventes a partir de la madera desde hace más de 100 años. Así mismo, el tratamiento de las fibras celulosicas con soluciones alcalinas a permitido el desarrollo de la industria de la viscosa, que es una solución de *xantano* de celulosa dentro de una sal de sosa y que conduce a diversas formas de celulosa regenerada como el **rayón** o el **celofán**.

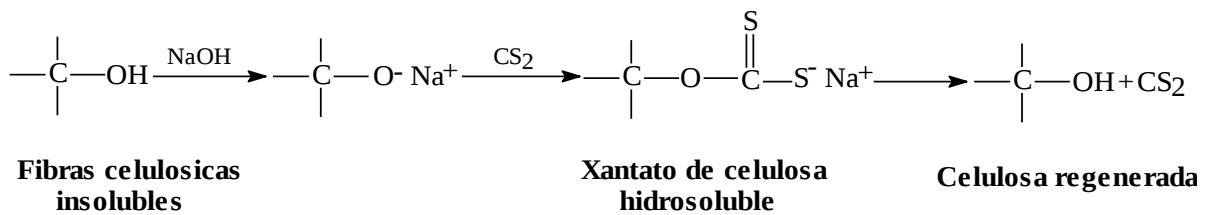


Figura 8. La regeneración de la celulosa.

El advenimiento de la petroquímica progresivamente volvió caduca esta industria de la madera.

La única gran industria basada en los compuestos lignocelulosicos es la de la pulpa de papel. La madera es transformada, ya sea por procesos mecánicos o termomecánicos, o por procesos químicos. Estos dos últimos son de dos tipos; procesos alcalinos o procesos ácidos al bisulfito.

Las reacciones químicas puestas en juego son de hecho reacciones de hidrólisis de los constituyentes de la madera catalizadas por adyuvantes ácidos o alcalinos. Los líquidos residuales pueden ser la fuente de subproductos interesantes: **furfural**, **ácidos grasos**, **esteroides**, **esencia de terebentina** (aceite esencial extraído de los jugos oleoresinosos que provienen de los pinos y que contienen diversos compuestos tales como el α -pinene), **metilmercapatan**, CH_3SH y **fenoles**.

Los esteroides son esteroides no hormonales. La denominación de esteroide está reservado a los 3 β - hidroxisteroides portadores de una cadena larga hidrocarbonada en posición 17 β como el colesterol.

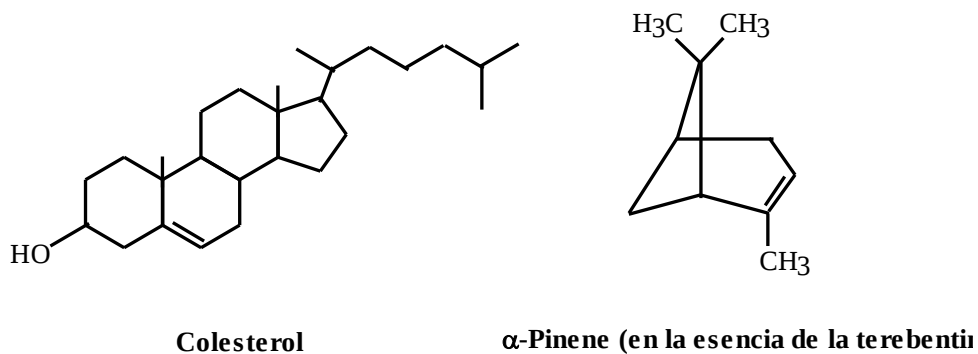


Figura 9. El colesterol y el pinene.

El encarecimiento de los productos petroleros a conducido a los químicos a interesarse de nuevo por la utilización de estos materiales lignocelulosicos. La hidrólisis fraccionada de la madera puede ser la base de una nueva química de síntesis si combinamos el estudio de las salidas de los azúcares al del furfural y al de los fenoles. En efecto, la glucosa, fuera de sus aplicaciones clásicas dentro de los sectores alimentario y terapéutico, permite la obtención del **etanol** y de sus derivados, del **sorbitol** y del **hidroximetilfurfural**; así como puede conducir a la obtención del glicerol y del etilenoglicol, aunque estos compuestos son generalmente obtenidos por otras vías.

En cuanto al furfural, sus principales derivados son el **furano**, el **tetrahidrofurano**, el **ácido furónico**, el **alcohol furfurílico** y el **alcohol tetrahidrofurfurílico**. Es utilizado como solvente y como intermediario de síntesis para la fabricación de materias plásticas tales como las poliamidas y las resinas furfural-fenol.

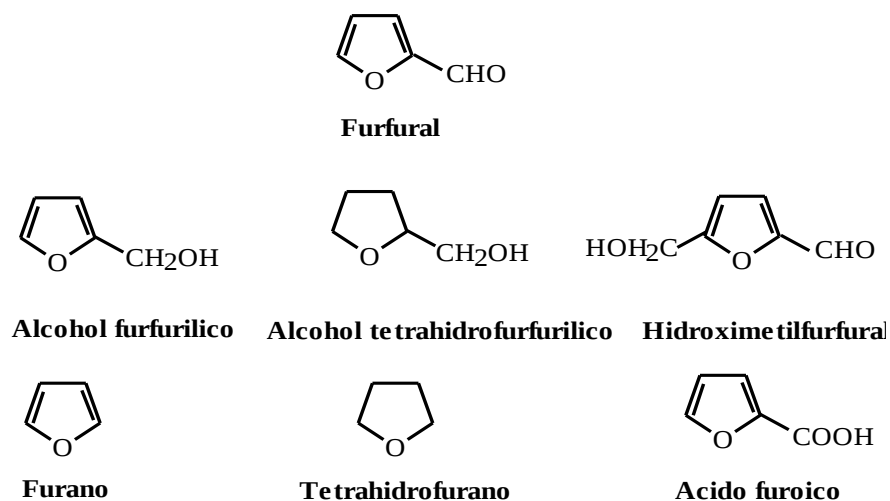


Figura 10. Los derivados del furfural.

Numerosos procesos son evaluados al estado piloto para mejorar la rentabilidad económica de las líneas y sobretodo las fases de pretatamiento de la materia vegetal. Dentro de los métodos más prometedores figura la **autohidrólisis flash**. La pedacería de madera o los vegetales molidos son tratados en autoclave a 200°C bajo una presión de vapor de agua de 30 *bar*. Bajo el efecto de una alta tensión, las ligaduras de lignina se rompen y se recupera la celulosa y las hemicelulosas que pueden, en seguida, ser objeto de tratamientos enzimáticos y de desarrollos industriales.

Una pre- hidrólisis suave puede ser igualmente efectuada sobre las materias lignocelulosicas con la ayuda de ácidos orgánicos o del ácido clorhídrico para obtener pentosanas bajo la forma de xilosa o azúcar de madera $\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_3\text{CHO}$ (intermediario para la fabricación del edulcorante, el xilitol $\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_3\text{CH}_2\text{OH}$). Por deshidratación a temperaturas superiores a los 135°C, o por tratamiento con cloruro de hidrógeno gaseoso de la madera o de rastrojo de maíz se obtiene el furfural, base de partida para la fabricación de nylons, de poliésteres y de resinas furánicas.

2.2. El Almidón.

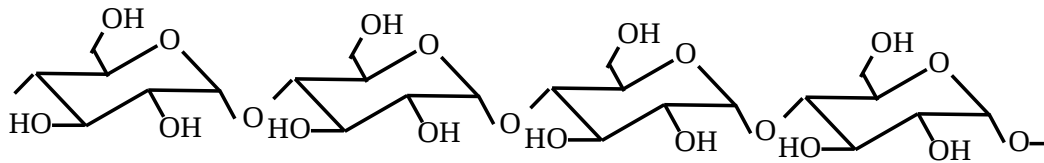
El almidón es, cuantitativamente después de la celulosa, la principal sustancia glucosídica sintetizada por los vegetales superiores a partir de la energía solar. Constituye uno de los principales fuentes renovables por su facilidad de transformación físico-química. El almidón está constituido de dos variedades de polímeros de glucosa, la **amilosa** y la **amilopectina**. Esta última, es el constituyente mayoritario de los almidones de origen vegetal y representa alrededor de $\frac{3}{4}$ del almidón total de la harina de trigo. La amilosa está constituida de largos encadenamientos de glucosa con muy pocas ramificaciones. La amilopectina está constituida de cadenas análogas a las de la amilosa pero con numerosas ramificaciones.

El almidón es fácilmente transformado en glucosa por medio de una hidrólisis enzimática. La producción mundial de almidón es del orden de 17 millones de ton extraídas principalmente del maíz (10 millones de ton) y de la papa (3 millones de ton), el resto proviene del trigo, del arroz y de la mandioca.

La producción europea de almidón es de alrededor de 7.3 millones de ton y las tres principales fuentes son, el maíz (45%), el trigo (32%) y la papa (23%). Este biopolímero es una materia prima abundante, renovable, poco costosa (en Europa) y completamente biodegradable.

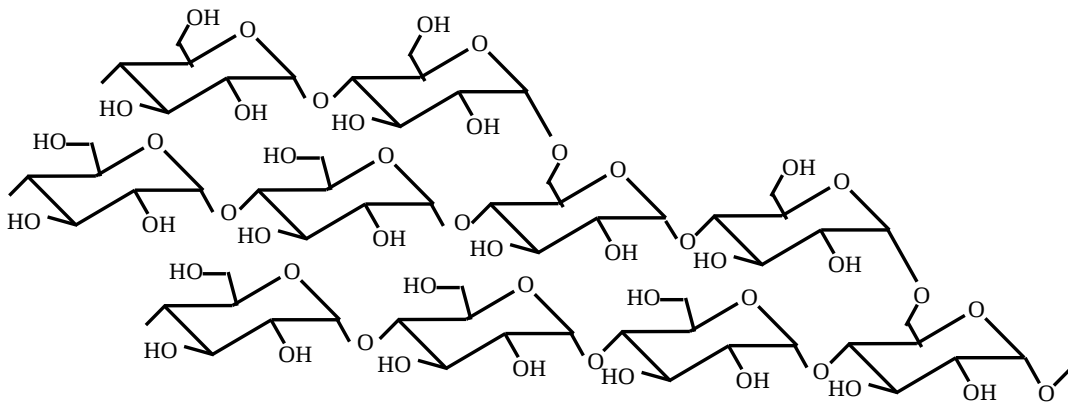
El almidón es la materia prima de una industria muy diversificada de la cual el perfil agroalimentario evoluciona progresivamente hacia la química. La fabricación enzimática del azúcar (mezcla de glucosa y fructosa) a conocido un auge en los Estados Unidos, país excedentario en maíz e importador de azúcar. La línea de procesos bioquímicos y químicos aplicados al maíz conduce a productos utilizados en la alimentación humana (**isoclucosa** y **fructosa** $\text{CH}_2\text{OHCO}(\text{CHOH})_3\text{CH}_2\text{OH}$); en farmacología (**sorbitol**, como precursor de la vitamina C); en cosmetología (sorbitol, **ácido gluconico**

$\text{CH}_2\text{OH}(\text{CHOH})_4\text{COOH}$) y en las industrias textiles y de papelería (almidones modificados).



Amilosa

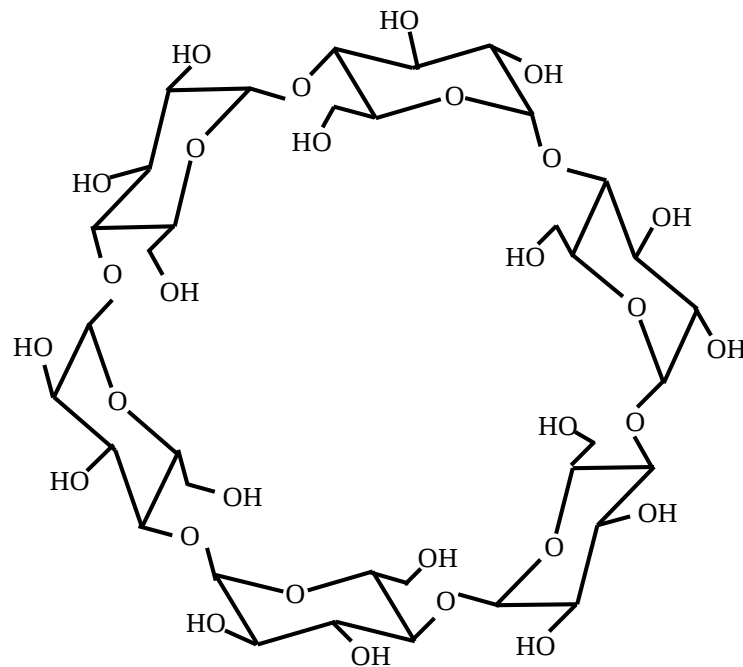
Figura 11. La amilosa componente del almidón.



Amilopectina

Figura 12. La amilopectina.

Entre los productos nuevos de la hidrólisis enzimática, figuran las ciclodextrinas. Son obtenidas por la acción de la enzima ciclodextrineglucosiltransferasa sobre el almidón. Son poliglucosidos cíclicos constituidos por el ensamblaje de 6, 7 u 8 unidades de glucosa llamados respectivamente α , β y γ ciclodextrinas y que se caracterizan por una estructura cíclica. Estos bioderivados del almidón tienen aplicaciones en las ramas alimentaria, farmacéutica, cosmetológica y agroquímica en razón notablemente de su capacidad a comportarse como “huéspedes” capaces para formar complejos de inclusión con muy grande número de entidades químicas.

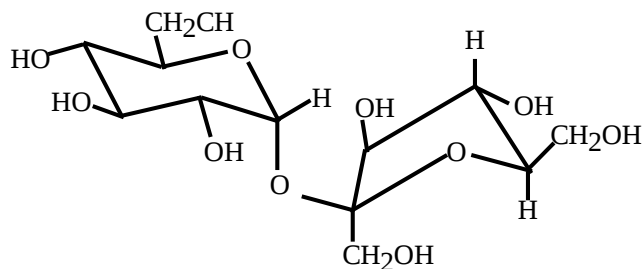


α -Ciclodextrina

Figura 13. La ciclodextrina.

2.3. La sacarosa.

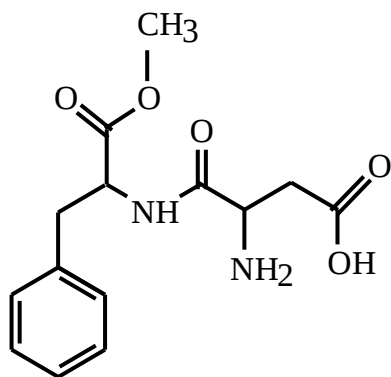
Principal diholósido del mundo vegetal. Es originado principalmente de 3 fuentes: **la remolacha azucarera**, en la que el tubérculo contiene hasta el 20% de su peso en sacarosa, **la caña de azúcar**, y el **maple de azúcar** de América del Norte.



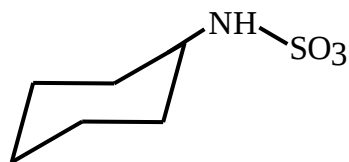
Sacarosa $C_{12}H_{22}O_{11}$

Figura 14. La sacarosa.

La producción mundial de sacarosa es del orden de 100 millones de ton al año. Uno de los subproductos de la industria azucarera, la **melasa**, agua-madre de la cristalización de la sacarosa, constituye uno de las más importantes materias primas para la industria de las fermentaciones. Francia produce anualmente más de 1 millón de ton de melasa a partir de la remolacha azucarera directamente fermentable. La industria azucarera, conoce actualmente un repunte a causa de la aparición de nuevos edulcorantes tales como la isoglucosa (mezcla de glucosa y fructosa obtenida a partir del almidón de maíz) y de productos de síntesis (aspartamo y el ciclamato).



Aspartamo $C_{14}H_{18}O_5N_2$



Ciclamato de sodio

Figura 15. El aspartamo y el ciclamato de sodio.

Los productores de sacarosa, en la búsqueda de nuevos objetivos, estudian la posibilidad de desarrollar una línea industrial azúcar-alcohol etílico – derivados químicos, para aprovechar los excedentes de producción.

2.4. Otras fuentes de materias primas.

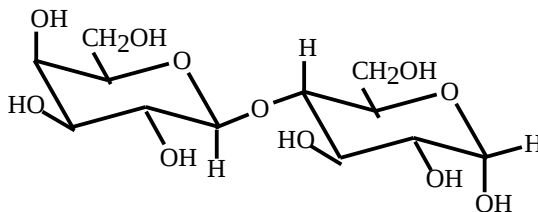
Además de las materias primas de origen vegetal que ya hemos mencionado, existen otras utilizadas de manera limitada o experimental. Estos productos son los siguientes.

Los **aceites vegetales**. Todas las células vegetales contienen triglicéridos, ésteres de ácidos grasos y un triálcohol, el glicerol. Estos ácidos grasos se caracterizan por la longitud de su cadena hidrocarbonada (de C_6 a C_{36}) y por el número y la posición de dobles ligaduras. Varios de entre ellos presentan un interés industrial, tales como los ácidos:

- en C_{16} : ácido palmítico $CH_3(CH_2)_{14}COOH$,
- en C_{18} : ácido linoléico $CH_3(CH_2)_4CH=CH-CH_2-CH=CH(CH_2)_7COOH$,
 ácido oléico $CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$,
 ácido estearico $CH_3(CH_2)_{16}COOH$,
- en C_{22} : ácido érucico $CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_{11}COOH$.

Estos ácidos son obtenidos a partir de los triglicéridos extraídos de granos o frutos de plantas oleaginosas cultivadas industrialmente; palma aceitera, cacahuete, colza, girasol y soya.

El **lactoserum**. El lactoserum o suero es uno de los subproductos de la industria láctea. Su principal constituyente, la **lactosa**, está disponible en cantidad muy importante en Europa (más de 1.5 millones de toneladas por año). El lactoserum es actualmente valorizado en la alimentación animal. Sin embargo, todo un conjunto de procesos están disponibles para utilizarlo como materia prima en la industria química o alimenticia: **hidrólisis** en glucosa-galactosa para dar almíbares o mieles, **fermentación** en metano o alcohol etílico.

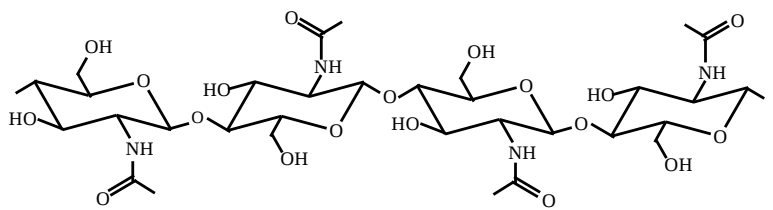


α-Lactosa $C_{12}H_{22}O_{11}$

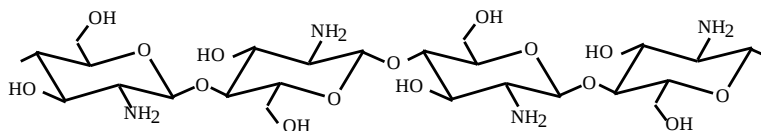
Figura 16. La lactosa.

La **quitina y otros polisacáridos**. La quitina es uno de los polisacáridos más distribuidos en la naturaleza. Se le encuentra principalmente en el caparazón de los insectos y de los crustáceos, lo que la hace un subproducto de la industria de la pesca. La quitina se presenta bajo la forma cristalina constituida de moléculas ligadas entre ellas por enlaces de hidrógeno, formando una red de fibras. Aunque muy estable químicamente, la quitina puede ser hidrolizada en **quitosano**, del cual sus derivados tienen numerosas aplicaciones potenciales en los sectores de la salud y de los materiales: **agente cuagulante** en el tratamiento del agua, **biomaterial** para la fabricación de piel artificial o de lentes de contacto. Aplicaciones son igualmente vislumbradas en la agricultura: envoltura de semillas, protección de suelos contra parásitos (la quitina es un nematicida natural).

Además de la quitina y de los polisacáridos ya vistos anteriormente (almidón y celulosa), existe una gama de compuestos de la biomasa vegetal: extractos de algas (ejemplo, **alginatos** derivados del ácido alginico que es un polisacárido constituidos de unidades de ácido manurónico y gulurónico), extractos de frutos (ejemplo, **pectinas**, que son esteres metílicos del ácido poligalacturónico), exudantes de árboles (**goma arábica**), extractos de harinas (**agar y caroube**). Otras familias de polisacáridos, **xantano, gelano y dextrano**, son extraídos de cultivos de bacterias o de hongos. Todos estos polímeros se distinguen por una gran diversidad de estructuras, pero ellos presentan una aptitud común a solubilizarse en medio acuoso. Esta solubilización se traduce por un incremento de la viscosidad de la solución. Estos polisacáridos son principalmente utilizados como agentes espesantes o gelatificantes en un gran número de sectores industriales: alimentación, farmacia, cosmetología, detergentes y jabones, explosivos, pinturas, textiles, adhesivos y papelería. Utilizados durante mucho tiempo de manera empírica, estos polisacáridos devienen productos objeto de investigaciones para dilucidar su estructura y a vislumbrar nuevas aplicaciones.



Quitina



Quitosano

Figura 17. La quitina y el quitosano.

3. La utilización de los agrorecursos con fines químicos y energéticos.

Entre las posibles líneas de utilización de los productos de origen de la agricultura figuran los productos energéticos, sustitutos o complementarios de los carburantes para automóviles. La decisión de la Comunidad Económica Europea, en 1985, de disminuir el contenido de plomo y autorizar la introducción de compuestos oxigenados en las gasolinas de los automóviles, aunado a la preocupación de administrar al menor costo los excedentes agrícolas europeos, comprendieron un nuevo interés por la valorización energética de los recursos agrícolas disponibles. En La práctica, las vías que son exploradas, combinan la investigación de productos para la industria química y la industria de carburantes.

3.1. La producción de metanol.

El tratamiento de la lignina y de los compuestos celulósicos de la madera por el oxígeno a 120°C conduce a una mezcla de monóxido de carbono y de hidrógeno, el cual, en presencia de un catalizador, es convertido en una mezcla de metanol y alcoholes superiores. El rendimiento global es del orden de 500 Kg de mezcla por una tonelada de biomasa.

Para aplicaciones en el sector de los carburantes, el metanol puede ser directamente mezclado (a menos del 10%) con la gasolina, o bien puede ser convertido por vía catalítica a una gasolina con un fuerte índice de octano.

3.2. La producción de etanol.

La fermentación etílica permite obtener aproximadamente 0.5 ton de alcohol a partir de una tonelada de azúcar o almidón. El etanol-carburante ha sido objeto de experimentación industrial de gran envergadura en los Estados Unidos y en Brasil. La experimentación brasileña, la más ambiciosa, comenzó en 1975 con el lanzamiento de un programa nacional de producción de etanol para utilizar los excedentes de caña de azúcar y disminuir la dependencia energética del país. La producción se desarrolló muy rápidamente para alcanzar las 9 millones de toneladas en 1987, con la puesta en marcha de grandes unidades funcionando en continuo capaces de suministrar de 150 a 500 ton de etanol por día. En los Estados Unidos, la producción que comenzó en 1980 fue más modesta, del orden de 2 a 3 millones de ton en 1987. En Francia, la producción de etanol destinado a la industria química es actualmente, casi en su totalidad, de origen agrícola.

3.3. La producción de la mezcla acetona-butanol.

Los procedimientos de producción de la mezcla acetona-butanol están basados en la fermentación de soluciones de glucosa producidas en las azucareras u obtenidas por la hidrólisis del almidón o de materias lignocelulósicas. La mezcla tipo obtenida designada como **mezcla MBAE** contiene *n*-butanol (68%), acetona (29%) y etanol (3%). Esta mezcla puede constituir un producto químico de base y durante la primera guerra mundial fue una de las fuentes de la acetona necesaria para la fabricación de explosivos. Puede ser combinada con metanol para la fabricación de carburantes de automóviles y entrar en la composición de los carburantes diesel en los países donde la importación y el transporte de estos productos son caros.

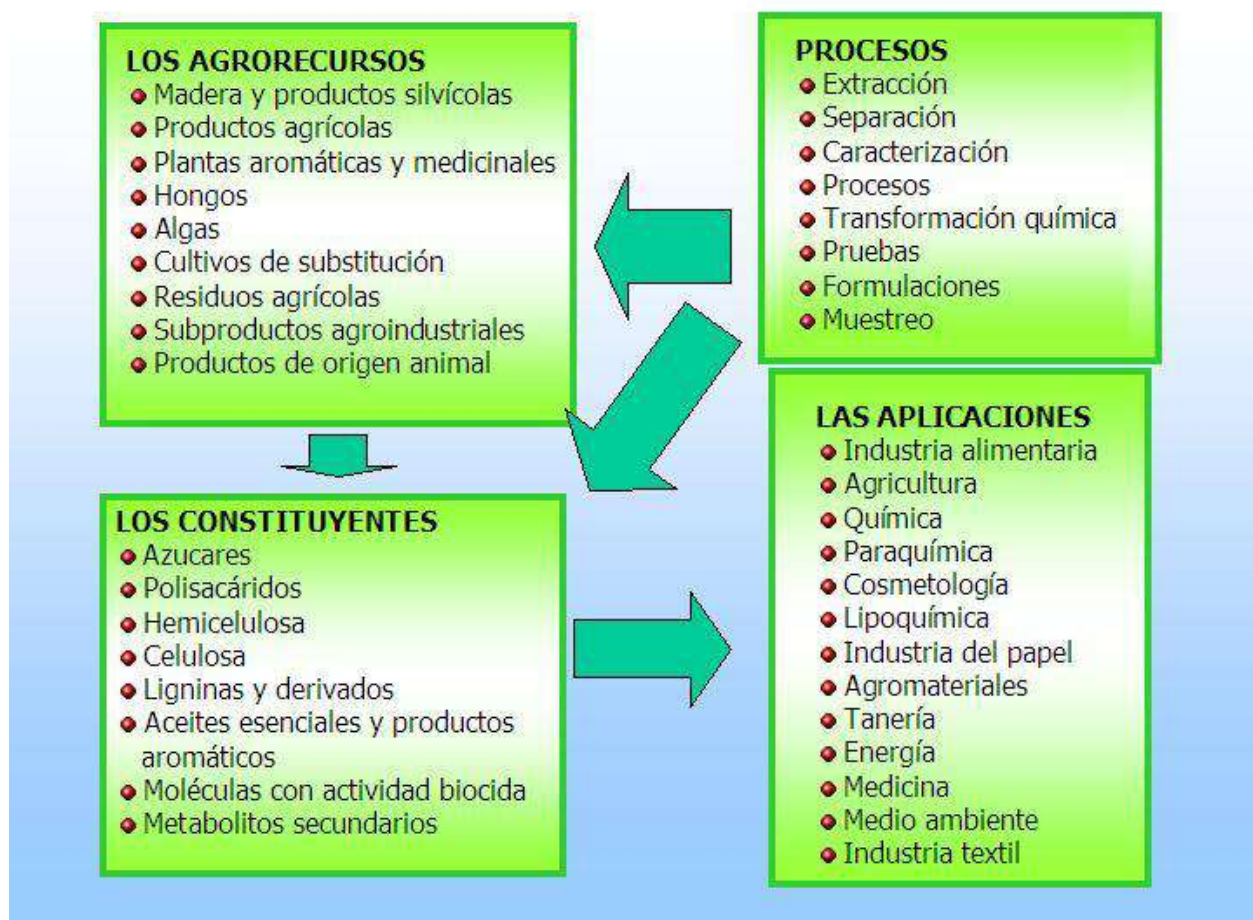
3.4. La utilización de aceites vegetales.

Los aceites vegetales de soya, colza, cacahuete o girasol, pueden ser utilizados como carburantes, ya sea directamente dentro de los diesels lentos después de purificación, ya sea después de esterificación, sea después de *craquage* catalítico. La esterificación con metanol o etanol de los triglicéridos contenidos dentro de los aceites vegetales ofrece la ventaja de dar excelentes substitutos a los carburantes diesel y de suministrar un subproducto, la glicerina o glicerol a razón de 10% de la producción de esteres, el cual puede ser valorizado separadamente.

4. Conclusiones.

Es razonable pensar que los grandes intermediarios de la química continuarán a ser producidos por la petroquímica, tomando en cuenta sus costos de producción actuales relativamente bajos.

Por el contrario, la glucosa y la química de la glucosa, se encuentran en un contexto más favorable en la preparación de compuestos oxigenados. La glucosa es el punto final de la transformación de los oligosacáridos contenidos en las melasas o en el azúcar, dentro del almidón o en la celulosa obtenida por la transformación de las materias celulósicas. Gracias a los progresos conjugados de las biotecnologías y de la química de síntesis, la glucosa puede conducir a toda una gama de intermediarios químicos más o menos elaborados (glicerina, poliols, furfural, ácidos y diácidos) así como a productos con alto valor agregado como los antibióticos, los ácidos aminados y las enzimas.



Los Agrozrecursos de México.

5. Bibliografía.

1. CHÊNE, D.. 1997. **Acides nucléiques, péptides et protéines**. Apuntes de clase. D.E.A. Sciences des Agroressources. Op. Réactivité des Agroressources. Institut National Polytechnique. Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Toulouse. France.
2. DELMAS, D. y GASET, A. 1997. **Réactivité des lignines, des mono et des polysaccharides**. Apuntes de clase. D.E.A. Sciences des Agroressources. Op. Réactivité des Agroressources. Institut National Polytechnique. Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Toulouse. France.
3. DELMAS, D. y GRALLE. 1997. **Réactivité des corps gras**. Apuntes de clase. D.E.A. Sciences des Agroressources. Op. Réactivité des Agroressources. Institut National Polytechnique. Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Toulouse. France.

4. GASET, A., DELMAS, D. y LATTES, M. 1997. **Potentialités de la Matière Végétale**. Apuntes de clase. D.E.A. Sciences des Agroressources. Op. Réactivité des Agroressources. Institut National Polytechnique. Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Toulouse. France.
5. LATTES, M. 1997. **Bases et objectifs de la production végétale et de sa valorisation**. Apuntes de clase. D.E.A. Sciences des Agroressources. Op. Réactivité des Agroressources. Institut National Polytechnique. Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Toulouse. France.
6. MATADAMAS, O.E.J. 2002. **Étude et caractérisation des matières colorantes du Pastel (*Isatis tinctoria* L.)- Détermination des conditions optimales d'extraction pour leur utilisation à l'échelle industrielle**. Tesis Ph. D. Institut National Polytechnique. Laboratoire de Chimie Agro-Industrielle. UMR-1010-INRA/INP-ENSIACET. 118, Route de Narbonne – 31077 Toulouse Cedex 04.
7. MOLINIER, M. 1997. **Approche systématique de l'élaboration des Agroressources**. Apuntes de clase. D.E.A. Sciences des Agroressources. Op. Réactivité des Agroressources. Institut National Polytechnique. Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Toulouse. France.
8. MOLINIER, M. 1997. **Mécanismes de transferts entre phases liquides**. Apuntes de clase. D.E.A. Sciences des Agroressources. Op. Réactivité des Agroressources. Institut National Polytechnique. Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Toulouse. France.
9. MOLINIER, M. 1997. **Mise en oeuvre de la réaction chimique**. Apuntes de clase. D.E.A. Sciences des Agroressources. Op. Réactivité des Agroressources. Institut National Polytechnique. Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Toulouse. France.
10. PERRIN, R. y SCHARFF, J.P. 1995. **Chimie Industrielle I**. Ed. MASSON. Paris, France.
11. RENÉ, D. 1997. **Chimie Générale**. 6e édition. Ed. Technique & Documentation – Lavoisier. Paris, France.