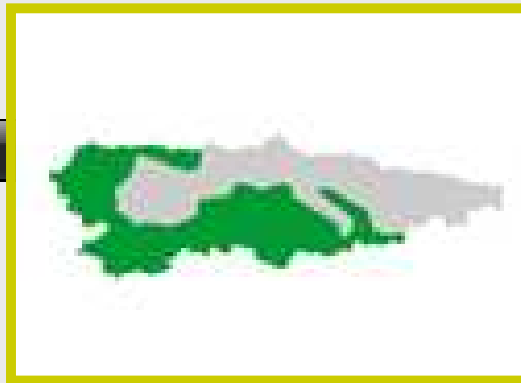


*Nuevas Tecnologías para el Aprovechamiento
Energético de la Biomasa:
los retos de la Gasificación.*



Jose Pablo Paredes Sánchez

2010

INTRODUCCIÓN



Uno de los retos de nuestros días es conseguir un **desarrollo sostenible**, éste es hacer compatible la conservación del medio ambiente con el desarrollo económico.

Una de las principales causas de deterioro del medio ambiente es la demanda de energía, ya que sus emisiones provocan un importante impacto ambiental.

Teniendo en cuenta las necesidades energéticas, se pretende diversificar los recursos, incorporando nuevos combustibles y tecnologías más respetuosos con el medio ambiente.

Se conoce como biomasa todo tipo de materia orgánica que tiene como origen un proceso biológico inmediato.

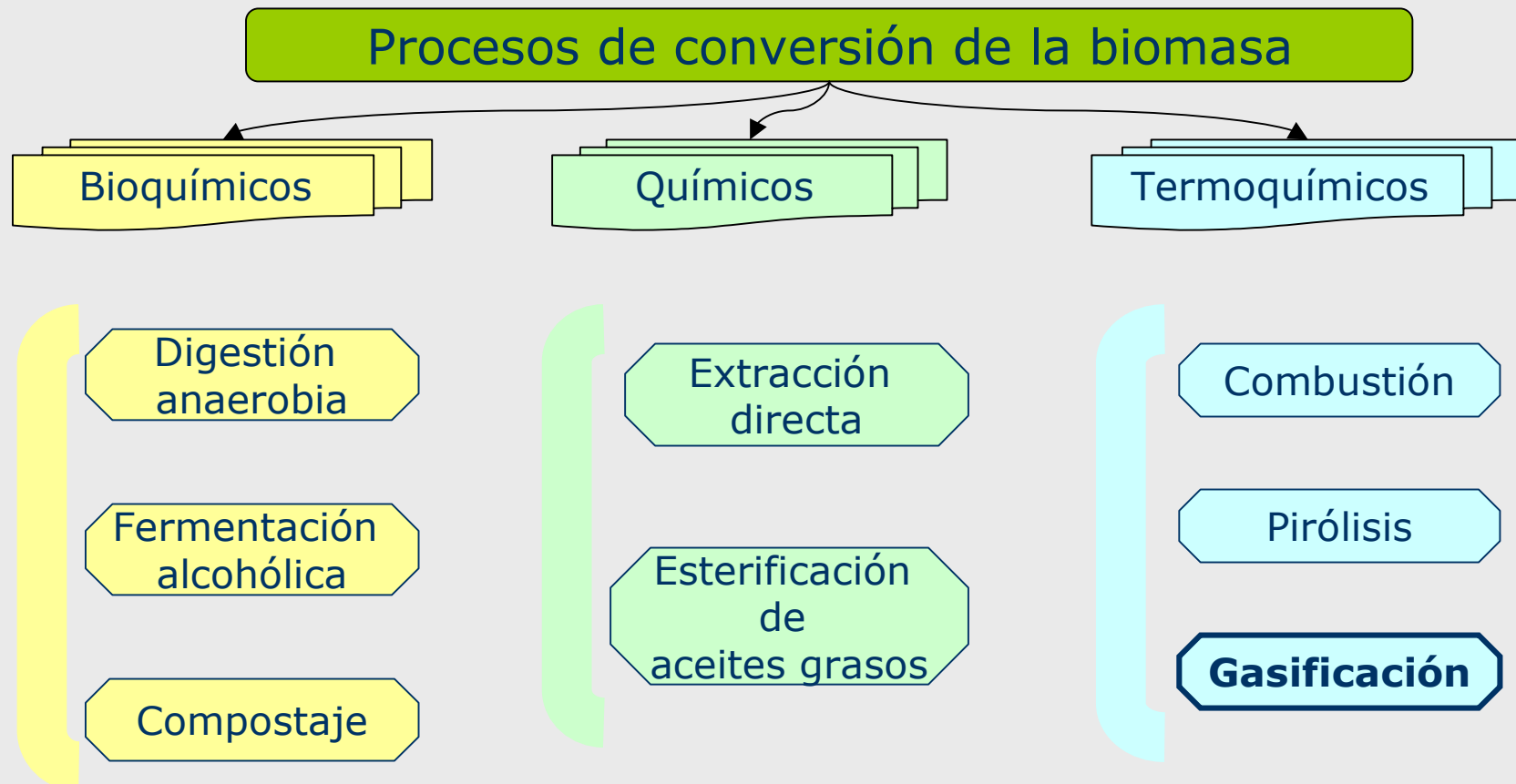
La biomasa desempeña un papel decisivo como fuente energética en aplicaciones tanto industriales como domésticas y constituye la energía renovable de mayor importancia cuantitativa.

La biomasa, especialmente los residuos y subproductos de origen forestal, ha sido una fuente de energía tradicional. Hoy en día, se realizan además plantaciones de determinados cultivos y se utilizan excedentes agrícolas y residuos ganaderos para su valorización energética.

1. PROCESOS DE CONVERSIÓN DE BIOMASA

El tratamiento de la biomasa requiere un acondicionamiento o pretratamiento, seguido de procesos de conversión, bien sean, químicos, bioquímicos o termoquímicos.

A continuación se desarrollan los aspectos fundamentales de estos procesos.



2. PROCESOS BIOQUÍMICOS.

La materia orgánica puede ser descompuesta por los microorganismos, según ciertos procesos bioquímicos conocidos como fermentaciones.

Debe distinguirse entre la fermentación metánica, también denominada digestión anaerobia, en la que se obtiene metano y la fermentación alcohólica, que produce etanol.

Los **procesos bioquímicos** para la valorización de los residuos ganaderos son la digestión anaerobia y el compostaje. Con la primera, los residuos líquidos se transforman en biogás, mientras que los estiércoles se pueden emplear para “compost”.

- *Digestión anaerobia.*
- *Fermentación alcohólica.*
- *Compostaje.*

2. PROCESOS BIOQUÍMICOS.



I- DIGESTION ANAEROBIA.

DESCOMPOSICION DE MATERIA ORGANICA EN METANO Y DIÓXIDO DE CARBONO EN AUSENCIA DE OXIGENO MEDIANTE ACCION DE MICROORGANISMOS.

DIGESTION ANAEROBIA

NATURAL

- DESCOMPOSICION DE VEGETACION TERRESTRE.
- DESCOMPOSICION DE MAT. ORGANICA EN CUERPOS DE AGUA.

SINTÉTICA

DIGESTORES ANAEROBIOS

- Residuos Agrícolas.
- Residuos Urbanos.

RELLENOS SANITARIOS

- Residuos Agrícolas.
- Residuos Urbanos.

PRODUCTOS

BIOGÁS

CH₄ 50-75%
CO₂ 25-50%

- *Doméstico.*
- *Transporte.*
- *Generación eléctrica.*

RESIDUO

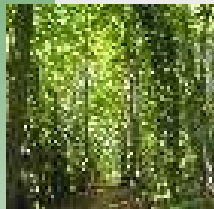
Compost

- *Uso Agrícola.*
- *Alto contenido de nutrientes.*

2. PROCESOS BIOQUÍMICOS.

II- FERMENTACION

PROCESO MEDIANTE EL CUAL LOS AZUCARES SON CONVERTIDOS EN ALCOHOLES MEDIANTE REACCIONES BIOLÓGICAS ANAEROBIAS.



Hidrólisis

AZUCARES

Fermentación
Destilación

ETANOL

Biocombustibles



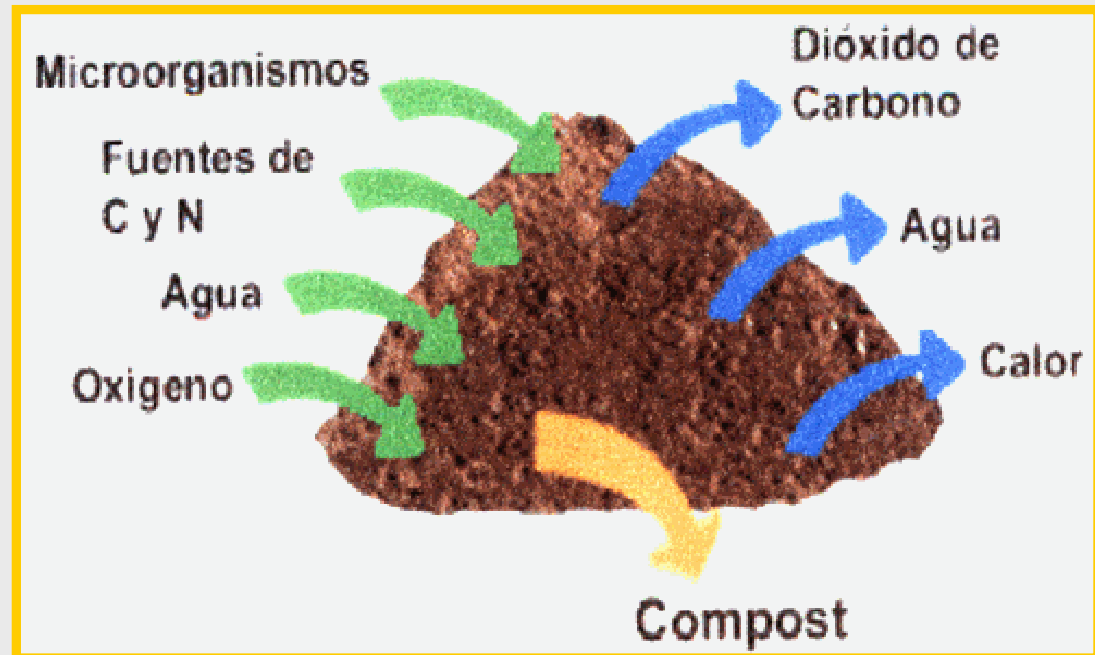
RENDIMIENTOS EN ETANOL

MATERIA PRIMA	l/t	l/(ha · año)
Caña de Azúcar	70	400 - 12000
Maíz	360	250 - 2000
Madera	160	160 - 4000

2. PROCESOS BIOQUÍMICOS.

III- COMPOSTAJE.

CICLO AERÓBICO CON PRESENCIA DE OXÍGENO DE DESCOMPOSICIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA.



El "compost" (a veces también se le llama abono orgánico) es el producto que se obtiene del compostaje.

Se utiliza en agricultura y jardinería como enmienda para el suelo (abono), aunque también se usa para el control de la erosión, recubrimientos y recuperación de suelos.

3. PROCESOS QUÍMICOS.

Entre los **procesos químicos** se cuentan desde la extracción de las sustancias útiles contenidas en la biomasa a los que requieren un tratamiento más complejo.

De estos últimos procesos, el más interesante es la transesterificación de ácidos grasos de aceites vegetales, por reacción con alcoholes, para obtener el biodiesel, utilizable en motores diesel en los que puede sustituir al gasóleo.

Por todo ello, distinguimos:

- *Extracción directa.*
- *Esterificación.*

3. PROCESOS QUÍMICOS.

IV- EXTRACCIÓN DIRECTA.

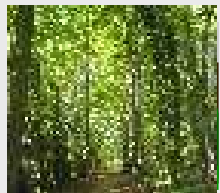
CONSISTE EN SEPARAR COMPONENTES DE LA BIOMASA POR MEDIO DE DISOLVENTES QUÍMICOS.

La biomasa se somete a un proceso de extracción para separar las sustancias utilizables como combustibles, como los hidrocarburos y compuestos afines. El proceso requiere la molienda y secado previo del material, realizándose la operación en varias etapas. En la primera etapa se emplea como disolvente acetona, obteniéndose un extracto y un refinado.

*De la extracción se obtiene un aceite con propiedades similares al crudo, formado por hidrocarburos y un residuo rico en proteínas e hidratos de carbono, transformable en **etanol**.*

El tratamiento depende de la biomasa considerada y se precisan disolventes muy selectivos.

En cuanto a la extracción sólido-líquido, se emplea en los residuos ganaderos para separar el estiércol del líquido.



BIOMASA



3. PROCESOS QUÍMICOS.

V- ESTERIFICACIÓN.

PROCESO MEDIANTE EL CUAL SE SINTETIZA UN ESTER. AUNQUE LA FABRICACIÓN DE BIODIESEL ES POSIBLE MEDIANTE ESTERIFICACIÓN, EL PROCESO MÁS HABITUAL ES LA TRANSESTERIFICACIÓN MEDIANTE EL CUAL EL GLICEROL CONTENIDO EN LOS ACEITES VEGETALES ES SUSTITUIDO POR UN ALCOHOL ANTE LA PRESENCIA DE UN CATALIZADOR.



4. PROCESOS TERMOQUÍMICOS.

Mediante los **procesos termoquímicos** de conversión de la biomasa se producen reacciones químicas a altas temperaturas y en condiciones variables de oxidación.

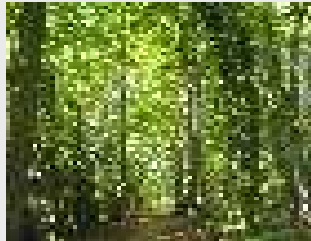
Se utiliza esta tecnología con biomasa sólida y seca, lo que permite elevadas velocidades de conversión.

- *Combustión directa.*
- *Pirólisis.*
- *Gasificación.*

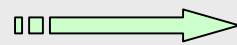
4. PROCESOS TERMOQUÍMICOS.

VI- COMBUSTION

LA BIOMASA SE HACE REACCIONAR CON EXCESO OXÍGENO PARA OBTENER CALOR PARA OBJETIVOS DIVERSOS.

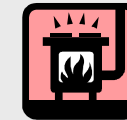


BIOMASA



BIOCOMBUSTIBLE

Secado
Triturado/astillado
Peletizado

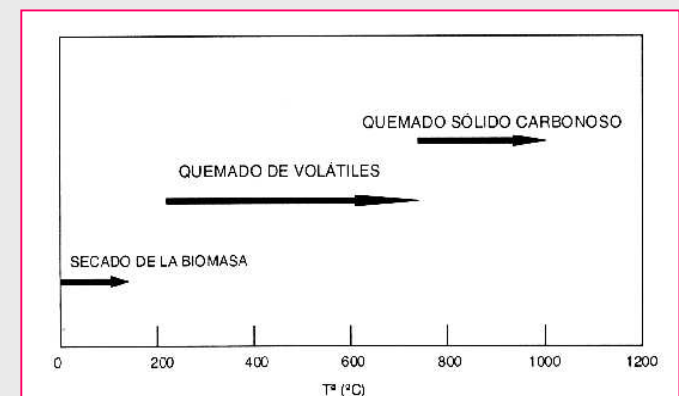
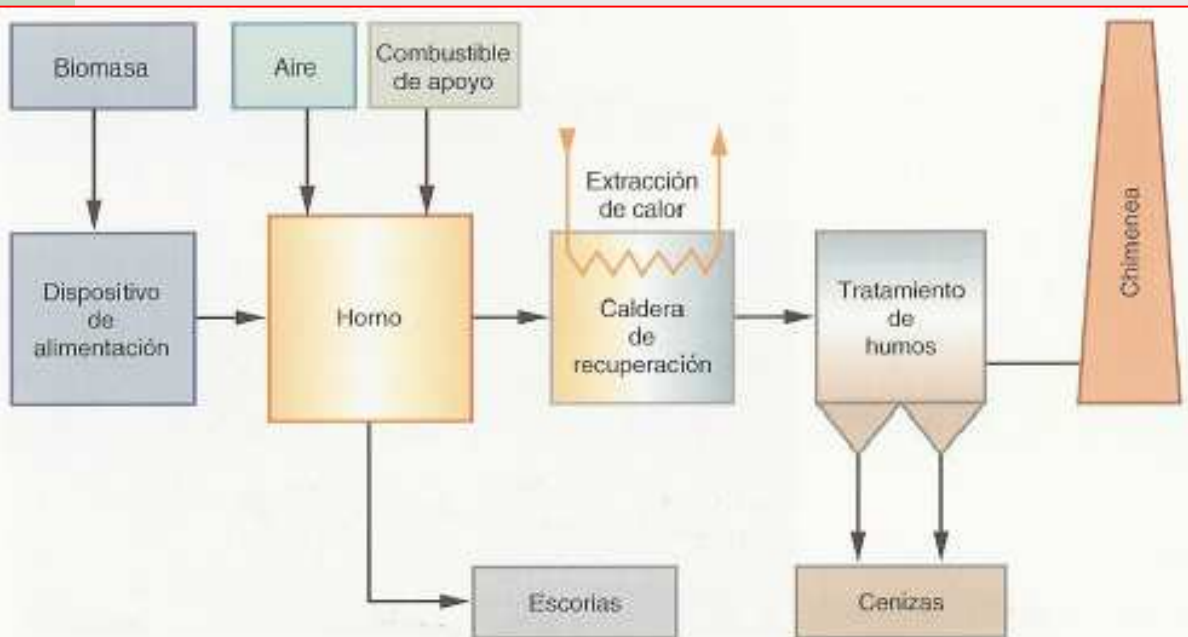


Calor Doméstico



Energía Eléctrica

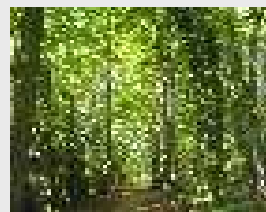
Calor Industrial



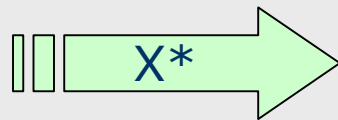
4. PROCESOS TERMOQUÍMICOS.

VI.I- CO-COMBUSTION

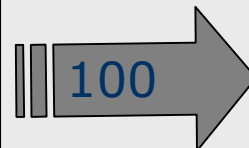
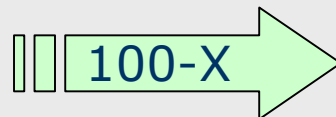
CONSISTE EN LA QUEMA CONJUNTA DE COMBUSTIBLES.



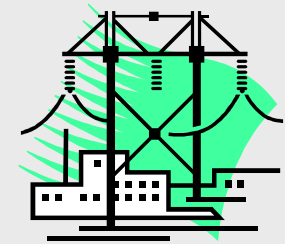
BIOMASA



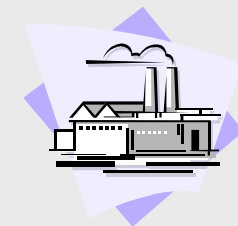
Pretratamiento



**MEZCLA
COMBUSTIBLE**



Energía Eléctrica



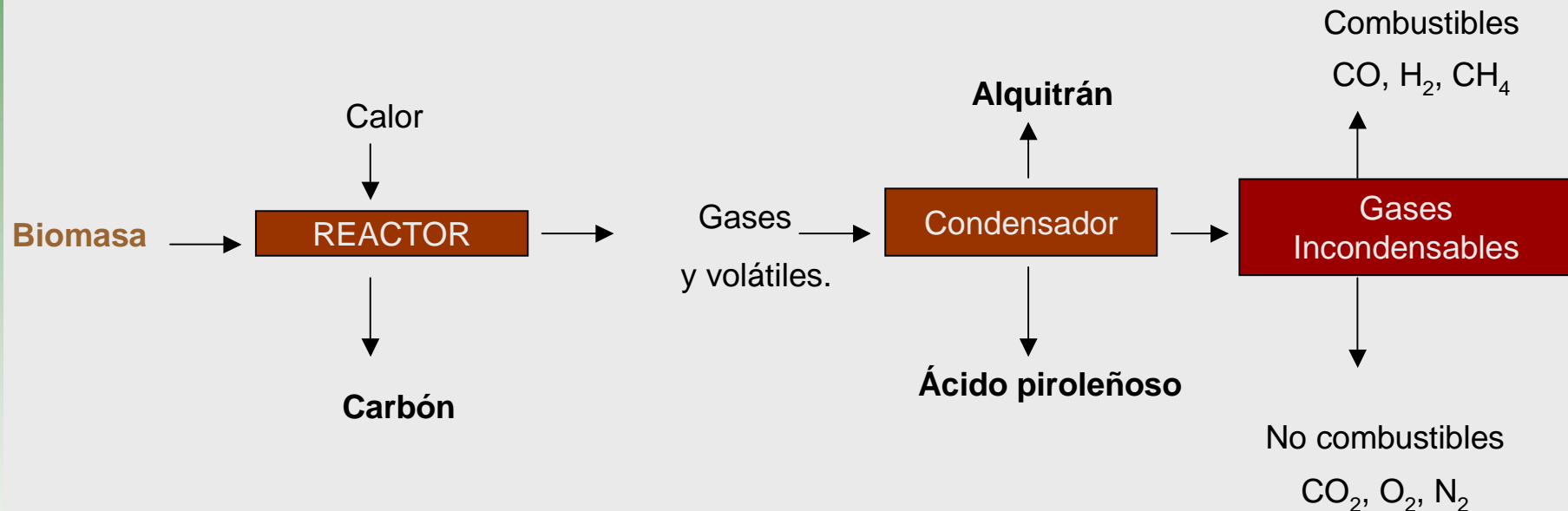
Calor Industrial

* X = Referido a porcentaje en peso. En centrales térmicas fluctúa entre 5-20 %.

4. PROCESOS TERMOQUÍMICOS.

VII- PIRÓLISIS.

CALENTAMIENTO DE LA BIOMASA EN AUSENCIA DE OXÍGENO. SEGÚN LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN, SE OBTIENEN COMBUSTIBLES SÓLIDOS, LÍQUIDOS Y GASEOSOS.



Ausencia de Oxígeno.

Reacción química endotérmica.

Obtención de combustibles, vapor piroleñoso, aceites y carbón vegetal.

Residuos agrícolas, forestales y RSU.

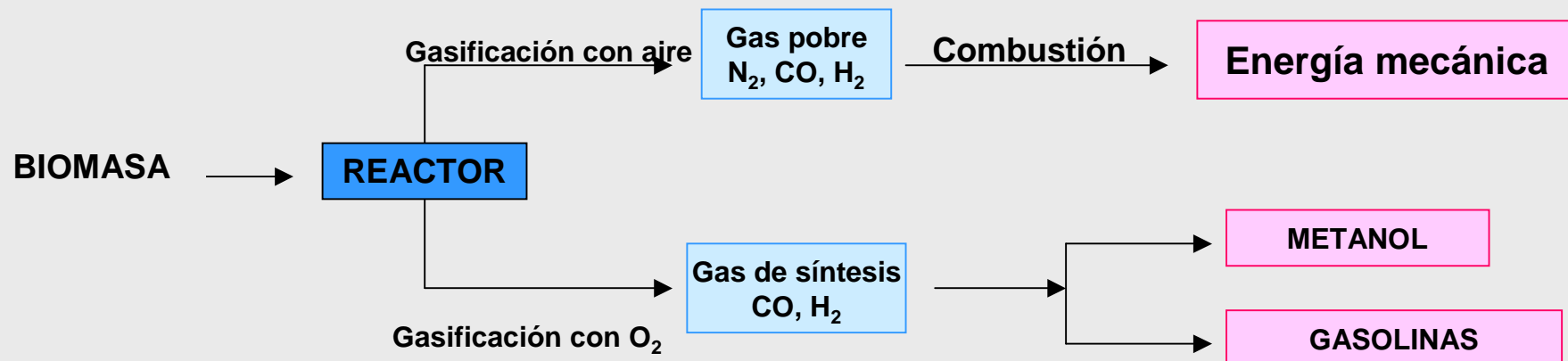
4. PROCESOS TERMOQUÍMICOS.

VIII- GASIFICACIÓN.

CONSISTE EN HACER REACCIONAR UN COMBUSTIBLE SÓLIDO CON VAPOR DE AGUA Y AIRE u OXIGENO A ALTA TEMPERATURA

La gasificación es un proceso de oxidación parcial que permite transformar la biomasa en productos gaseosos, principalmente hidrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono, metano y vapor de agua.

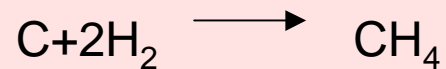
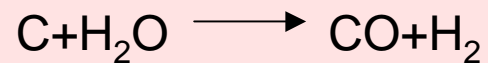
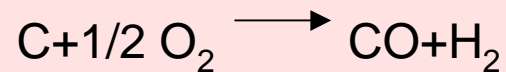
Se puede llevar a cabo con oxígeno, dando lugar al “gas de síntesis” ($H_2 + CO$) convertible en metanol, o con aire común, produciendo “gas pobre” ($N_2 + CO + H_2$).



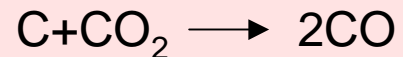
4.1. PROCESO TERMOQUÍMICO DE GASIFICACIÓN.



1. Reacciones de descomposición térmica.
2. Reacciones de oxidación o combustión.



3. Reacciones de reducción.



Poder calórico del gas (kj/ kgc)

$$PCI_g = 0.126C_{CO} + 0.358C_{CH_4} + 0.108C_{H_2}$$

TIPOS DE GASIFICADORES.

La tecnología de lecho móvil se subdivide dependiendo del sentido relativo de las corrientes del combustible (biomasa) y agente gasificante en: “*Downdraft*” (corrientes paralelas) y “*Updraft*” (contracorriente).

La gasificación de *lecho fluidizado*, en la que el agente gasificante mantiene en suspensión a un inerte y al combustible, hasta que las partículas de éste se gasifican y convierten en cenizas volátiles y son arrastradas por la corriente del syngas.

A) *Sistema general de lecho fluidizado.*

B) *Sistema de gasificación de lecho fijo.*

C) *Sistema general de la gasificación en lecho móvil.*

Updraft

Downdraft

PROCESO EN GASIFICADOR.



Con independencia de que el lecho sea fluidizado o móvil, en sus variantes, la biomasa pasa por:

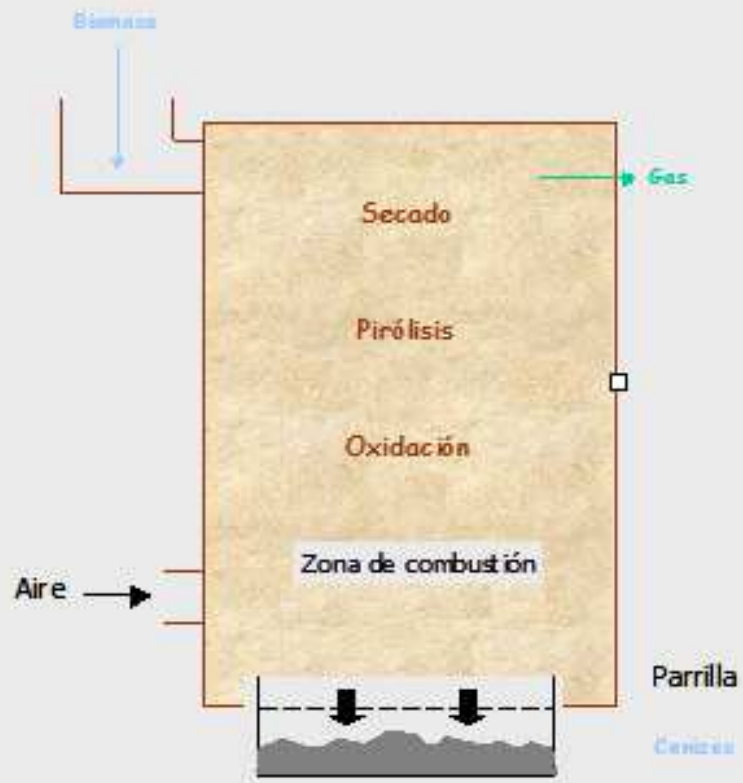
- *Una primera etapa de calentamiento hasta 100 °C, que provoca el secado de la biomasa y la evaporación de agua;*
- *La segunda etapa, es la de pirólisis (ruptura por absorción de calor), en la que se rompen las moléculas grandes dando lugar a otras de cadena más corta que, a la temperatura del reactor, están en fase gaseosa.*
- *En los reactores “updraft” la tercera etapa es la reducción, por combinación del vapor de agua producido en la primera etapa, con el dióxido de carbono que viene arrastrado por la corriente del gasificante, desde la cuarta etapa (oxidación);*
- *La última etapa es la oxidación de la fracción más pesada (carbonosa) de la biomasa al entrar en contacto con el agente gasificante (aire, oxígeno, o vapor de agua).*

Siguiendo la reacción en el sentido del agente gasificante, las etapas son:

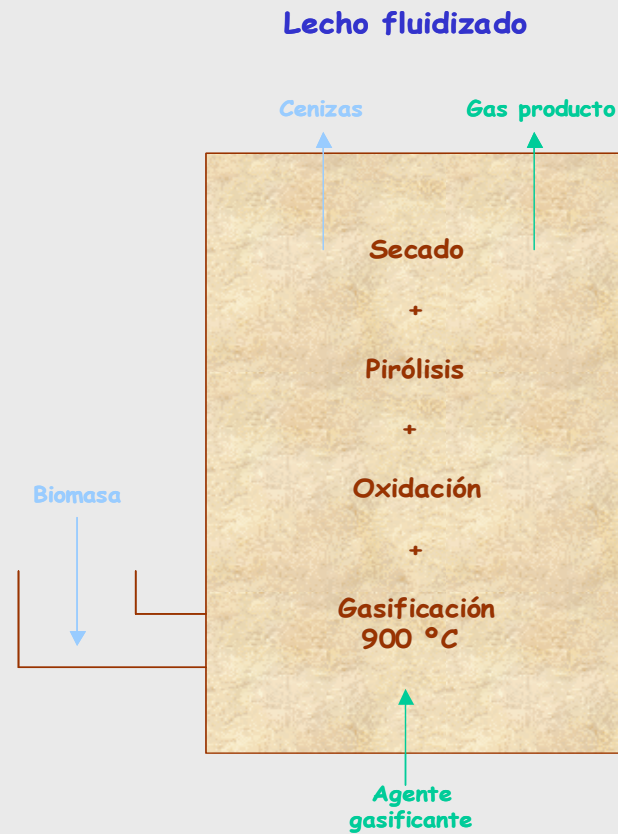
- *Oxidación parcial del residuo carbonoso y caliente de la biomasa, elevando mucho su temperatura, ya que las reacciones de oxidación son exotérmicas;*
- *En la zona de reducción, la falta de oxígeno unida a la disponibilidad de carbono, CO₂ y vapor de agua, hace que se produzca una recombinación hacia hidrógeno molecular y monóxido de carbono;*
- *La tercera etapa en el sentido del gas es la pirólisis en la que, por efecto del calor, los componentes más ligeros de la biomasa se rompen y convierten en gas, uniéndose a la corriente;*
- *Por último, los gases calientes evaporan el agua contenida en la biomasa entrante.*

TIPOS DE GASIFICADORES.

A) Sistema general de lecho fluidizado.

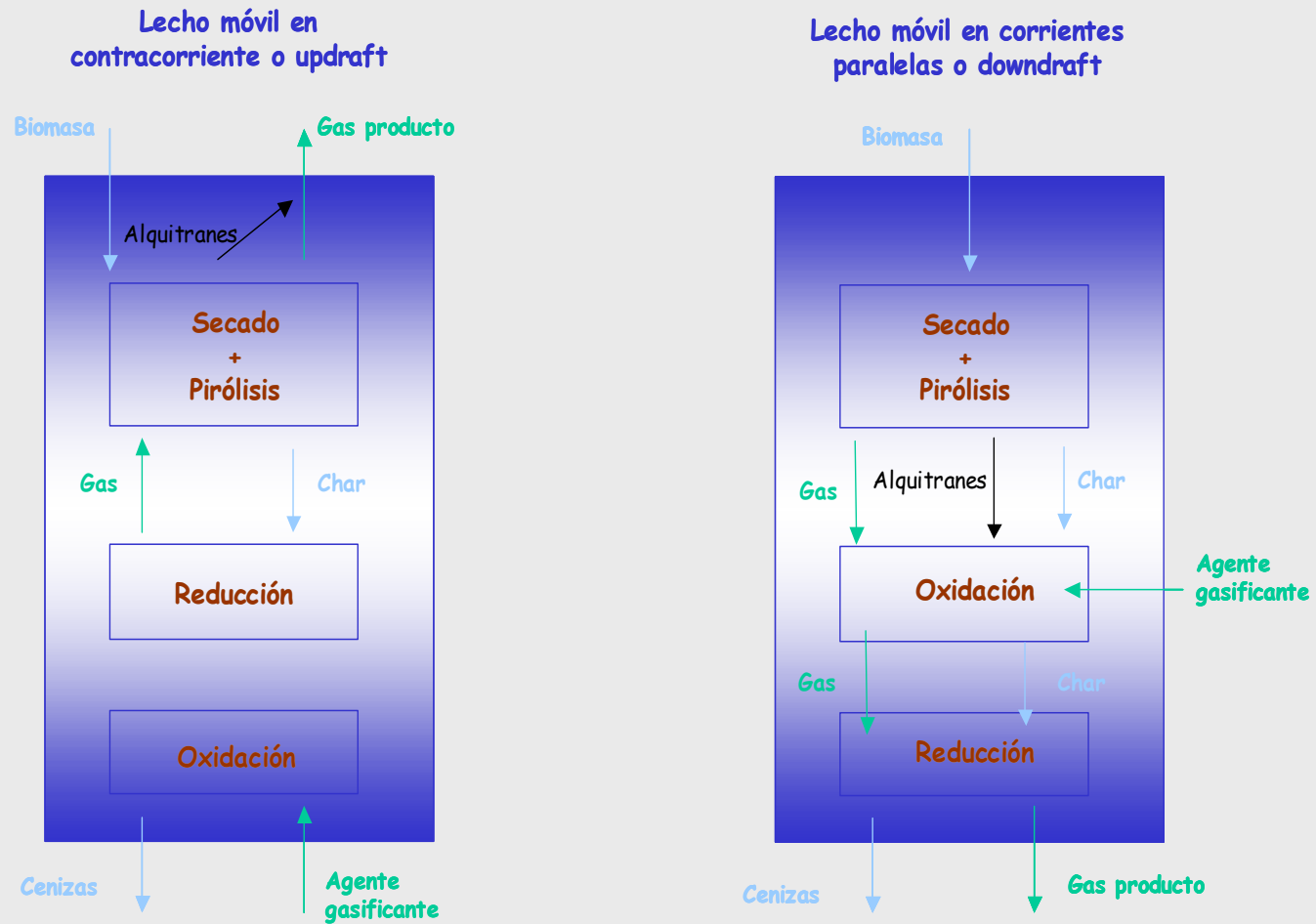


B) Sistema de gasificación de lecho fijo.



TIPOS DE GASIFICADORES.

C) Sistema general de la gasificación en lecho móvil.



RETOS DE LA GASIFICACIÓN

Las tecnologías comerciales de gasificación permiten procesar prácticamente todo tipo de combustibles de origen biomásico, con una limitación de densidad mínima de alrededor de 200 kg/m³.

Densidades menores crean problemas en el manejo de la biomasa en los conductos verticales. Asimismo, complican la gasificación en lecho fluidizado, pues la biomasa es arrastrada por el gas de síntesis, con la consecuente pérdida de eficiencia y disponibilidad.

El tamaño de la biomasa debe de ser homogéneo y lo suficientemente pequeño para que las reacciones se produzcan a una velocidad adecuada, y en un volumen razonablemente pequeño.

Un tamaño de partícula pequeño permite aumentar la calidad del gas, reducir el tamaño del reactor o bien aumentar el tiempo de permanencia para el craqueo de las fracciones más pesadas y condensables (alquitranes).

En conclusión, se puede decir que cada gasificador precisa de un determinado tamaño de partícula, que no debe ser menor de 2-3 mm de diámetro en la mayoría de los casos.

Un tamaño excesivamente pequeño puede hacer que la biomasa se atasque en los conductos o que sea arrastrada junto con las cenizas volantes al exterior del reactor antes de tiempo.

RETOS DE LA GASIFICACIÓN



Un análisis elemental de la biomasa permite conocer la cantidad de aire u oxígeno que es necesario introducir como primera aproximación que se contrastará en la práctica.

Un análisis inmediato da información sobre carbono fijo, volátiles, humedad y cenizas.

Estos datos son importantes a la hora de elegir la tecnología de gasificación y el tiempo de residencia en el reactor, para reducir al máximo los inquemados carbonosos, es decir, agotar al máximo el PCI de la biomasa.

Conociendo el poder calorífico del combustible se obtiene una idea aproximada del poder calorífico del syngas. El poder calorífico se calcula a partir del análisis elemental.

Las cenizas entrantes (fracción mineral mezclada o adherida al combustible) sean lo más reducidas posible, absorben calor, ensucian los filtros, erosionan los conductos y pueden llegar a producir sinterizaciones.

En cuanto a la humedad de la materia a gasificar, valores del 10 al 15 % son los más adecuados. Secar más la biomasa presenta dos inconvenientes.

A medida que se seca más, es más costoso en términos energéticos y económicos.

En general, la humedad facilita la formación de hidrógeno, pero reduce la eficiencia térmica.

RETOS DE LA GASIFICACIÓN

Dependiendo de la tecnología que se emplea, y de las condiciones de gasificación (relación biomasa/gasificante, tiempo de residencia, etc.) se pueden usar catalizadores para inducir ciertas reacciones y que se produzca prioritariamente algún componente.

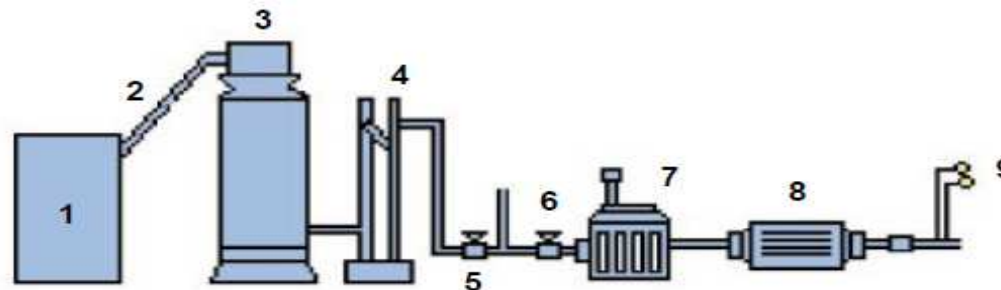
Si se quiere facilitar la formación de monóxido de carbono e hidrógeno, se deben utilizar catalizadores de níquel y cobalto, trabajando entre 700 y 800 oC en la zona de reducción. Catalizadores de reformado de níquel o cobalto, gasificando a menos de 550 °C facilitan el craqueo de las fracciones pesadas, es decir, la reducción de la formación de alquitranes.

Las tecnologías que minimizan la producción de partículas facilitan la producción de alquitranes y viceversa. No obstante, el control de flujos, de temperaturas, los filtros, los sistemas de lavado, así como variantes tecnológicas, permiten producir syngas de buena calidad, y que cumplen las normas sobre emisiones a la atmósfera.

4. PROCESOS TERMOQUÍMICOS.

Comparación de los gases obtenidos en diferentes procesos

PROPIEDADES	GAS POBRE	GAS DE SÍNTESIS	Pirólisis rápida
Composición (% volumen seco):			
CO	11 - 30	40 - 50	48 % CO
CO ₂	6 - 16	10 - 20	6,5 % CO ₂
H ₂	10 - 20	25 - 30	20% H ₂
CH ₄	1 - 15	4 - 8	13 % CH ₄
N ₂	50		6 % Otros
Poder calorífico (kcal/m ³)	1.000	2.500	4500 kcal/m ³



- | | |
|---------------------------------------|---------------------------|
| 1. Silo de almacenamiento | 6. Tubo de escape |
| 2. Sistema de transporte | 7. Motor de explosión |
| 3. Reactor gasificador | 8. Generador - alternador |
| 4. Separador de alquitran / enfriador | 9. Salida de corriente |
| 5. Válvulas de seguridad y control | |

5. CONCLUSIONES.

VENTAJAS BIOMASA

- *Balance de CO₂ neutro.*
- *No emite contaminantes sulfurados ni partículas sólidos.*
- *Conversión de un residuo en recurso.*
- *Producción descentralizada, seguridad de abastecimiento.*
- *Disminución de la dependencia de combustibles fósiles.*
- *Buen grado de desarrollo tecnológico.*

DESVENTAJAS BIOMASA

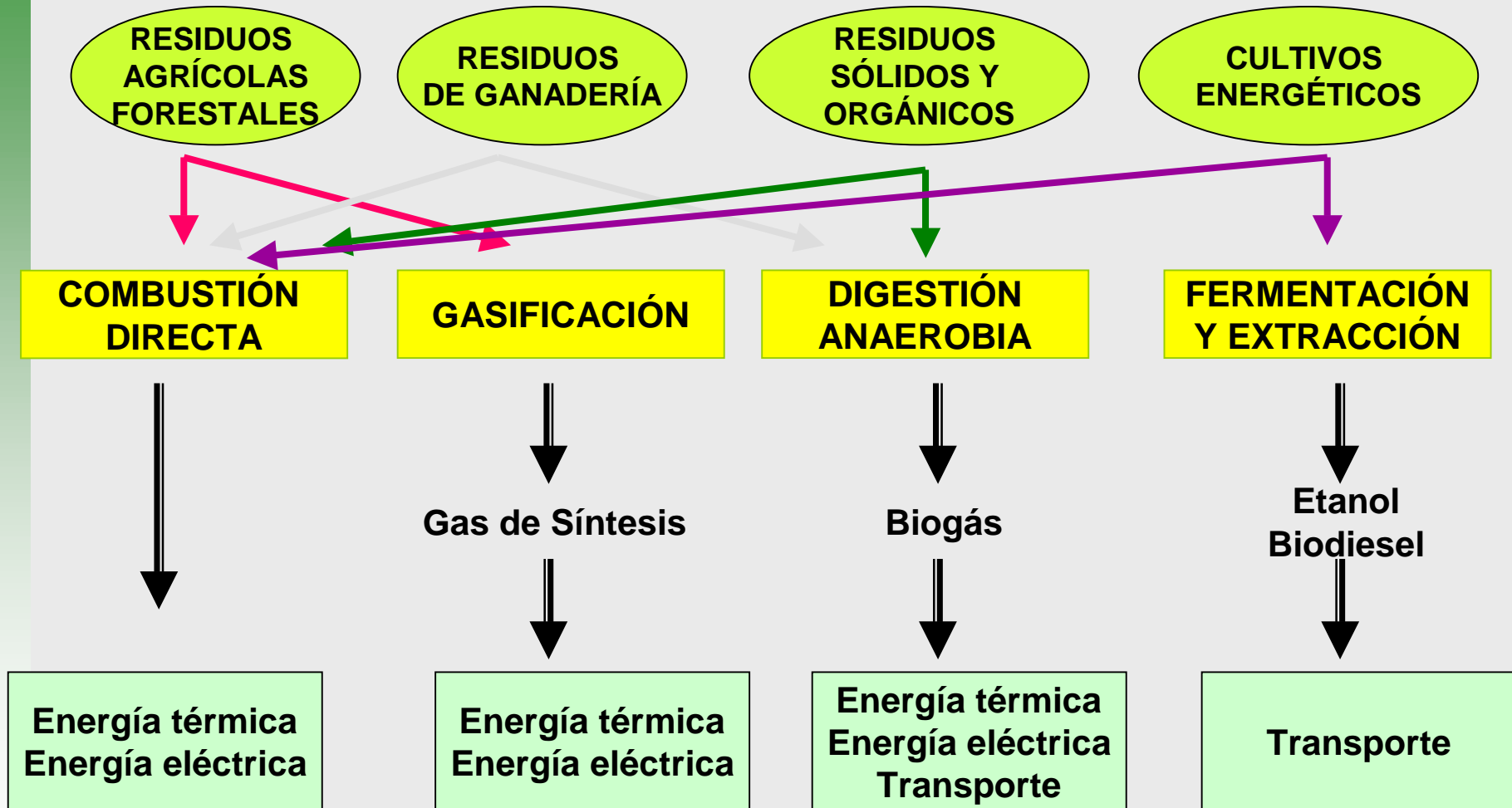
- *Dispersión de los residuos.*
- *Baja densidad energética.*
- *Necesita pretratamientos.*
- *Elevada estacionalidad.*

GASIFICACIÓN

- Tamaño.
- Densidad.
- Composición.
- Catalizadores

TECNOLOGÍA

COMPARACIÓN DE MÉTODOS.





Muchas gracias

Pablo Paredes

E-mail: enginepar@yahoo.es

jparedes@asturfeito.com