

Curso Interdisciplinar de la
Universidad de la Laguna. 2010

curso interdisciplinar

**Ciencias Aplicadas
2010;**
Módulo I (Abril 2010)
**Ingeniería
minera, energética y
ambiental.**
(4.0 créditos)
Módulo II (Nov. 2010)
**Ordenación, gestión
y economía de los
recursos naturales
(2.0 créditos)**



Grupo de investigación en Ingeniería de
explotación y gestión de los recursos
hídricos , energéticos y mineros.

Curso Interdisciplinar de la
Universidad de la Laguna. 2010

curso interdisciplinar

**Ciencias Aplicadas
2010;**
Módulo I (Abril 2010)
**Ingeniería
minera, energética y
ambiental.**
(4.0 créditos)
Módulo II (Nov. 2010)
**Ordenación, gestión
y economía de los
recursos naturales
(2.0 créditos)**



Grupo de investigación en Ingeniería de
explotación y gestión de los recursos
hídricos , energéticos y mineros.

FUENTES DE ENERGÍA

LA ENERGÍA: BASE DE LA CIVILIZACIÓN ACTUAL

CRISIS ENERGÉTICA

CARACTERÍSTICAS DEL CONSUMO ENERGÉTICO ACTUAL

RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES Y NO RENOVABLES

LA ENERGÍA: BASE DE LA CIVILIZACIÓN ACTUAL

Descubrimiento y utilización de la energía:

- Fuego, aprovechamiento agrícola y ganadero, rueda (transportes)
- Edad Antigua:
 - Velas, rueda hidráulica y molinos de viento
- Edad Media:
 - Energía magnética (brújula) y energía química (pólvora)
- Edad Moderna/Contemporánea:
 - Máquina de vapor: Revolución Industrial
 - Madera y carbón como fuentes energéticas
 - Aparece el petróleo (1859): generador eléctrico, luz eléctrica, motor de combustión, automóvil
 - Energía nuclear (1942)

CRISIS ENERGÉTICA (1973 - 1979) :

- Ahorro de energía
- Búsqueda de nuevas fuentes
- Inestabilidad de los precios del petróleo
- Soluciones energéticas alternativas

CARACTERÍSTICAS DEL CONSUMO ENERGÉTICO ACTUAL

Petróleo: vida familiar, política mundial, economía internacional y estrategias de desarrollo nacional

Hechos:

- No se ha encontrado sustituto del petróleo
- Recesión económica y problemas estructurales

Revisión de las políticas energéticas, estudio de nuevas fuentes y diversificación del aprovisionamiento

Etapa de transición hacia nuevas fuentes: mayores necesidades crecimiento de la población

Futuro predecible:

- Consumo de hidrocarburos seguirá siendo fundamental
- Existen incertidumbres en el ámbito mundial
- Variación de los precios al alza
- Necesidad de aumentar su consumo los países en desarrollo
- Grandes inversiones para lograr un nuevo equilibrio energético
- Necesidad de diversificar las fuentes de energía
- Posible competencia con otros objetivos económicos
- Soluciones energéticas a muy largo plazo

RECURSOS ENERGÉTICOS RENOVABLES Y NO RENOVABLES

Energías no renovables, de origen terrestre, ya que llevan almacenadas en la Tierra desde hace millones de años y, por tanto, son recursos finitos y de distribución geográfica irregular:

- combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural)
- uranio (energía nuclear de fisión)
- fósiles alternativos (pizarras bituminosas, arenas asfálticas)

Energías renovables, que tienen su origen en el flujo continuo de la energía del Sol y se disipan a través de ciclos naturales:

- *Energía solar*, directa, que atraviesa la atmósfera sin experimentar cambios sensibles
- *Energía eólica*, o energía contenida en el viento
- *Energía de la biomasa*, energía química almacenada en las plantas verdes y que se extiende a todos los seres vivos y sus residuos
- Energía geotérmica, cuyo origen remoto también está en el Sol, pero actualmente contenida en el interior de la Tierra
- Energía hidráulica, contenida en las masas de agua situadas a cierta altura
- Energía del mar, que se manifiesta de tres formas distintas: mareas, diferencias de temperatura y olas

Características de la energías renovables:

- Abundantes localmente
- Explotación no gratuita
- Bajo deterioro del medio ambiente

Factores de éxito de las nuevas tecnologías energéticas renovables:

- Conocimiento de las necesidades y posibilidades
- Demanda popular
- Integración en los sistemas energéticos actuales
- Sencillez y bajo coste de la tecnología
- Apoyo institucional, tanto económico como educativo

LA ENERGÍA SOLAR

EL SOL COMO FUENTE DE ENERGÍA

HISTORIA DE LAS APLICACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR

SISTEMAS DE CAPTACIÓN

UTILIZACIÓN PASIVA DE LA ENERGÍA SOLAR

CONVERSIÓN TÉRMICA DE BAJA TEMPERATURA

Subsistema colector

Subsistema de almacenamiento

Subsistema de distribución

CONVERSIÓN TÉRMICA A TEMPERATURAS MEDIAS

CONVERSIÓN TÉRMICA A ALTAS TEMPERATURAS

CONVERSIÓN ELÉCTRICA: SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

EL SOL COMO FUENTE DE ENERGÍA

Origen de la energía solar: SOL, fuente inagotable

Energía que llega a la Tierra (fuera de la atmósfera):

- Potencia total: 10.000 veces la utilizada en el mundo
- Densidad de flujo: 1.353 W/m^2 , "constante solar"
- Espectro solar: UV, visible, IR

Energía que llega a la Tierra (suelo):

- Densidad de flujo: 900 W/m^2
- Componentes: directa y dispersa (o difusa)
- Distribución irregular: necesidad de medir y elaborar "mapas solares"

HISTORIA DE LAS APLICACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR

- Arquímedes: espejos para defender Siracusa (siglo III a.C.)
- Hornos solares en el siglo XVIII
- Generación de vapor y desalinización de agua en el siglo XIX
- Siglo XX: calentadores de agua domésticos 1930-1940 en EE.UU.
- Diversos desarrollos en los años 50 (cocinas solares, máquinas de vapor)
- Resurgimiento importante después de la crisis del petróleo



SISTEMAS DE CAPTACIÓN

Características de la energía solar:

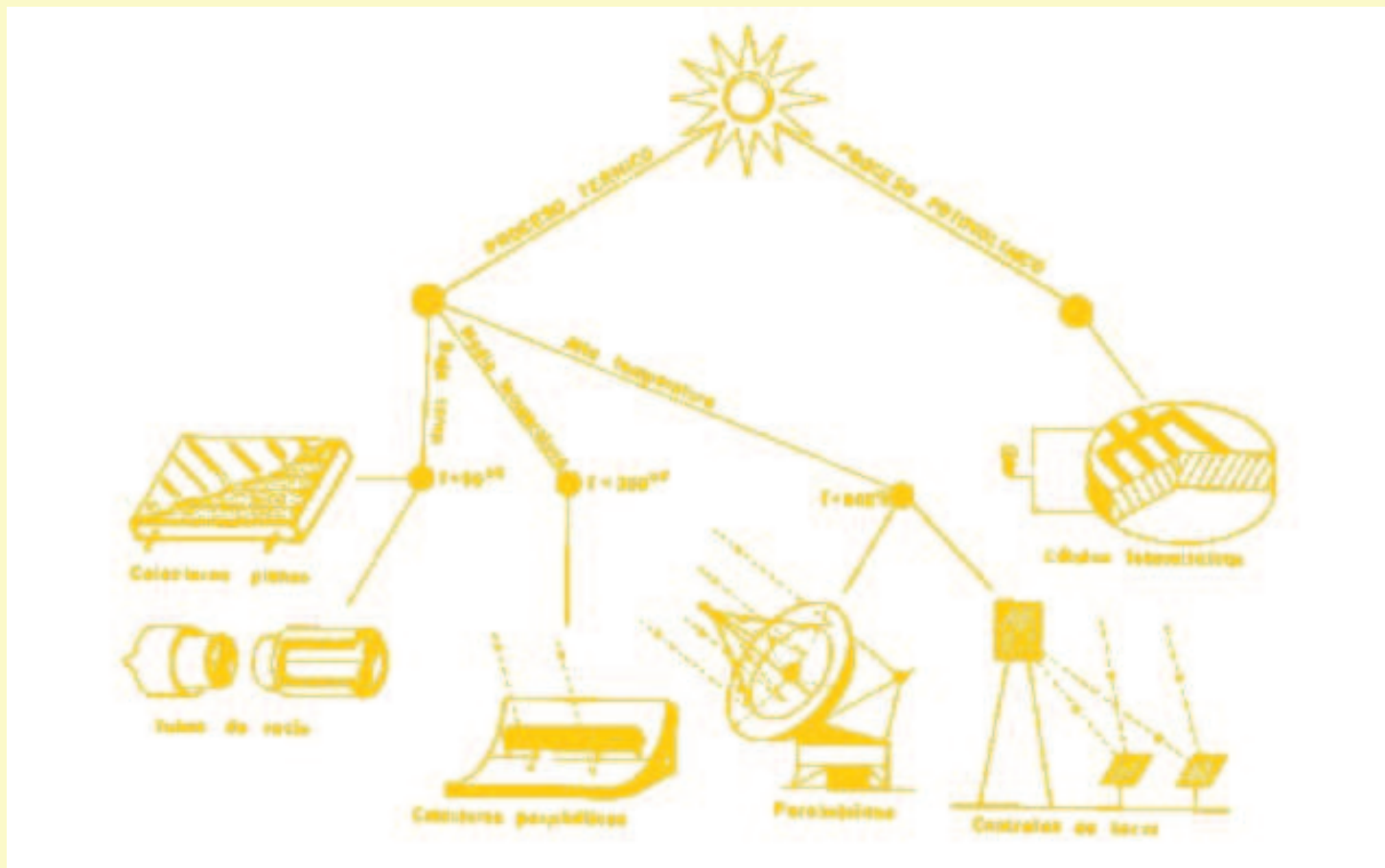
- **Dispersión:** implica grandes superficies de captación o sistemas de concentración de los rayos solares.
- **Intermitencia:** obliga al uso de sistemas de almacenamiento de la energía captada

Tipos de sistemas de captación:

- **Pasivos:** no necesitan ningún dispositivo para captar la energía solar; su aprovechamiento se logra aplicando distintos elementos arquitectónicos
- **Activos:** captan la radiación solar por medio de un elemento de determinadas características, llamado "colector"

La energía solar

- Conversión térmica (a baja, media o alta temperatura): aprovechar el calor contenido en la radiación solar
- Conversión eléctrica: aprovechar la energía luminosa de la radiación solar para generar directamente energía eléctrica mediante el "efecto fotovoltaico"



UTILIZACIÓN PASIVA DE LA ENERGÍA SOLAR

Captación, almacenamiento y distribución de la energía de forma natural

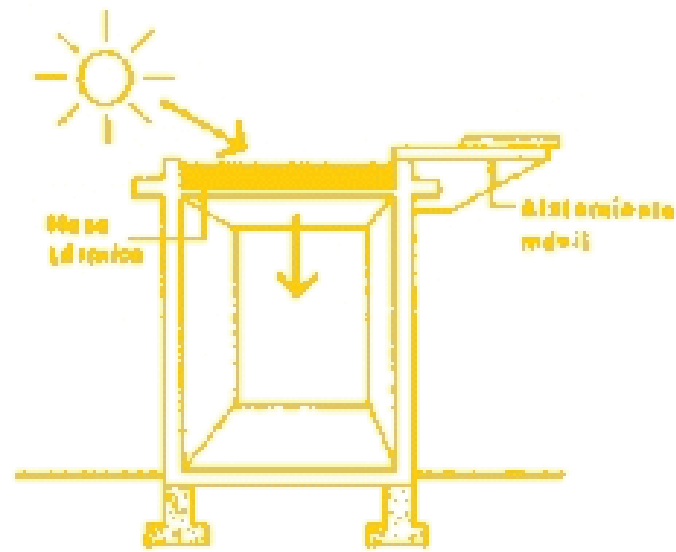
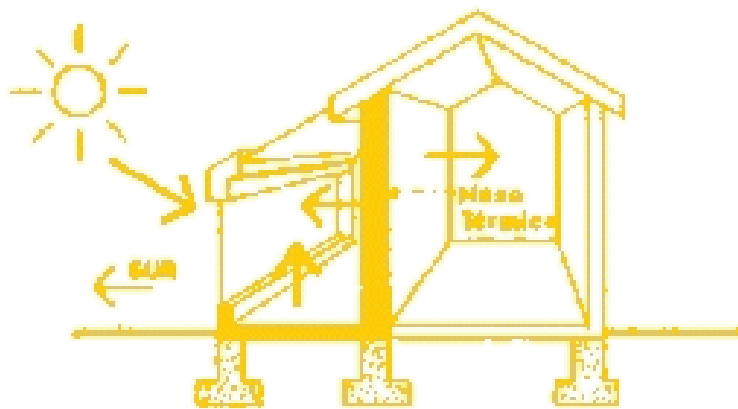
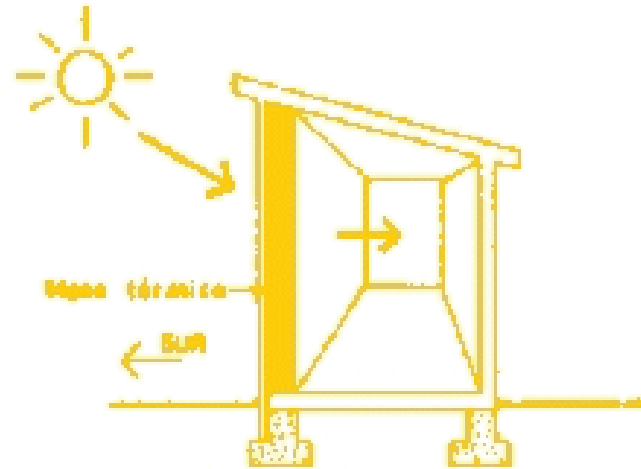
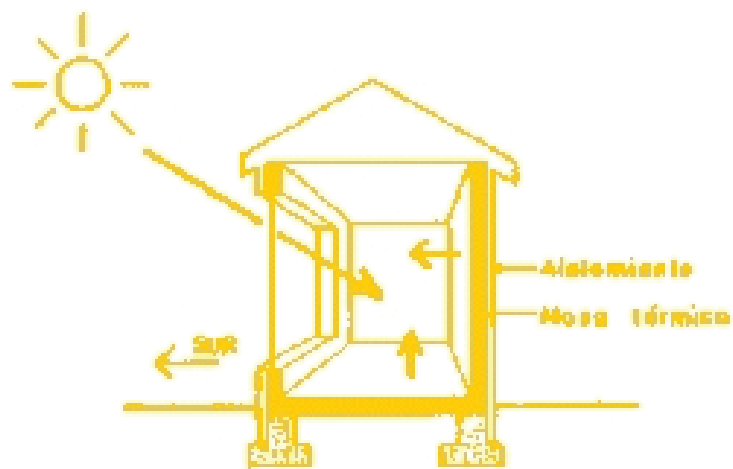
Elementos arquitectónicos:

- Acristalamiento: capta la energía solar y retiene el calor igual que un invernadero
- Masa térmica: constituida por los elementos estructurales del edificio o por algún material acumulador específico (agua, tierra, piedras), tiene como misión almacenar la energía captada

Aplicaciones:

- Calefacción y refrigeración domésticas
- Actividades agrícolas (invernaderos, secaderos, establos)

La energía solar



CONVERSIÓN TÉRMICA DE BAJA TEMPERATURA

Calentamiento de agua por debajo de su punto de ebullición:

"Sistema solar activo de baja temperatura":

- Sistema colector: capta la energía solar y está constituido por "placas solares", "captadores" o "paneles"
 - Superficie captadora de la radiación solar
 - Circuito por donde circula el fluido que transfiere el calor captado
 - Cubierta transparente
 - Aislamiento térmico
 - Caja protectora que acopla el conjunto al resto de la instalación

La energía solar

- Subsistema de almacenamiento: constituido por depósitos que almacenan el agua caliente procedente de los paneles
- Subsistema de distribución: instalación de tuberías y accesorios, que permite transportar el agua caliente desde el colector hasta los depósitos de almacenamiento y desde aquí a los puntos de consumo

CONVERSIÓN TÉRMICA A TEMPERATURAS MEDIAS

Temperaturas superiores a 100 °C

Concentración de la energía: lentes o **espejos** la canalizan hacia un "foco"

Colector típico: *cilindro-parabólico* (temperaturas menores de 300 °C)

- Necesita orientación
- Es más caro que el panel plano
- Volumen de acumulación necesario menor que para el panel plano

Aplicaciones:

- Domésticas
- Industriales (granjas solares):
 - Desalinización, refrigeración, climatización, producción de electricidad

CONVERSIÓN TÉRMICA A ALTAS TEMPERATURAS

Temperaturas superiores a 300 °C

Alto grado de concentración: grandes paraboloides o muchos espejos planos

Sistema típico: *central solar de torre* con "helióstatos"

- Temperaturas mayores de 500 °C
- Producción de vapor de alta presión
- Generación de electricidad

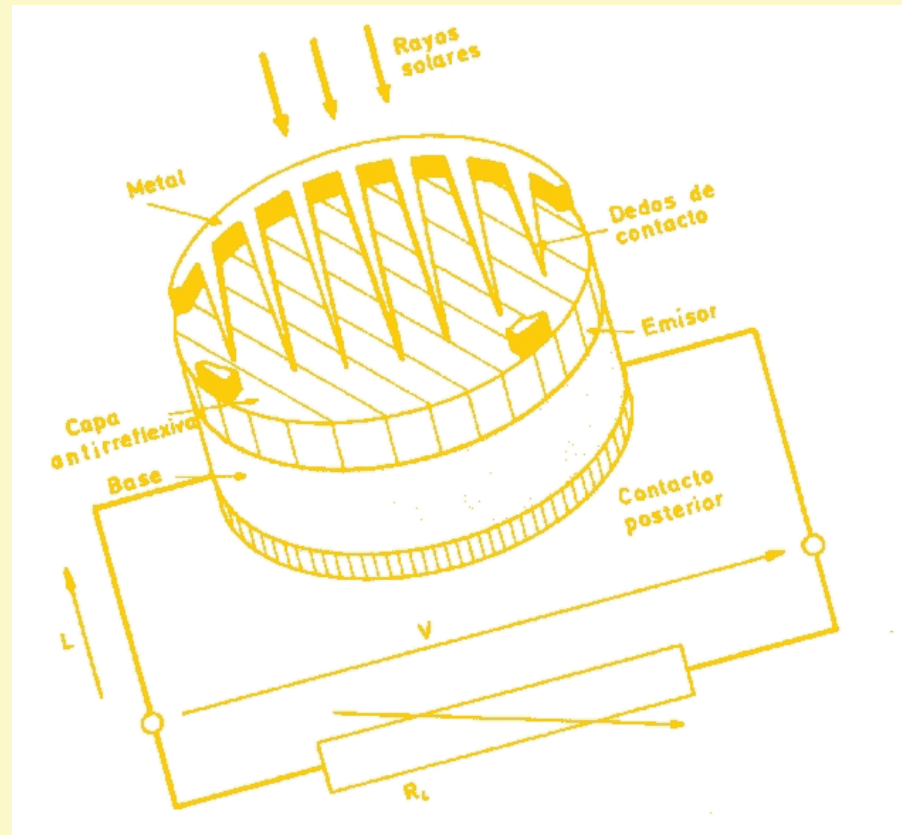
CONVERSIÓN ELÉCTRICA: SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Efecto fotovoltaico: producción de una corriente eléctrica en un material semiconductor como consecuencia de la absorción de radiación luminosa

Semiconductor: material con características especiales de conductividad eléctrica. Tipo "n", tipo "p", según las impurezas ("dopado")

Célula solar fotovoltaica: disco monocristalino de silicio dopado, hasta hacerlo, en su superficie expuesta al Sol de tipo "n" y en su parte inferior de tipo "p"

La energía solar



Módulo fotovoltaico: conexión de varias células fotovoltaicas montadas entre dos láminas de vidrio que las protegen de la intemperie

Panel fotovoltaico: serie de módulos montados sobre un soporte mecánico; según se conecten en serie o en paralelo, puede conseguirse casi cualquier valor de tensión y de intensidad de corriente

Sectores de aplicación fotovoltaica:

- Aplicaciones remotas: lugares donde sólo se prevé un pequeño consumo de electricidad (repetidores de radio y televisión, radiofaros, balizas, etc.) y en los que es necesario una acumulación en baterías
- Usos rurales: instalaciones aisladas de la red general que no suelen requerir acumulación (riego, molienda, descascarillado, etc.)
- Autogeneración: centros de consumo conectados a la red, utilizando la energía solar como base y la energía de la red eléctrica como complemento
- Grandes centrales: generación masiva de electricidad para su inyección en la red eléctrica general

Elevado coste de las células; reducción basada en:

- Utilización de nuevos materiales: existen semiconductores con propiedades fotovoltaicas, cuyo coste de producción es mucho más bajo que el de silicio
- Aumento de la radiación incidente: existen dos opciones
 - Utilizar células bifaciales, capaces de recibir la radiación solar por ambas caras
 - Utilizar concentración óptica por medio de lentes

LA ENERGÍA EÓLICA

EL ORIGEN DEL VIENTO

LA ENERGÍA DEL VIENTO

BREVE HISTORIA DEL APROVECHAMIENTO EÓLICO

MAQUINAS EÓLICAS

DISEÑO DE INSTALACIONES EÓLICAS

APLICACIONES DE LA ENERGÍA EÓLICA

EL ORIGEN DEL VIENTO

Viento: corriente de aire resultante de las diferencias de presión en la atmósfera provocadas por variaciones de temperatura

Tipos de circulación del aire en la atmósfera:

- Circulación planetaria: debida a la incidencia de los rayos solares sobre la Tierra y a la rotación de ésta; varía según la zona y la época del año
- Circulación a pequeña escala: viene determinada por la orografía del terreno, como las montañas y la presencia del mar

Variables que afectan el régimen de vientos (importancia en el diseño):

- Situación geográfica
- Características climáticas
- Estructura topográfica
- Irregularidades del terreno
- Altura sobre el nivel del suelo

LA ENERGÍA DEL VIENTO

Conversión: 2 % de la energía recibida por la Tierra

Energía cinética: su aprovechamiento se basa en frenar el aire

Potencia obtenible depende de la **velocidad** y del **área de captación**

BREVE HISTORIA DEL APROVECHAMIENTO EÓLICO

Molinos de grano persas de eje vertical

Máquina babilonia para el bombeo de agua (1700 a.C.)

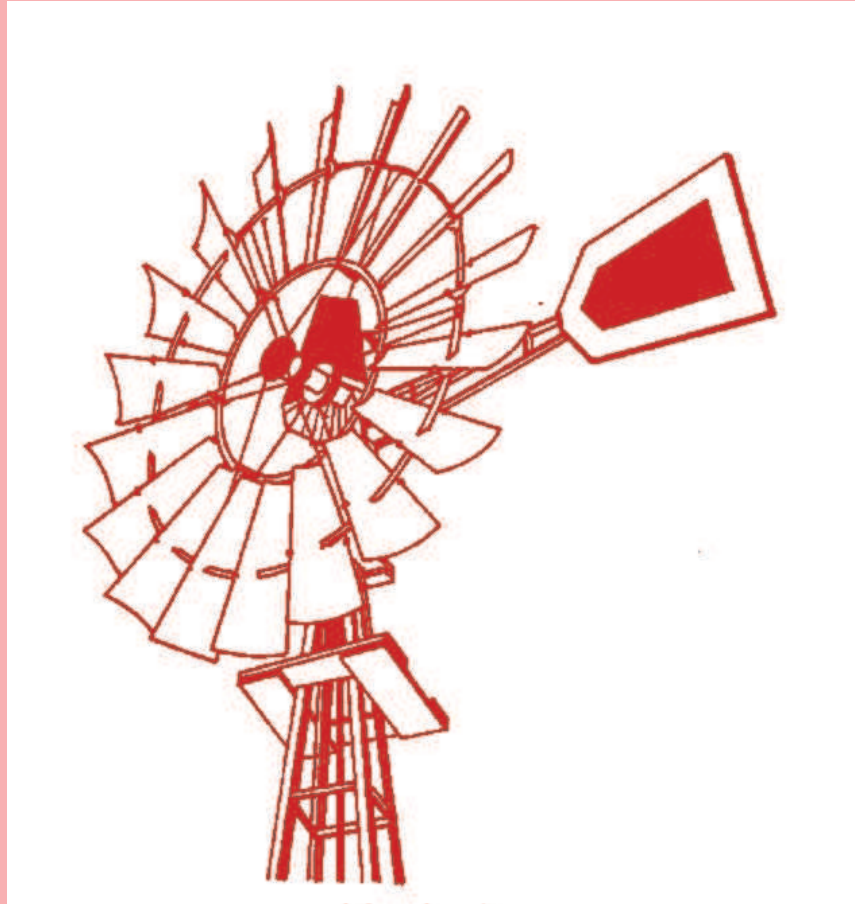
Siglo XI: molinos mediterráneos con rotores a vela

Siglo XVIII: molinos centroeuropeos automatizados

Siglo XIX: multipala americano

Siglo XX: teorías aerodinámicas para el diseño

La energía eólica



A raíz de la crisis energética:

- Elaboración de mapas eólicos y localización de emplazamientos
- Cálculo, diseño y construcción de plantas de gran potencia

MAQUINAS EÓLICAS

Máquina eólica: cualquier dispositivo accionado por el viento

Aeromotor: utilización directa de la energía mecánica

Aerogenerador: acciona un generador eléctrico

Elementos de una máquina eólica:

- Soportes
 - Autoportantes: torres de estructura metálica, de hormigón o tubulares
 - Atirantados: estructuras unidas al suelo por cables tensados que permiten, en las máquinas pequeñas, abatir la máquina para su mantenimiento o reparación

Elementos de una máquina eólica:

- Sistema de captación: rotor (compuesto de "palas")
 - Según el eje de giro:
 - Eje horizontal
 - Eje vertical

 - Parámetros de funcionamiento:
 - Velocidad típica de giro: relación entre la velocidad de la punta de la pala y la velocidad del viento; rotores lentos (velocidad típica próxima a 1) o rápidos (velocidad típica de 5 a 8)
 - Rendimiento aerodinámico o "coeficiente de potencia": fracción de la energía del viento que se transforma en energía mecánica oscila entre el 20 y el 40%, dependiendo de las **características geométricas de las palas:**

- Longitud
 - Perfil, o forma del borde de ataque de la pala contra el viento
 - Calaje, o ángulo de ataque de la pala contra el viento
 - Anchura
-
- Sistema de orientación (sólo para rotores de eje horizontal):
 - Cola
 - Rotores laterales
 - Efecto de conicidad (máquinas medianas)
 - Motores auxiliares (máquinas grandes)

- Sistema de regulación
 - Puesta en bandera
 - Paso variable de las palas
 - Frenado del eje
- Sistema de transmisión
 - Poleas, engranajes o cigüeñal-biela (aeromotores)
 - Multiplicadores (aerogeneradores)
- Sistema de generación
 - Dinamo (corriente continua)
 - Alternador (corriente alterna)

DISEÑO DE INSTALACIONES EÓLICAS

Factores de diseño:

- Emplazamiento: viento regular y alta velocidad media (información meteorológica):
 - Mapas eólicos: información del nivel medio de los vientos en un área geográfica, situando las zonas energéticamente más idóneas
 - Distribuciones de velocidad: estudio zonal de un mapa eólico de número de horas al año en que el viento tiene una dirección y una velocidad dadas
 - Perfiles de velocidad: estudio puntual de la variación de la velocidad del viento con la altura respecto al suelo

- Tamaño de la máquina:
 - Pequeñas (aplicaciones individuales)
 - Grandes (integración en parques eólicos)
- Costes:
 - Dependen del tamaño de la máquina y de sus aplicaciones

APLICACIONES DE LA ENERGÍA EÓLICA

- Centralizadas: producción masiva de electricidad vertida a la red de distribución
 - Parques eólicos: centrales eólicas formadas por agrupaciones de aerogeneradores de mediana o gran potencia conectados entre sí que vierten su energía conjuntamente a la red

APLICACIONES DE LA ENERGÍA EÓLICA

- Autónomas: obtención de energía a pequeña escala:
 - Energía mecánica: aplicación inmediata en el bombeo de agua por medio de bombas de pistón, de tornillo helicoidal o centrífugas
 - Energía eléctrica: aplicación más frecuente; obliga a su almacenamiento o a la interconexión del sistema de generación autónomo con la red de distribución eléctrica

- Aplicaciones autónomas típicas:
 - Bombeo de agua y riego
 - Acondicionamiento y refrigeración de almacenes
 - Refrigeración de productos agrarios
 - Secado de cosechas
 - Calentamiento de agua
 - Acondicionamiento de naves de cría de ganado
 - Alumbrado y usos eléctricos diversos (repetidores, estaciones)



LA ENERGÍA DE LA BIOMASA

LA FORMACIÓN DE LA BIOMASA

FUENTES DE BIOMASA PARA FINES ENERGÉTICOS

PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE LA BIOMASA EN ENERGÍA

EXTRACCIÓN DE HIDROCARBUROS

COMBUSTIÓN

GASIFICACIÓN

PIRÓLISIS

FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

DIGESTIÓN ANAEROBIA

LA FORMACIÓN DE LA BIOMASA

Energía de la biomasa: energía solar almacenada en forma de energía química

Materia orgánica o materia viva

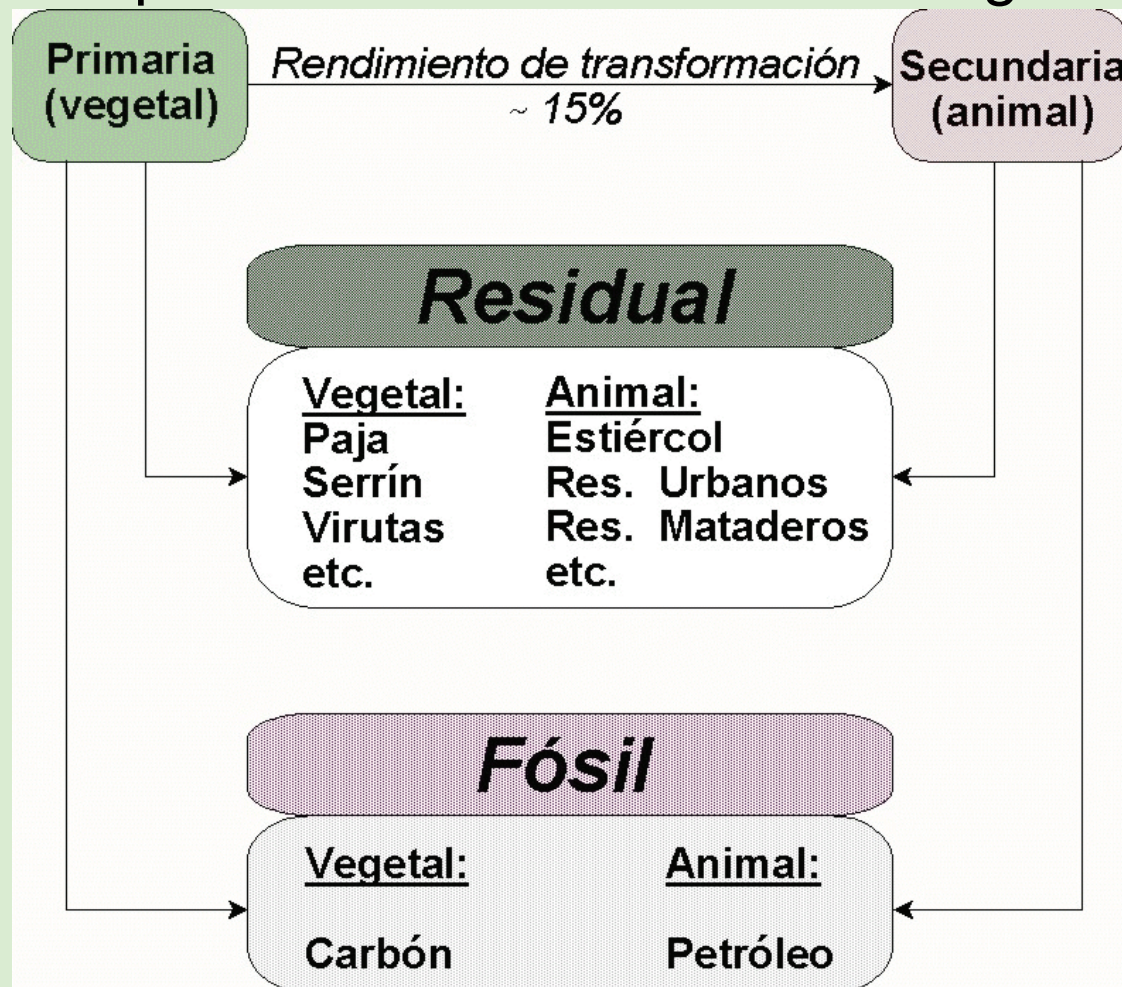
Fotosíntesis: transformación de productos minerales en materia orgánica con ayuda de la energía solar (rendimiento $\approx 1\%$)

Potencial elevado, pero limitado por:

- Dispersión
- Difícil recolección
- Dificultades de transporte

FUENTES DE BIOMASA PARA FINES ENERGÉTICOS

Biomasa: conjunto de materiales orgánicos generados a partir de la fotosíntesis o bien producidos en la cadena biológica



Obtención de energía útil:

- Utilizar como fuente de biomasa los **residuos** (perspectivas inmediatas de aprovechamiento)
- Utilizar como fuente de biomasa los llamados "**cultivos energéticos**" plantaciones destinadas exclusivamente a producir energía

Tipos de residuos

- Residuos agrarios
 - Residuos agrícolas: fracción de las plantas cultivadas que es preciso separar para obtener el fruto o para facilitar el cultivo (pajas de cereales, residuos de poda de frutales y viñedo y tallos de cultivos textiles y de oleaginosas)
 - Residuos forestales: materiales que se originan en la elaboración de madera o en la limpieza de los montes (ramas, cortezas, virutas, serrín, hojas, tocones y raíces)
 - Residuos ganaderos: deyecciones de los animales estabulados en las explotaciones ganaderas
- Residuos industriales: industrias alimentarias

La energía de la biomasa

- Residuos urbanos
 - Residuos sólidos urbanos: materiales generados en los procesos de consumo humano que son destinados al abandono; es la biomasa residual más aprovechable ya que está concentrada, es imprescindible su recogida y es necesario su transporte



La energía de la biomasa

- Residuos urbanos

- Aguas residuales urbanas: Líquidos procedentes de la actividad humana, cuya fracción sólida contiene una apreciable cantidad de biomasa residual; su depuración genera fangos de alta carga contaminante, que hay que reducir



Cultivos energéticos: cosechas que se desarrollan atendiendo al valor que poseen como fuente de energía. Esta faceta agrícola se conoce como "Agroenergética"

- Cultivos tradicionales
 - Cereales
 - Caña de azúcar
 - Remolacha
 - Mandioca
 - Plantaciones forestales



- Cultivos poco frecuentes
 - Cardos
 - Pataca
 - Chumberas
 - Ágaves
 - Helechos



La energía de la biomasa

- Cultivos acuáticos
 - Algas convencionales y unicelulares
 - Jacinto de agua



La energía de la biomasa

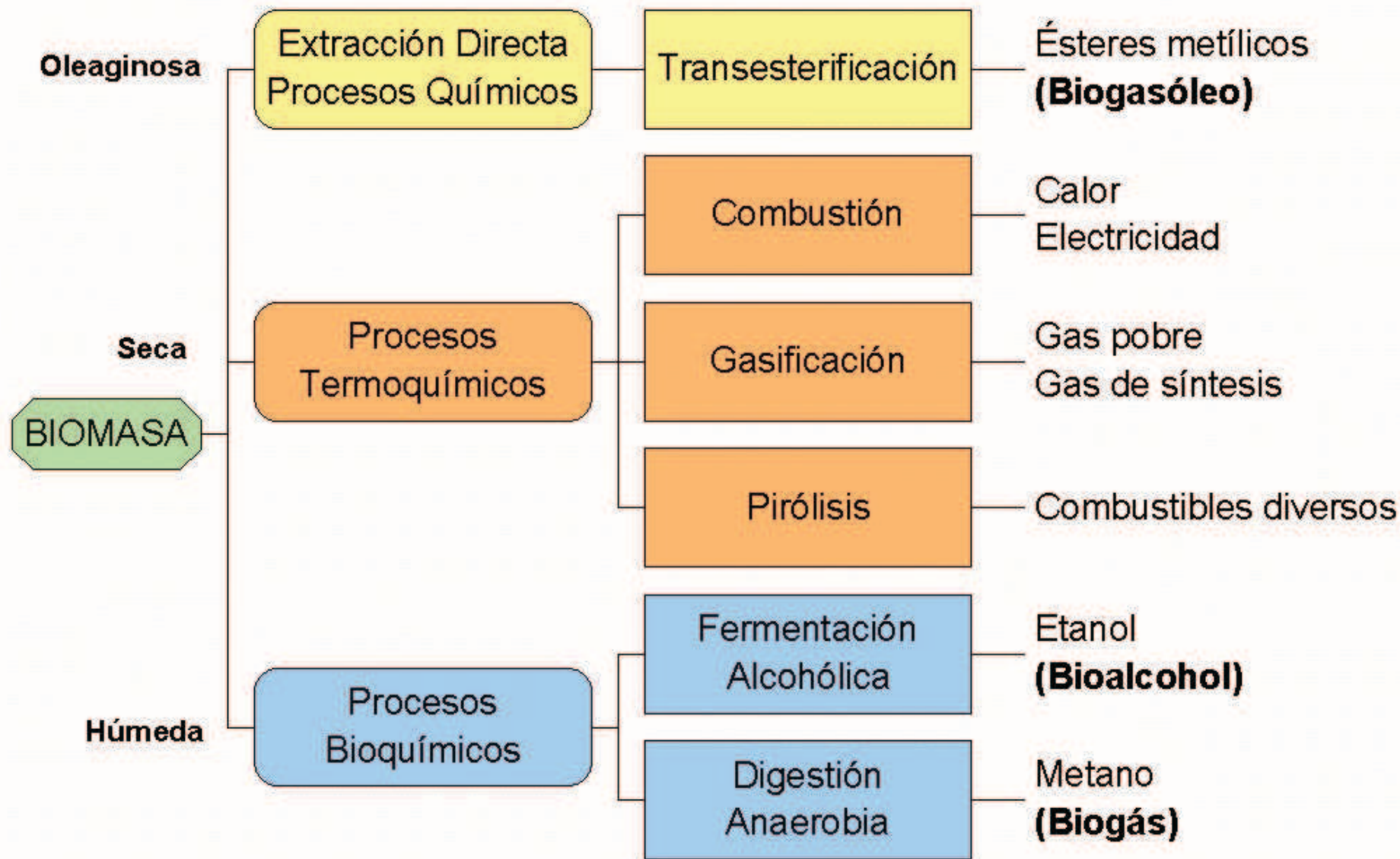
- Cultivos de plantas productoras de combustibles líquidos
 - Palmeras
 - Euforbias
 - Ricino
 - Jojoba
 - Copaiba
 - Membrillo negro



PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN DE LA BIOMASA EN ENERGÍA

- Ventajas de los combustibles obtenidos:
 - Presentan escaso contenido en azufre
 - No forman escorias en su combustión
 - Tienen bajo contenido en cenizas
 - Contribuyen a mejorar la calidad del medio ambiente

La energía de la biomasa

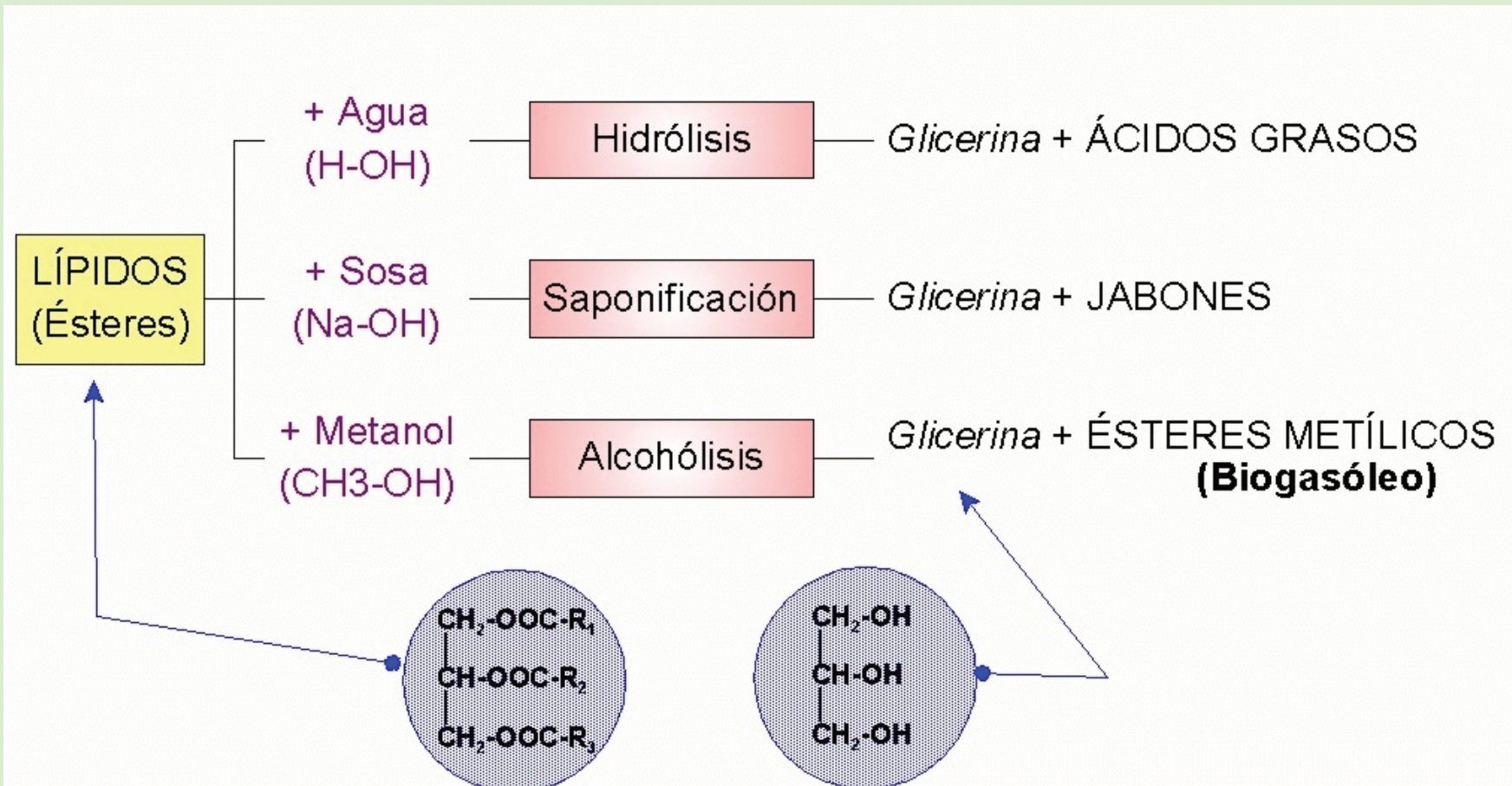


EXTRACCIÓN DIRECTA. PROCESOS QUÍMICOS

Numerosas especies vegetales producen en su metabolismo hidrocarburos o compuestos afines, de elevado poder calorífico. Estos se pueden extraer de forma directa y luego ser sometidos a procesos químicos para transformarlos en combustibles útiles

El proceso más utilizado es el de “transesterificación”, que permite obtener el denominado **bio-gasóleo**

La energía de la biomasa



Principales especificaciones del biogasóleo:

Características muy similares al gasóleo (sustituible en motores diesel)

- Éster de pureza superior al 96,5%.
- Contenido nulo de partículas sólidas.
- Sin restos de catalizador, jabones o ácidos grasos libres.

COMBUSTIÓN

La combustión directa u oxidación completa para dar dióxido de carbono, agua, cenizas y calor (único componente energético útil del proceso), es el sistema más elemental para la recuperación energética de la biomasa.

- Factores más importantes:
 - Exceso de oxígeno: 20 - 40% superior al teórico
 - Temperatura de combustión: 600 - 1.300 °C
 - Características del combustible:
 - Físicas: densidad, tamaño y humedad (la menor posible)
 - Químicas: bajo contenido en azufre
 - Térmicas: dependen de las físicas y las químicas

La energía de la biomasa

- Elementos de los sistemas de combustión:
 - Horno
 - Equipo de recuperación de calor (caldera)
 - Sistema de utilización de la energía (conducción de vapor, turbogenerador)

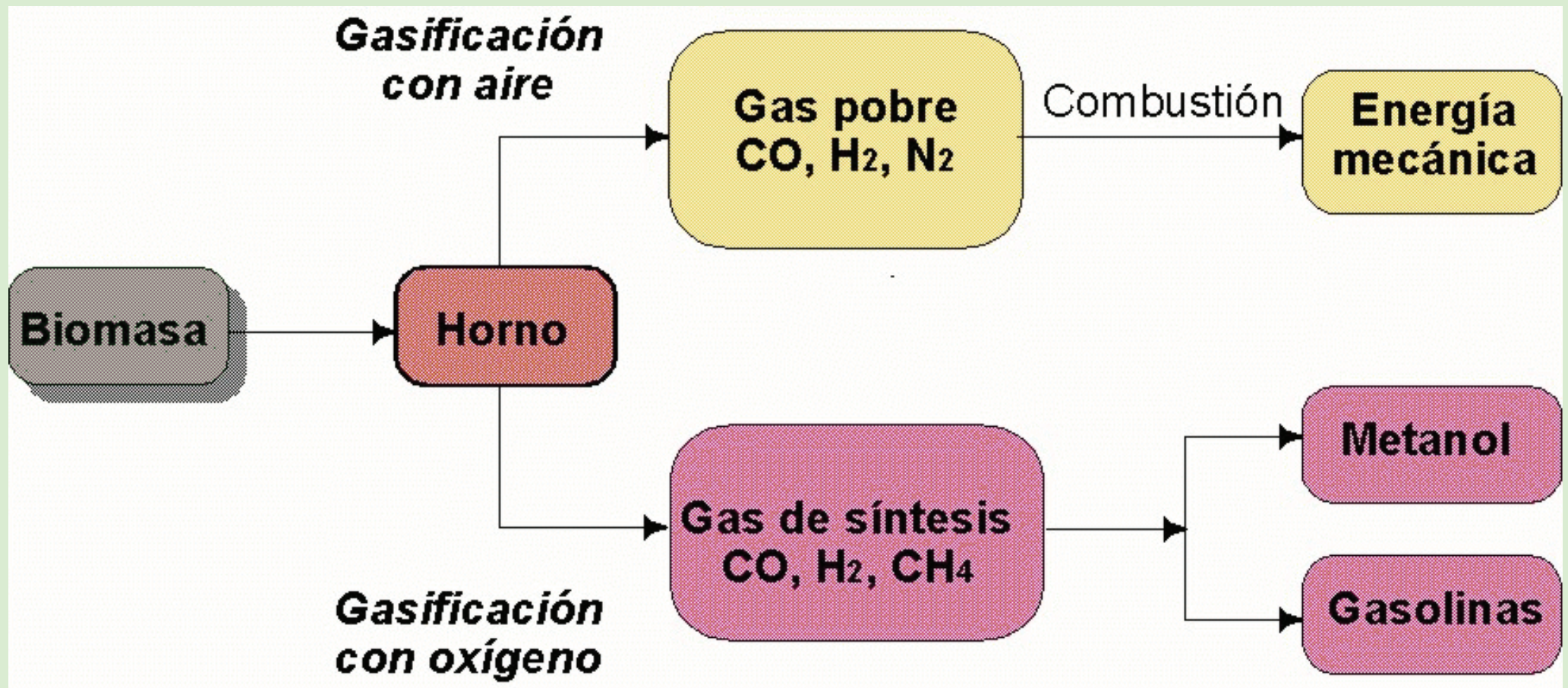


GASIFICACIÓN

Procesos de combustión en condiciones de defecto de oxígeno, con producción de monóxido de carbono, dióxido de carbono, hidrógeno y metano, en proporciones diversas según la composición de la materia prima y las condiciones del proceso. La temperatura de operación oscila entre 700 y 1.500 °C y el oxígeno se limita entre un 10 y un 50% del teóricamente necesario para una combustión completa

- Dos variantes principales (según la cantidad de oxígeno):
 - Gasificación con aire: obtención de "gas de gasógeno" o "gas pobre" utilizado como combustible para obtener vapor y electricidad
 - Gasificación con oxígeno y vapor de agua: obtención de "gas de síntesis", transformable en combustibles líquidos (metanol y gasolinas)

La energía de la biomasa



PIRÓLISIS

Descomposición de la biomasa por la acción del calor (a unos 450 °C) en ausencia de oxígeno; la naturaleza y la composición de los productos finales dependen de las propiedades de la biomasa tratada, de la temperatura y presión de operación y de los tiempos de permanencia de material en la unidad de pirólisis

- Grupos de productos:
 - Gases compuestos por hidrógeno, óxidos de carbono e hidrocarburos
 - Líquidos hidrocarbonados
 - Residuos sólidos carbonosos

La energía de la biomasa



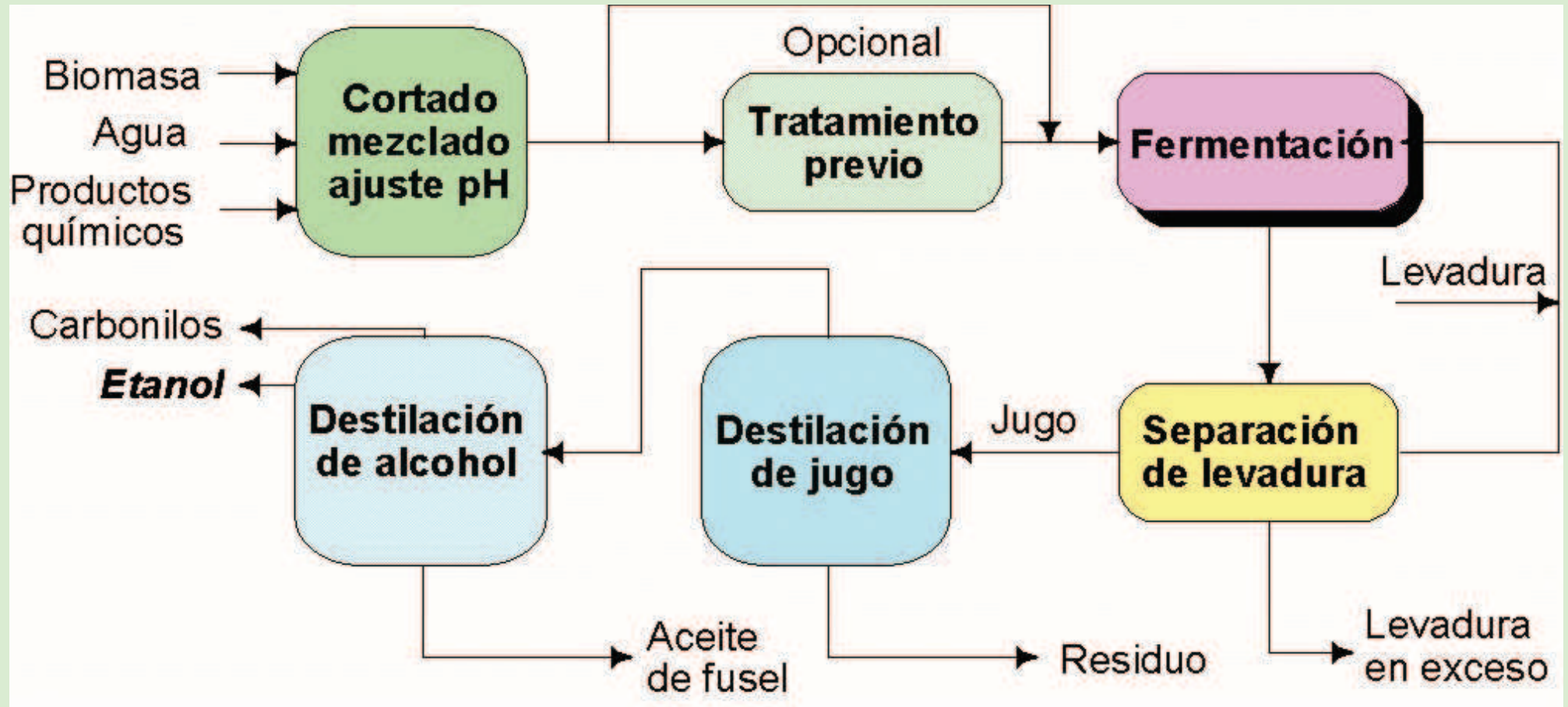
FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA

Obtención de alcohol por fermentación de los hidratos de carbono simples (azúcares) o complejos (almidón o celulosa) productos del almacenamiento en las plantas de la energía solar captada

- Etapas de la fermentación según la biomasa de partida:
 - Pretratamiento de la biomasa: transformación de la materia prima para favorecer la fermentación por medio de trituración, molienda o pulverización
 - Hidrólisis: transformación, en medio acuoso, de las moléculas complejas en azúcares sencillos por medio de enzimas (hidrólisis enzimática) o mediante el uso de reactivos químicos (hidrólisis química)

- Etapas de la fermentación según la biomasa de partida:
 - Fermentación alcohólica: conversión de los azúcares en etanol por la acción de microorganismos (levaduras) durante 2 a 3 días bajo condiciones controladas:
 - Temperatura: 27 - 32 °C
 - Acidez: pH entre 4 y 5
 - Concentración de azúcares: inferior al 22%
 - Concentración final de etanol: inferior al 14%
 - Separación y purificación del etanol: destilación de la masa fermentada para obtener etanol comercial del 96% o destilación adicional con un disolvente (benceno) para obtener etanol absoluto (99,5%)

La energía de la biomasa



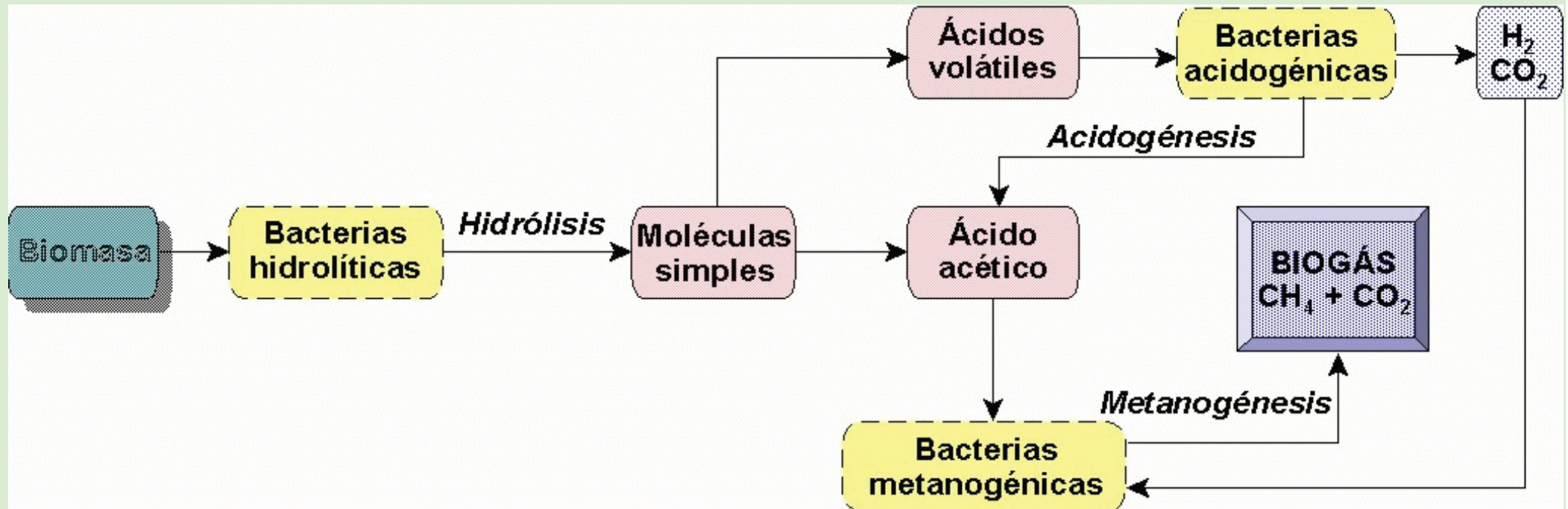
La energía de la biomasa

- Propiedades combustibles del etanol comparadas con la gasolina:
 - Poder calorífico menor: menor potencia y mayor consumo
 - Calidad antidetonante mayor (mayor índice de octano): mayor aceleración y velocidad punta
 - Calor de vaporización mayor: dificultades en el arranque pero mayor rendimiento
 - Punto de ebullición constante: problemas de arranque
- Modificaciones de un motor de gasolina para trabajar con etanol:
 - Aumento de la relación de compresión
 - Recalibrado del carburador
 - Calentamiento del aire de entrada al carburador
 - Modificación del sistema de encendido
 - Uso de bujías especiales

DIGESTIÓN ANAEROBIA

Fermentación microbiana en ausencia de oxígeno que da lugar a una mezcla de gases (principalmente metano y dióxido de carbono), conocida como "biogás" y a una suspensión acuosa o "lodo" que contiene los componentes difíciles de degradar y los minerales presentes en la biomasa. La materia prima preferentemente utilizada es la biomasa residual con alto contenido en humedad, especialmente los residuos ganaderos y los lodos de depuradora de aguas residuales urbanas

La energía de la biomasa



- Variables que afectan al proceso:
 - Temperatura: se encuentra un óptimo de funcionamiento alrededor de los 35 °C
 - Acidez: determina la cantidad y el porcentaje de metano en el biogás habiéndose encontrado que el valor óptimo de pH oscila entre 6,6 y 7,6
 - Contenido en sólidos: se suele operar en mejores condiciones con menos de un 10% en sólidos, lo que hace de la biomasa de alto contenido en humedad la más adecuada
 - Nutrientes: para el crecimiento y la actividad de las bacterias, éstas tienen que disponer de carbono, nitrógeno, fósforo, azufre y algunas sales minerales
 - Tóxicos: aparte del oxígeno, inhiben la digestión concentraciones elevadas de amoníaco, sales minerales y algunas sustancias orgánicas como detergentes y pesticidas

- Características de los recipientes de digestión (digestores):
 - Tamaño: determinado por tres variables interdependientes:
 - Concentración de sólidos degradables
 - Velocidad de alimentación de sólidos
 - Tiempo de permanencia de los sólidos en el digestor
 - Tipo: existen diversos tipos de digestores
- Aplicaciones del biogás:
 - Fuente de calor (cocina, alumbrado)
 - Combustión en calderas de vapor para calefacción
 - Combustible de motores acoplados a generadores eléctricos
- Aplicaciones del lodo:
 - Fertilización de suelos