



**Fronteras de la Energía,  
Benasque 5-10 Julio 2009**



## **El CO<sub>2</sub> como recurso en ciclos renovables de carbono**



**Dra Lourdes Vega  
Directora de MATGAS**

**Directora de I+D Carburos Metálicos**



**Fronteras de la Energía,  
Benasque 5-10 Julio 2009**



## **El CO<sub>2</sub> como recurso en ciclos renovables de carbono**



**Dra Lourdes Vega  
Directora de MATGAS  
Directora de I+D Carburos Metálicos**



## MATGAS: tres socios, un objetivo común



**MATGAS**



Centro de Excelencia en CO<sub>2</sub>, incluyendo todo el ciclo de vida: desde la captura, pasando por el transporte, almacenamiento, hasta sus numerosas aplicaciones en el mercado, buscando nuevas aplicaciones a gran escala, así como otros temas relacionados con energía sostenible.

Carburos Metálicos coordina sus actividades de I+D desde MATGAS



**MATGAS**



## Carburos Metálicos

- Empresa Centenaria: 1897 - 2009
- Líder nacional de gases alimentarios, industriales y medicinales
- 17 plantas de producción, 3 laboratorios, 41 centros propios, un centro de I+D propio y más de 200 puntos de distribución
- Empresa que tradicionalmente ha desarrollado tecnología, con una importante cartera de propiedad intelectual
- Atendemos a más de 100.000 clientes
- Todo ello garantiza la proximidad al cliente y la atención personalizada



**MATGAS**



## Experiencia de Carburos Metálicos-Air Products:CO2

- Lidera el mercado del CO2 en España
- Activo en numerosos proyectos de investigación relacionados con sus aplicaciones en:
  - Alimentación
  - Agricultura
  - Nanotecnología
  - Electrónica
- El departamento de I+D está dotado con uno de los laboratorios de SCF CO2 mejores de España
- Amplia base tecnológica y de propiedad intelectual en usos y aplicaciones de CO2
- Concedores del CO2, captura y transporte, además de usos



## Los otros socios



**UAB**

- La mayor institución de investigación de España
- Más de 120 Institutos, 15 de ellos directamente relacionados con aplicaciones de materiales, ingeniería y medio ambiente
- Universidad compuesta por más de 50.000 estudiantes, 49 departamentos y 3000 investigadores
- La parte científica y tecnológica del campus engloba a más de 25 centros de investigación

## PROYECTO CENIT SOST-CO2

ingenuo  
2010



Centro para el Desarrollo  
Tecnológico Industrial



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE CIENCIA  
E INNOVACIÓN

# Nuevas utilizaciones industriales sostenibles del CO<sub>2</sub> (SOST-CO<sub>2</sub>)

## CEN-20081027

**Dra Lourdes Vega**  
**Coordinadora del Proyecto**



MITIGAS



## Índice

- Contexto:
  - El ciclo de vida del carbono: necesidad del CO<sub>2</sub>
  - El desajuste en el ciclo natural
  - La necesidad del crecimiento económico y el desarrollo sostenible
  - Situación energética/transporte actual
- Posibles soluciones al crecimiento global y continuo de las emisiones de gases de efecto invernadero
  - Captura de CO<sub>2</sub> en las fuentes de emisión, transporte y almacenamiento
  - Captura de CO<sub>2</sub>, transformación, usos
  - Distribución de las fuentes de energía, incluyendo más renovables
  - La economía del hidrógeno
  - Eficiencia energética
  - Ahorro energético
- A modo de conclusión



MITIGAS



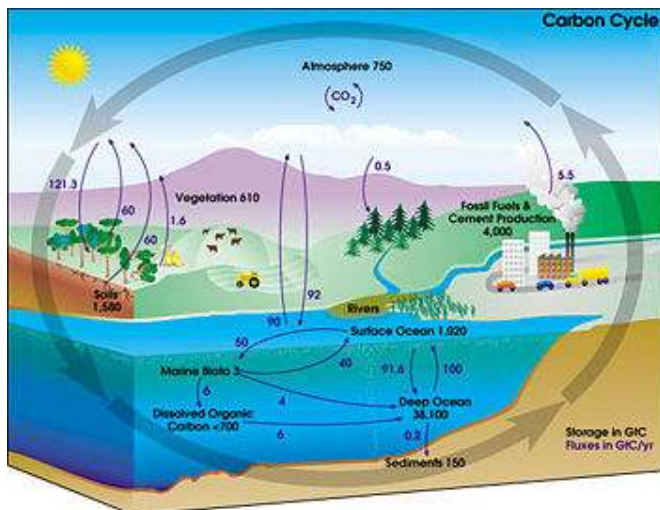
## El CO2 es un recurso hoy: usos



Fuente: L. Vega, conferencia Gas Natural, 2008



## El ciclo del carbono



Ciclo biológico

Ciclo biogeoquímico

El CO2 es imprescindible para el equilibrio del ecosistema y para nuestra vida!

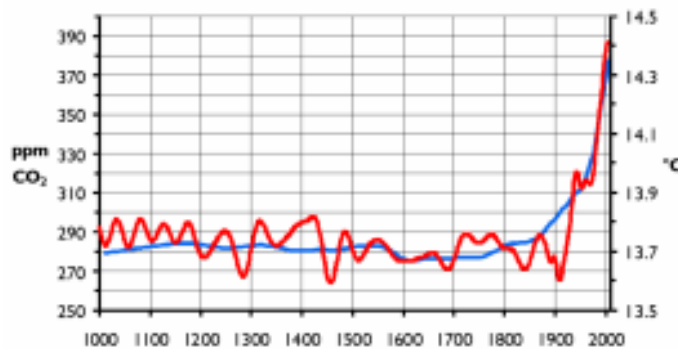


## El ciclo del carbono

- Ciclo biológico (fotosíntesis)
  - intercambios de CO<sub>2</sub> entre los seres vivos y la atmósfera. Este ciclo es **relativamente rápido**, la renovación del carbono atmosférico se produce aproximadamente cada 20 años.
- Ciclo biogeoquímico
  - regula la transferencia de carbono entre la atmósfera y la litosfera (océanos y suelo). El CO<sub>2</sub> atmosférico se disuelve en agua, formando ácido carbónico que ataca los silicatos que constituyen las rocas, resultando iones bicarbonato. Estos iones disueltos en agua alcanzan el mar, son asimilados por los animales para formar sus tejidos, y tras su muerte se depositan en los sedimentos. El retorno a la atmósfera se produce en las erupciones volcánicas tras la fusión de las rocas que lo contienen. Este **ciclo es de larga duración**, al verse implicados los mecanismos geológicos.
  - Además, hay ocasiones en las que la materia orgánica queda sepultada sin contacto con el oxígeno que la descomponga, produciéndose así la fermentación que lo transforma en **carbón, petróleo y gas natural**.

## El CO<sub>2</sub> es bueno y útil, ¿qué ocurre?

- La concentración existente en la atmósfera es muy superior a la necesaria: “sobra” CO<sub>2</sub>
- La influencia humana ha **alterado el ciclo biológico**, al quemar combustibles (aumentando la concentración de CO<sub>2</sub>) y desforestando (disminuyendo la capacidad de absorber CO<sub>2</sub>)
- La concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera muestra una correlación con el aumento de temperaturas (global warming)



## El cambio climático es una realidad



Los polos se derriten



huracanes



2001



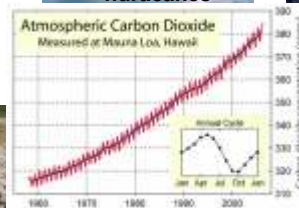
2005



2007



Las zonas de desertificación aumentan



Briksdals Glacier Norway  
<http://www.aftenposten.no>

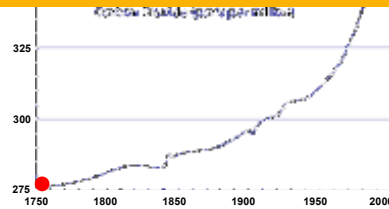


## Emisiones de CO2 y desarrollo tecnológico



1799 - Watt steam engine

**Desacoplar las emisiones de CO2 del crecimiento económico!**



1787 - Fitch steamboat



1971 - Faggin et al. Microprocessor



1900 - Wright brother's airplane



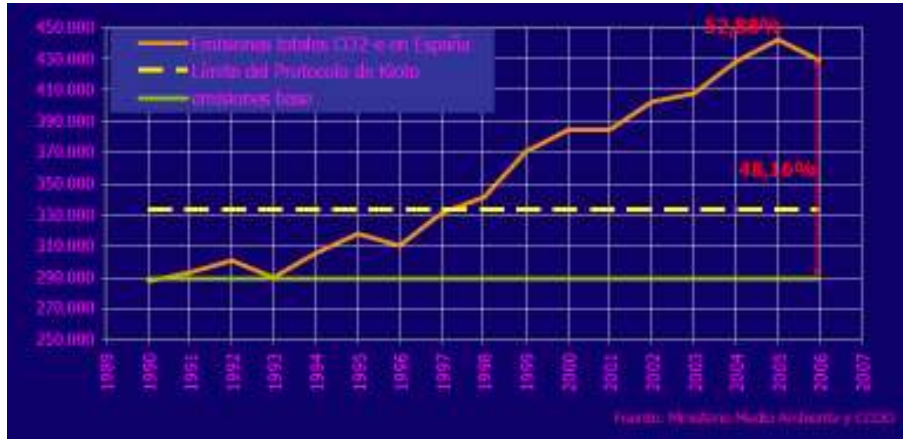
1860 - Lenoir automobile

Fuente: Mercedes Maroto-Valer, CICCS (UK)



## Emisiones de CO2 en España

### España (1990-2006)



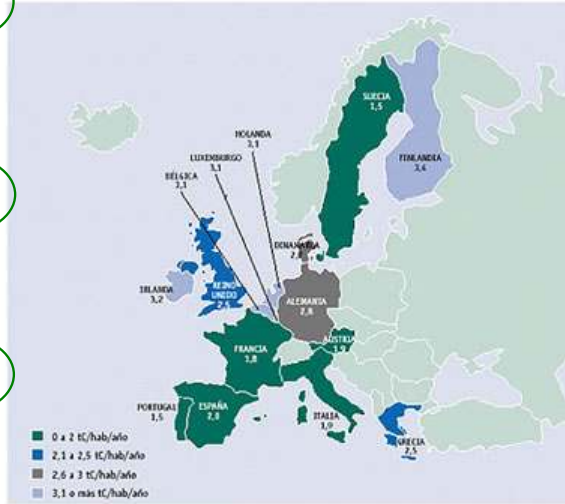
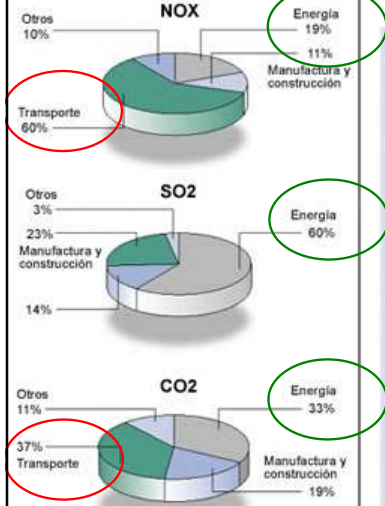
## España: Emisiones gases efecto invernadero





## Emisiones de gases de efecto invernadero

### España (2000)



Fuente: inventarios nacionales y CNE. Año 2001.

Energía, transporte, construcción, otros

## El aumento de usos de energía en España



Libro de la energía en España, 2005

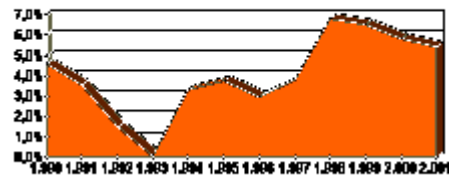
### CONSUMO ANUAL DE ELECTRICIDAD EN ESPAÑA

En Miles de Megavatios hora



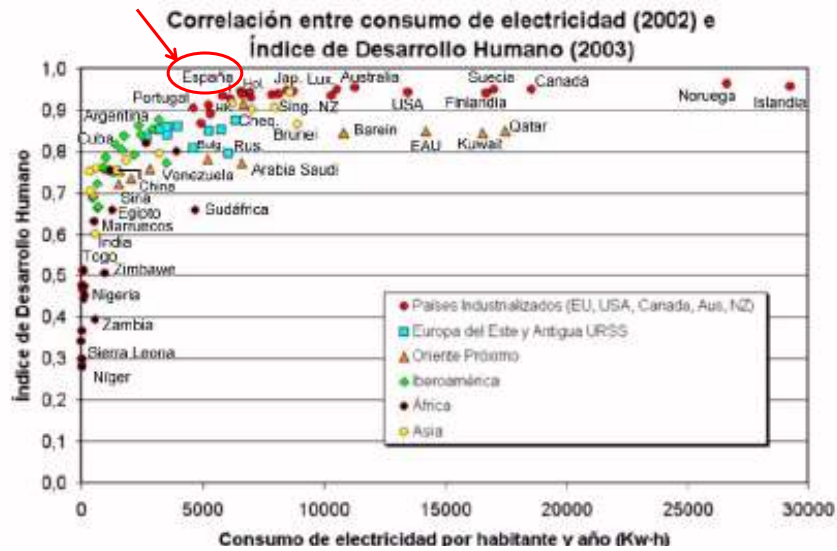
### CONSUMO ANUAL DE ELECTRICIDAD EN ESPAÑA

Variación sobre el año anterior



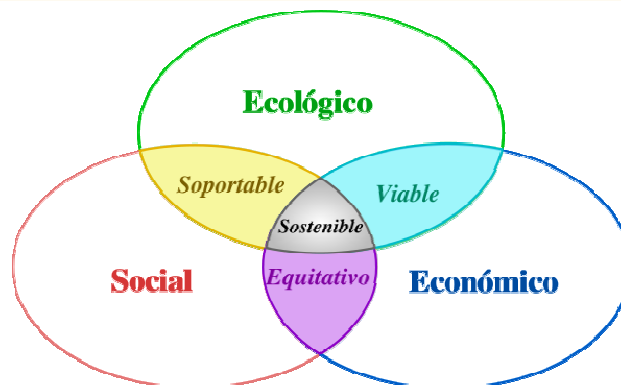
Diario EXPANSIÓN. 11/9/1.999 y Asociación de Productores de Energías Renovables

## Consumo energía-desarrollo humano



Pedro Gómez-Romero, *Un planeta en busca de energía*, (Síntesis 2007)

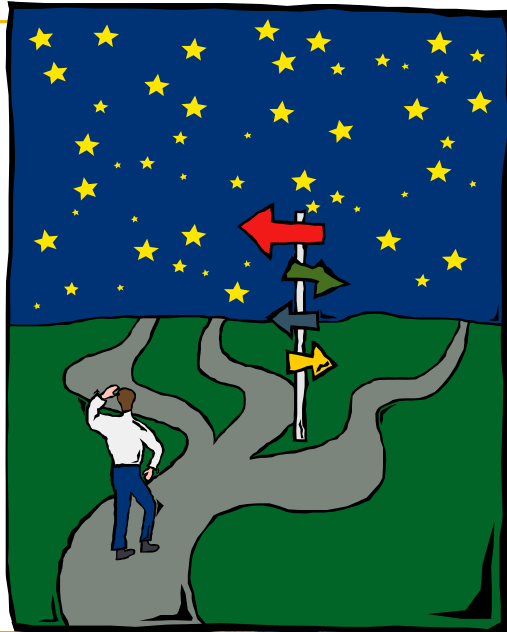
## Desarrollo sostenible



“Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades”

Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Comisión Brundtland):  
Nuestro Futuro Común

## ¿Hacia dónde ir estratégicamente?



## Índice

- Contexto:
  - El ciclo de vida del carbono: necesidad del CO<sub>2</sub>
  - El desajuste en el ciclo natural
  - La necesidad del crecimiento económico y el desarrollo sostenible
  - Situación energética/transporte actual
- Posibles soluciones al crecimiento global y continuo de las emisiones de gases de efecto invernadero
  - Captura de CO<sub>2</sub> en las fuentes de emisión, transporte y almacenamiento
  - Captura de CO<sub>2</sub>, transformación, usos
  - Distribución de las fuentes de energía, incluyendo más renovables
  - La economía del hidrógeno
  - Eficiencia energética
  - Ahorro energético
- A modo de conclusión



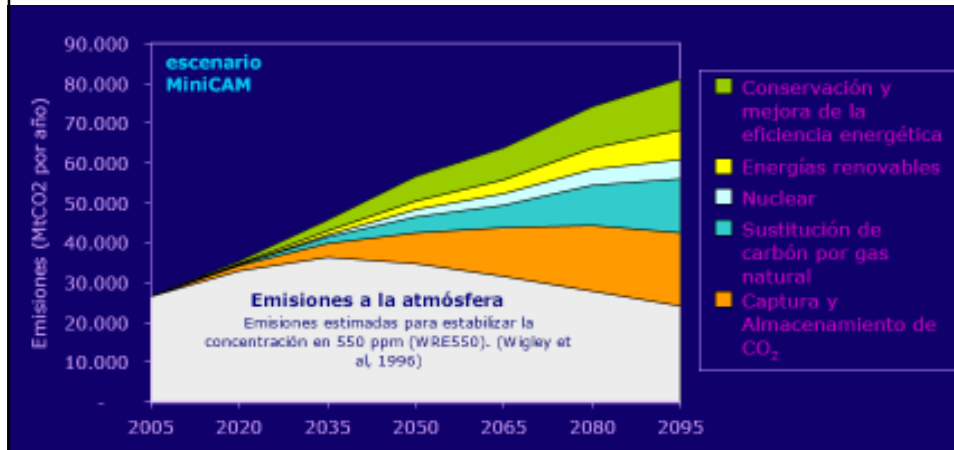
## ¿Qué medidas tomar?

- **Objetivos Unión Europea en cuanto a Kioto para el 2020**
  - Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 20% con respecto a las de 1990
  - Reducir en un 20% la energía primaria consumida
  - Aumentar en un 20% la contribución de energías renovables
  - Mínimo 10% de biocombustibles del total de combustibles de vehículos
- **Situación de España dentro de ese contexto**
  - **Objetivo:** reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 15% con respecto a las de 1990
  - **Situación en 2005:** 52,2% por encima
  - Se están tomando medidas urgentes para paliarlo: proyectos estratégicos (CENIT\_CO2, SOST-CO2, PIBE, otros), CIUDEN, tecnología de captura y almacenamiento de CO2, auge de las energías renovables, etc
- **Plan Estratégico Europeo de Tecnología Energética (2007)**
  - La tecnología es parte crucial de la encrucijada energética
  - Europa necesita actuar para conseguir energía competitiva, segura y sostenible
  - Los retos relacionados con el cambio climático, la seguridad en el suministro energético y la competitividad requieren una respuesta coordinada

## Sostenibilidad y crecimiento económico

- Se trata de mantener el crecimiento económico sin poner en peligro el ecosistema del planeta
- Para ello se necesita desarrollar tecnologías que permitan recuperar el balance en la atmósfera
- No existe una única tecnología que lo haga viable
- Medidas complementarias
  - ➔ – Captura de los gases de efecto invernadero (incluye transporte, almacenamiento y/o nuevos usos industriales)
  - Aumentar la eficiencia de los procesos
  - Búsqueda de fuentes alternativas de energía, más limpias
  - Ahorro energético

## Cómo reducir las emisiones de GHG

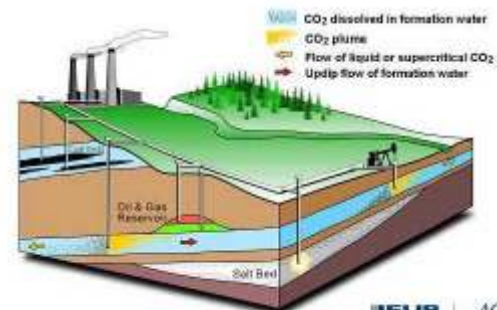


Informe del IPCC, noviembre 2005

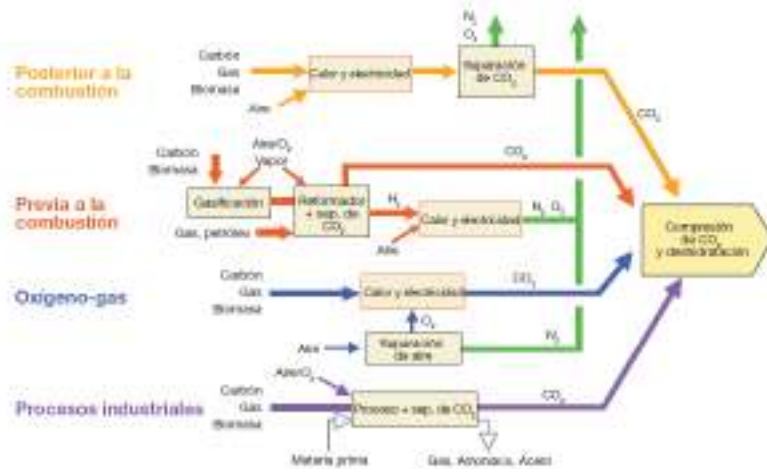


## Captura de CO<sub>2</sub>

- Captura natural: reforestación
- Captura “humana”: sistemas de captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>

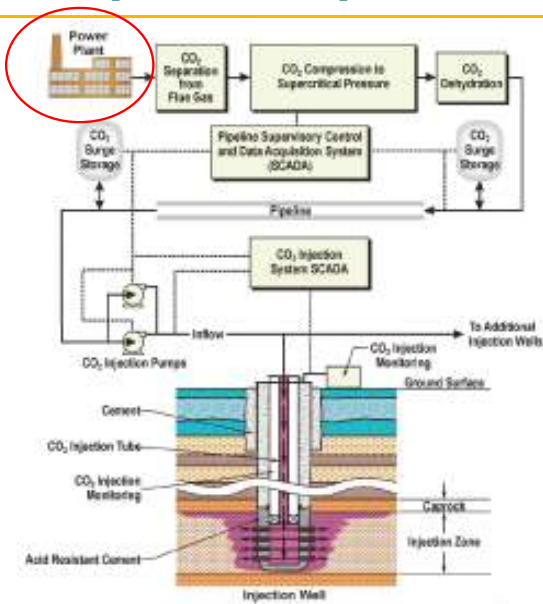


## Tecnologías de captura de CO2



Todas las tecnologías son necesarias

## El ciclo completo de captura-almacenamiento



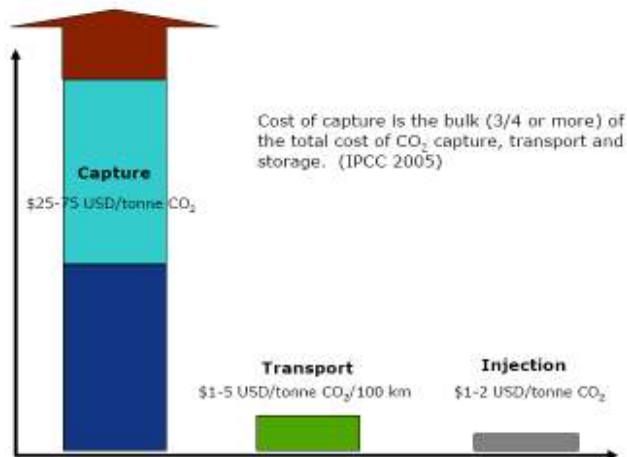
## Captura, transporte, almacenamiento y usos del CO<sub>2</sub>

Componente de la CAC	Tecnología de CAC	Fase de investigación <sup>1</sup>	Fase de demostración <sup>2</sup>	Económicamente viable en condiciones específicas <sup>3</sup>	Mercado maduro <sup>4</sup>
Captación	Posterior a la combustión			X	
	Previa a la combustión			X	
	Combustión de oxígeno-gas		X		
	Separación industrial (refinamiento de gas natural, producción de amoníaco)				X
Transporte	Gasoducto				X
	Buque			X	
Almacenamiento geológico	Recuperación mejorada de petróleo				X <sup>5</sup>
	Yacimientos de gas o petróleo			X	
	Formaciones salinas			X	
	Recuperación mejorada de minerales pesados de carbón (PCCMP)			X	
Almacenamiento oceánico	Inyección directa (disolución)	X			
	Inyección directa (lagos)	X			
Carbonatación mineral	Minerales silíceos naturales	X			
	Materiales de desecho		X		
Usos industriales del CO <sub>2</sub>					X

<sup>5</sup> La inyección de CO<sub>2</sub> para la recuperación mejorada de petróleo es una tecnología de mercado maduro, pero cuando se utiliza para el almacenamiento de CO<sub>2</sub>, sólo es "económicamente viable en condiciones específicas".

CCS, IPCC report

## Coste estimado captura, transporte e inyección



EnCana corporation (Weyburn presentation)

## ¿Es el almacenamiento la única vía?

- **Hoy en día, a gran escala, sí, pero presenta diversos problemas**
  - Percepción social negativa
  - Costes elevados
  - No todos los países tienen asegurado emplazamientos suficientes para el almacenamiento
  - ¿Es el CO2 un gas que pueda ser “usado” y no “escondido”?
  - Regulación, otros
- Se buscan alternativas viables a largo plazo, y que permitan la sostenibilidad del proceso, alcanzando al ciclo de vida completo del CO2
- **Transformación y nuevos usos como “alternativa” al confinamiento geológico**
  - No es una alternativa para sustituir o reemplazar al almacenamiento, sino para ayudar (situación “win-win”)

## Retos actuales

- Se trata de un **problema de escala**
  - los usos actuales del CO2 representan un tanto por ciento casi despreciable del total de CO2 que debería capturarse para no emitirlo a la atmósfera
  - Necesidad urgente de buscar nuevos usos a gran escala
- **Retos actuales para el uso del CO2 a gran escala**
  - **Costes** elevados de captura, separación, purificación y transporte
  - Requerimientos **energéticos** para la conversión química
  - Limitaciones del **tamaño del mercado**, pocos incentivos para inversiones
  - **Falta de presión socio-económica** que lleve a su uso final





## Alternativas al confinamiento del CO2

- Estrategias para la conversión (Song, 2006)
  - Uso de CO2 en procesos químicos o físicos benignos con el medio ambiente, aportando valor añadido al proceso
  - Uso del CO2 para producir a nivel industrial productos y materiales de valor añadido
  - Uso de CO2 como fluido beneficioso para procesos o como medio de recuperar energía, extracción de contaminantes
  - Uso de CO2 para producir fuentes de energía renovables (biomasa, hidrógeno, fotovoltaica) o para reducir residuos

## Uso del CO2 en procesos

- Alimentación  
(no resuelve la captura, pero es un buen ejemplo de usos beneficiosos del CO2)
  - Bebidas carbonatadas
  - Conservación de alimentos
  - Desinsectación de cereales, frutos secos, etc
- Tratamiento de aguas
  - Aportando minerales a aguas desalinizadas
  - Tratamiento de aguas residuales mediante cambios de pH
  - Uso en piscinas como sustituyente de compuestos volátiles orgánicos (VOCs), con beneficios, entre otros, para la salud de los nadadores



## Uso del CO2 en procesos: materiales

### ● Materiales

- Síntesis de nuevos materiales basados en CO2 (ej: Novomer)
- Mejora en procesos relacionados con la síntesis y extrusado de polímeros
- Uso del CO2 en el proceso de carbonatación de residuos industriales para su valorización o captura permanente del CO2
- carbonatación de otros materiales para obtener materiales avanzados,
- CO2 como medio de reacción "benigno" para la síntesis de materiales
- Extracción de compuestos en CO2 supercrítico, sustituyendo a compuestos volátiles orgánicos y evitando procesos de separación adicionales (valor añadido)



## Conversión en minerales: ¿nuevos materiales?

- **Carbonatación mineral: la fijación química del CO2 en minerales forma carbonatos geológicamente estables**
  - Diversos residuos de minería pueden ser usados para secuestrar el CO2



Producto de carbonatación de serpentina a bajas temperaturas y presiones

### ● Características

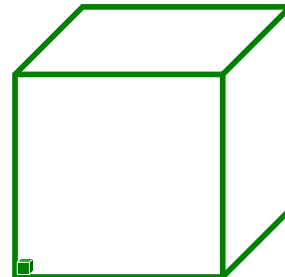
- termodinámicamente favorable
- reproduce el proceso natural
- reacción cinética lenta

Fuente: Mercedes Maroto-Valer, CICCS, UK



## Ventaja del atrapamiento en minerales

- Captura de CO<sub>2</sub> permanente:
  - cada bloque contiene 40% en peso de CO<sub>2</sub> y 3 litros en volumen
  - Posee una larga estabilidad térmica
  - Son materiales que pueden tener un uso final (construcción? Otros?)



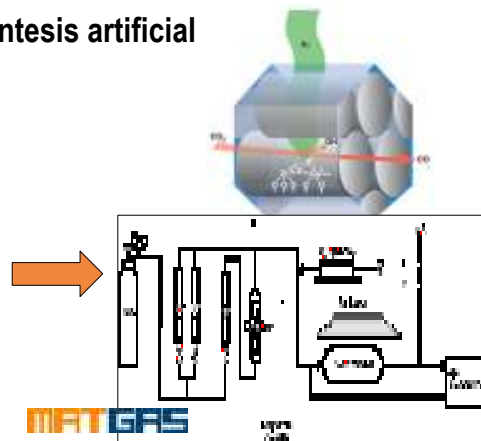
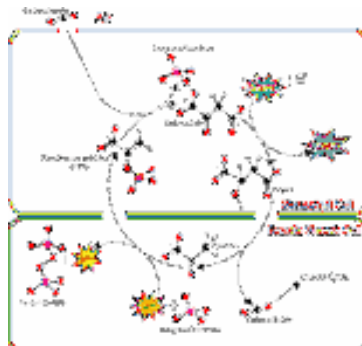
Almacenan 1,500 veces más espacio que en forma de gas

Investigación en curso en el CICCS, UK, Nottingham



## ¿Y si en lugar de almacenarlo lo transformamos?

- Transformación “biomimética”: imitando a la naturaleza
- Reducción de CO<sub>2</sub>: fotosíntesis artificial



Fotosíntesis artificial



## Ventajas y retos de esta tecnología

- **Ventajas:**

- Captura y “transforma” el CO<sub>2</sub> en productos de alto valor añadido o fuentes renovables de energía
- No destruye el ecosistema
- Tecnología en fase de exploración/desarrollo

- **Retos**

- Tecnología en fase de desarrollo: eficiencia, catalizadores, energía para que ocurra el proceso, etc
- Pasar a fases posteriores: viable a nivel industrial

## ¿Y si en lugar de almacenarlo lo transformamos?

- **Transformación “biomimética”:** imitando a la naturaleza

- **Reducción de CO<sub>2</sub>:** crecimiento de organismos fotosintéticos (“microalgas”)

- capaces de alimentarse capturando el CO<sub>2</sub>
- Pueden ser tratados para su uso como fuentes de energía renovable: bioetanol, biodiesel
- A partir de ellos pueden obtenerse otros productos de alto valor añadido

### Biocombustibles 4G



*GreenFuel Technology*



*Petroalgae, LLC*

## Ventajas y retos de esta tecnología

### ● Ventajas:

- Captura y “transforma” el CO<sub>2</sub> en fuentes renovables de energía
- Rápido crecimiento de los microorganismos
- No destruye el ecosistema
- Tecnología en fase de desarrollo
- Puede escalar

### ● Retos

- Tecnología en fase de desarrollo: tipos de cepas, influencia de la luz solar, reactores, etc
- Aunque hay indicios y varias empresas en el sector, aun falta probar su escalado y aplicabilidad para captura de CO<sub>2</sub> en plantas
- Crecimiento de cepas en las proximidades de las fuentes de emisión: disponibilidad de espacio

## Los biocombustibles

### ● Bi-combustibles: combustibles de compuestos biológicos, a partir de materia lignocelulósica, biomasa, etc

- Combustión: electricidad
- Gasificación: gas de síntesis: electricidad, H<sub>2</sub>, gasoil, urea, etc
- Hidrólisis: etanol

### ● Ventajas

- Renovables
- Distribuidos en la geografía del planeta

### ● Inconvenientes: dependiendo del que se trate

- Puede alterar ecosistema
- Aumentan los residuos
- Aún más caros que los combustibles tradicionales
- Emisiones?



## Los biocombustibles



1G: maíz, caña



3G: algas marinas, "plantas primitivas"



2G: hojas, residuos forestales



4G: organismos fotosintéticos: microalgas



## PROYECTO CENIT SOST-CO2

inGenio  
2010



Centro para el Desarrollo  
Tecnológico Industrial



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE CIENCIA  
E INNOVACIÓN

**Nuevas utilizaciones  
industriales sostenibles del  
CO<sub>2</sub> (SOST-CO<sub>2</sub>)**

**CEN-20081027**

**Dra Lourdes Vega  
Coordinadora del Proyecto**



## Nuevas utilizations industriales sostenibles del CO2

- **Objetivo global**

Desarrollar tecnologías de usos del CO2 **complementarias a la tecnología de captura de CO2 como alternativa al confinamiento geológico** priorizando la combinación **captura-transformación-aprovechamiento**, así como el “uso a gran escala”

- **Visión**

Situar a España en una posición de excelencia en cuanto al **uso sostenible de fuentes energéticas**, reduciendo las emisiones de CO2 y otros gases de efecto invernadero, desarrollando **nuevas tecnologías que potencien su uso sostenible** frente al confinamiento, y potenciando nuevas fuentes de energía sostenibles

- **Misión**

Nuestra misión es fomentar la **investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías que incentiven la captura y el uso del CO2 capturado, evitando su emisión a la atmósfera y proporcionando un valor añadido**. Combinar tecnología de captura con tecnologías de valorización, liderando este uso sostenible en España y extendiéndolo a nivel internacional



CARBUROS METÁLICOS



## Nuevas utilizations industriales sostenibles del CO2

- **El presupuesto**

*Presupuesto total aprobado por (Centro Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI):*  
**26.3MMeuros,**

*subvención 11.99MMeuros - 45,67% (proporcional) del total de cada socio*

- **El consorcio: 15 empresas, 28 organismos de investigación**



CARBUROS METÁLICOS



## Los socios del consorcio

- 1. Carburos Metálicos- Líder (todas las actividades)
- 2-3. Abengoa Bioenergía: BBG y ABSR (A3, A5)
- 4. Inabensa- (A1, A3)
- 5. Repsol (A3, A5)
- 6. Aguas de Barcelona (ABGAR- A6)
- 7. Iberdrola (A2,A6)
- 8. Ros Roca Indox (A2,A3,A5)
- 9. BiogasFuel Cell (A3,A5)
- 10. IDESA (A2, A3,A4,A5)
- 11. Interlab (A3)
- 12. NUTRECO (A7)
- 13. Linpac (A7,A8)
- 14. Aretch Sorbents (A1)
- 15. Amphos XXI (A8)



## Organismos de investigación

CENTRO NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES
CTM CENTRE TECNOLÒGIC
UNIVERSIDAD DE CASTILLA LA MANCHA
UNIV POLI DE VALENCIA. INST DE TECNOLOGIA QUIMICA
ASOCIACION DE INVESTIGACION Y COOPERACION INDUSTRIAL DE ANDALUCIA
UNIVERSIDAD ASTURIAS
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
UNIVERSIDAD PAIS VASCO
CENTRO DE INVESTIGACIONES TECNICAS DE GUIPUSCOA
CENTRO NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES
BIOTECNOLOGIA
INSTITUTO TECNOLÒGIC DE RECERCA I TECNOLOGIA AGROALIMENTARIES
INCAR-CSIC
UNIVERSITAT AUTONOMA DE BELLATERRA
FUNDACIO BOSCH I GIMPERA - UNIVERSITAT DE BARCELONA
ICMAB-CSIC
CTM CENTRE TECNOLÒGIC
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES QUIMICA Y AMBIENTALES DE BARCELONA
UNIVERSITAT POLITECNICA DE CATALUNYA
FUNDACION CENTRO CANARIO DEL AGUA

CENTRO NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES
CTM CENTRE TECNOLÒGIC
UNIVERSIDAD DE CASTILLA LA MANCHA
UNIV POLI DE VALENCIA. INST DE TECNOLOGIA QUIMICA
ASOCIACION DE INVESTIGACION Y COOPERACION INDUSTRIAL DE ANDALUCIA
UNIVERSIDAD ASTURIAS
UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
UNIVERSIDAD PAIS VASCO
CENTRO DE INVESTIGACIONES TECNICAS DE GUIPUSCOA
CENTRO NACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES
BIOTECNOLOGIA
INSTITUTO TECNOLÒGIC DE RECERCA I TECNOLOGIA AGROALIMENTARIES
INCAR-CSIC
UNIVERSITAT AUTONOMA DE BELLATERRA
FUNDACIO BOSCH I GIMPERA - UNIVERSITAT DE BARCELONA
ICMAB-CSIC
CTM CENTRE TECNOLÒGIC
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES QUIMICA Y AMBIENTALES DE BARCELONA
UNIVERSITAT POLITECNICA DE CATALUNYA
FUNDACION CENTRO CANARIO DEL AGUA





## El consorcio





## El equipo humano del SOST-CO2



### Actividad 1: Captura

#### ● Objetivos específicos

- Estudio y optimización de sustancias absorbentes y adsorbentes (óxidos metálicos soportados e hidrotalcitas) de CO<sub>2</sub> para su uso en la captura de CO<sub>2</sub> de gases de escape de procesos de combustión.
- Estudio y optimización de materiales adsorbentes de CO<sub>2</sub> basados en materiales carbonosos para ser usados en la adsorción de CO<sub>2</sub> en el reformado de metano en seco.
- Obtención un adsorbente de tipo carbonoso de CO<sub>2</sub> para su uso en el reformado seco de CH<sub>4</sub> ( $\text{CH}_4 + \text{CO}_2 = 2\text{H}_2 + 2\text{CO}$ ) y producir un gas de síntesis útil para la obtención de metanol y otros combustibles sintéticos.
- Búsqueda de un absorbente de H<sub>2</sub> adecuado que permita almacenar la molécula a baja presión y baja temperatura, condiciones de salida del flujo de gas después del proceso PSA.
- Síntesis de adsorbentes activos bajo condiciones reales, y adecuadamente regenerables eficaz en la captura del CO<sub>2</sub> procedente de plantas de combustión.

## Actividad 2: Logística

---

- **Objetivo global**

El objetivo principal de esta actividad es definir la **presentación óptima del CO2 para facilitar su utilización en las distintas aplicaciones** que se investigan en este proyecto, a pequeña, mediana y gran escala. El lugar, estado o las condiciones en que el CO2 es capturado no tienen por qué coincidir con las condiciones y lugar de aplicación. Se requieren una o un conjunto de etapas que unan los dos extremos, esta etapa sería equivalente a una operación de logística, donde se defina cómo se acondiciona, almacena y transporta el CO2 desde el punto de captura al punto final de utilización. Esta actividad está íntimamente ligada a la A1, completando el bloque de captura y logística asociada.



## Actividad 2: Logística

---

- **Objetivos específicos**

- Caracterización del CO2 capturado respecto a lugar, cantidades, estado y pureza, para las distintas tecnologías que se investigarán a lo largo del proyecto.
- Caracterización de las necesidades de suministro del CO2 para cada aplicación desarrollada en el proyecto (lugar, cantidad, estado, pureza)
- Definir las distintas estrategias tecnológicas que permitan unir los dos objetivos anteriores y comprobarlas en condiciones reales.
- Definir las maneras más eficientes y baratas para la separación y purificación del CO2

### Actividad 3: Biomimética

- **Objetivo global**

Valorización del CO<sub>2</sub> producido en distintos procesos biológicos, químicos y energéticos, mediante la producción de biomasa. Se trata de capturar el CO<sub>2</sub> mediante el crecimiento de macroplantas o de microorganismos fotosintéticos (algas), de manera similar a como se realiza el proceso de fotosíntesis. Esta actividad se engloba en el bloque de transformación: el CO<sub>2</sub> capturado puede ser transformado y convertido en fuentes de energías alternativas y renovables.

- **Objetivos específicos**

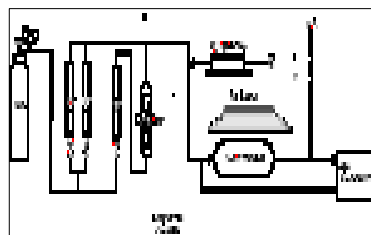
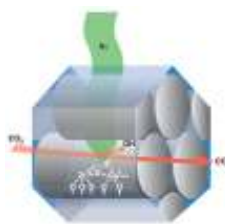
- Desarrollo de una solución integrada que maximice la fijación de CO<sub>2</sub> mediante microalgas
- Aplicación de microorganismos fotosintéticos para la transformación de CO<sub>2</sub> de fermentación y de biogás
- Uso de microorganismos fotosintéticos en procesos de gasificación y digestión anaerobia
- Generación de biomasa para uso energético
- Crecimiento de plantas de invernadero a partir del CO<sub>2</sub> capturado en centrales térmicas



### Actividad 4: Fotorreducción

- **Objetivo global**

Desarrollo de un proceso sostenible para reducción foto catalítica y electroquímica del CO<sub>2</sub> con el fin de obtener materiales combustibles u otras sustancias de alto valor añadido. Se trata de investigar y desarrollar nuevas tecnologías que puedan llevar este proceso, aún en proceso de investigación, a un nivel de uso industrial, una vez el proceso sea eficiente y viable. Se evaluarán los diferentes componentes del sistema (catalizadores, electrodos, condiciones experimentales) para determinar el proceso más adecuado en términos de eficiencia energética y formación de los productos deseados. Esta actividad forma parte del bloque temático relacionado con la transformación del CO<sub>2</sub>



Fotosíntesis artificial

## Actividad 4: Fotorreducción

### ● Objetivos específicos

- Desarrollo de nuevos materiales catalíticos que aumenten la eficacia del proceso de fotorreducción catalítica del CO<sub>2</sub>, para la obtención de productos útiles.
- Caracterización y cuantificación de los productos formados en la reducción electroquímica (directa y catalizada) de CO<sub>2</sub>.
- Determinación y modelización de los diferentes mecanismos de reacción para el diseño efectivo de superficies, catalizadores y reactores.
- Diseño y construcción de reactores para la evaluación de la eficacia de materiales catalíticos en la obtención de productos combustibles.
- Conclusiones e integración de resultados de la actividad en el proyecto global.

## Actividad 5: Energías renovables

### ● Objetivo global

El objetivo principal de esta actividad es la investigación de nuevas metodologías de obtención de biocombustibles a partir de la biomasa generada por de los microorganismos fotosintéticos alimentados por CO<sub>2</sub>, así como la valorización del dióxido de carbono en los procesos de producción del biogás

### ● Objetivos específicos

- Conversión del CO<sub>2</sub> de fermentación mediante procesos catalíticos de síntesis
- Transformación del CO<sub>2</sub> de microalgas en productos de valor añadido
- Obtención de metanol/DME en una sola etapa (deshidratación simultánea) a partir del CO<sub>2</sub> generado a través de fuentes estacionarias de combustión e H<sub>2</sub> de origen renovable
- Aprovechamiento de la biomasa algal para la obtención de biogás
- Obtención de metanol a partir de biogás
- Valoración de biomasa y adecuación para su uso energético
- Extracción y purificación de biocombustibles con SCCO<sub>2</sub>



## Actividad 6: Aguas

- **Objetivo global**

El objetivo principal de esta actividad es estudiar la aplicación de CO<sub>2</sub> tanto en efluentes como en aguas destinadas al consumo, mejorando la eficiencia de su aprovechamiento.

- **Objetivos específicos**

- Estudio de la influencia de la mineralización en aguas de consumo y su remineralización con dióxido de carbono en la valoración del sabor de las mismas
- Definir nuevos diseños para aumentar la eficiencia de aplicación de CO<sub>2</sub> en el agua
- Estudiar el proceso de ósmosis directa mediante el empleo de CO<sub>2</sub> (y amonio) para la desalinización de aguas de mar u otros efluentes de elevada salinidad.
- Evaluar la viabilidad de la aplicación de CO<sub>2</sub> como remediación de efluentes y para procesos de macrofouling en aguas marinas
- Cálculo de la huella de carbono de los distintos tratamientos del agua de consumo.



## Actividad 7: Alimentación

- **Objetivo global**

El CO<sub>2</sub> ha mostrado ser un compuesto muy eficaz en cuanto a la preservación y envasado de alimentos, alargando la vida media de los mismos. El objetivo principal de esta actividad es investigar y desarrollar el uso del envasado de alimentos en atmósfera modificada empleando mezclas de gases con elevado contenido de CO<sub>2</sub>.

- **Objetivos específicos**

- Adquisición de nuevos conocimientos en el envasado de productos avícolas en atmósfera modificada enriquecida en CO<sub>2</sub>.
- Estudio del control de insectos y ácaros plaga de alimentos mediante el uso de atmósferas modificadas con elevada concentración de CO<sub>2</sub>.
- Desarrollo de atmósferas modificadas con elevado nivel de CO<sub>2</sub> para el envasado de productos susceptibles de desarrollo de microorganismos



## Actividad 8: Materiales

---

- **Objetivo global**

Uso del CO<sub>2</sub> en el proceso de carbonatación de residuos industriales para su valorización o captura permanente del CO<sub>2</sub>, la carbonatación de otros materiales para obtener materiales avanzados, así como el uso del CO<sub>2</sub> supercrítico en procesos industriales en sustitución de otros gases más peligrosos o nocivos, como son los compuestos orgánicos volátiles. Así pues en esta actividad se une de nuevo la captura del CO<sub>2</sub> con su valorización y aprovechamiento.



## Actividad 8: Materiales

---

- **Objetivos específicos**

- Desarrollo de un proceso de **carbonatación de residuos sólidos** alcalinos, como los residuos de cementeras (principalmente polvo de horno, cement kiln dust, CKD) o cemento usado, para secuestrar CO<sub>2</sub>.
- Valoración de la posible **re-utilización del residuo carbonatado** como material industrial.
- Obtención de materiales avanzados (**CaCO<sub>3</sub> y MgCO<sub>3</sub>**) mediante un proceso de carbonatación en CO<sub>2</sub> supercrítico.
- **Reducción de impacto ambiental** en caso de capturar el CO<sub>2</sub> dentro del ciclo de producción de cemento.
- **Sustitución de determinados disolventes** o gases peligrosos y/o contaminantes por CO<sub>2</sub> (espumado de polímeros, síntesis de polímeros de altas prestaciones)
- Mejora de los procesos de impregnación y plastificación de polímeros.

## Actividad 9: Análisis del ciclo de vida

- **Objetivo global**

Determinar la **ganancia ambiental neta** de los nuevos procesos generados en el proyecto, defender las **ventajas frente a los procesos convencionales** e identificar las **etapas a mejorar y refinar** (identificar las oportunidades de reducción de impactos ambientales). Para establecer el impacto ambiental de los diferentes procesos, se empleará la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV), conocida como “del pozo a las ruedas”, “de la cuna al nicho” o “huella” medioambiental que es una metodología dinámica e interactiva que permite conocer y valorar las cargas ambientales asociadas al ciclo de vida de productos, procesos o actividades, en el marco de un sistema de límites definidos.

La metodología utilizada se basa en la descripción de cada uno de los procesos, que son pasos discretos de un todo y, en consecuencia, permite fácilmente la inclusión de nuevas combinaciones, en caso de que se considere de interés en el futuro. En el caso de un proyecto de I+D como es el caso de SOST-CO<sub>2</sub>, la realización de los ACV implica una gran complejidad tecnológica asociada a: Gran variedad de procesos, necesidad de datos no recopilados en las bases de datos disponibles y los nuevos procesos derivados del proyecto no se desarrollan a escala industrial.



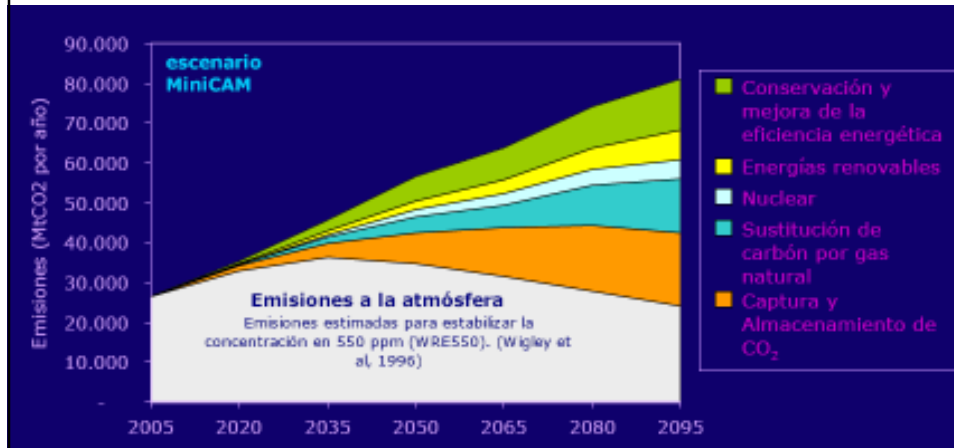
## Web del proyecto CENIT SOST-CO<sub>2</sub>

[www.cenit-sostco2.com](http://www.cenit-sostco2.com)





## Cómo reducir las emisiones de GHG



Informe del IPCC, noviembre 2005

## Índice

- Contexto:
  - El ciclo de vida del carbono: necesidad del CO<sub>2</sub>
  - El desajuste en el ciclo natural
  - La necesidad del crecimiento económico y el desarrollo sostenible
  - Situación energética/transporte actual
- Posibles soluciones al crecimiento global y continuo de las emisiones de gases de efecto invernadero
  - Captura de CO<sub>2</sub> en las fuentes de emisión, transporte y almacenamiento
  - Captura de CO<sub>2</sub>, transformación, usos
  - Distribución de las fuentes de energía, incluyendo más renovables
  - La economía del hidrógeno
  - Eficiencia energética
  - Ahorro energético
- A modo de conclusión

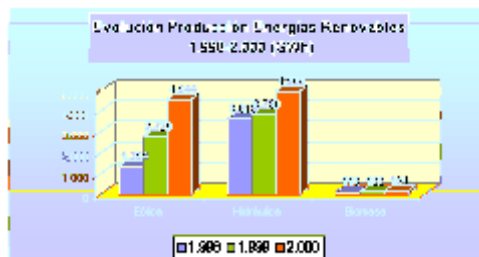
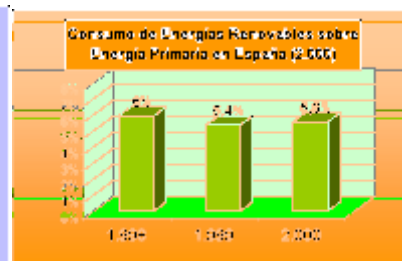
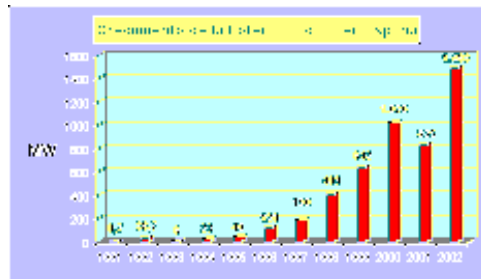


## Fuentes de energía renovables

- Energía fotovoltaica
- Energía solar
- Biomasa- biocombustible
- Hidrógeno (a partir de diferentes fuentes)
- Viento
- Agua
- Geotérmica
- Otras



## El aumento de energías renovables en España



- Fuente: Asociación de Productores de Energías Renovables y Comisión Nacional de la Energía

## ¿Qué entendemos por “Economía del hidrógeno”?

- El hidrógeno utilizado como portador de energía en su sentido más amplio
- Producido, distribuido y almacenado por métodos muy variados
- Para su uso como combustible destinado al transporte
- Para aplicaciones estacionarias y portátiles
- Como forma de almacenamiento de energía eléctrica, para compensar la variabilidad de las energías renovables

## Economía del hidrógeno. Flexibilidad de rutas



### Fuente primaria de energía

- Gas natural
- Petróleo
- Biomasa
- Carbón
- Renovables
- Nuclear



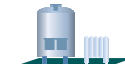
### Producción de H<sub>2</sub>

- Reformado
- Gasificación
- Electrólisis
- Termólisis
- Fotólisis
- Off-gas



### Distribución

- Tubería
- Camión con gas comprimido
- Cisterna criogénica de H<sub>2</sub> líquido
- Barco
- Ferrocarril



### Almacenamiento

- Depósitos metálicos
- Depósitos de composite
- Hidruros metálicos
- Hidruros químicos
- Estructuras de carbono



### Uso final

- Pila de combustible en vehículos
- Pila de combustible estacionaria
- Motor de combustión interna
- Mezclas con gas natural

## El hidrógeno como vector de energía

### Ventajas

- Mejor eficiencia en el motor que los convencionales
- Residuo: vapor de agua -> no emite gases efecto invernadero
- Combustible puede ser obtenido a partir de fuentes de energía renovables

### Retos

- Capacidad de almacenaje: Un depósito del tamaño de los actuales proporciona una autonomía muy inferior al de un coche convencional -> vehículos híbridos (transición)
- Desarrollar una infraestructura de repostaje y mantenimiento de los vehículos
- Hacerlos asequibles para el gran público

## A modo de conclusión

- Necesidad de **desacoplar el crecimiento económico de las emisiones de gases de efecto invernadero** y otros desajustes (deforestación) para conseguir un desarrollo sostenible
- La consolidación de **tecnologías en desarrollo y el desarrollo de tecnologías de futuro, con visión**, son requisitos imprescindibles para conseguir dicho desarrollo
- Se necesitan **medios**, recursos humanos y económicos, para conseguir el desarrollo de dicha tecnología
- Las tecnologías de **captura** están más avanzadas que las de transporte y almacenamiento
- La investigación de **transformación y nuevos usos del CO<sub>2</sub>** se plantea como una alternativa al confinamiento geológico que **requiere más desarrollo e implementación**
- **No hay mejor manera de ahorrar que no gastar**: el ahorro energético es el primer requisito hacia un desarrollo sostenible



**Fronteras de la Energía,  
Benasque 5-10 Julio 2009**

**El CO<sub>2</sub> como recurso en  
ciclos renovables de carbono**

**Dra Lourdes Vega  
Directora de MATGAS  
Directora de I+D Carburos Metálicos**

SOST CO<sub>2</sub>  
Proyecto CEM7

CARBUROS METÁLICOS  
Grupo Air Products