

Universidad Ambiental
de La Palma

Verano 2007

Curso:

**Las energías renovables:
Una apuesta de futuro en las islas**

Dr. Francisco Jarabo
(Director)

FRANCISCO JARABO FRIEDRICH · JOSE FERNANDEZ GONZALEZ

ENERGIAS ALTERNATIVAS RENOVABLES

¿Un futuro para Canarias?

SECRETARIADO DE PUBLICACIONES
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA



COLECCION MINOR

②

Casi 25 años después
seguimos planteando
la misma pregunta.

Agradecimientos:

**Fundación Universidad Ambiental
de La Palma**

(Mauro Fernández, Presidente)

Colegas profesores e invitados

Patrocinadores

Universidad de La Laguna

OBJETIVOS

Desarrollo de contenidos de forma:

- Rigurosa
- Científica
- Divulgativa

Planteamiento de las bases de:

- Fuentes de energía
- Utilización y aprovechamiento
- Aspectos económicos y ambientales

**Potenciar el conocimiento y el uso
de fuentes alternativas de energía
en las islas**

Presentación

Curso: **Las energías renovables: Una apuesta de futuro en las islas**
Programa temporalizado (**septiembre 2007**)

Días	Lunes 17	Martes 18	Miércoles 19	Jueves 20	Viernes 21
1ª Sesión (2 horas) 09:30 - 11:30	<i>Presentación General</i> Objetivos Principales Criterios de evaluación	Geotérmica Marinas	Fundamentos de Energía Solar Solar Térmica	Eólica	Ahorro de energía
	La alternativa del gas natural en Canarias				
2ª Sesión (2 horas) 11:30 - 13:30	Biomasa	La producción de energía hidráulica en La Palma	Solar Fotovoltaica	Aspectos econó- micos	Mesa redonda: el futuro en la isla

Profesor (director)	Francisco Jarabo Friedrich (Profesor Titular de Ingeniería Química de la ULL)
Profesor	Ricardo Guerrero Lemus (Profesor Titular de Física Aplicada de la ULL)
Invitado	Juan Manuel Guirao (Director Técnico de GASCAN)
Invitado	Juan Manuel Buil (Subdirector de Proyectos Hidráulicos de ENDESA)
Profesor	Juan Avellaner Lacal (Jefe del Departamento de Gestión de Programas Públicos del IDAE)
Mesa redonda	Mauro Fernández Felipe (Presidente del Patronato de la FUNDESCULP) José Izquierdo Botella (Consejero de Política Territorial del Excmo. Cabildo de La Palma) Francisco Jarabo Friedrich Ricardo Guerrero Lemus

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 **cinco** veces el eólico pero limitado por:

- Dispersión
- Difícil recolección
- Dificultades de transporte

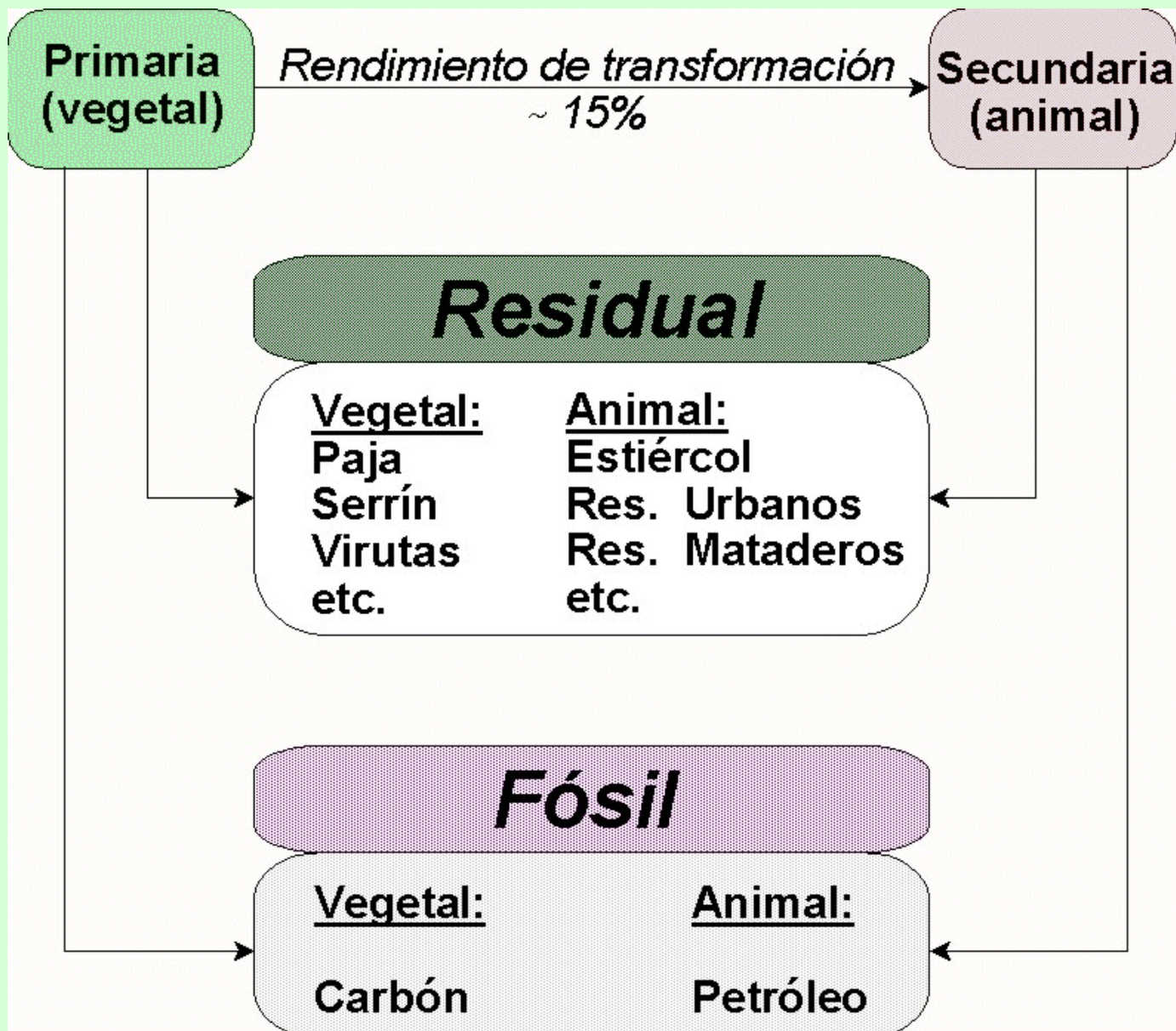
FUENTES DE BIOMASA PARA FINES ENERGÉTICOS

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

Tipos:

- Biomasa vegetal
- Biomasa animal
- Biomasa residual (vegetal, animal)
- Biomasa fósil (carbón, petróleo)

La energía de la biomasa



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 (importancia significativa sólo a medio o largo plazo)

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



La energía de la biomasa

- 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

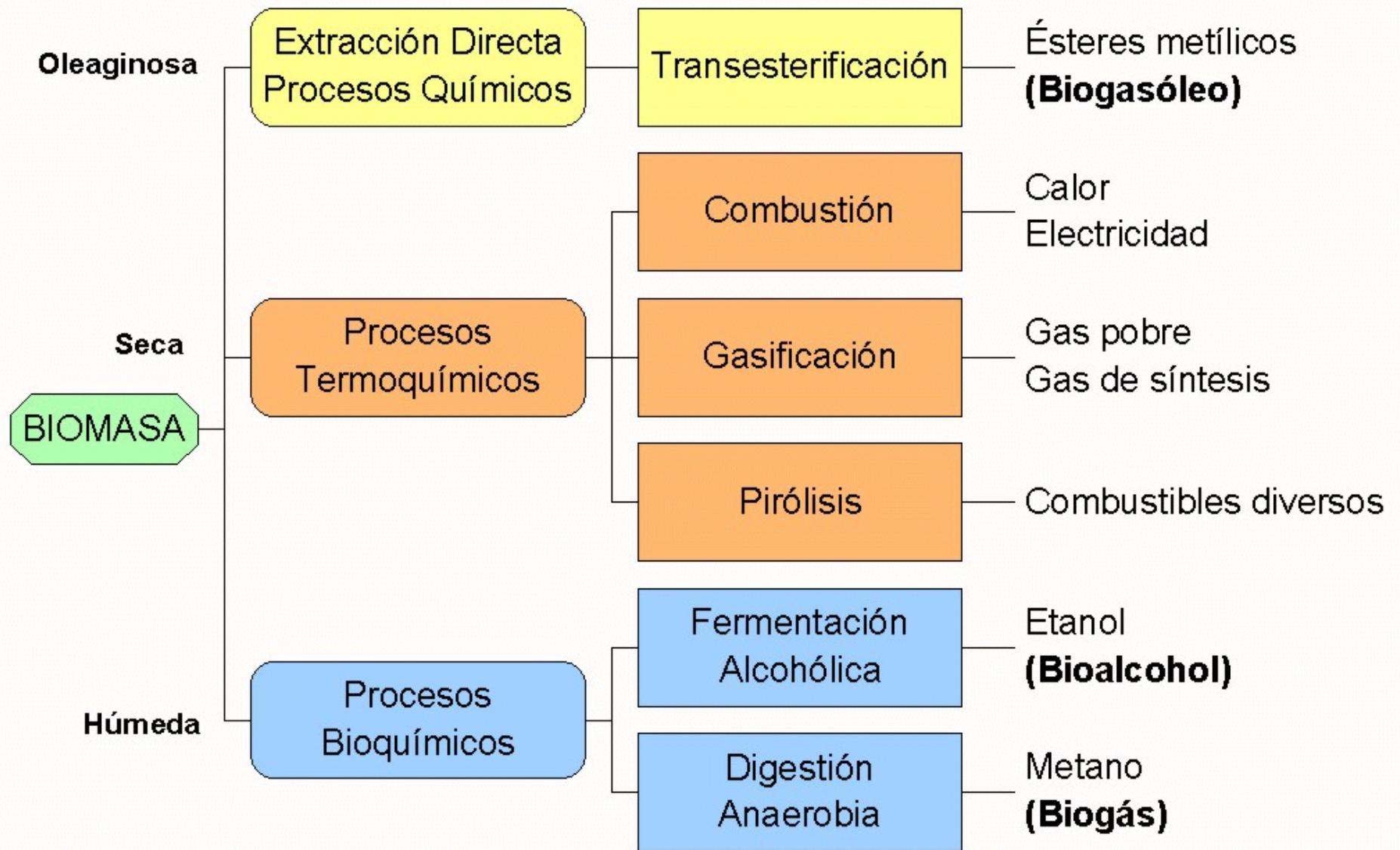
- Cultivos de plantas productoras de combustibles líquidos
 - Palmeras
 - Euforbias
 - Ricino
 - Jojoba
 - Copaiba
 - Membrillo negro



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
- Tipos de procesos:
 - Extracción directa
 - Procesos termoquímicos: aplicación de elevadas temperaturas con proporciones diversas de oxígeno o en ausencia del mismo; los materiales más idóneos son los de bajo contenido en humedad
 - Procesos bioquímicos: transcurren con ayuda de microorganismos que degradan las moléculas complejas a compuestos; se utilizan para biomasa de alto contenido en humedad

La energía de la biomasa



EXTRACCIÓN DE HIDROCARBUROS

Numerosas especies vegetales producen en su metabolismo hidrocarburos o compuestos afines, de elevado poder calorífico. Estos se pueden extraer de forma directa con disolventes, aunque según la especie vegetal puede variar el tratamiento previo, los disolventes utilizados a lo largo del proceso (y que hay que reciclar) y las diferentes fracciones obtenidas al final de cada operación

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)

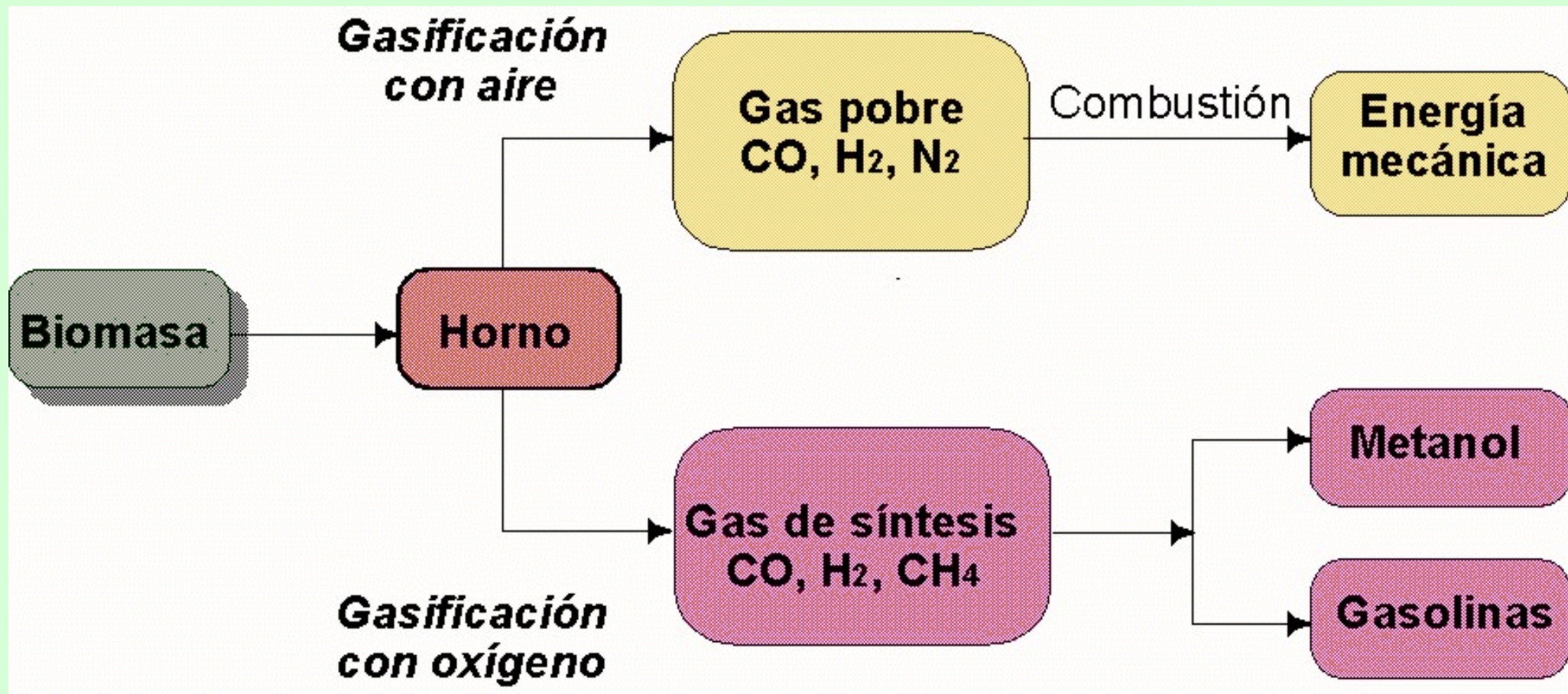


GASIFICACIÓN

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

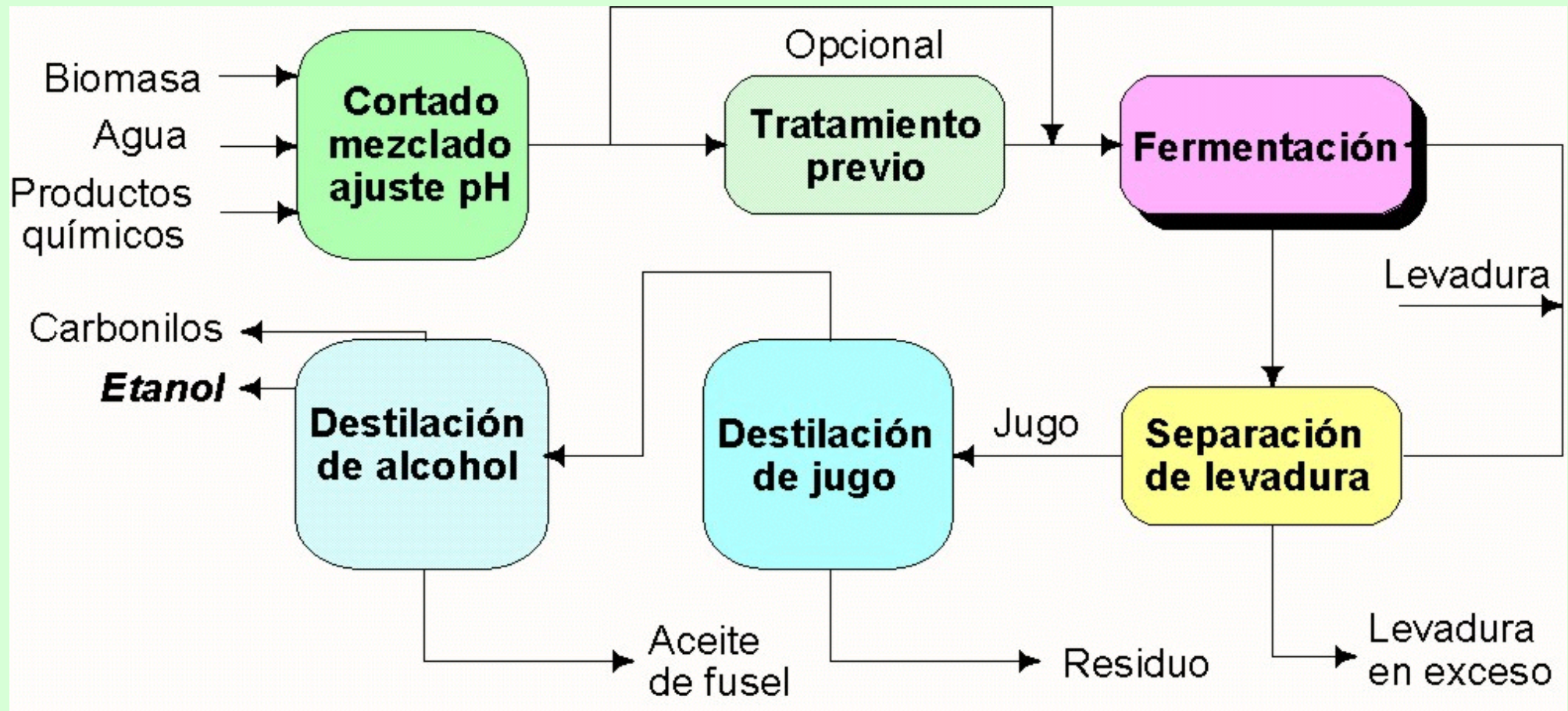
- Etapas de la fermentación según la biomasa de partida:
 - Pretratamiento de la biomasa: transformación de la materia prima para favorecer la fermentación por medio de trituración, molienda o pulverización
 - Hidrólisis: transformación, en medio acuoso, de las moléculas complejas en azúcares sencillos 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

- 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

La energía de la biomasa



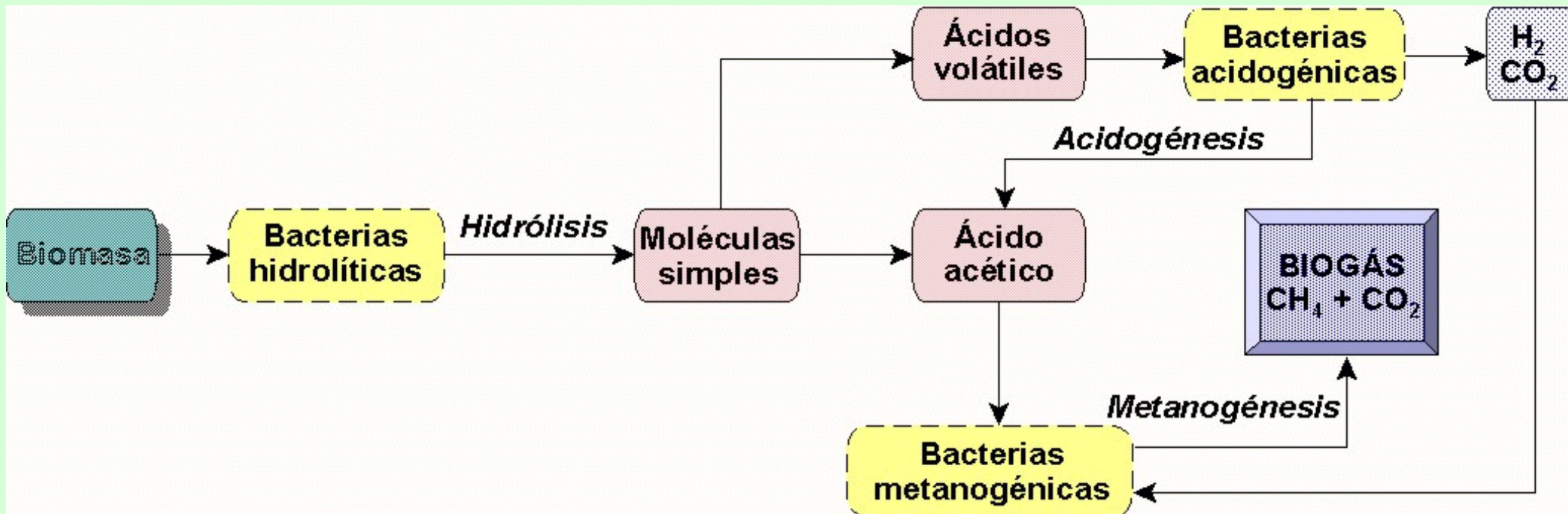
DIGESTIÓN ANAEROBIA

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

- 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

La energía de la biomasa



LA ENERGÍA GEOTÉRMICA

EL FENÓMENO GEOTÉRMICO

EL DESARROLLO GEOTÉRMICO MUNDIAL

EL SISTEMA GEOTÉRMICO

EXPLOTACIÓN Y UTILIZACIÓN DE YACIMIENTOS GEOTÉRMICOS

FACTORES AMBIENTALES

EL FENÓMENO GEOTÉRMICO

Geotermia: fenómeno referido al calor almacenado en el interior de la Tierra

Energía geotérmica: energía derivada del calor almacenado en el interior de la Tierra que se produce de forma continua por la desintegración de los materiales radiactivos que existen en muy pequeñas proporciones en las rocas naturales

Gradiente geotérmico: variación de la temperatura con la profundidad; su valor normal es de unos 30 °C/km; las anomalías geotérmicas (hasta 200 °C/km) permiten extraer el calor

Flujo geotérmico: flujo de calor que produce el gradiente geotérmico; su valor normal es de unos 60 mW/m²

Manifestaciones superficiales: alteraciones geotérmicas que pueden indicar su existencia:

- Volcanismo reciente
- Zonas de alteración hidrotermal
- Emanaciones gaseosas
- Fuentes termales y minerales
- Anomalías térmicas

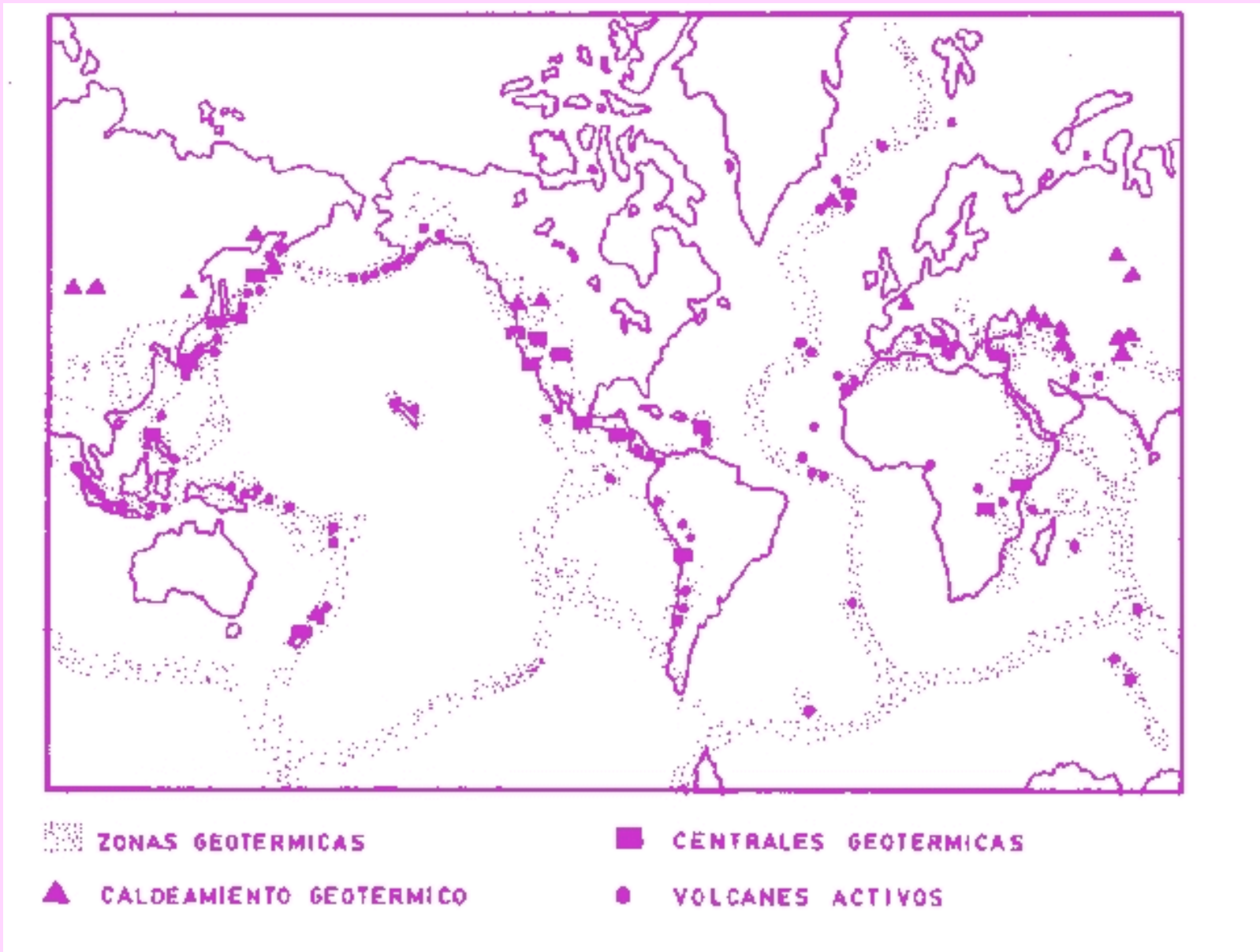
EL DESARROLLO GEOTÉRMICO MUNDIAL

Aguas termales desde la época de los romanos

Siglo XX: usos más sofisticados de los fluidos geotérmicos:

- Larderello (Italia), 1904: electricidad y productos químicos
- Islandia, 1925: agua caliente para calefacción (mayor del mundo)
- Otros países: Nueva Zelanda, México, El Salvador, California (EE.UU.)

La energía geotérmica



EL SISTEMA GEOTÉRMICO

Condiciones de extracción:

- Zona de elevada temperatura
- Roca porosa capaz de retener agua

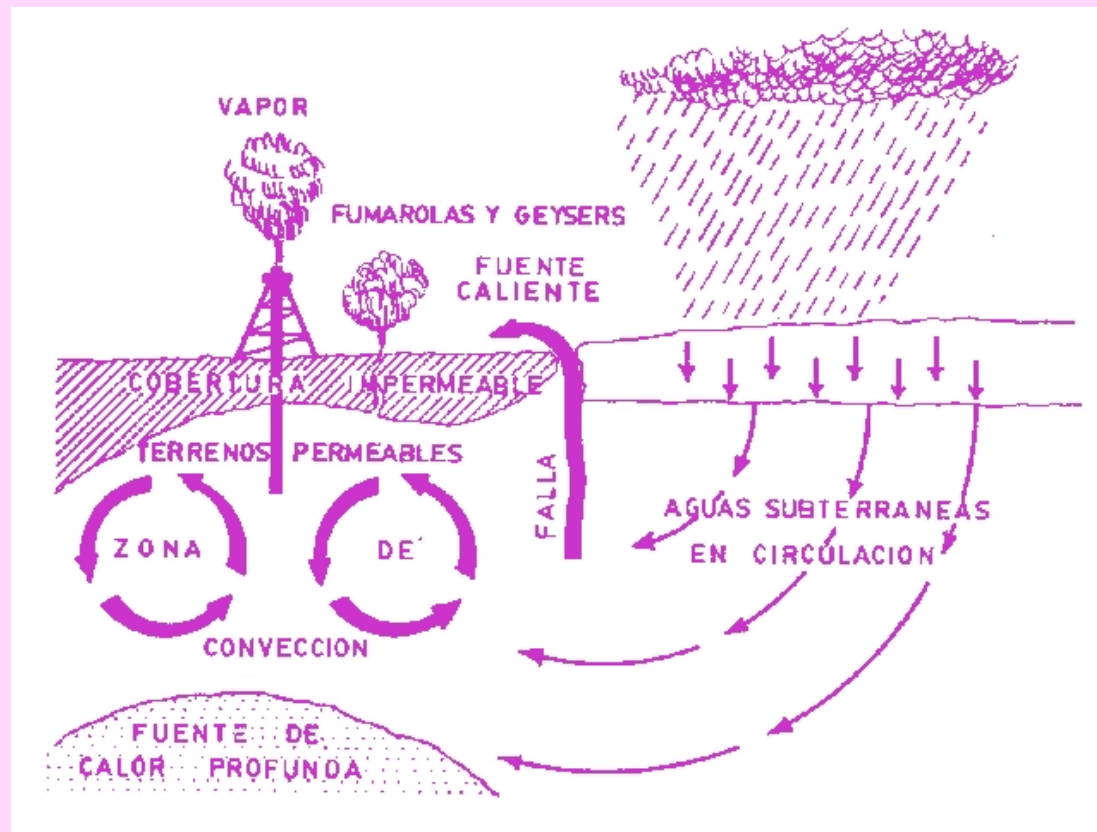
Yacimiento geotérmico: volumen de roca con temperatura anormalmente elevada para la profundidad a que se encuentra, susceptible de ser recorrida por una corriente de agua que pueda absorber calor y transportarlo a la superficie.

La energía geotérmica

Tipos de yacimientos geotérmicos:

- Sistemas hidrotérmicos

- Fuente de calor a poca profundidad sobre la cual se halla un acuífero encerrado entre rocas impermeables; el aporte de agua es meteórico. Los sistemas con predominio de vapor son más fácilmente explotables.



- Sistemas geopresurizados
 - Acuífero muy profundo soportando gran presión y saturado con gas natural; aún no explotados
- Sistemas de roca seca caliente
 - Rocas impermeables a muy alta temperatura; es necesario aportar agua artificialmente y crear grandes superficies de transmisión de calor (fracturando la roca); en investigación

EXPLOTACIÓN Y UTILIZACIÓN DE YACIMIENTOS GEOTÉRMICOS

Datos necesarios de un yacimiento:

- Profundidad y espesor del acuífero
- Calidad, caudal y temperatura del fluido
- Permeabilidad y porosidad de las rocas

Tipos de yacimientos según su temperatura:

- Alta temperatura, mayor de 150 °C; obtención de electricidad
- Baja temperatura, menor de 150 °C; aprovechamiento del calor

La energía geotérmica

Variables de diseño de una central geotérmica:

- Caudal del pozo
- Temperatura del yacimiento
- Composición del fluido (líquido-vapor)
- Temperatura del agua de refrigeración
- Contenido en sustancias extrañas



La energía geotérmica

Procesos de conversión en energía eléctrica:

- Conversión directa: sólo utilizable para yacimientos de vapor seco
- Expansión súbita o "flash": utilizada en yacimientos con predominio de la fase líquida, puede ser también de dos etapas de expansión
- Proceso de ciclo binario: utiliza en la turbina un fluido secundario calentado por el fluido geotérmico y se aplica a yacimientos con agua conteniendo gran cantidad de sales
- Proceso de flujo total: aprovecha las fases líquida y vapor mediante válvulas de expansión y turbinas especiales, aunque aún no se utiliza comercialmente

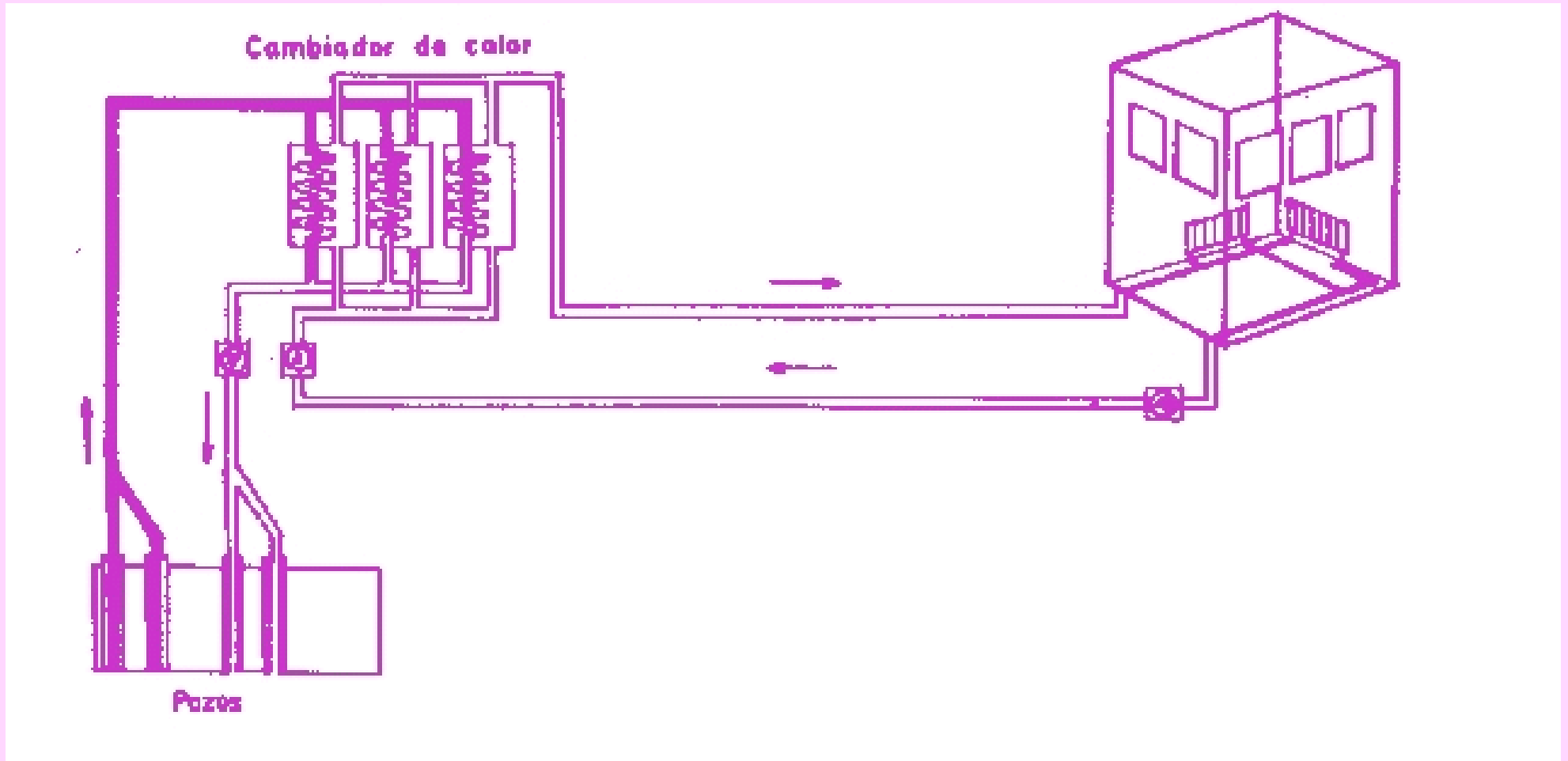
Aplicaciones del agua caliente geotérmica:

- Calefacción urbana
- Calefacción industrial
- Calefacción agrícola

Componentes de una instalación de calefacción geotérmica:

- Dos pozos, uno de producción y otro de inyección
- Dos bombas, una de extracción del fluido caliente y otra de reinyección de los efluentes fríos
- Un intercambiador de calor al pie del pozo de producción
- Una conducción conectada al intercambiador para el transporte del agua calentada por el fluido geotérmico hasta el consumidor

La energía geotérmica



Inconvenientes de la geotermia de baja temperatura:

- Grandes inversiones iniciales
- Bajo rendimiento
- Imposibilidad de transporte

FACTORES AMBIENTALES

Posibles factores adversos:

- Utilización del terreno
- Influencia sobre el suelo
- Niveles de ruido
- Contaminación del aire
- Uso y contaminación de las aguas
- Contaminación térmica y efectos climáticos
- Alteración de ecosistemas

LAS ENERGÍAS MARINAS

FUENTES ENERGÉTICAS DE ORIGEN MARINO

LA ENERGÍA MAREMOTRIZ

CENTRALES MAREMOTRICES

REALIDADES Y POSIBILIDADES DE LA ENERGÍA MAREMOTRIZ

LA ENERGÍA MAREMOTÉRMICA

CENTRALES MAREMOTÉRMICAS

PASADO, PRESENTE Y FUTURO DE LA ENERGÍA MAREMOTÉRMICA

LA ENERGÍA DE LAS OLAS

CONVERTIDORES DE OLAS

FUENTES ENERGÉTICAS DE ORIGEN MARINO

Fuentes energéticas marinas más representativas:

- Mareas
- Gradientes térmicos
- Olas

LA ENERGÍA MAREMOTRIZ

Marea: movimiento periódico y alternativo de ascenso y descenso de las aguas del mar, producido por las acciones gravitatorias del Sol y de la Luna, pero también influenciado por factores terrestres

Amplitud de la marea: diferencia entre los niveles más alto y más bajo (hasta 15 m)

Margen de la marea: variación periódica de las pleamares y bajamares

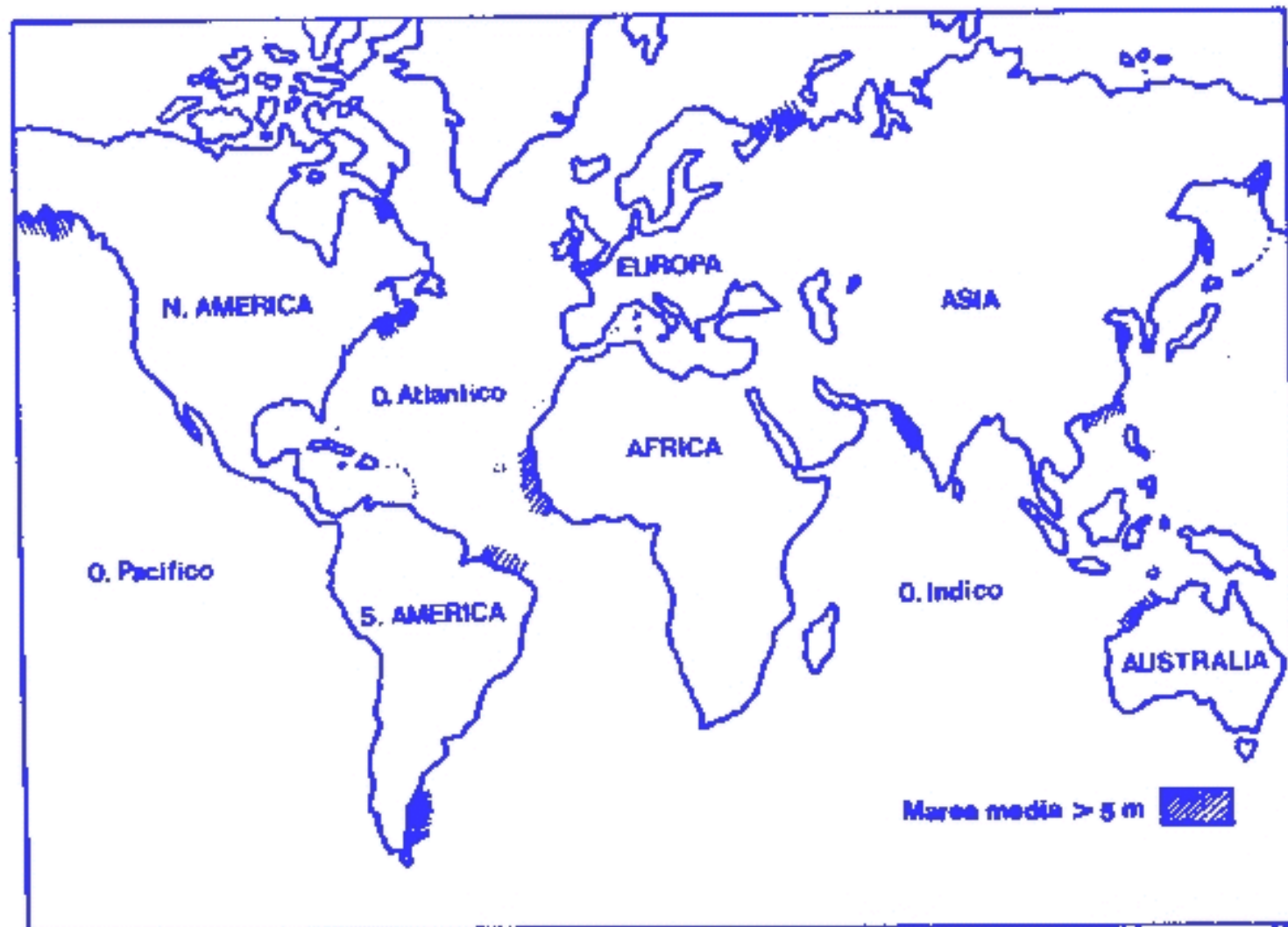
Utilización de la energía de las mareas (maremotriz):

Separar un estuario del mar libre mediante un dique y aprovechar la diferencia de nivel mar-estuario

Historia:

- Molinos de marea egipcios
- Centrales maremotrices inglesas (siglo XIII)
- Centrales maremotrices francesas y norteamericanas (siglo XVIII)
- Primeros estudios científicos en 1920 (Francia, URSS, Canadá, y EE.UU)
- Primeras centrales eléctricas en Francia (1966) y la URSS (1968)

Las energías marinas



CENTRALES MAREMOTRICES

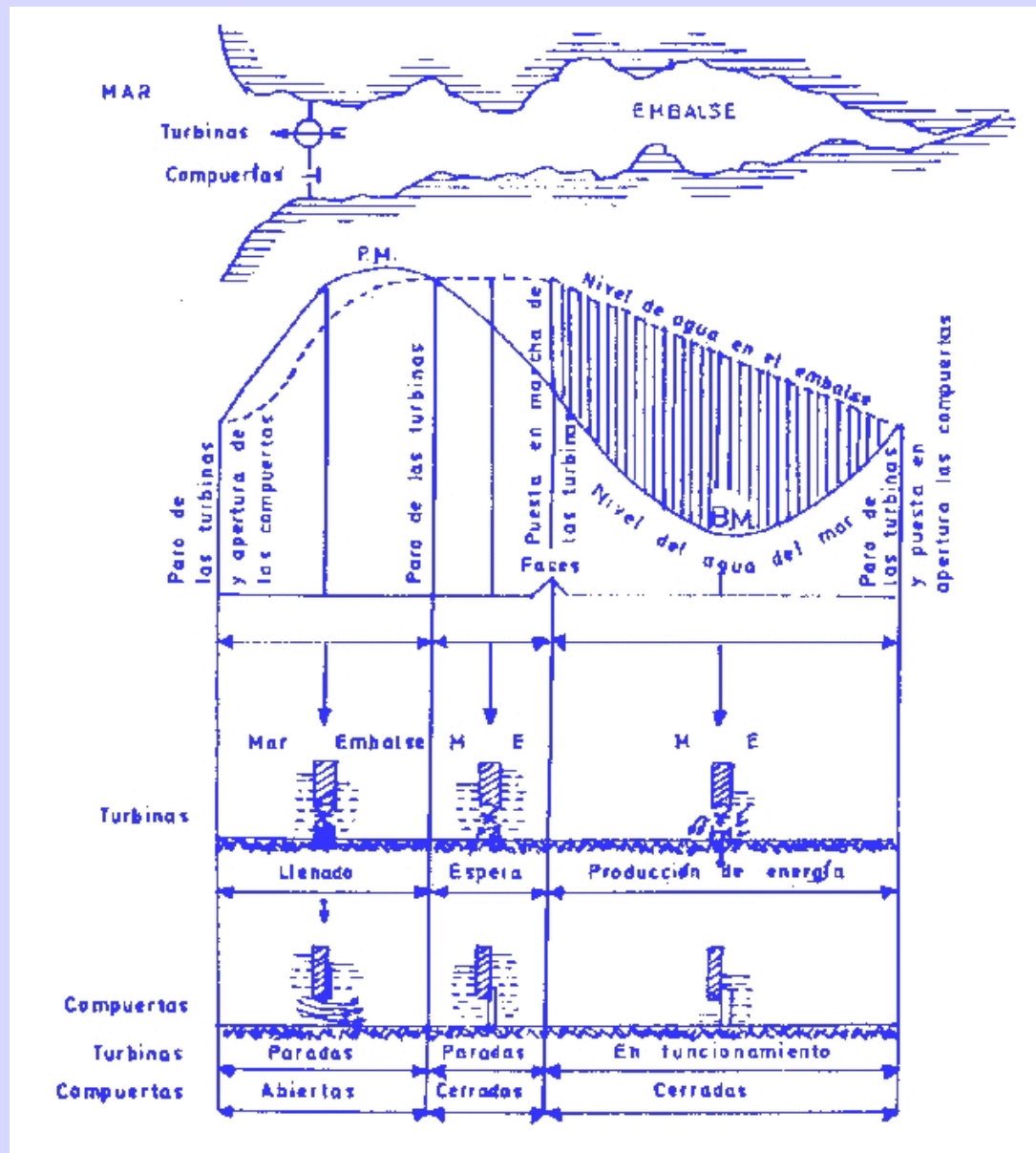
Elementos:

- Embalse artificial (altura $> 5\text{m}$; mínimo económico, 12 m)
- Turbinas hidráulicas y generadores eléctricos

Funcionamiento básico: Ciclo elemental de efecto simple

- Llenado durante la marea ascendente, pasando el agua al embalse a través de compuertas
- Espera mientras baja la marea; el nivel del embalse no varía al estar las compuertas cerradas
- Producción de energía mediante las turbinas, como consecuencia de la altura de caída del agua

Las energías marinas



Esquemas de mejora (continuidad de la producción):

- Ciclo elemental de doble efecto (llenado/vaciado)
- Ciclos múltiples (varios embalses)
- Almacenamiento por bombeo

Turbinas especiales:

- Bulbo axial: rotores de 7,5 m de diámetro y potencias de hasta 60 MW
- Tipo tubo (Kaplan modificada)
- Rotor anular

REALIDADES Y POSIBILIDADES DE LA ENERGÍA MAREMOTRIZ

- Central del estuario del Rance: funciona desde 1967 con un dique de 600 m, operando con mareas de hasta 13,5 m; tiene 24 turbinas bulbo de 10 MW cada una y 6 compuertas



- Central de la bahía de Kislaya: situada en el Mar de Barents (Rusia) fue puesta en servicio en 1968; su potencia es pequeña (2 grupos de 4 MW)
- Proyecto del estuario del Severn: cerca de Bristol (Gran Bretaña) existen mareas de más de 16 m de amplitud, que se está pensando aprovechar desde 1977
- Proyecto de la bahía de Fundy: en la costa oriental de Norteamérica, en la frontera entre EE.UU. y Canadá existen amplitudes de marea de hasta 20 m; los estudios preliminares, acabados en 1969, están actualmente paralizados

- Proyecto de las islas Chausey: cerca de la central del Rance, requeriría un dique de 40 km de dique, instalándose 300 grupos bulbo de 40 MW; la elevadísima inversión y el largo período de construcción (de 10 a 20 años) tienen el proyecto detenido
- Otros proyectos maremotrices: en Rusia se pretende instalar 4 centrales mientras que en otros países (Canadá, Australia, Corea, Argentina y República Popular China) tienen varios proyectos en perspectiva de diversa consideración

LA ENERGÍA MAREMOTÉRMICA

Concepto: gradiente de temperatura entre superficie ($> 18\text{ }^{\circ}\text{C}$) y fondo (1.000 m y 4°C) de gran potencial pero bajo rendimiento de conversión (2%)

Zonas terrestres favorables: ecuatoriales y tropicales

CENTRALES MAREMOTÉRMICAS

Definición: sistema capaz de aprovechar los gradientes térmicos oceánicos para producir energía eléctrica; máquina térmica en la que el agua superficial actúa como fuente de calor, mientras que el agua extraída de las profundidades actúa como refrigerante

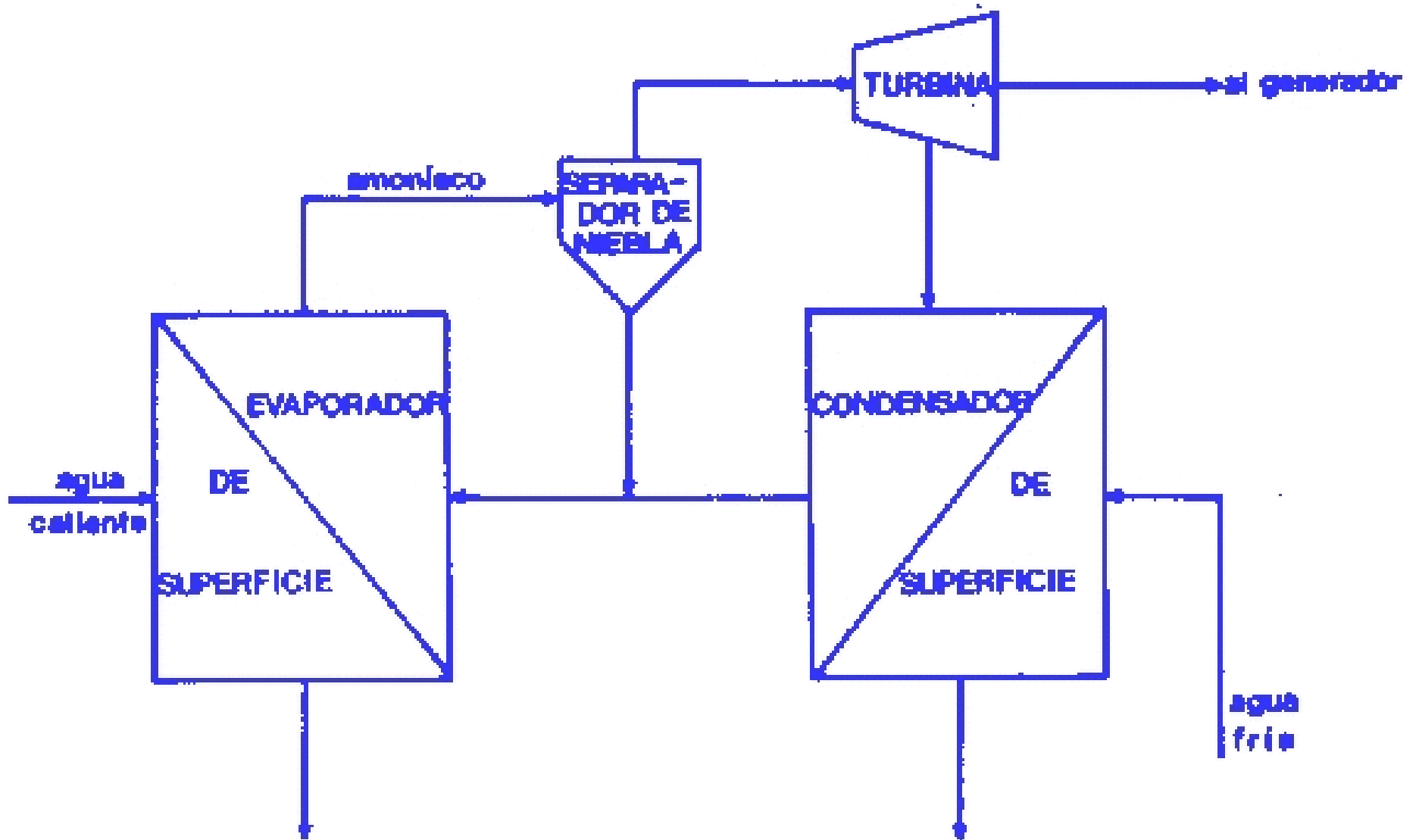
Termodinámica: ciclo de Rankine

- Abierto: el fluido de operación es la misma agua cálida de la superficie de mar
- Cerrado: se utiliza un fluido de trabajo de bajo punto de ebullición (como el amoníaco o el propano)

Componentes de una central maremotérmica:

- Evaporador
- Turbina
- Condensador
- Tuberías y bombas
- Estructura fija o flotante
- Sistema de anclaje
- Cable submarino (si la central es flotante)

Las energías marinas



Aplicaciones:

- Producción de agua potable en los sistemas de ciclo abierto
- Generación de hidrógeno aplicando la energía eléctrica producida, para facilitar el transporte a tierra de la energía
- Acuicultura, utilizando el agua de las profundidades, más rica en nutrientes, para desarrollar diferentes especies marinas

PASADO, PRESENTE Y FUTURO DE LA ENERGÍA MAREMOTÉRMICA

- Claude (1930) construyó la primera central maremotérmica en Cuba, que operó durante 11 días en ciclo abierto, hasta que fue destruida por una tempestad
- Societé Energie des Mers completó un proyecto de central maremotérmica de 7 MW netos, a instalar en Costa de Marfil. El estudio económico realizado en 1954 demostró la viabilidad del proyecto, pero éste fue abandonado por razones políticas
- En 1979 se montó una pequeña planta, que produce 15 kW eléctricos llamada Mini-OTEC, en la costa de Hawai. Con esta experiencia se construyó la central OTEC-1, también de ciclo cerrado, que proporciona 1 MW de potencia, y está en proyecto la OTEC-2, de 40 MW, todas ellas en EE.UU.

- En Japón funciona una central de 1 MW y se proyectó otra de 100 MW para mediados de los años 90.
- Actualmente la conversión maremotérmica en ciclo cerrado es técnicamente factible por debajo de los 25 MW, mientras que el ciclo abierto es posible comercialmente en el rango de los 10 MW

LA ENERGÍA DE LAS OLAS

Fuente: vientos marinos producen olas que transportan energía
En zonas favorables: 45 kW/m

Históricamente, los primeros intentos de aprovechar esta fuente de energía se realizaron en 1874, cuando Henning diseñó una embarcación provista de aletas que, con el movimiento de las olas, proporcionaban un movimiento de traslación

Utilización a gran escala solo planteada después de la crisis energética (Gran Bretaña, EE.UU., Japón, etc.)

CONVERTIDORES DE OLAS

Según su comportamiento dinámico:

- **Activos:** los elementos de la estructura se mueven como respuesta a la ola y se extrae la energía utilizando el movimiento relativo que se origina entre las partes fijas y móviles
- **Pasivos:** la estructura se fija al fondo del mar o en la costa y se extrae la energía directamente del movimiento de las partículas de agua

Según el fenómeno que produce en la ola, pueden aprovecharse:

- Empuje de la ola
- Variación de la altura de la superficie de la ola
- Variación de la presión bajo la superficie de la ola

Tipos de convertidores:

- **Totalizadores:** se caracterizan por estar situados perpendicularmente a la dirección de la ola incidente, paralelos al frente de la ola, pretendiendo el captar la energía de una sola vez
 - Rectificador Russel: tanque de dos niveles entre los que fluye el agua a través de una turbina
 - "Pato" Salter: la ola presiona sobre su parte baja obligándole a levantarse, lo que origina un movimiento de semirrotación
 - Balsa Cockerell: tres flotadores entre los cuáles se instalan bombas de pistón que extraen la energía

Las energías marinas



Tipos de convertidores:

- **Atenuadores:** formados por largas estructuras colocadas con su eje mayor paralelo a la dirección de propagación de las olas, pretendiéndose así absorber la energía de la ola de un modo progresivo; captan energía por dos lados
 - Buque Kaimei: barco equipado con columnas de agua oscilantes, que producen 2 MW
 - Bolsa de Lancaster: estructura con bolsa flexibles llenas de aire que se hace pasar por una turbina

Tipos de convertidores:

- **Absorbedores puntuales:** dispositivos capaces de captar no sólo la energía de la porción de la ola directamente incidente, sino también la de un entorno más o menos amplio; suelen ser cuerpos de revolución, por lo que son indiferentes a la dirección de propagación de la ola
 - **Boya Masuda:** cámara flotante semisumergida con una columna oscilante de agua
 - **Convertidor de Belfast:** similar a la boya Masuda, pero mucho más avanzado

Las energías marinas

