Asociación de la Plataforma Tecnológica Española del CO_2 (PTECO2)

Víctor de la Peña O'Shea
Coordinador GT Usos del CO_2

PTECO2

La misión de la PTECO2 es fomentar el desarrollo e implantación de las tecnologías de CAC y los usos del CO_2 con el propósito de que España cumpla sus compromisos de reducción de emisiones y logre un sector del CO_2 económico y competitivo

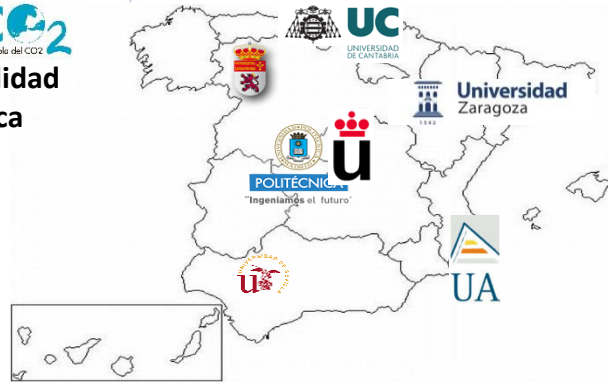
2006 pteco2

2007-2012 aeco2 + pteco2

2013 pteco2 Personalidad jurídica

2016 10 aniversario pteco2

Miembros colaboradores



Características

- Además del sector energético, PTECO2 incluye:
  - Sectores industriales
  - Los usos del CO_2 como parte del compendio de tecnologías que se deben impulsar

1

Industria:
Trabajamos con los sectores industriales en su camino hacia la reducción de emisiones

Cemento

Magnesia

Refinerías

2

Usos del CO_2: Incluimos la valorización del CO_2 en la cadena de la CAC

Directos

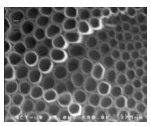
Tratamiento de aguas
Recuperación mejorada de petróleo (EOR)
Procesos con usos de CO_2 supercrítico

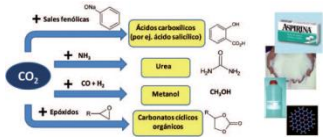
Carbonatación de residuos

Alimentación y bebidas

Aplicaciones químicas y energéticas

Fotosíntesis artificial
Conversión química a combustibles o productos de alto valor añadido





Aplicaciones biológicas

Crecimiento de algas
Fertilización con CO_2

Últimas actuaciones

- En nuestra página web (**www.pteco2.es**) reflejamos algunas de nuestras actividades principales:

Tenemos presencia en redes sociales: Twitter, Facebook y Linkedin.

Hemos lanzado la 4ª **edición de los Premios** a mejor tesis y mejor proyecto de fin de grado o máster

- Presidimos y participamos en el **CTN 216/GT2 SG CTAGCO2**, secretariado por AENOR.
- Participamos en el **Comité de Plataformas de Energía y el Grupo Interplataformas de Economía Circular**
- Colaboramos con la Alianza por la Investigación y la Innovación Energéticas (**ALINNE**)
- Celebramos **jornadas** técnicas
- Colaboramos con la Zero Emissions Platform (**ZEP**)
- Colaboramos con el **Global CCS Institute**

Desarrollamos **actividades interplataformas**:

- Organizamos el 2º encuentro de expertos en CO_2 con SusChem-España
- Participamos en Transfiere
- Firmamos un convenio con PACKNET

Hemos publicado **4 monográficos** y estamos trabajando en su reedición:

Hemos finalizado **tres estudios**:

- Impacto ambiental en el transporte de CO_2
- Regulación comparada
- Percepción social

Hemos iniciado dos estudios:

- Plan de gestión del CO2
- Caracterización almacenes

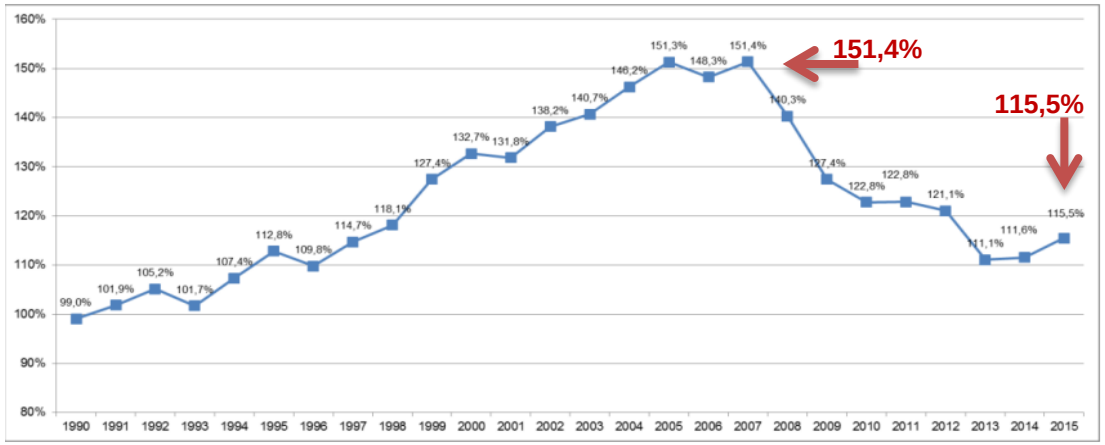
pteco2 Plataforma Tecnológica Española del CO2

Cambio climático y actividad humana

Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

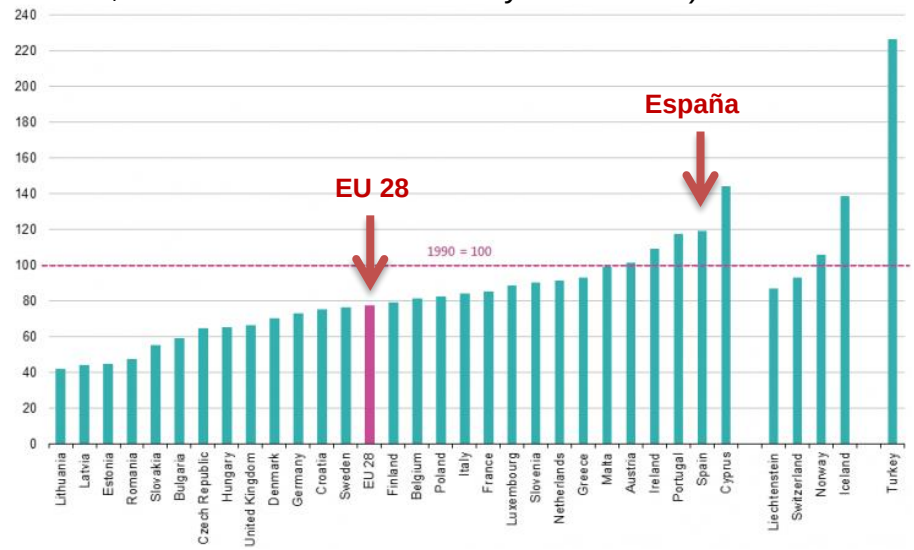
- España, 2015: El total de GEI se ha incrementado en comparación con 2013 y 2014:

Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA)
Inventario de GEI en España 1990-2015



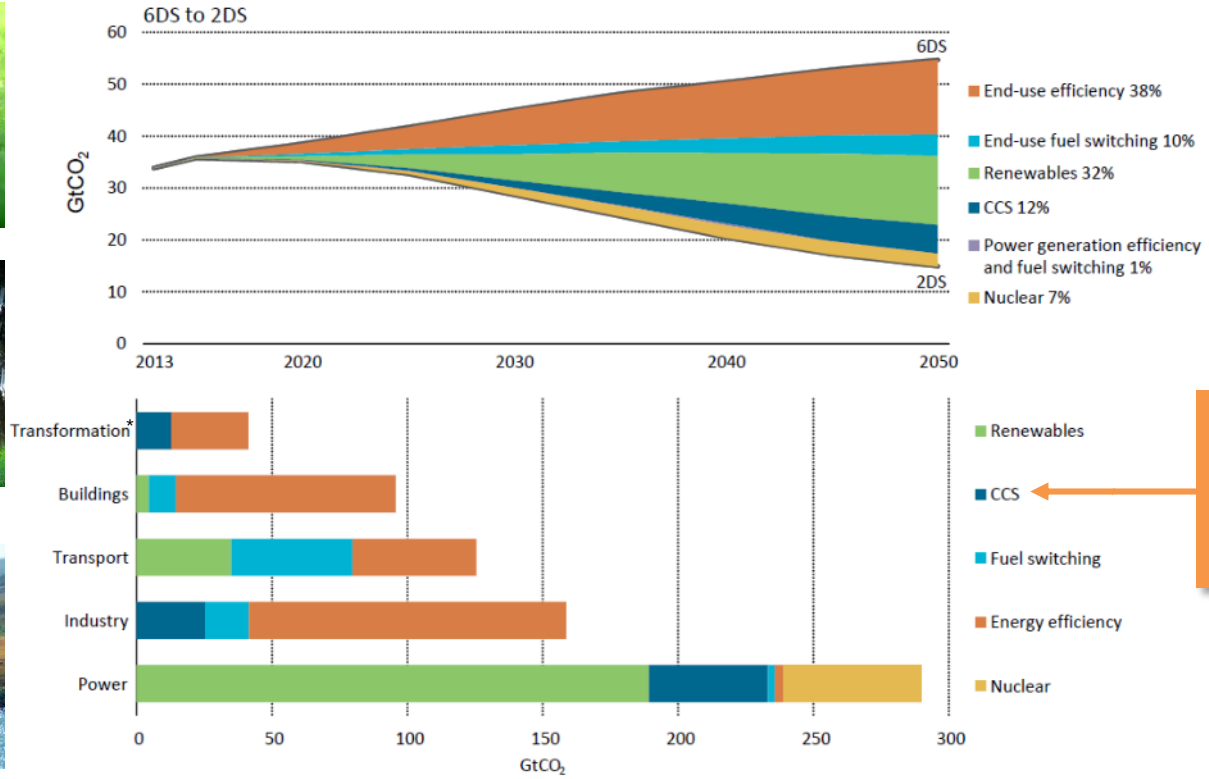
- El total de GEI en 2015 por países (incluyendo aviación internacional y CO_2 indirecto, pero excluyendo actividades de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y selvicultura):

EUROSTAT
Greenhouse gas emission statistics
Junio 2017



Cambio climático y actividad humana

Emisiones CO_2 : Contribución por tecnología y sector a la reducción de emisiones de CO_2 - Escenario 6DS a 2DS



Reducir emisión de 40 Gt CO_2 en 2050

CAC debe suponer 5.6 Gt CO_2 en 2050

Fuente: IEA Energy Technology Perspectives 2016

Nota *: Transformación de energía primaria

- **No hay una única tecnología que permita alcanzar los niveles de reducción requeridos**
- **Sin CAC, el coste de mitigación sería un 138% superior**
- **CAC es la única opción posible en emisiones de industria (acero, cemento, etc.)**
- **CAC es clave en decarbonización del sector eléctrico en países que usan energía fósil como materia prima (seguirá como principal fuente de energía en los próximos años)**

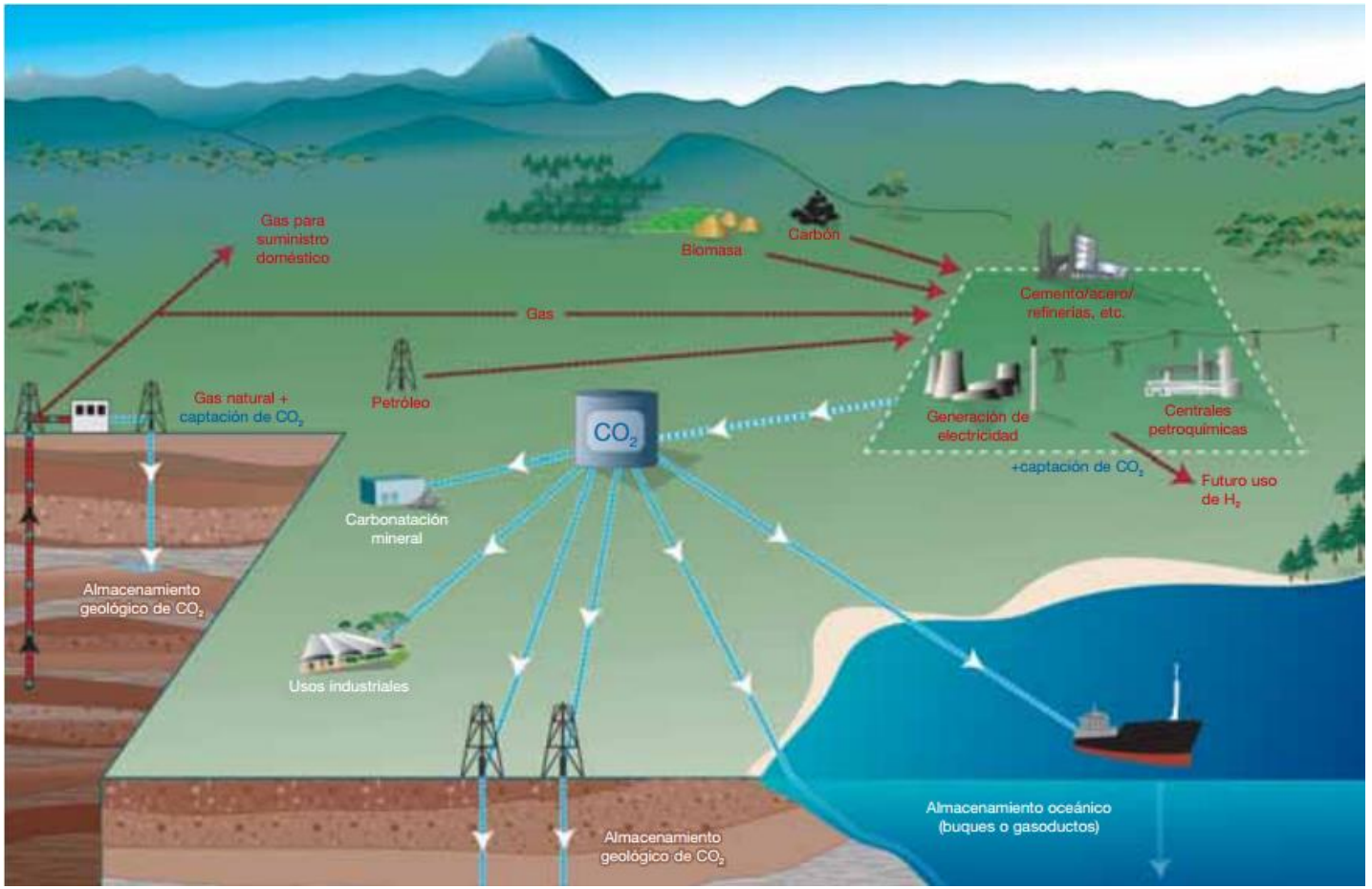
Aspectos clave de la CAC:
Proyectos integrales de CAC en el mundo

Grandes proyectos de CAC en operación (17)

Global CCS Institute, mayo de 2017

Aspectos clave de la CAC:
Diagrama de posibles sistemas

Captura, transporte, almacenamiento y usos del CO_2: Tecnologías CAC



Informe especial del IPCC, 2005

¿Usos de CO_2?

- **Usos de CO_2 muy concentrado**
  - - Recuperación asistida de petróleo
  - - Usos industriales de CO_2 (urea, alimentación etc)
  - - Combustibles a partir de CO_2

- **Usos del CO_2 diluido**
  - - Invernaderos, etc (usando gases de combustión)
  - - Reformado seco de metano etc (en gas natural)
  - - Combustibles a partir de CO_2

- **Usos del CO_2 de la atmósfera**
  - - Fotosíntesis natural (uso de biomasa como recurso energético)
  - - Combustibles a partir de CO_2

pteco2
Plataforma Tecnológica Española del CO2

Usos directos del CO_2

Limpieza

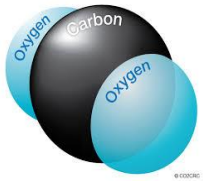
Seguridad

Tratamiento de aguas

Agricultura

Fluidos supercríticos

Electrónica

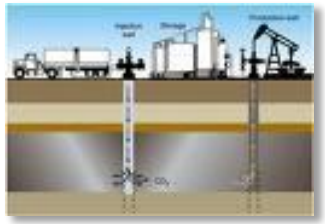


Alimentación

Materiales

Medicina

Energía

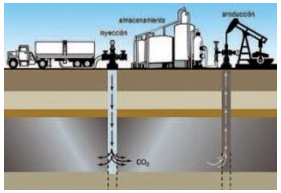


pteco2
Plataforma Tecnológica Española del CO2

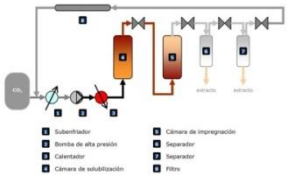
Tecnologías CAC: Usos

1 Usos directos

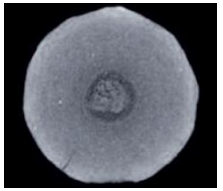
Recuperación mejorada de Petróleo (EOR)



Procesado con CO_2 supercrítico



Carbonatación de residuos

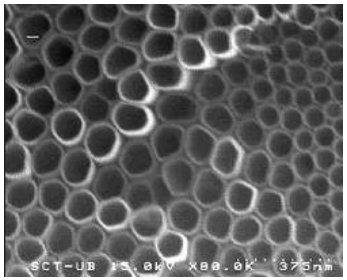


Tratamiento de Aguas

Procesos y productos alimentarios

2 Usos químicos

Fotosíntesis artificial

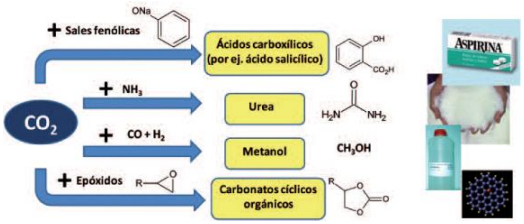


A. Reducción del CO_2

B. Oxidación de otros compuestos

Conversión química para producir combustibles o productos de alto valor añadido

A. Procesos convencionales de conversión química del CO_2



B. Procesos innovadores basados en uso de energía:

- "Hidrogenización de CO_2".
- Reducción electroquímica del CO_2.

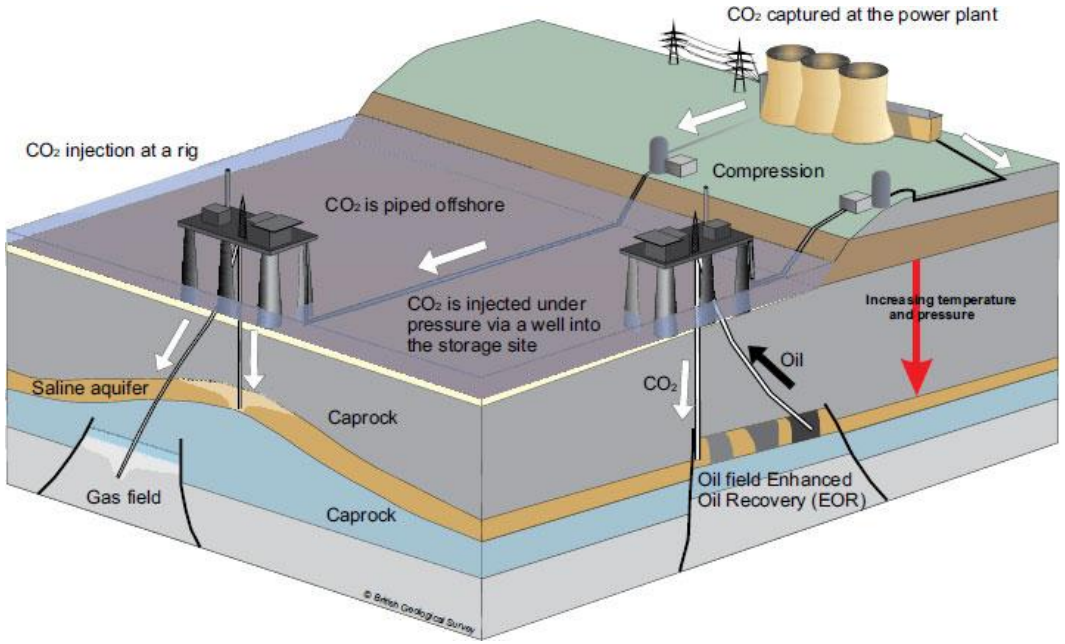
3 Usos de mejora biológica

Crecimiento de algas

Fertirrigación carbónica

Usos Tecnológicos o Directos

Recuperación mejorada de Petróleo (EOR)

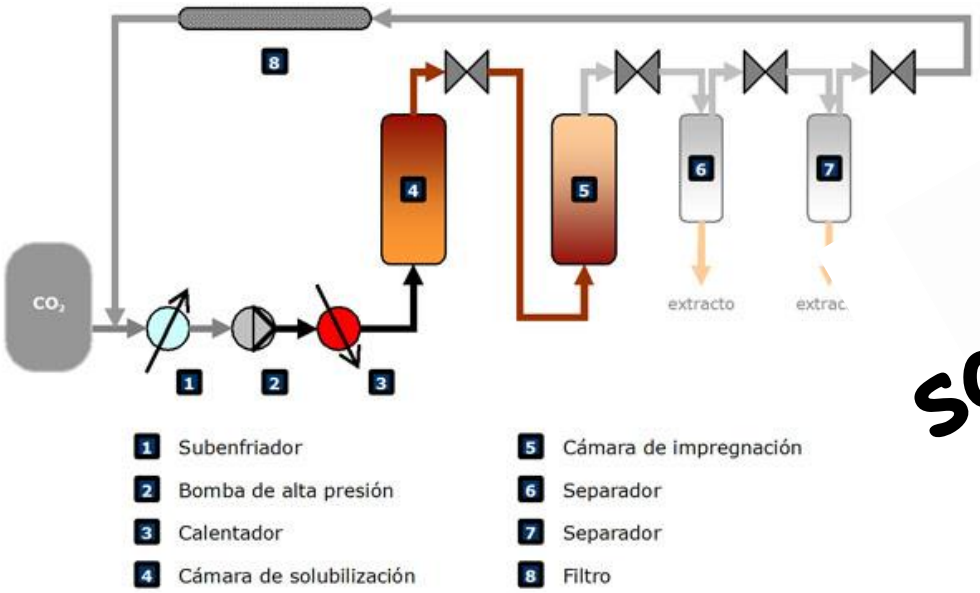


- Puede incrementar la extracción hasta 20% DE GRAN VALOR
- Tecnología madura
- La primera patente data de 1952.
- Comercial desde 1972 (SACROC, Tejas, USA)
- Actualmente se extraen alrededor de 280.000 barriles/día (>50 Mt CO_2/año)
- Al tiempo que se extrae petróleo se almacena una parte del CO_2

pteCO2 Plataforma Tecnológica Española del CO2

Usos Tecnológicos o Directos

Procesado con CO_2 supercrítico



- Utiliza altas presiones (150-250bar) y temperaturas moderadas
- Compite con disolventes por no ser inflamable ni tóxico
- Requiere elevadas inversiones de instalación
- Usado principalmente en extracción de productos naturales
- Otras aplicaciones: Micronización, Impregnación, Esterilización

pteco2 Plataforma Tecnológica Española del CO2

Usos Tecnológicos o Directos

Procesado con CO_2 supercrítico

Industria alimentaria y de aromas: matrices vegetales (fruta, vegetales, flores y algas o microalgas) se extraen aceites esenciales, sabores, fragancias, colorantes y antioxidantes.

Extracción de cafeína del café: Café descafeinado

- ❑ Método más utilizado actualmente (desde 1980s)
- ❑ Controlando P y T se evita la extracción de aromas
- ❑ Se puede extraer hasta un 97-99 %wt de cafeína

Industria farmacéutica y cosmética: extracción de agentes activos desde plantas

Parkinson, escleroses múltiple, migraña, Alzheimer

Fabricación de nuevos materiales: Funcionalización de superficies internas de materiales porosos; Liberación controlada de Fármacos
Micronización: Control tamaño /pureza

TEÑIDO DE POLIÉSTER: EXCELENTE

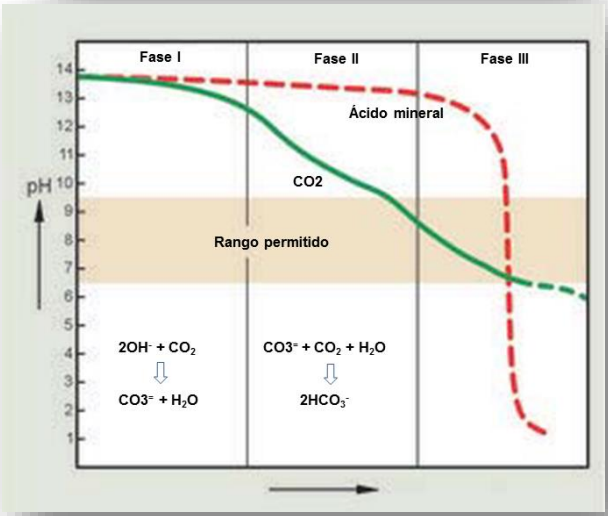
❑Teñido de fibras naturales más polares (algodón)

preCO2 Plataforma Tecnológica Española del CO2

Usos Tecnológicos o Directos

Carbonatación de residuos

- Orientada fundamentalmente a la neutralización de residuos sólidos alcalinos
- Aplicado a residuos de incineradora, cemento, acero, cerámica,….
- La formación de carbonatos permitiría tratarlos como residuos no especiales
- Requiere ligera presión del gas para que se produzca la carbonatación acelerada y pequeñas cantidades de agua
- Todavía en fase piloto, no hay plantas industriales por el elevado coste de captura de CO_2



pteco2
Plataforma Tecnológica Española del CO2

Usos Tecnológicos o Directos

Tratamiento de Aguas

- **Aguas residuales industriales**
  - Ajuste de pH
  - Precipitación de carbonatos
  - Sustituye a ácidos minerales
  - Requiere captura de CO_2
- **Aguas potables**
  - Remineralización de aguas blandas
  - Uso conjunto de CO_2 y CaO
- **Aguas de recreo**
  - Desinfección de piscinas
  - Evita el uso de cloro
  - En desarrollo

pteco2
Plataforma Tecnológica Española del CO2

Usos Tecnológicos o Directos

Alimentación y bebidas

- **Carbonatación de bebidas**
  - Mejora de propiedades sensoriales
  - Generador de presión de servicio
- **Envasado en atmósferas protectoras**
  - Evita el enranciamiento
  - Ajuste en función de producto y envase
- **Desinsectación de alimentos**
  - Compresión y descompresión rápidas
  - Evita el uso de plaguicida
- **Refrigeración y congelación de alimentos**
  - Hielo seco o nitrógeno líquido
  - Evita calentamiento en amasado
- **Aturdimiento y anestesiado de animales**

No deja residuos Aditivo alimentario Neutro organolépticamente Sin intervalo de seguridad Reciclable conservación del producto Aceptado en producción ecológica...

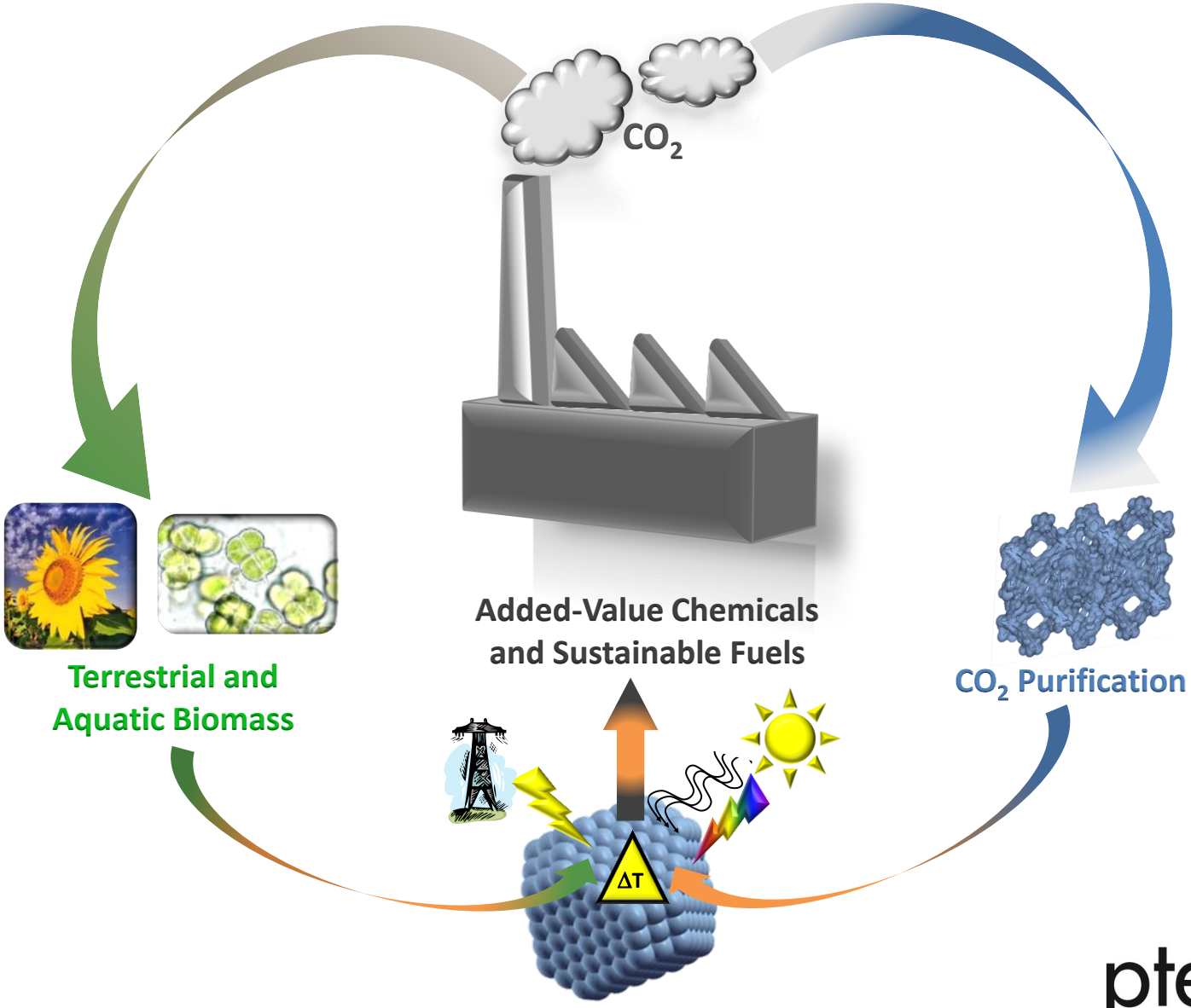
pteco2
Plataforma Tecnológica Española del CO2

Control de Plagas

- Control químico (**Insecticidas**)
  - **Número limitado Materias activas**
  - Aparición **resistencias**
- **Residuos** tóxicos
  - Reducción **LMR's**
  - Demanda consumidores de **productos libres de residuos**
  - Necesidad **reducir impacto** en el medioambiente
- Gases fumigantes
  - **CH_3Br** (afecta a la capa de **O_3**)
  - **Fosfina** (PH_3)
  - **Sulfuryl fluoride** (SO_2F_2)
  - **Otros:** PPO, COS, CH_3I, CH_3CH_2COOH, CS_2...

pteco2
Plataforma Tecnológica Española del CO2

Valorización del CO_2



Usos del CO_2

115 MT/y of CO_2 son transformadas en productos químicos y 22 MT/y en usos tecnológicos

Menos del 1% de las emisiones totales de CO_2

CO_2

CONVERSIÓN

- Disolvente
- Fluido de Trabajo
- Transferencia de calor

- CO_2 Supercrítico
- Recuperación Mejorada del Petróleo (RMP)
- Fluido Geotérmico
- Bebidas y Microcápsulas

CONVERSIÓN

- Agua
- Hidrógeno
- Otros Productos Químicos

- Solar
- Geotérmica
- Hídrica
- Nuclear
- Eólica
- Mareomotriz
- Calórica Residual

- Química
- Bioquímica
- Fotoquímica
- Electroquímica

Materia Prima

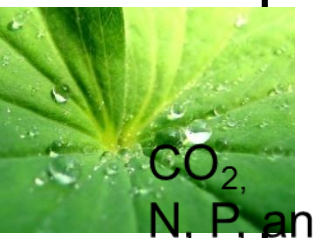
- Carboxilatos y Lactonas
- Carbamatos
- Urea, isocianatos
- Carbonatos orgánicos e inorgánicos
- Polímeros

Almacena-miento Energético

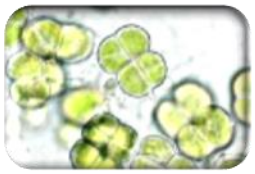
- Combustibles Renovables
- Syngas, Metano…
- Ácido Fórmico, Metanol, DME

Plataforma Tecnológica Española del CO_2

Bio-fijación del CO_2



CO_2,
N, P, and
micronutrients



Terrestrial and Aquatic Biomass

Bioenergia
- Diesel
- Etanol
- Metano

Productos Valor añadido
- Cosmeticos
- Farmacos
- Bio-plasticos

MICROALGAE

CO_2

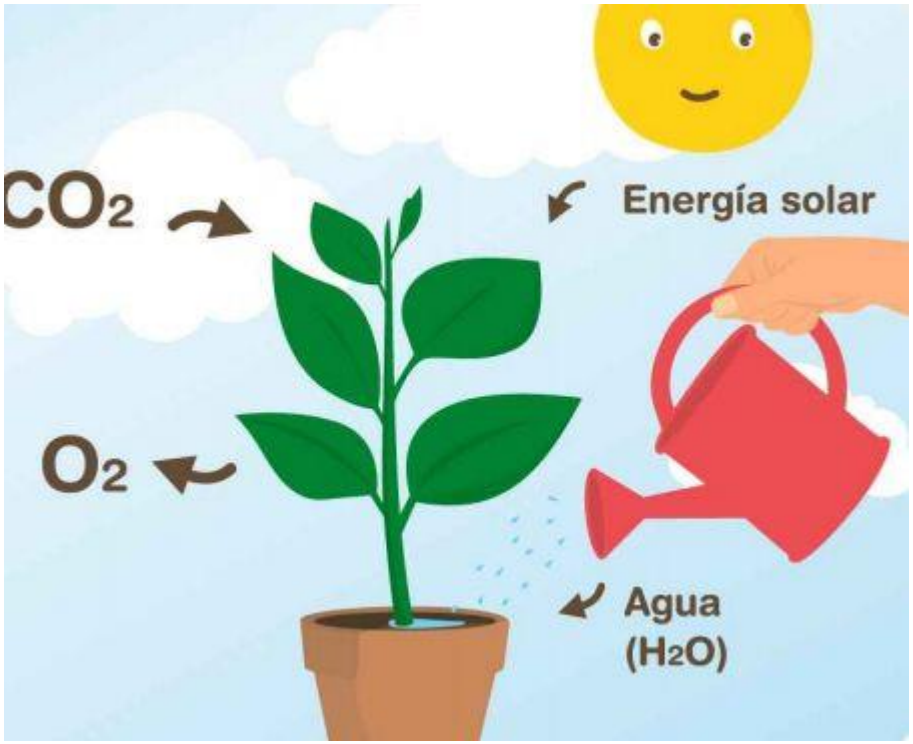
WATER — *Agua de mar, Aguas residulaes*

CO_2 — *Gases directos de fuentes de emision*

pteco2 Plataforma Tecnológica Española del CO2

Usos Biológicos Mejorados

Fertilización carbónica

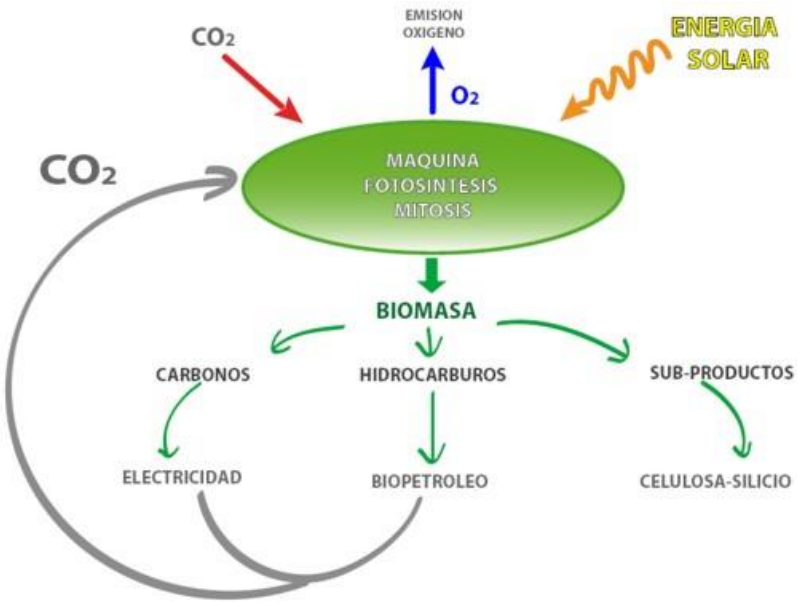


Irrigación o Respiración

22

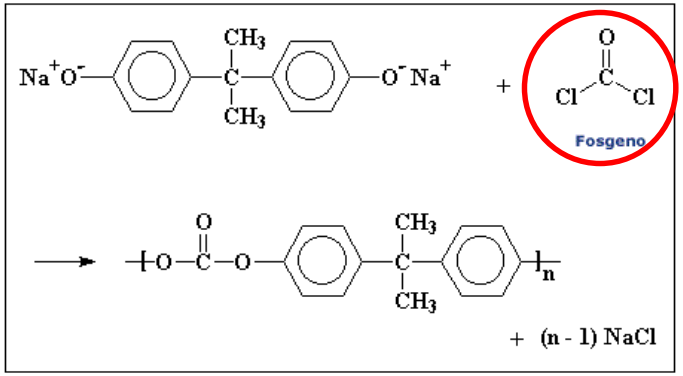
Usos Biológicos Mejorados

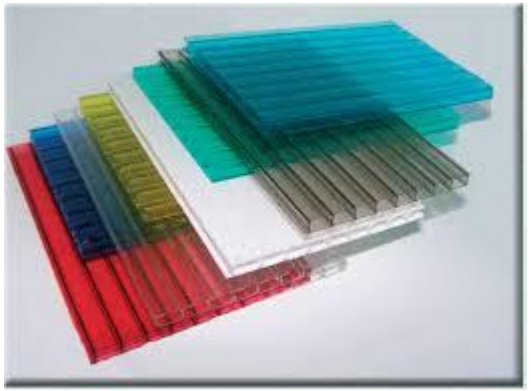
Crecimiento de algas

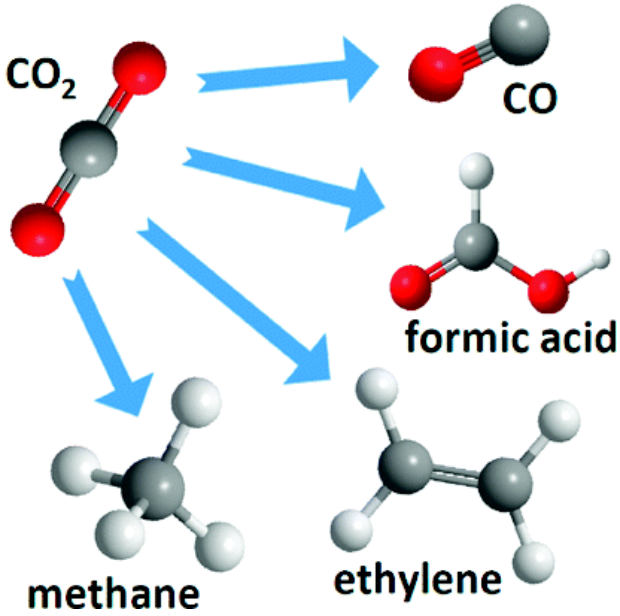


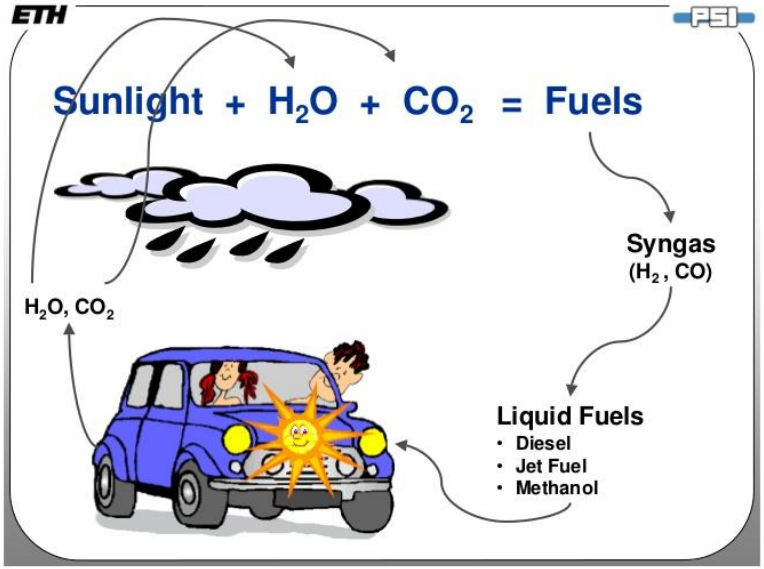
I+D+i en usos de CO_2

Nuevos usos químicos



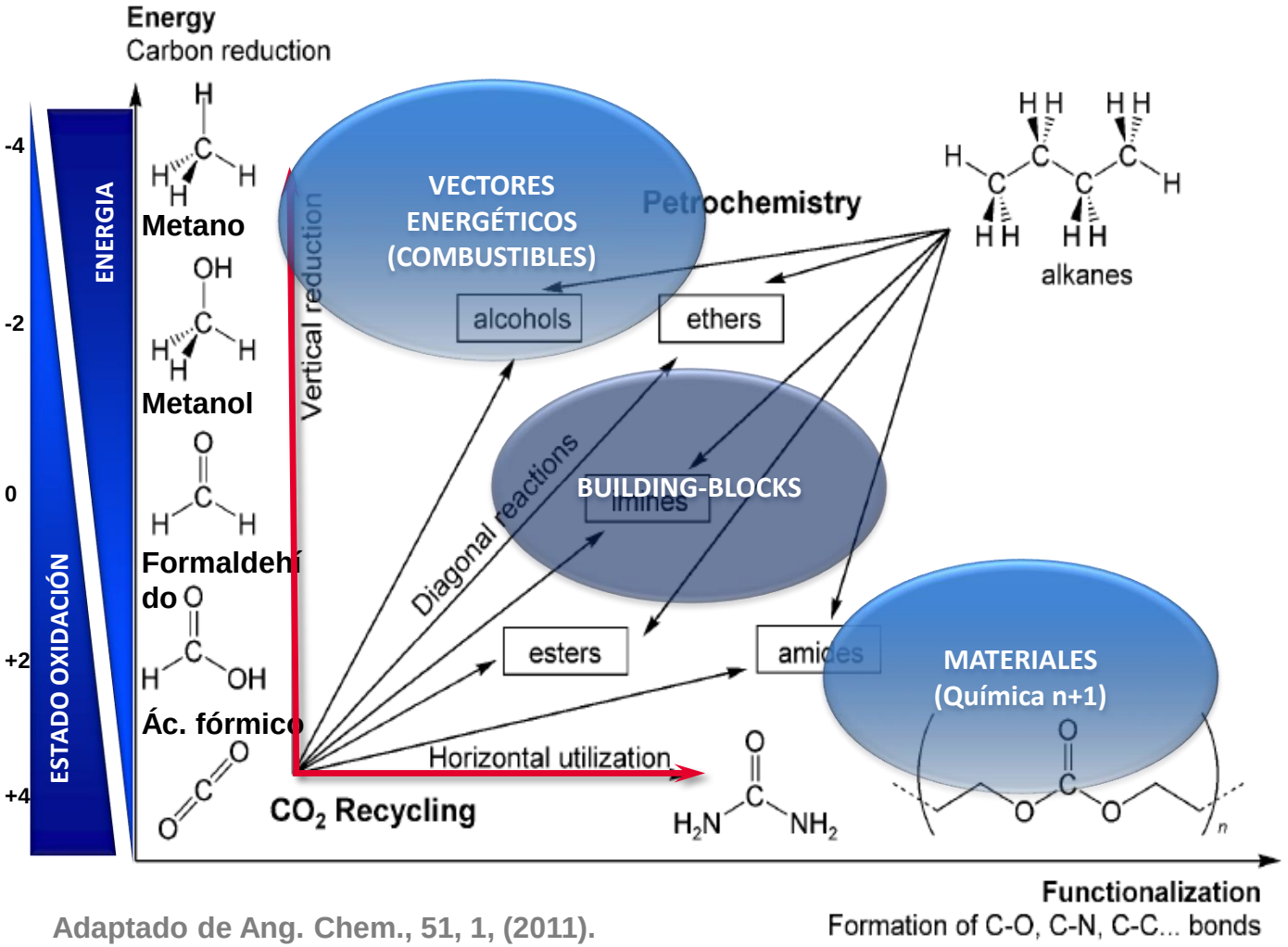






24

Transformación de la molécula del CO_2

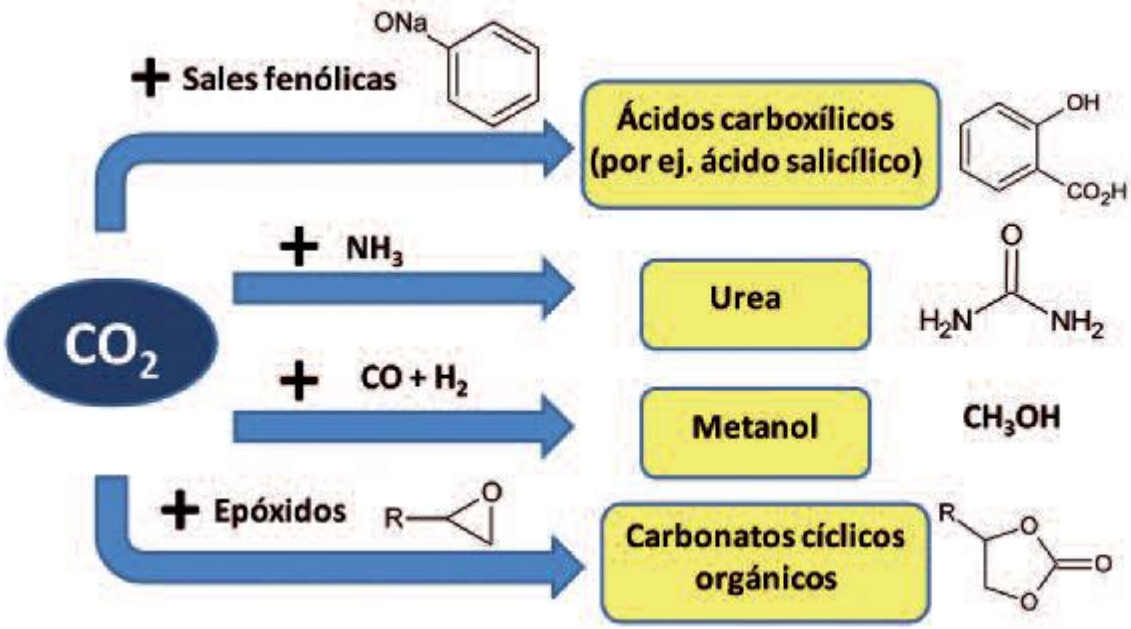


Adaptado de Ang. Chem., 51, 1, (2011).

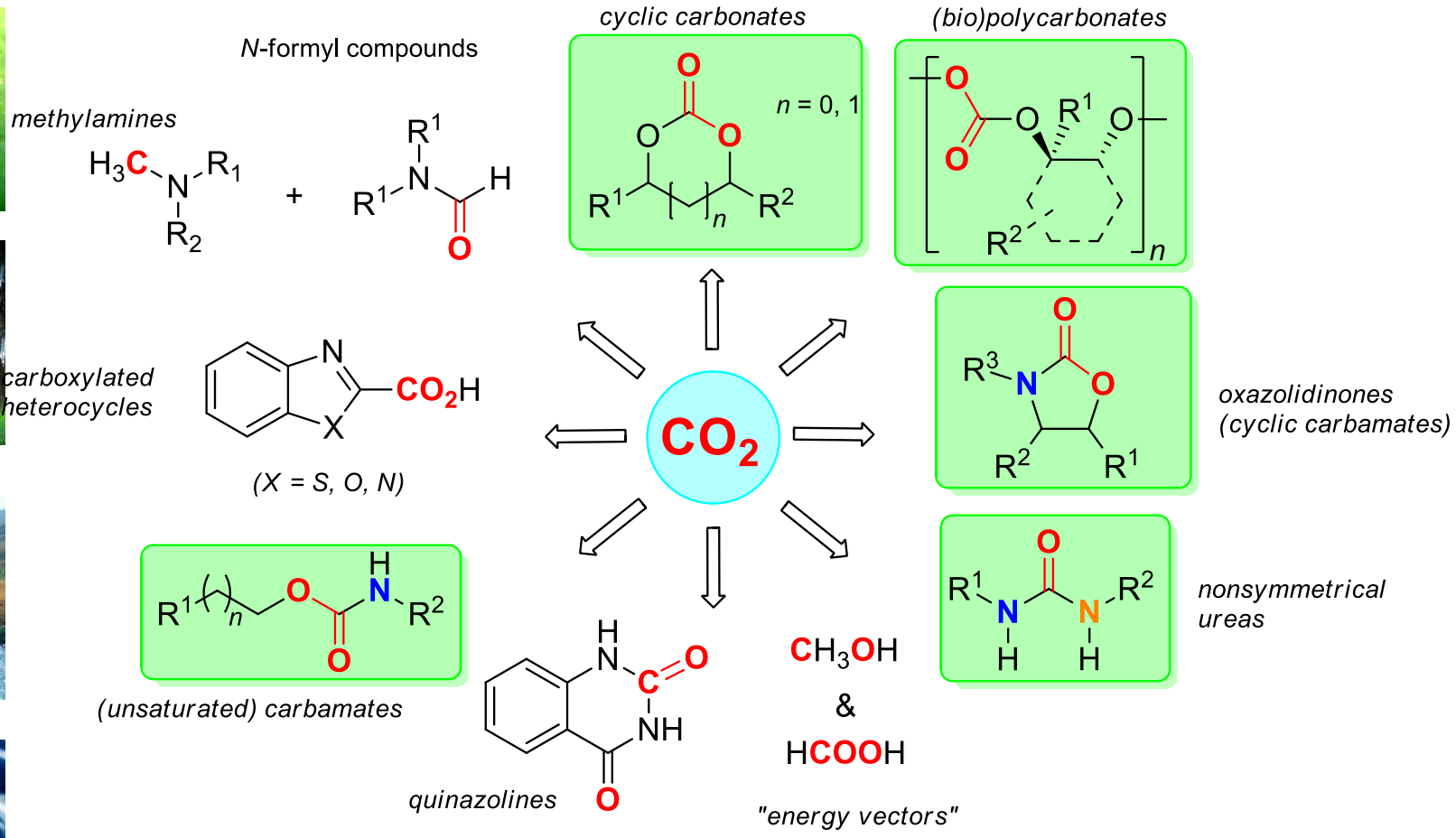
pteco2 Plataforma Tecnológica Española del CO2

Usos Químicos

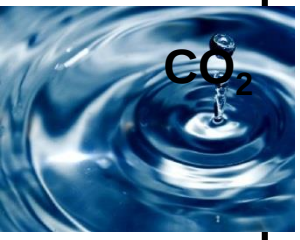
Productos con valor añadido



Conversión del CO_2: Usos Químicos (n+1)



pteco2 Plataforma Tecnológica Española del CO2



Conversión del CO_2: Vectores energéticos

Exceso de Energía Renovable

HCO_2H

+ H_2

H_2CO

+ H_2

- H_2O

CH_3OH

+ H_2

CH_4

- H_2O

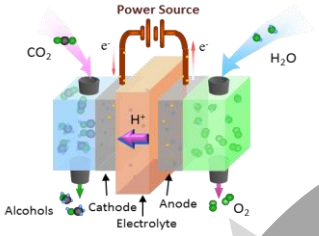
Chemical Value Chain

Energia

Formic acid: W. Leitner, et al. *Angew. Chem.* 2012, *51*, 8585-8588.
Methanol: J. Klankermayer, W. Leitner, et al. *Chem. Sci*., 2015, *6*, 693-704.

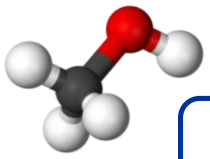
pteco2 Plataforma Tecnológica Española del CO2

Conversión del CO_2: Electroquímica



Electrochemical reduction of CO_2

Electricity



Methanol

CARBON NEUTRAL CYCLE

CO_2 capture

CO_2 CO_2 CO_2

CO_2 emissions

Power plants and industries

Fuel uses

Day-to- day life products

Source: J. Albo, M. Alvarez-Guerra, P. Castaño, A. Irabien, Green Chem., 2015, DOI: 10.1039/C4GC02453B

Conversión del CO_2: Electroquímica

2.1. Electroreducción directa de CO_2

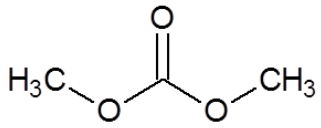
Para obtener hidrocarburos, combustibles, alcoholes…

2.2. Electrosintesis usando CO_2 como reactivo

Encontrar nuevas rutas para sintetizar productos de alto valor añadido

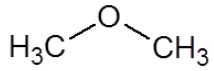
Desired product

- Dimethyl carbonate (DMC)

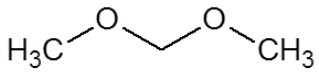


By- products

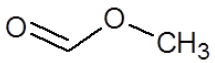
- Dimethyl ether (DME)



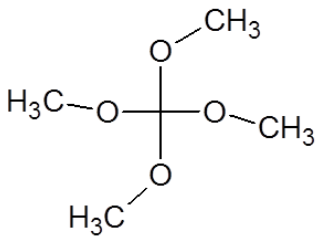
- Dimethoxymethane (DMM)



- Methyl formate (MF)

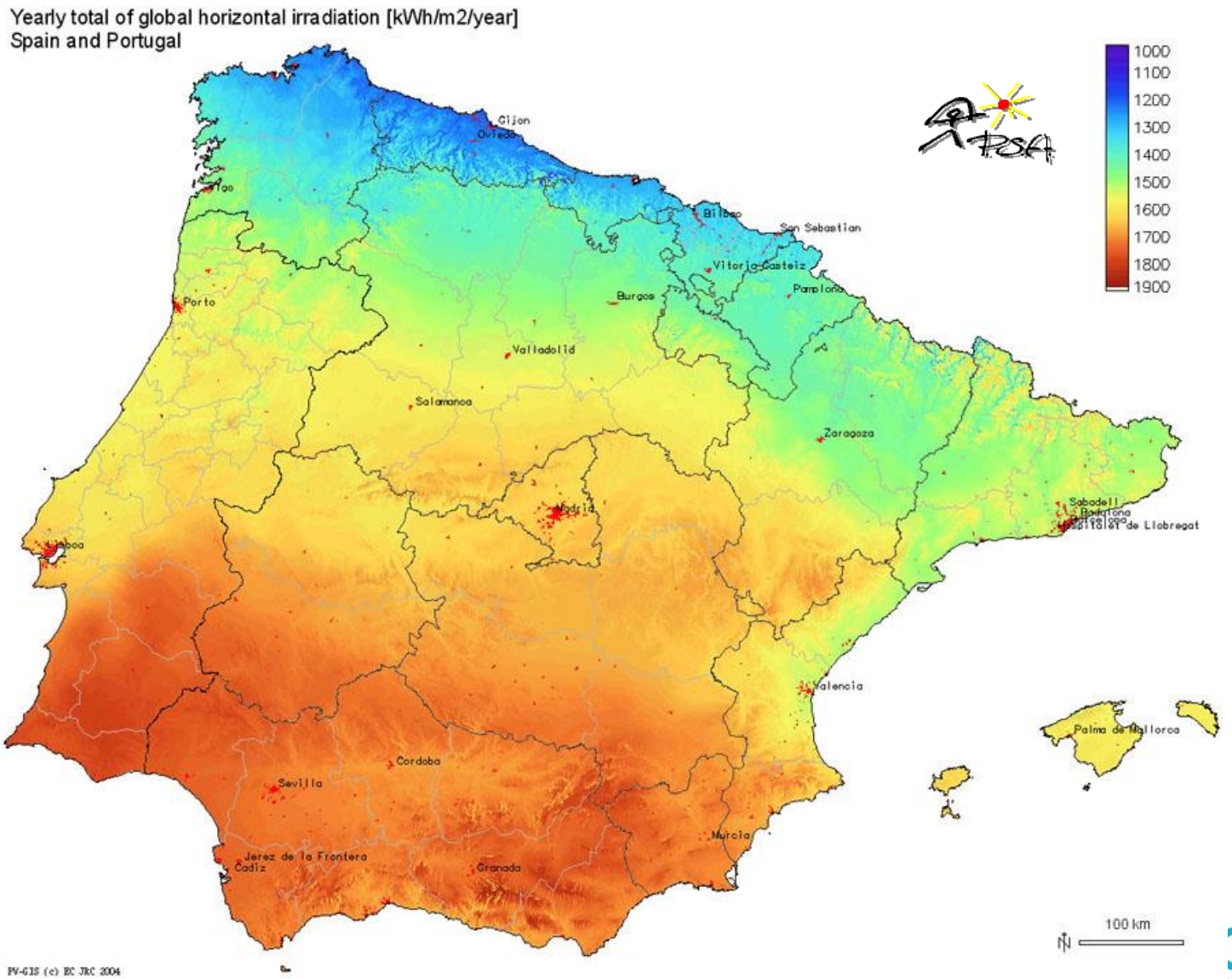


- Tetramethyl orthocarbonate (OC)

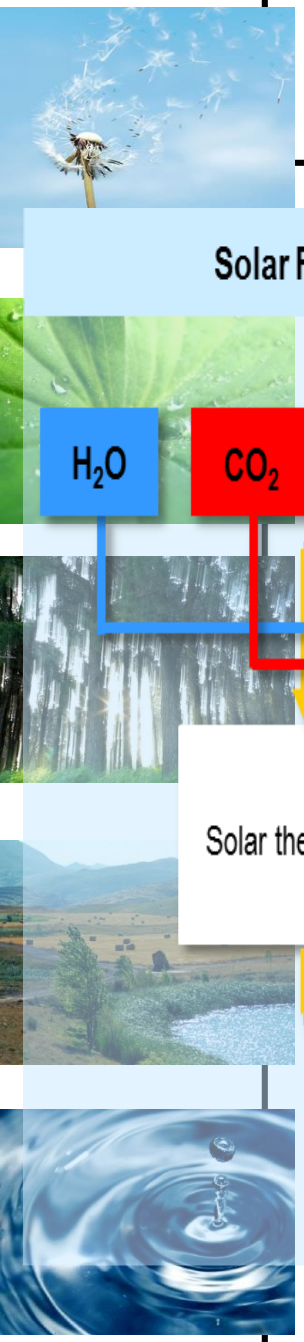


pteco2 Plataforma Tecnológica Española del CO2

Energía solar



Combustibles solares



Solar Fuels from H_2O/CO_2

Solar Fuels from C-materials

H_2O

CO_2

Concentrated solar energy

Liquid and gaseous hydrocarbons (NG, biogas, bioethanol...)

Carbonaceous materials (coal, biomass, wastes...)

Solar thermolysis

Solar thermochemical cycles

Solar electricity + electrolysis or coelectrolysis

Solar reforming

Solar cracking

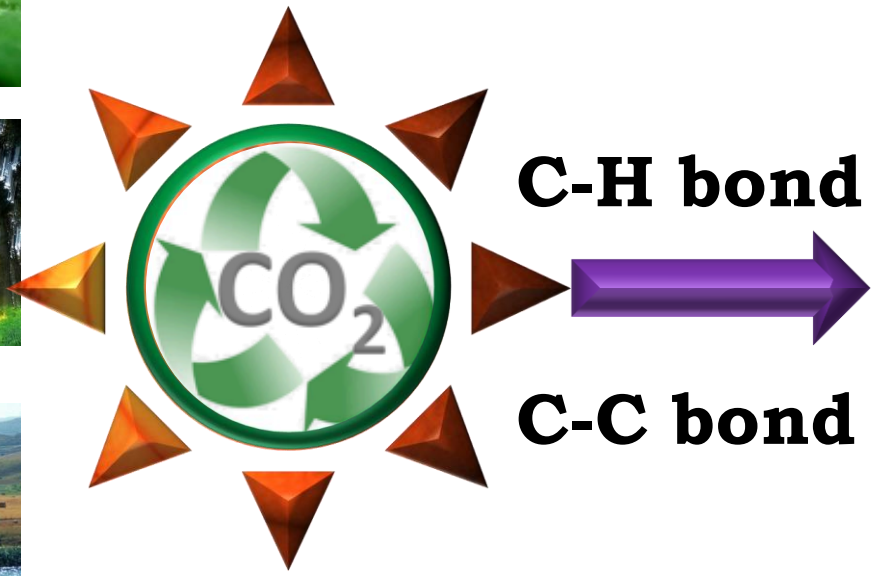
Solar gasification

Solar Fuels

pteco2 Plataforma Tecnológica Española del CO2

Combustibles solares

Utilización de luz solar para producir reacciones químicas



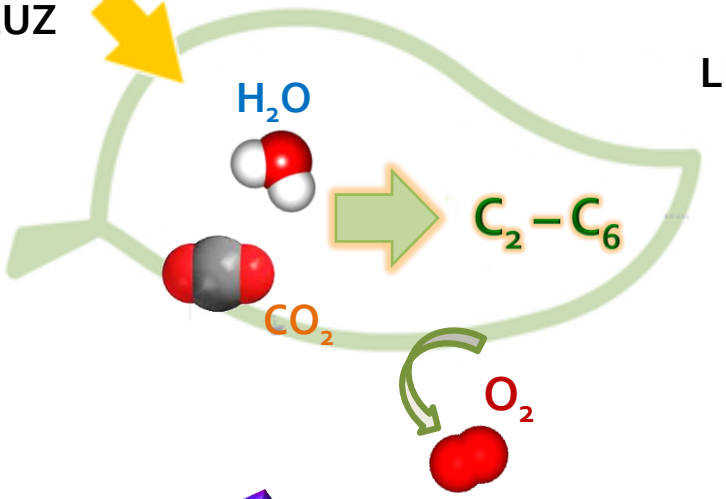
Valorización de CO_2 y almacenamiento de energía solar mediante formación de enlaces químicos

pteCO2 Plataforma Tecnológica Española del CO2

Fotosíntesis artificial

FOTOSÍNTESIS NATURAL

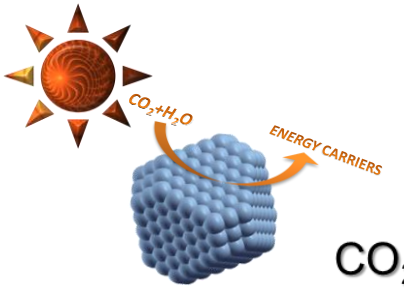
LUZ



$h\nu$

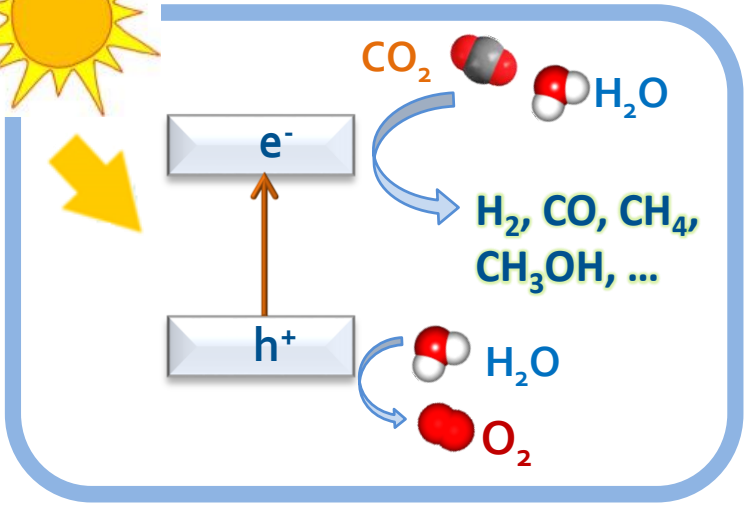
$CO_2 + H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + O_2$

Yield ~4-8%



FOTOSÍNTESIS ARTIFICIAL

LUZ



$h\nu$

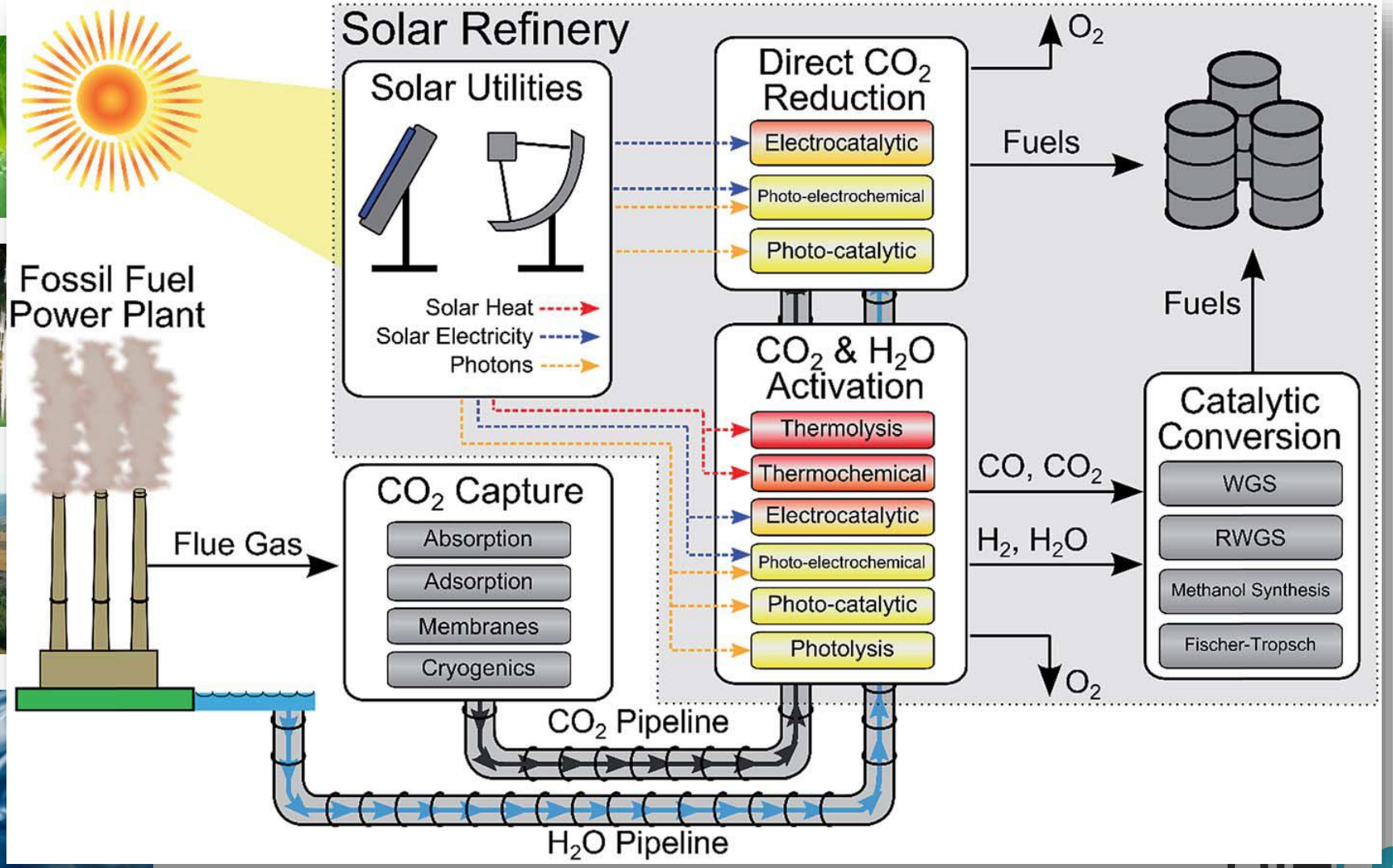
$CO_2 + H_2O \rightarrow$ add valued products (Chemical and Fuels)

$H_2O \rightarrow \frac{1}{2} H_2 + O_2$ 286 Kj/mol

$CO_2 \rightarrow CO + \frac{1}{2} O_2$ 283 Kj/mol

$CO_2 + 2H_2O \rightarrow CH_4 + O_2$ 892 Kj/mol

Combustibles solares



Iniciativas

Solar Fuels Network

http://solarfuelsnetwork.com/

http://www.solarfuel.se/

SOFI Solar Fuels Institute

http://www.solar-fuels.org/

FOTOFUEL

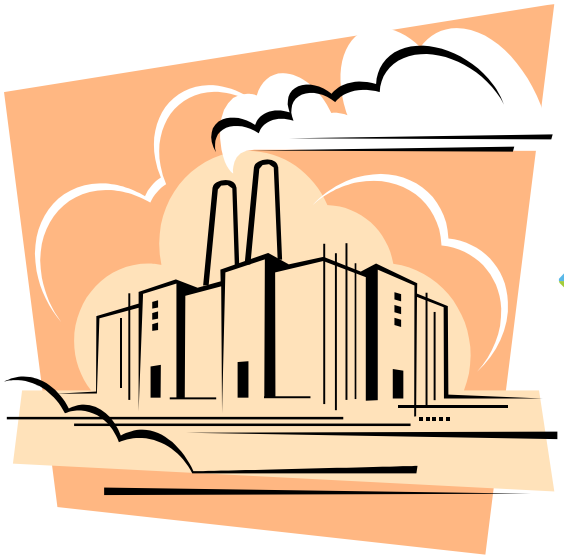
JCAP JOINT CENTER FOR ARTIFICIAL PHOTOSYNTHESIS

http://solarfuelshub.org/

GOBIERNO DE ESPAÑA · MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD

Panorama y Análisis

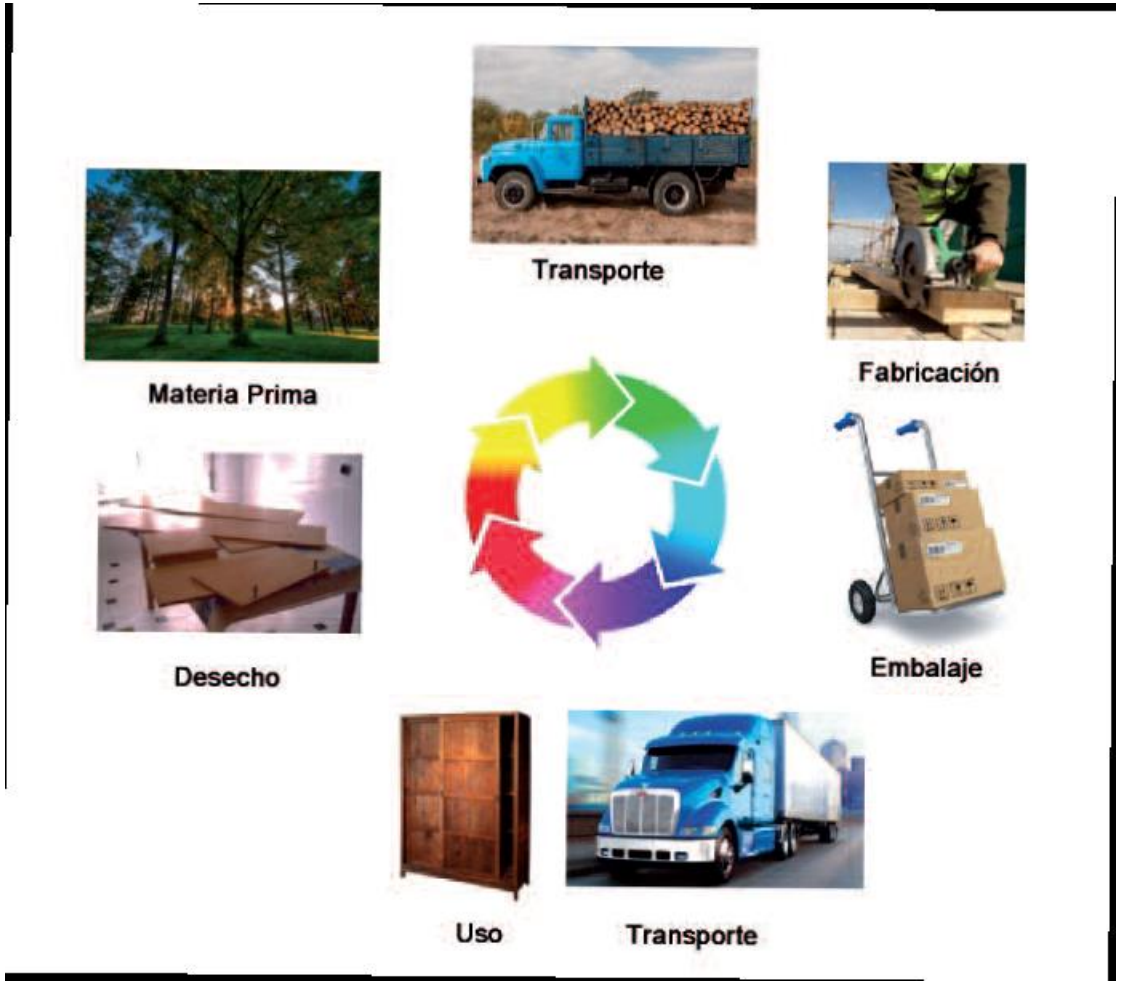
Uso de CO2 y reducción de emisiones



37

Panorama y Análisis

Análisis de Ciclo de Vida y Huella de Carbono



38

¡Gracias por su atención!

Síguenos:

@pteco2

facebook.com/pteco2

PTECO2

PTECO2

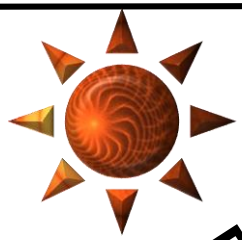
¿Hablamos?:

www.pteco2.es

secretaria@pteco2.es

91 441 16 88 (Ext 210)

Combustibles solares



Fotones

Fotovoltaica

Foto- y Fotoelectro-química

Electrones

Químicos

12-20%

Electrolyzadores/Co-electrolisis

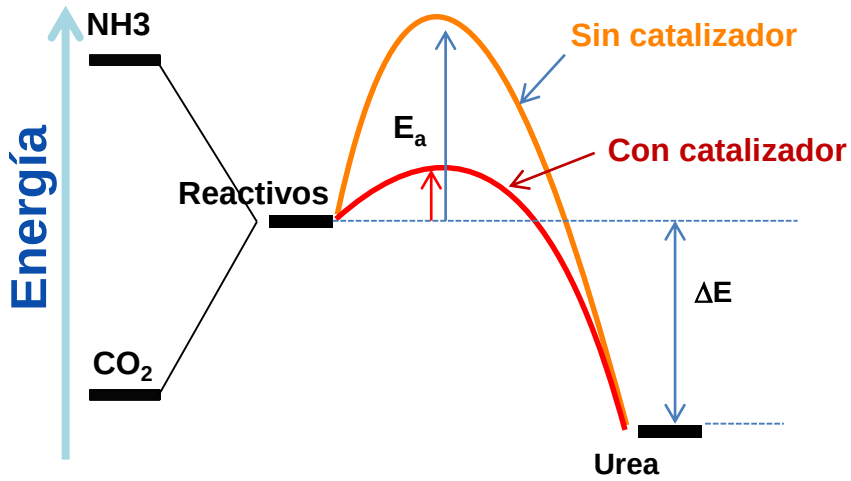
< 60%

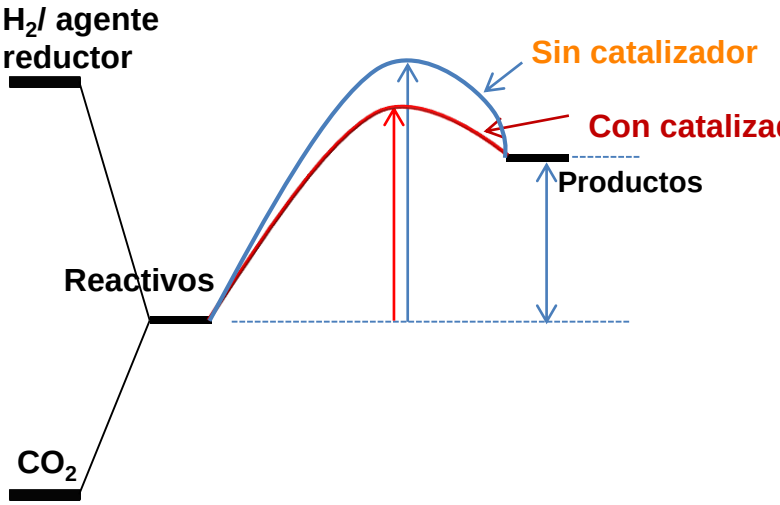
Combustibles solares >10%

Transformación de la molécula del CO_2

El C conserva su estado de oxidación (+4) *("Química n+1")*: y el CO_2 se incorpora en la nueva molécula íntegramente:

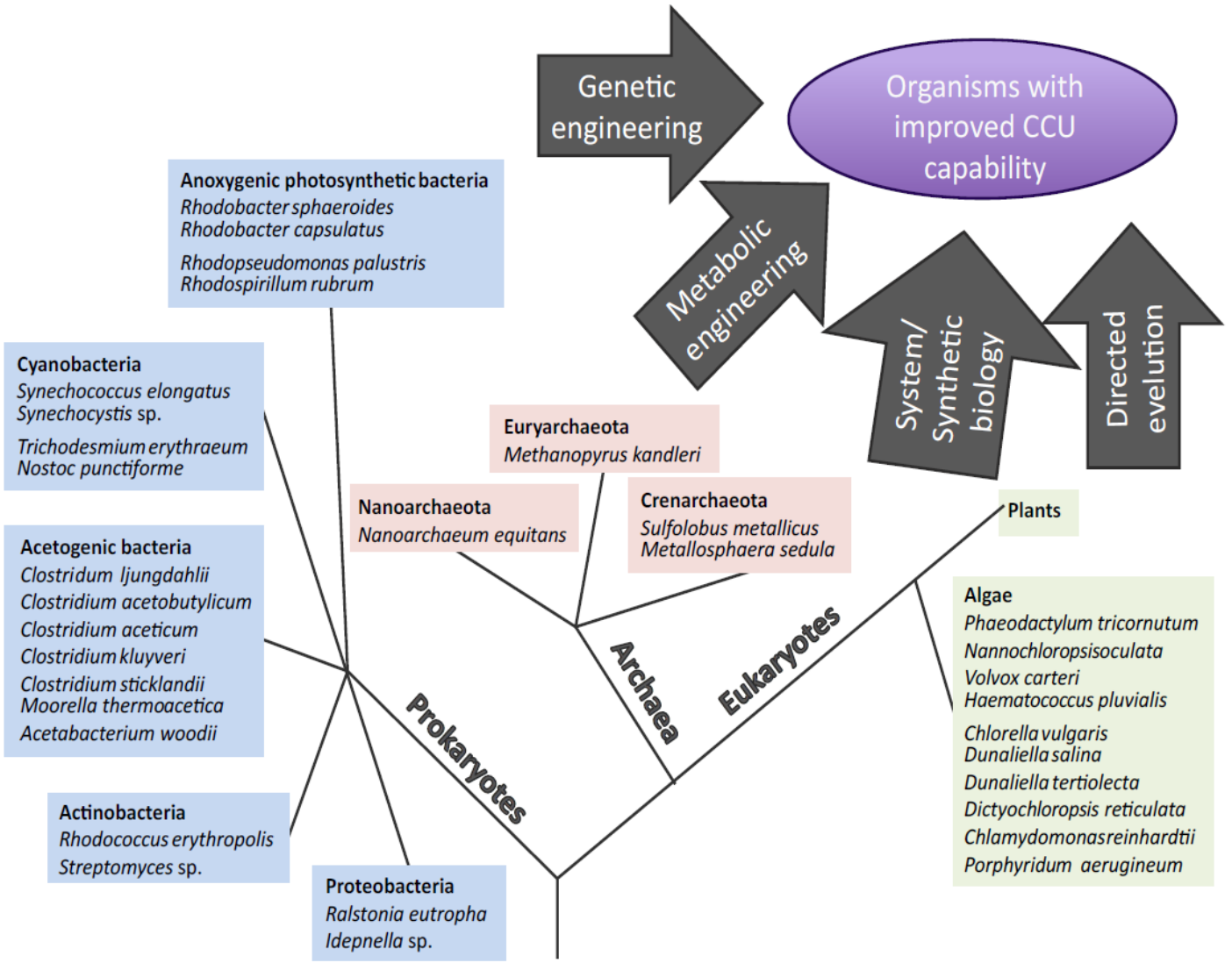
- **Escala industrial: ureas (RRNCONRR)**
- **Escala I+D a partir de CO_2: carboxilatos y lactonas (RCOOR), carbamatos (RRNCOOR), isocianatos (RNCO), y carbonatos [ROC(O)OR].**





Reacciones de reducción: el átomo de C se reduce pasando a estados de oxidación inferiores (desde +4 a -4): $HCOO^-$ (formiatos), $[C(O)O]_2^{2-}$ (oxalatos), H_2CO (formaldehído), CO, CH_3OH and CH_4.

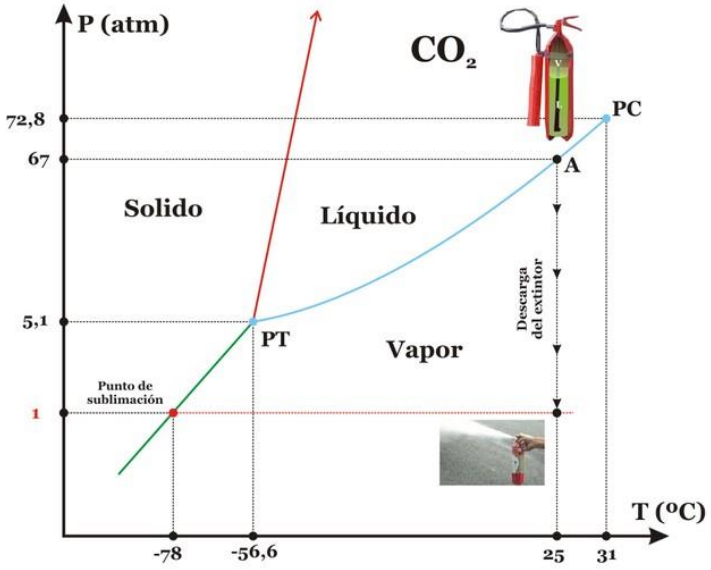
Organismos que asimilan CO_2

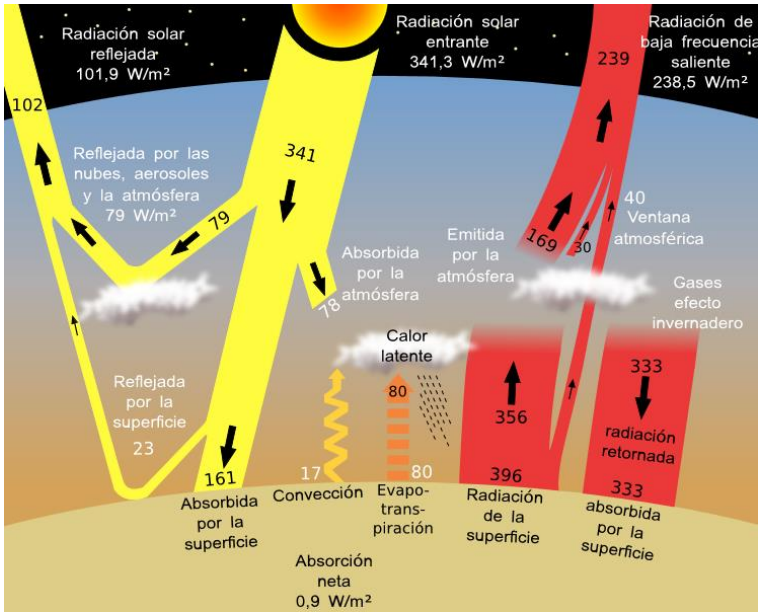


Plataforma Tecnológica Española del CO2

Propiedades del CO_2

- Gas incoloro, inodoro a T y P ambientes
- Más denso que el aire
- No inflamable, poco reactivo químicamente
- Apolar, con carácter ácido al disolverse en agua





Usos Tecnológicos o Directos

Alimentación y bebidas

PRODUCTO	Oxígeno (%)	CO2 (%)	Nitrógeno (%)
Carnes rojas	60 - 85	15 - 40	-
Carnes cocidas/curadas	-	20 - 35	65 -80
Aves	-	25	75
Pescado (blanco)	30	40	30
Pescado (graso)	-	60	40
Salmón	20	60	20
Queso curado	-	100	-
Queso tierno	-	30	70
Pan	-	60 - 70	30 - 40
Galletas sin leche	-	60	40
Galletas con leche	-	-	100
Pasta fresca	-	-	100
Frutas y hortalizas	3 - 5	3 -5	85 - 95
Secos/tostados	-	-	100

Conversión del CO_2: Vectores energéticos

Hidrogenación catalítica del CO_2

Síntesis de metanol: $CO_2 + H_2 \rightarrow CH_3OH + H_2O$

Síntesis FT: $CO_2 + H_2 \rightarrow (-CH_2-)_n + H_2O$

RWGS: $CO_2 + H_2 \rightarrow CO + H_2O$

Metanación: $CO_2 + H_2 \rightarrow CH_4 + H_2O$

Retos

- Mejora de actividad, selectividad y estabilidad
- Manejo del calor de reacción
- Fuente de CO_2 sin contaminantes
- H_2 barato

pteco2 Plataforma Tecnológica Española del CO2

Conversión del CO_2: Vectores energéticos

Hidrogenación de CO_2 a metanol

CO_2 a metanol

Principal: $CO_2 + 3\ H_2 \rightarrow CH_3OH + H_2O$
Lateral: $CO_2 + H_2 \rightarrow CO + H_2O$
(catalizador Cu-Zn-Al en reactor de flujo, 40% rendimiento)

Ventajas

25% reducción de tamaño de reactor
Eficiencia de proceso más elevada
Costes operacionales más bajos que con tecnología estándar

Planta piloto operativa de 50 kg/dia (KIER/KOGAS, Korea)
el metanol se utiliza para DME para Diesel

Conversión del CO_2: Vectores energéticos

Formación de dimetil- y etil-carbonatos

$$CO_2 + 2\,CH_3OH \rightarrow CO_3(CH_3)_2$$
$$CO_2 + 2\,C_2H_4 \rightarrow CO_3(C_2H_4)_2$$

- **ILs como catalizadores mucho más efectivos que los sistemas convencionales**

Utilizando un sistema circulante KIST construyó una planta piloto de 30 kg/dia de DMC

pteco2 Plataforma Tecnológica Española del CO2

Conversión del CO_2: Vectores energéticos

Síntesis Fischer-Tropsch a partir de mezclas CO_2/H_2

La hidrogenación de CO_2 comprende dos pasos de reacción:

$CO_2 + H_2 \rightarrow CO + H_2O \quad \Delta H_{298} = +41.1$ kJ/mol

$CO + 2H_2 \rightarrow (-CH_2-) + H_2O \quad \Delta H_{298} = -152$ kJ/mol

La formación de hidrocarburos a partir de CO_2 requiere aproximadamente el doble de H_2 que cuando se utiliza CO

pteco2 Plataforma Tecnológica Española del CO2