



# GT-SEN. Sostenibilidad de los recursos energéticos fósiles y minerales: uso racional en el abastecimiento y consumo

## SOSTENIBILIDAD DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS FÓSILES Y MINERALES. CAPTURA Y ALMACENAMIENTO DE CO<sub>2</sub>

Benito Navarrete  
Fundación Ciudad de la Energía (CIUDEN)



# **GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9**

**Congreso Nacional del Medio Ambiente  
Cumbre del Desarrollo Sostenible**



## **Presentación Grupo de Trabajo**

**Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y  
Minerales: uso racional en el abastecimiento y el consumo**

**Subgrupo 2: Captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>**

**Benito Navarrete Rubia**

**Madrid, 2 de Diciembre 2008**



# **GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9**

## **Índice**

- ✓ **Combustibles fósiles, emisiones de CO<sub>2</sub> y calentamiento global**
- ✓ **Tecnologías de captura, transporte y almacenamiento de CO<sub>2</sub>**
- ✓ **Desarrollo tecnológico**
- ✓ **Costes, Penetración e impacto de la CAC**
- ✓ **El marco legal. Acciones de la Unión Europea a favor de la CAC**
- ✓ **El reto social**
- ✓ **Previsiones de desarrollo e implantación de las tecnologías CAC  
Iniciativas en España**

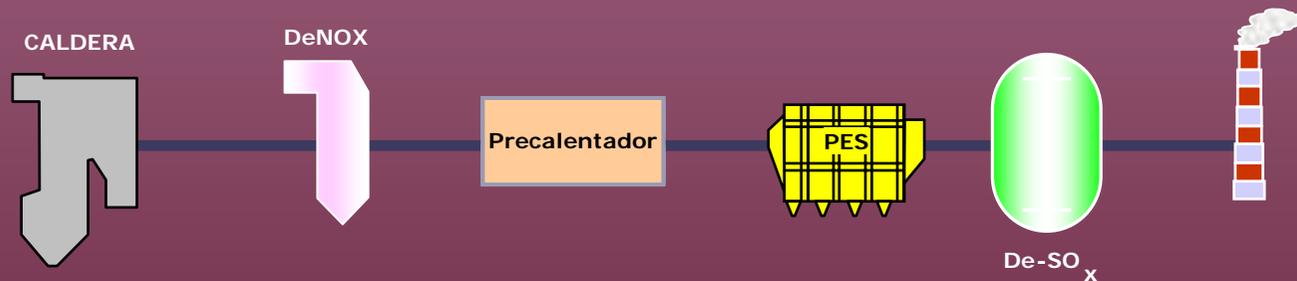


# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9

## Problemática medioambiental de los combustibles fósiles

Producción de contaminantes atmosféricos  $SO_x$ ,  $NO_x$ , Partículas

MTDs → Cero Emisiones





# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9

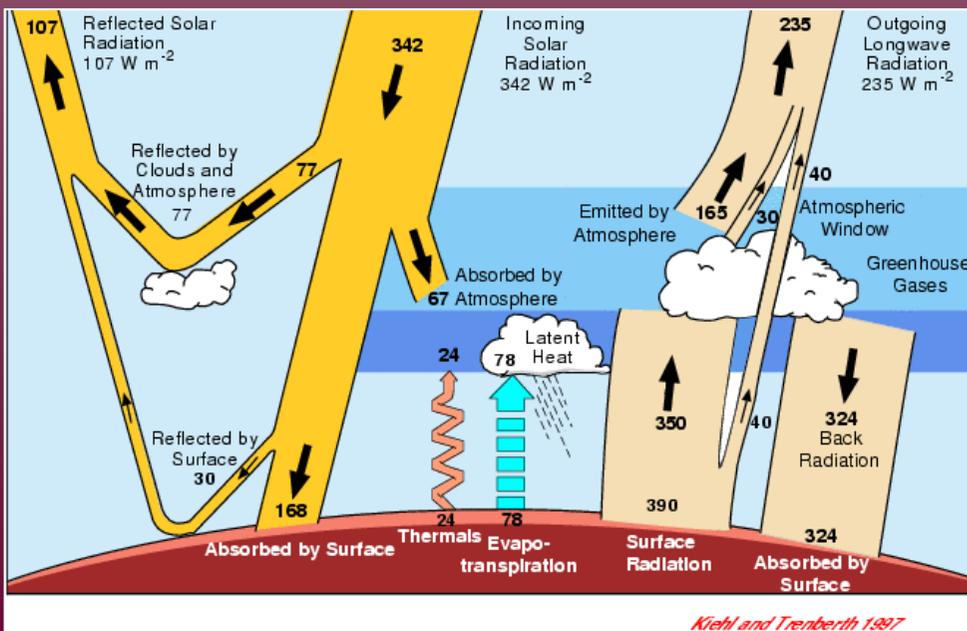
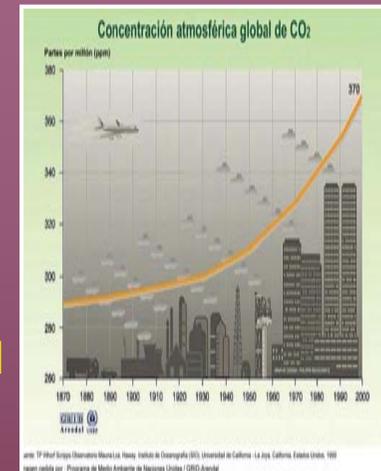
## Problemática medioambiental de los combustibles fósiles

### Producción de GEIs: CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O

- ✓ Δ CO<sub>2</sub> desde la era preindustrial:
- ✓ Incremento medio anual: 2,1 ppmv
- ✓ Alerta del IPCC: origen antropogénico del calentamiento global

CO<sub>2</sub> preindustrial:  
280 ppm

CO<sub>2</sub> actual (2008):  
387 ppm



### Principales gases responsables del efecto invernadero

GEI	Potencial	Contribución
H <sub>2</sub> O	-	66%
CO <sub>2</sub>	1	20%
CH <sub>4</sub>	25	4%
N <sub>2</sub> O	300	1%
CFC's	2000-20000	3%
SF <sub>6</sub>	3200	

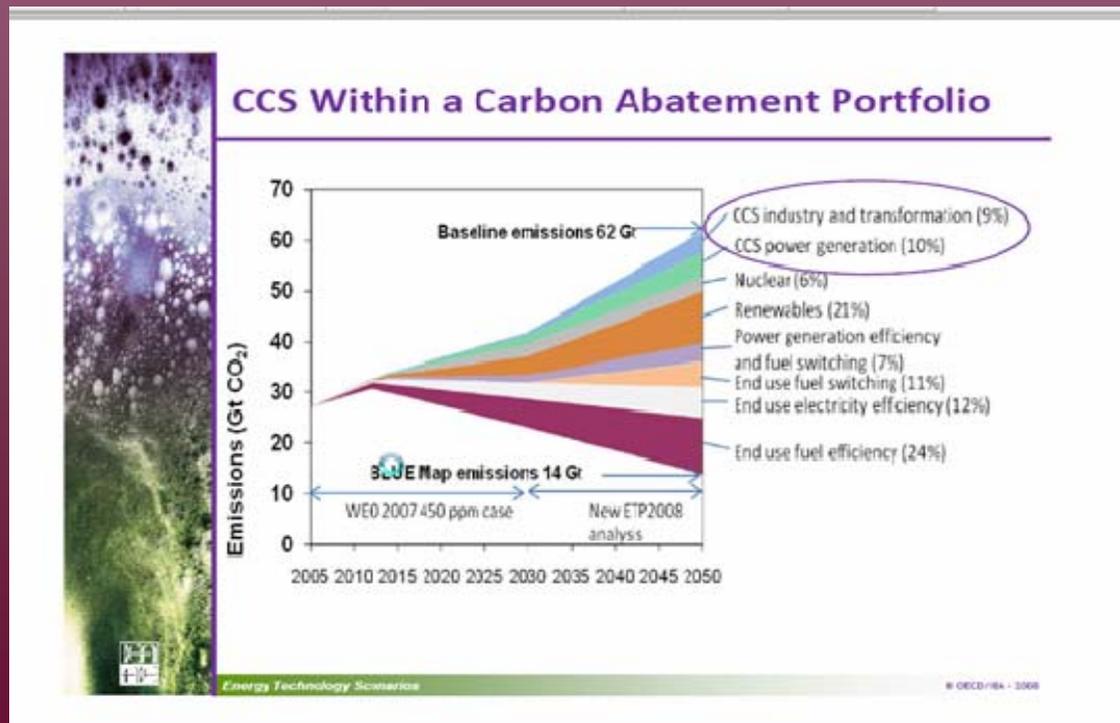


# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9”

## Sostenibilidad

El desarrollo sostenible es aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la posibilidad de que futuras generaciones satisfagan sus propias necesidades (Comisión Brundtland, 1987)

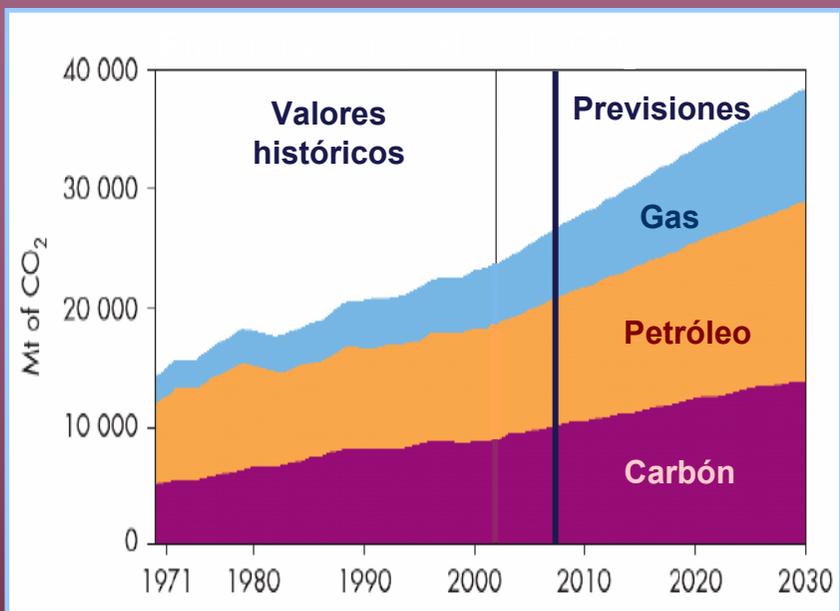
La CAC permitiría la sostenibilidad del sistema energético, en la transición hacia fuentes de energía sostenibles, contribuyendo a la anulación del efecto acumulativo del CO<sub>2</sub> en la atmósfera y evitando el calentamiento global.



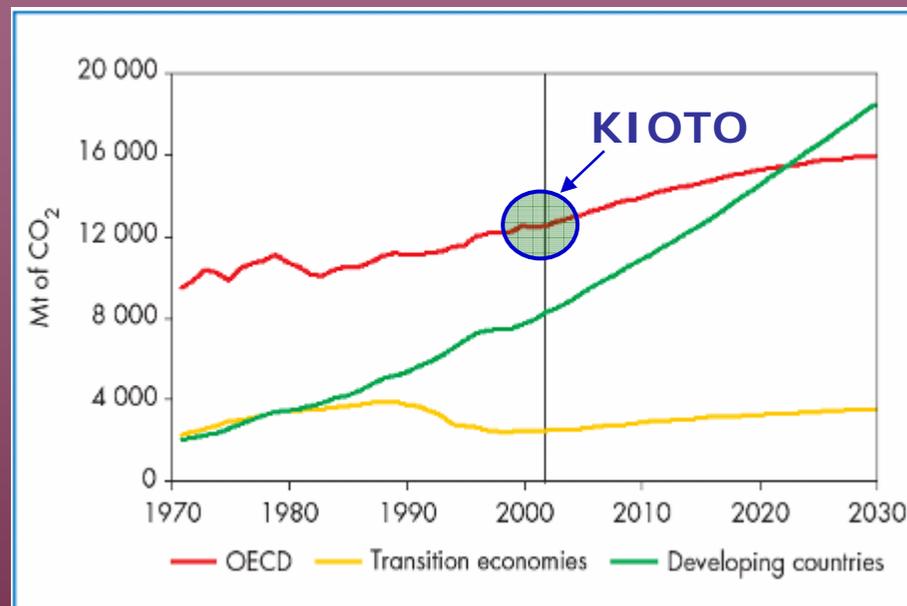


# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9

## Consumo de combustibles fósiles y emisiones de CO<sub>2</sub>. Previsiones



Fuente: International Energy Agency



Fuente: International Energy Agency

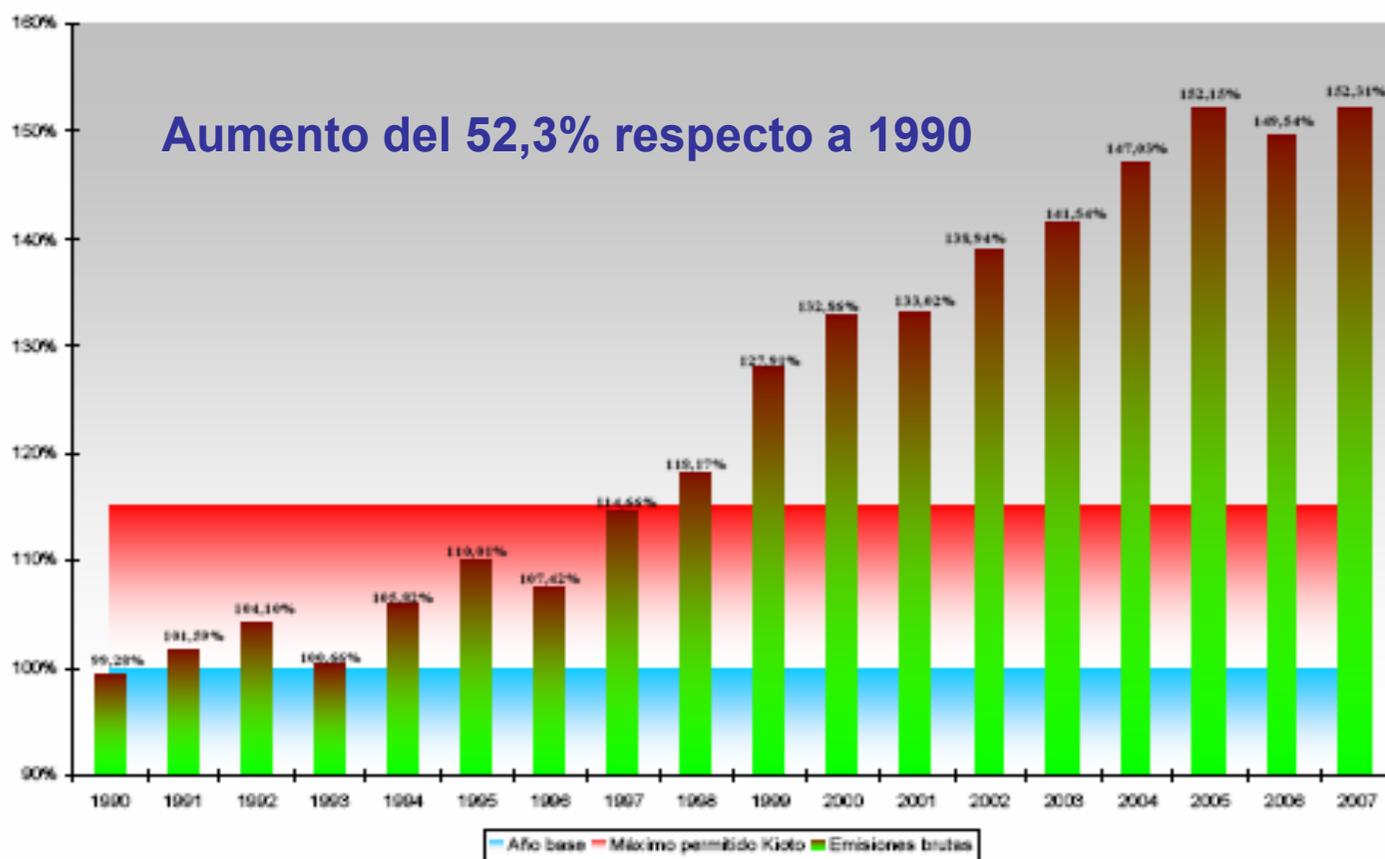
- ✓ Las emisiones de CO<sub>2</sub> crecerán hasta 2030 un 65% respecto al año 2002, lo que implica un crecimiento superior al de la demanda de energía en este mismo periodo, que sería del 60%.
- ✓ Reto mundial: Dar respuesta a estas elevadas demandas de energía haciendo frente de forma efectiva a los riesgos del calentamiento global.



# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9

## Las emisiones de GEI 2007 en España

GRÁFICO 1. EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN ESPAÑA (1990-2007)





## GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9

### Acciones para contribuir a la sostenibilidad del sistema de producción de energía

#### INMEDIATA

Reducción del consumo y un uso más eficiente de las fuentes de energía por parte de los ciudadanos

#### EN MARCHA PERO CON CAMINO POR RECORRER

Empleo generalizado de renovables: eólica, solar, biocombustibles

#### IMPRESINDIBLE PARA CUMPLIR COMPROMISOS DE REDUCCION DE EMISIONES

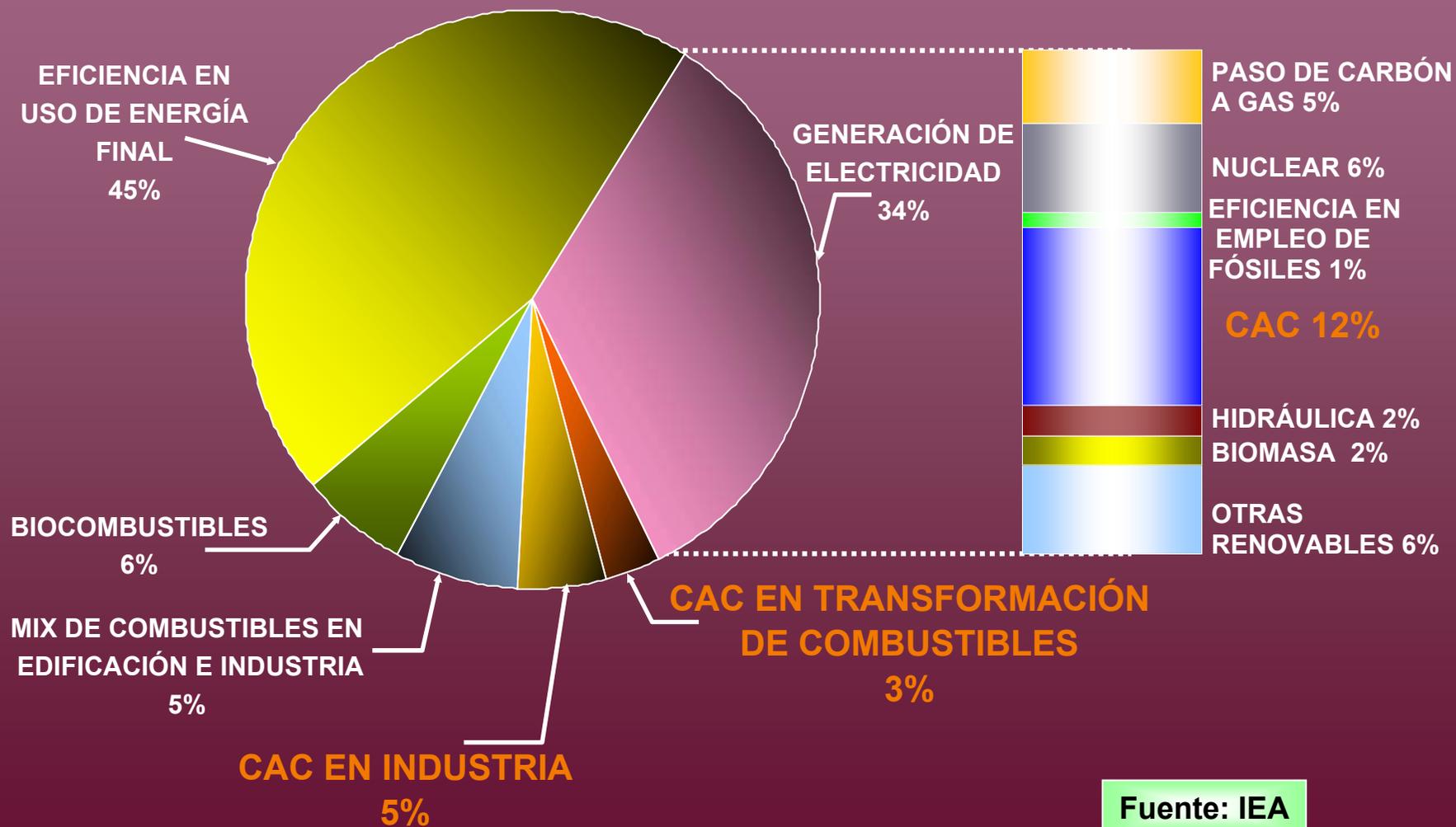
Transformación más eficiente y con menor impacto ambiental de las energías fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural : captura de CO<sub>2</sub>

No podremos reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de la UE y mundiales en un 50 % de aquí a 2050 sin recurrir a la captura y el almacenamiento de dióxido de carbono



# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9

## Acciones para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en 2050 a valores de 2005



Fuente: IEA



# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9

## Los retos de la CAC

### UN RETO TECNOLÓGICO

La CAC no se ha realizado aún en centrales térmicas en ningún lugar del mundo

### UN RETO ECONÓMICO

La CAC requiere mayores inversiones y costes de producción de donde una producción más cara

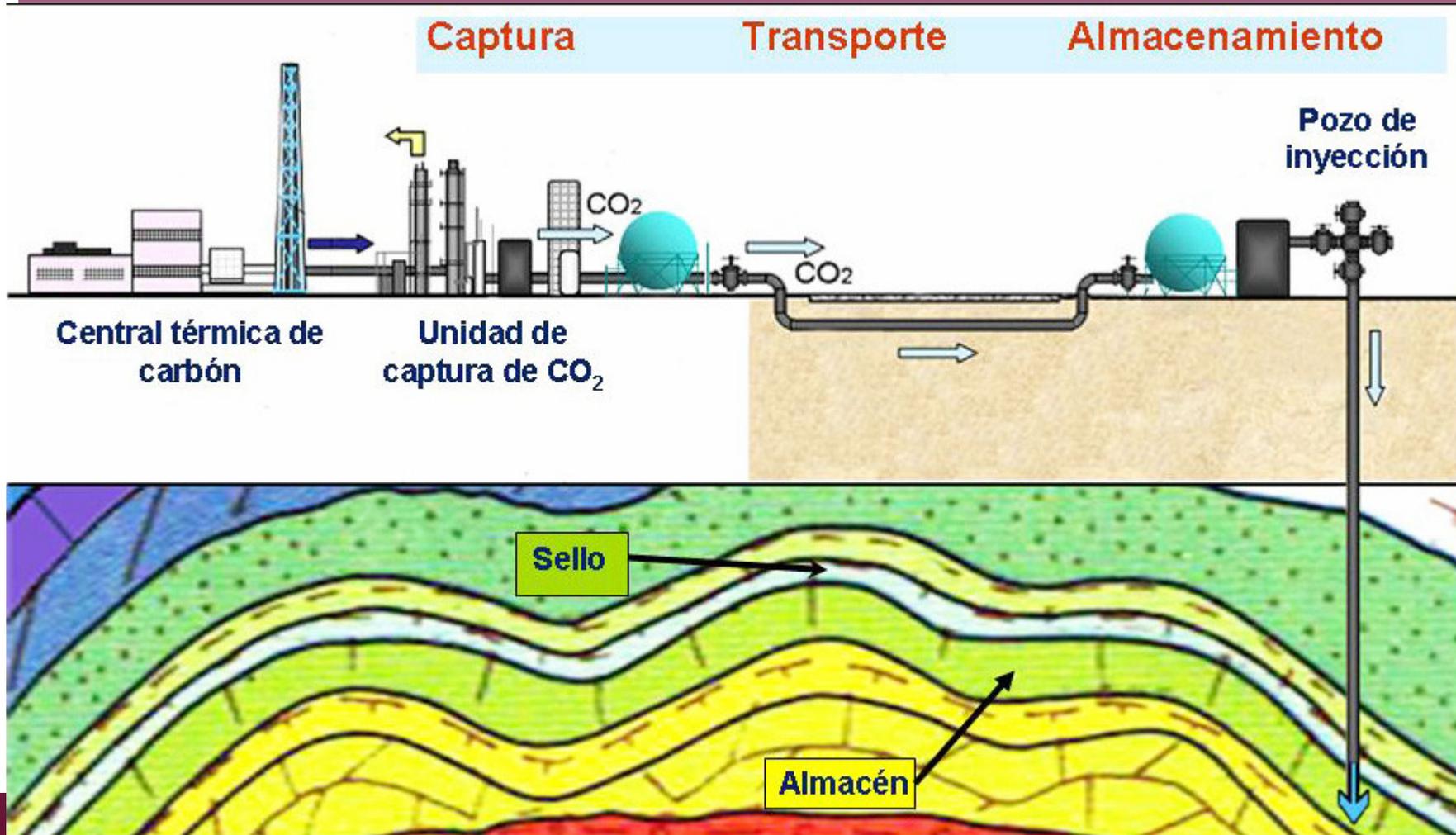
### UN RETO SOCIAL

Es urgente e imprescindible lograr la aceptación social de la CAC Sin ello es imposible cumplir los compromisos de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>



# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9

## Esquema conceptual de la captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>





# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9”

## Captura y almacenamiento: componentes del sistema

Central  
térmica de  
carbón



Compresión



Transporte



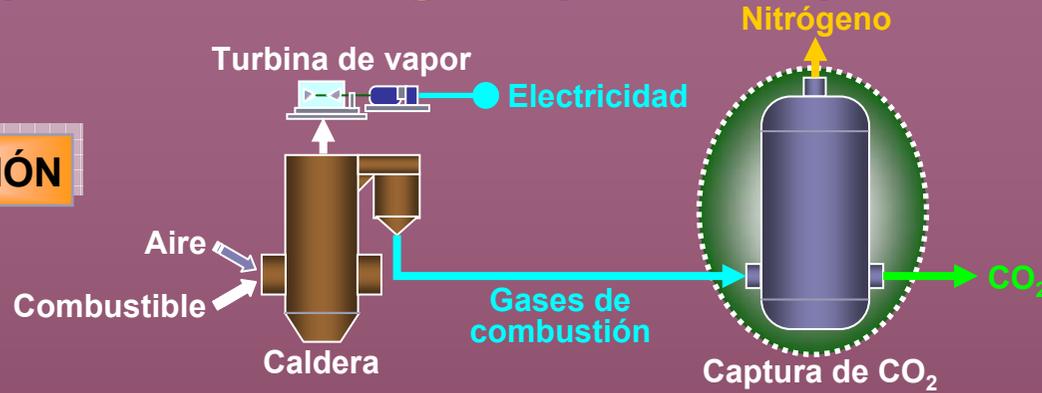
Inyección



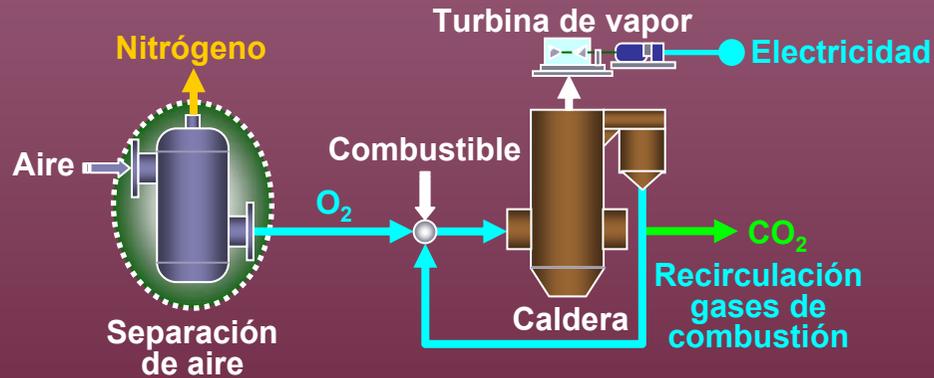
# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9

## Opciones tecnológicas para la captura de CO<sub>2</sub>

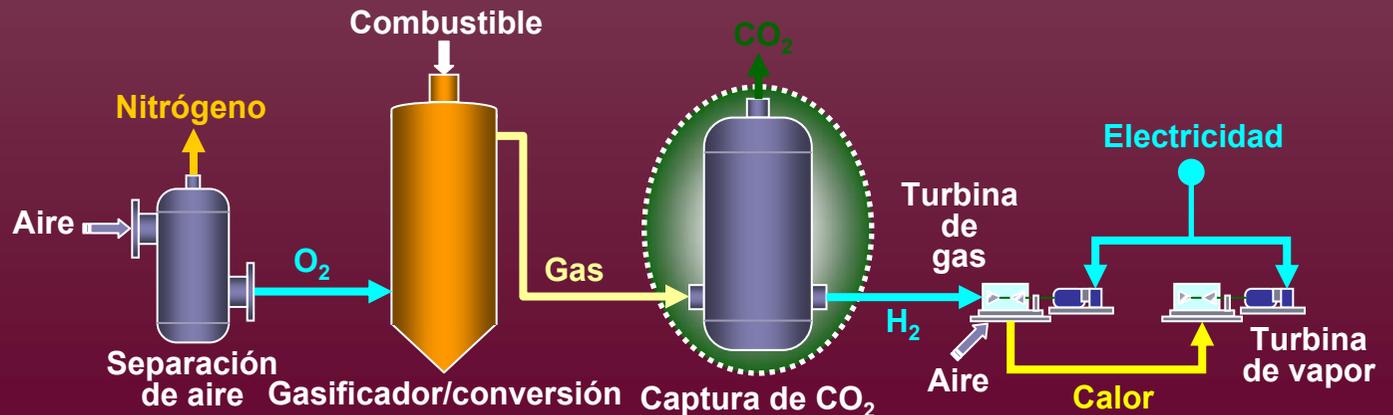
### POSTCOMBUSTIÓN



### OXICOMBUSTIÓN



### PRECOMBUSTIÓN





# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9

## Estado actual de las tecnologías de captura

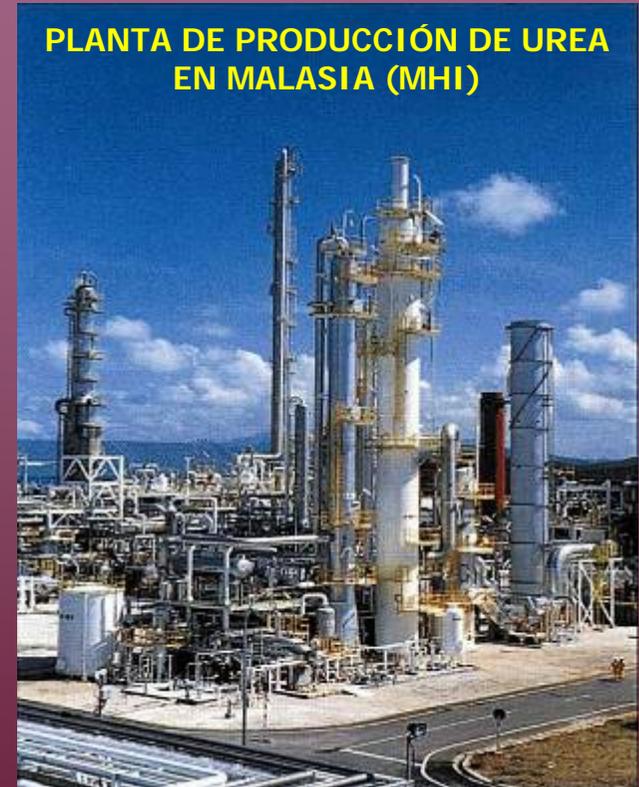
### ✓ PRODUCCIÓN DE UREA

- KERR-MCGEE: MEA, HASTA 250.000 tCO<sub>2</sub>/a
- FLUOR DANIEL: MEA, HASTA 100.000 tCO<sub>2</sub>/a
- MHI: KS-1, HASTA 65.000 tCO<sub>2</sub>/a

### ✓ GENERACIÓN DE ENERGÍA CON CAPTURA DE CO<sub>2</sub> PARA USO ALIMENTARIO

- NANKO (JAPÓN, 1991): 600 tCO<sub>2</sub>/a
- SUMIMOTO (JAPÓN, 1994): 50.000 tCO<sub>2</sub>/a
- WARRIOR RUN (USA, 2000): 50.000 tCO<sub>2</sub>/a
- SHADY POINT (USA): 65.000 tCO<sub>2</sub>/a

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE UREA EN MALASIA (MHI)



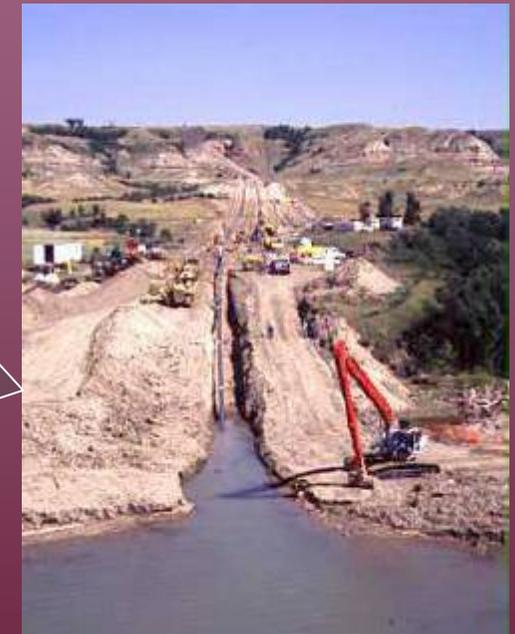
UNA CENTRAL TÉRMICA DE CARBÓN TÍPICA EMITE APROXIMADAMENTE 4.000.000 tCO<sub>2</sub>/a



# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9

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

- ✓ Por tubería:  $P > 8$  MPa para evitar flujo bifásico y  $\rho$  elevada
- ✓ Más de 3000 km de transporte de CO<sub>2</sub> para EOR en USA



- ✓ Por barco, propiedades similares a GLP
- ✓  $P = 0,7$  MPa
- ✓ Disponibilidad de la tecnología



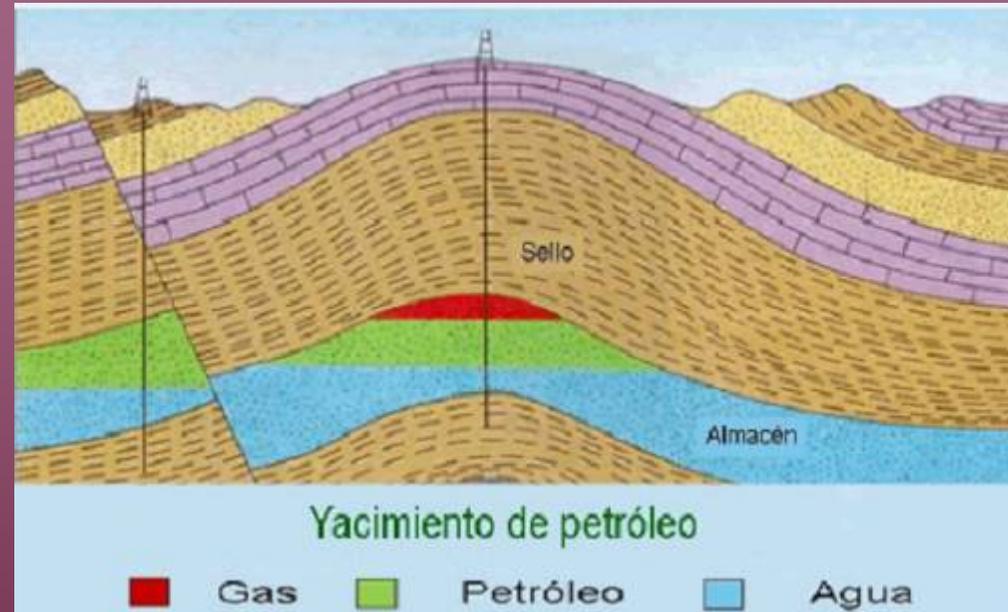


# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9

## Almacenamientos naturales

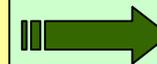
La naturaleza ha realizado, con estanqueidad y seguridad, almacenamientos geológicos subterráneos de petróleo, gas, CO<sub>2</sub> y agua.

Muchos de ellos han permanecido aislados, durante millones de años, hasta su actual explotación industrial.



### Lección de la naturaleza:

Si la corteza terrestre es capaz de generar y almacenar CO<sub>2</sub>

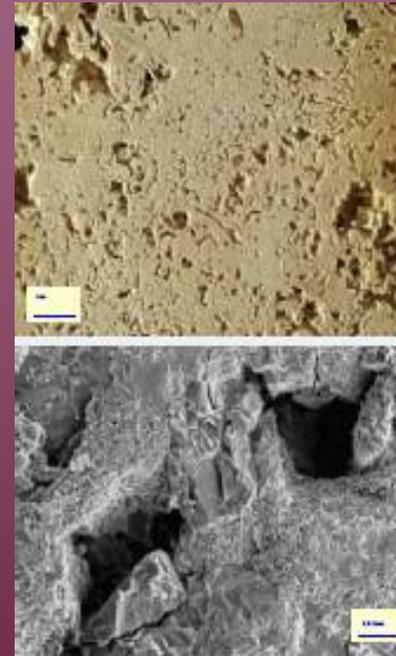
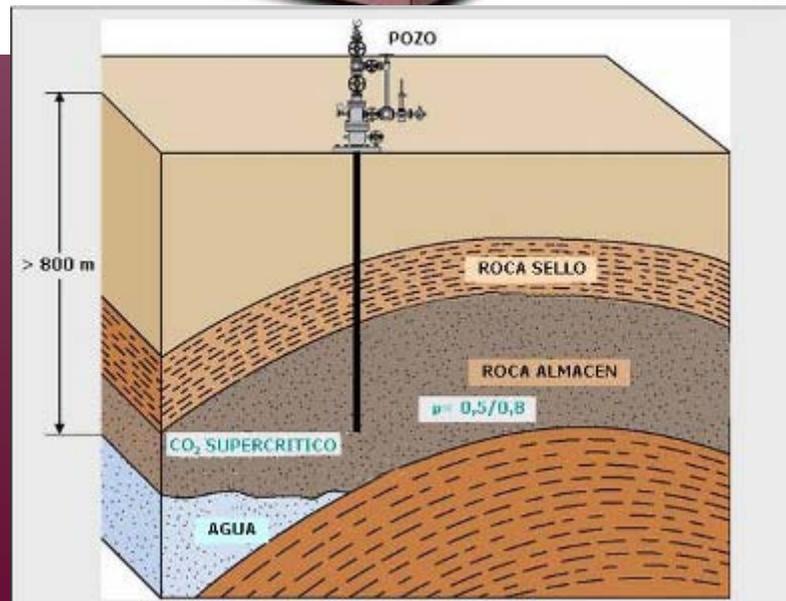
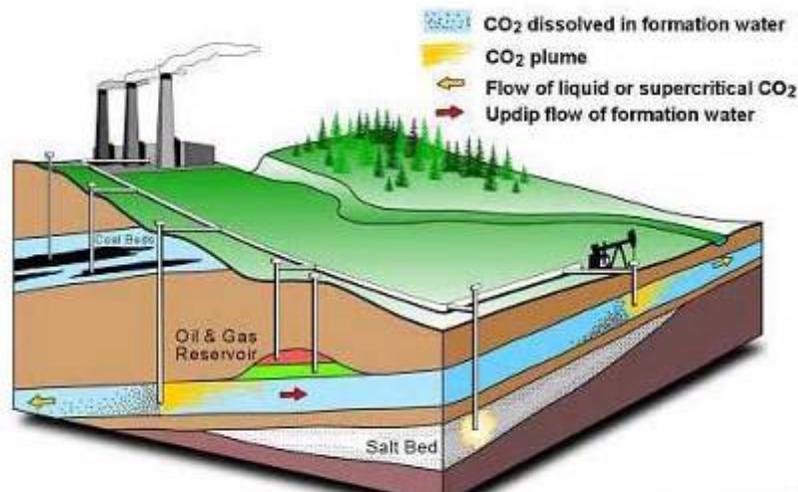


El CO<sub>2</sub> industrial puede almacenarse en condiciones semejantes



# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9

## Almacenamientos naturales



El CO<sub>2</sub> se almacena en los pequeños poros de la roca almacén

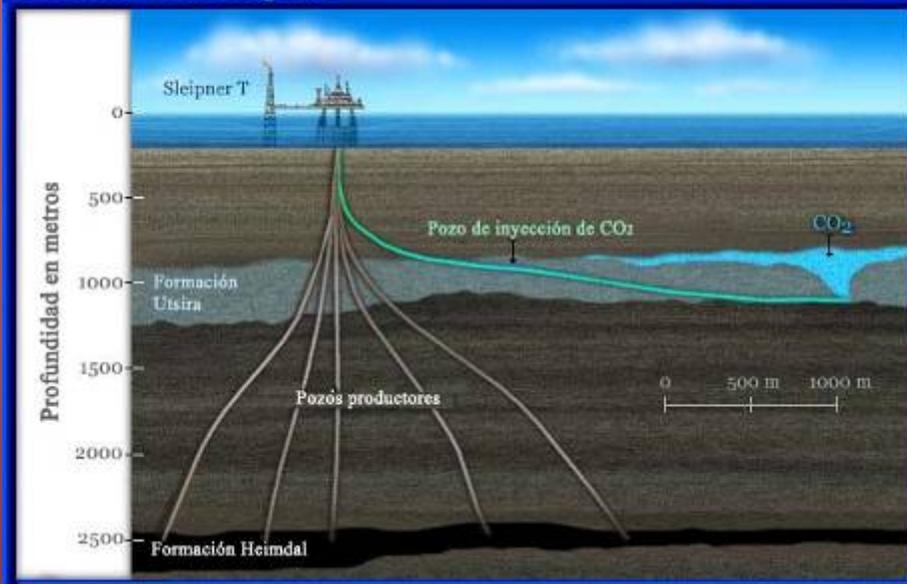
El almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub> requiere una roca almacén (porosa y permeable) y otra sello (impermeable) que impida su fuga hacia la superficie.



# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9

## Yacimientos de gas/Petróleo + EOR / EGR

Yacimiento Sleipner



Referencias mundiales:  
Plantas Industriales con  
almacenamiento de CO<sub>2</sub>

Weyburn (Canadá): 1,8 Mt/año desde 2000

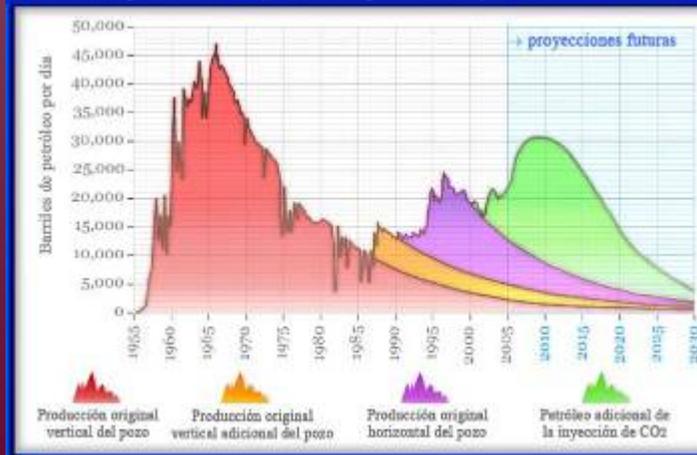
Sleipner (Noruega): 1 Mt/año desde 1996

In-Salah (Argelia): 1 Mt/año desde 2004

Pozo de la grilla de 9 puntos del yacimiento petrolífero Weyburn



Yacimiento petrolífero Weyburn Recuperación Mejorada de Petróleo CO<sub>2</sub>



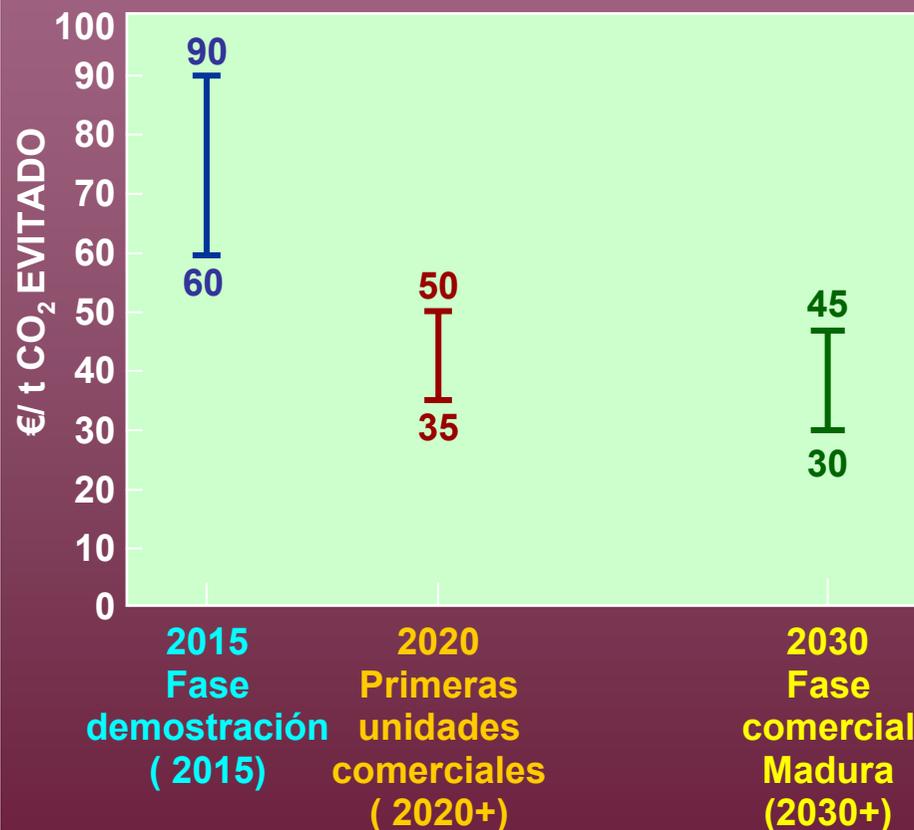
EOR - Enhanced oil  
recovery

EGR - Enhanced gas  
recovery

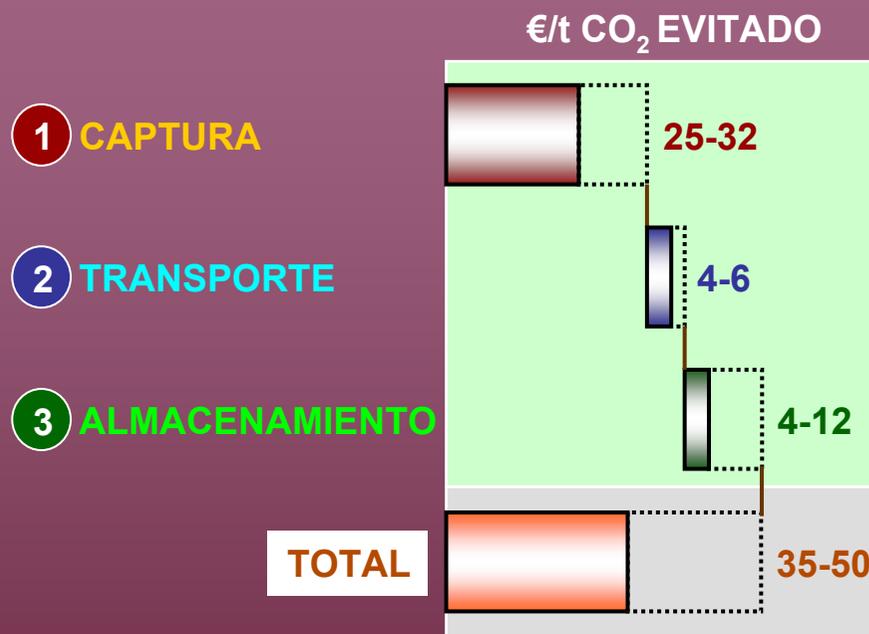


# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9

## Costes de la CAC



Coste del CO<sub>2</sub> evitado

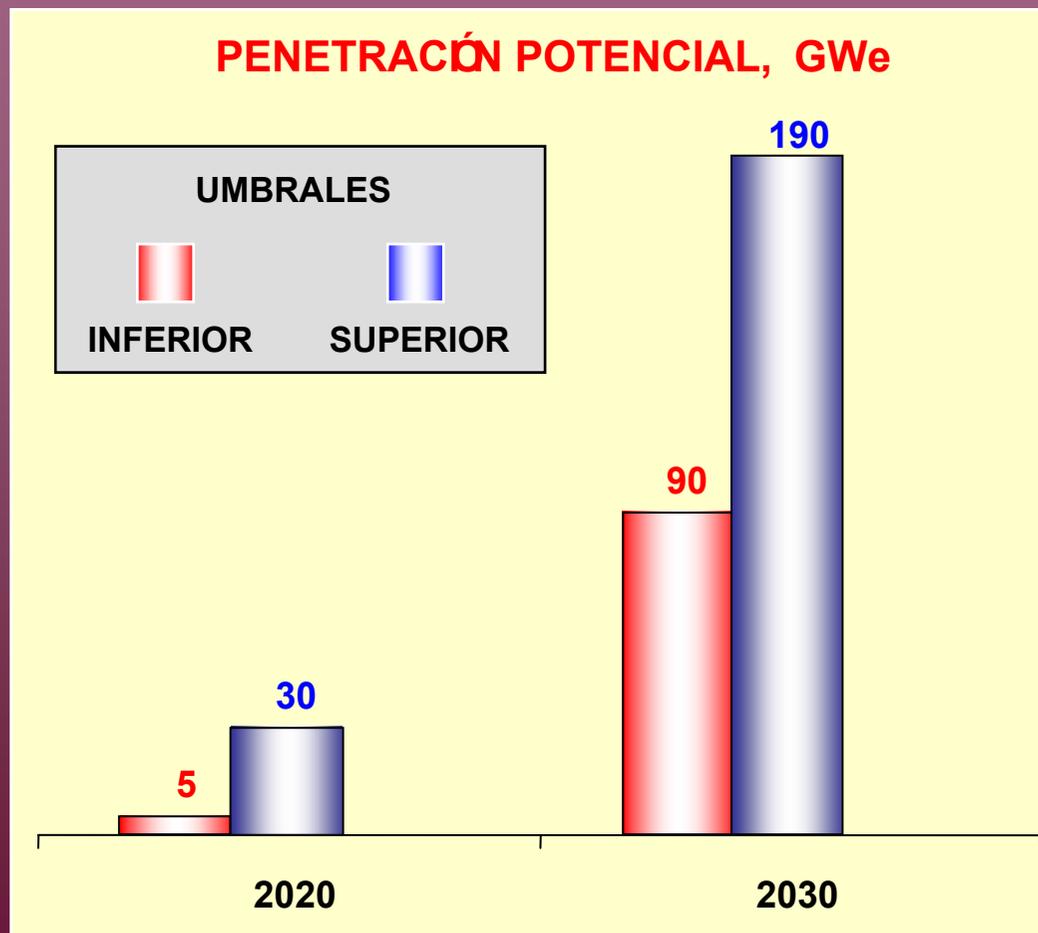


Desglose del coste total del CO<sub>2</sub> primeras unidades comerciales



# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9

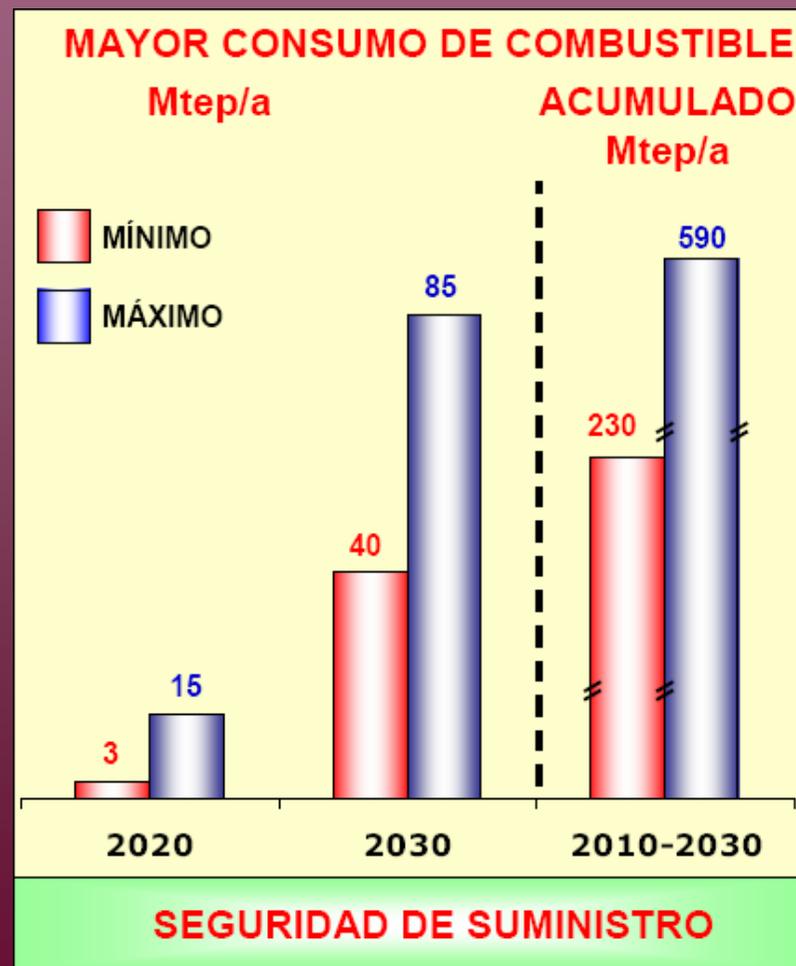
## Penetración potencial de la CAC en el sector eléctrico de la Unión Europea (Set Plan)





# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9

## Impactos previsibles de la implantación de procesos de CAC en el parque de generación eléctrica de la UE





# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9

## **Acciones de la Comisión Europea**

### **1. El Plan Estratégico de Tecnologías Energéticas. Set Plan**

**LA COMISIÓN EUROPEA HA INICIADO ACCIONES PARA IMPULSAR LAS TECNOLOGÍAS DE CAC**

✓ **Prioridad estratégica:**

**Construcción de 10/12 unidades CAC de demostración a gran escala**

✓ **Programa de Demostración:**

**Distintas tecnologías de captura, tipos de almacenamiento y emplazamientos para operar entre 2015 y 2020**

✓ **Objetivo 1: Evaluar la viabilidad técnica en condiciones seguras**

✓ **Objetivo 2: Conocer los costes de la producción de electricidad con CAC  
Conocer el precio de la tonelada de CO<sub>2</sub> evitado**

✓ **Los incentivos se basarán en la regulación del comercio de derechos de emisión de CO<sub>2</sub>**



# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9

## Acciones de la Comisión Europea 2. Propuesta de Directiva de Almacenamiento



COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES

Brussels, 23.1.2008  
COM(2008) XXX

Proposal for a

**DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL**

**on the geological storage of carbon dioxide and amending Council Directives 85/337/EEC, 96/61/EC, Directives 2000/60/EC, 2001/80/EC, 2004/35/EC, 2006/12/EC and Regulation (EC) No 1013/2006**

PARLAMENTO EUROPEO

2004



2009

*Comisión de Medio Ambiente, Salud Pública y Seguridad Alimentaria*

**PROYECTO DE INFORME**

Ponente: Chris Davies **LDE** 2008/0015(COD)

Discusión actual en Trílogo ( Comisión, Parlamento, Presidencia de la UE)

**2015. Parlamento Europeo: Toda nueva central de combustible fósil de más de 300 MW no podrá emitir más de 500 g/kWh de CO<sub>2</sub>**

**2015. Presidencia de la UE: Toda nueva central de combustible fósil de más de 300 MW deberá estar preparada para captura si se cumplen determinadas condiciones: viabilidad técnica y económica, disponibilidad de transporte y almacenamiento**



# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9

## Acciones de la Comisión Europea 3. Directiva de Comercio de Emisiones

Brussels, 23.1.2008  
COM(2008) XXX

Proposal for a

**DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL**

**amending Directive 2003/87/EC so as to improve and extend the greenhouse gas emission allowance trading system of the Community**

- ✓ **Los Planes Nacionales desaparecen después de 2012** y el límite máximo anual de derechos de emisión disponible en la UE se reducirá, hasta 2020, en un 21 % para continuar posteriormente esta tendencia
- ✓ La asignación de derechos gratuitos va a ir disminuyendo drásticamente y será nula para el sector eléctrico en 2013
- ✓ En 2020 todas las instalaciones sujetas deberán adquirir la totalidad de los derechos en subasta realizada por los Estados
- ✓ Al menos el 20% de los ingresos deberán destinarse a acciones de mitigación del cambio climático, incluida la captura y almacenamiento



# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9

## **Acciones de la Comisión Europea 3. Directiva de Comercio de Emisiones**

### **Frente a ello**

- ✓ No habrá derechos de emisión gratuitos para las actividades de captura, transporte y almacenamiento
- ✓ Pero el CO<sub>2</sub> capturado y almacenado en condiciones seguras se considera legalmente no emitido
- ✓ Por tanto el almacenamiento evita la adquisición y entrega de derechos de emisión de CO<sub>2</sub>
- ✓ En consecuencia, se abre un importante incentivo para la implantación de la captura y almacenamiento en función del precio comparado con el de los derechos progresivamente mas escasos
- ✓ La Plataforma Europea reclama derechos gratuitos para las 12 plantas de demostración



## **GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9**

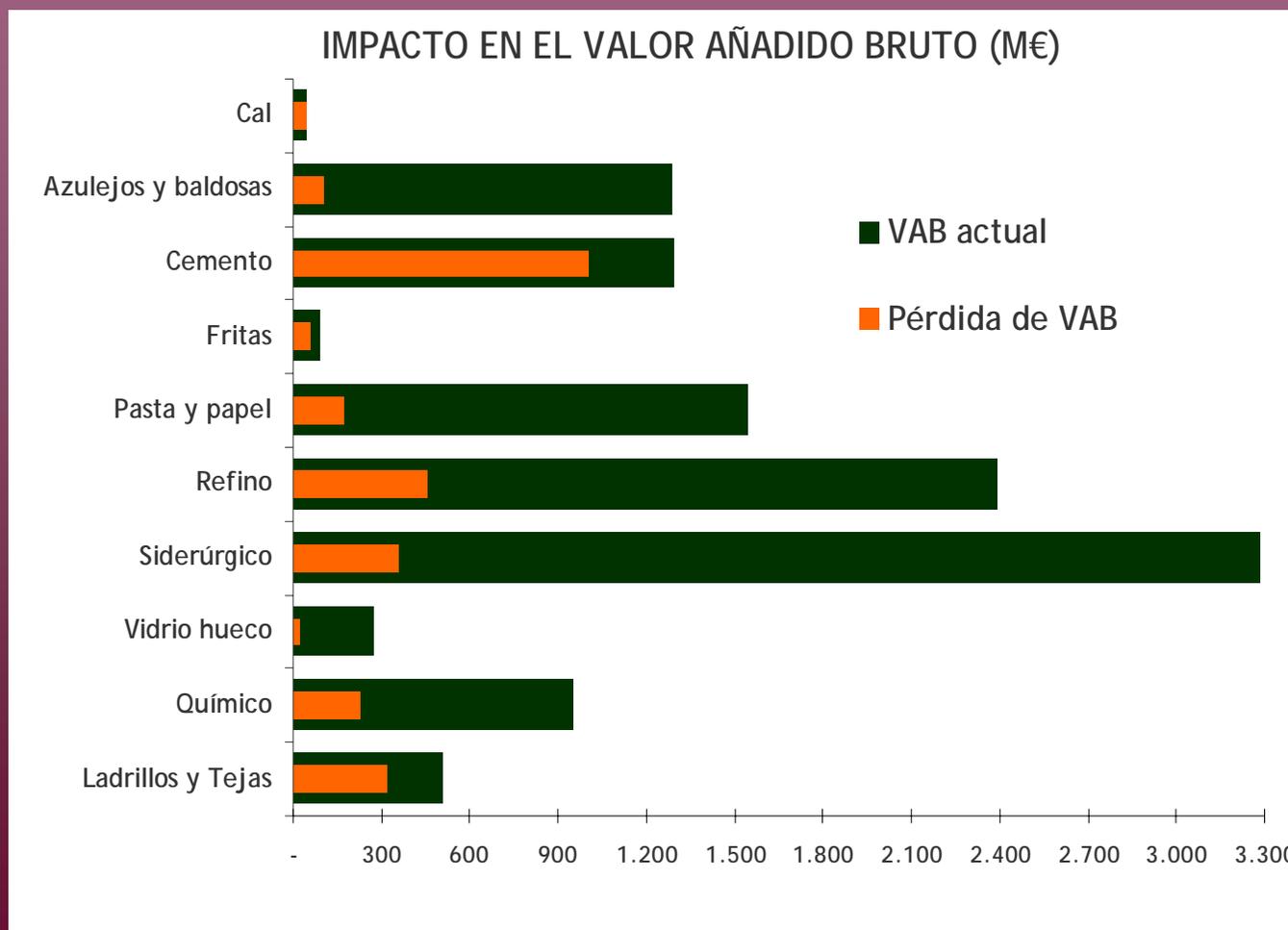
### **Las obligaciones para España derivadas de la actividad legislativa de la CE**

- ✓ España adquiere unas obligaciones que requieren abordar sin dilación acciones para que la CAC sea una alternativa válida que contribuya a mejorar la competitividad de su industria
- ✓ Sin CAC los sectores eléctrico, de refino, siderúrgico y cementero se verán obligados a adquirir mediante subasta derechos de emisión de CO<sub>2</sub> progresivamente mas escasos a precios presumiblemente mas elevados
- ✓ La reducción de derechos asignados a España a partir de 2012 y la necesidad de adquirirlos en subasta supondrá un incentivo económico muy importante para capturar y almacenar CO<sub>2</sub> en función de la comparación de sus costes con la adquisición de derechos



# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9

Disminución del valor añadido bruto por la subasta de derechos de emisión en los sectores analizados por Garrigues para la CEOE



$\Delta = -23,7\%$

Fuente: Garrigues

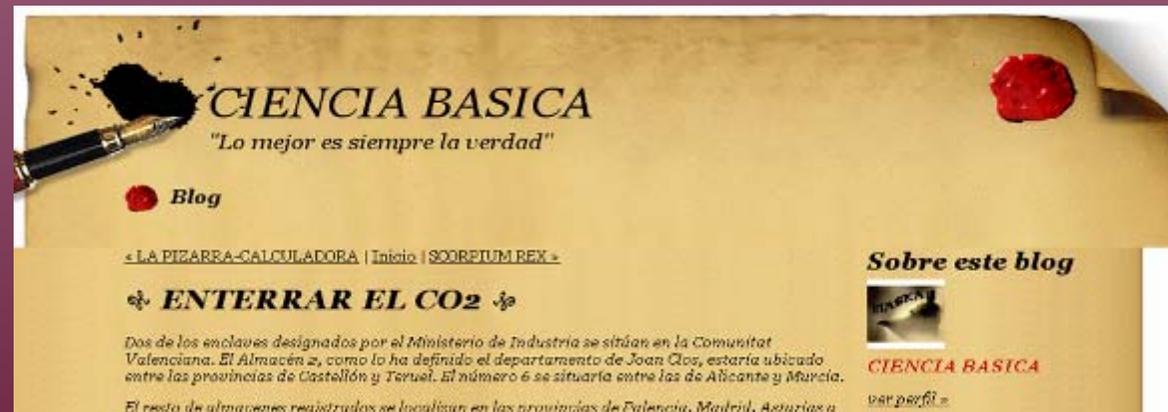


# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9

## El reto social

### ESTUDIOS SOCIO-TÉCNICOS ACTUALES DEMUESTRAN:

- ✓ La sociedad es desconocedora de las tecnologías de captura y almacenamiento
- ✓ Está en contra de la idea de inyectarlo en el subsuelo (“enterrarlo”). Percibe riesgos



- ✓ Tiende a creer que el CO<sub>2</sub> es tóxico
- ✓ Es escéptica ante las explicaciones científicas y tecnológicas
- ✓ Resultado : El camino a la aceptación social es largo, complejo y de resultados inciertos pero es preciso abordarlo inmediatamente



# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9

## El reto social

### REQUISITO PREVIO:

!!! Lograr la aceptación social de las tecnologías CAC !!!

## ¿Cómo?

✓ Estrategia de comunicación social para:

- **Anticiparse a las preguntas y preocupaciones**
- **Preparar mensajes para dar respuesta a esas preocupaciones**

✓ Fundamental: Comunicación y participación

Actores sociales y público afectado:

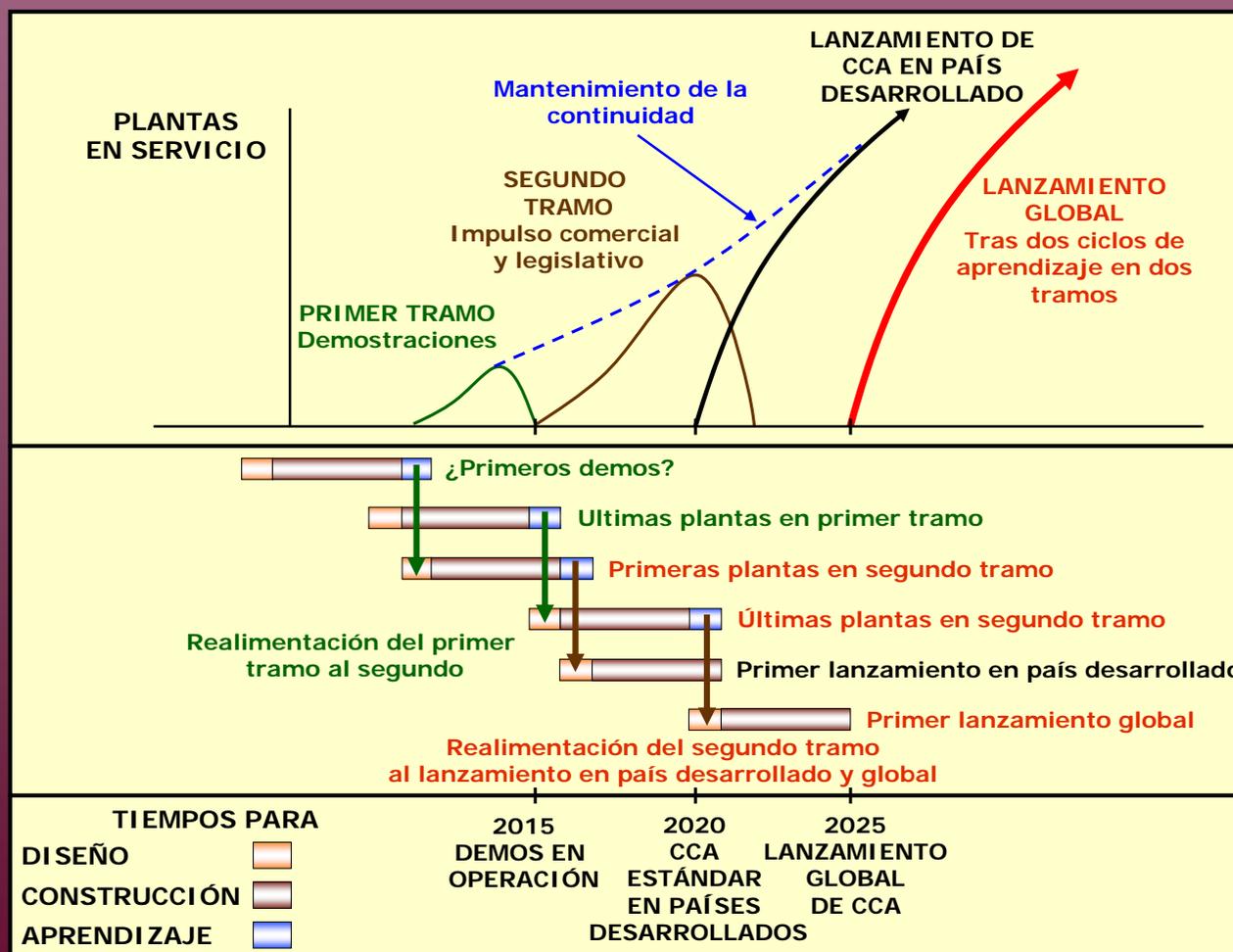
- **Involucrados desde el principio en el proceso**
- **Conociendo de primera mano naturaleza y objetivos de estudios a realizar en su territorio**
- **Participando en el proceso de la toma de decisiones**



# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9

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

Esquema del desarrollo de captura en precombustión y oxidación



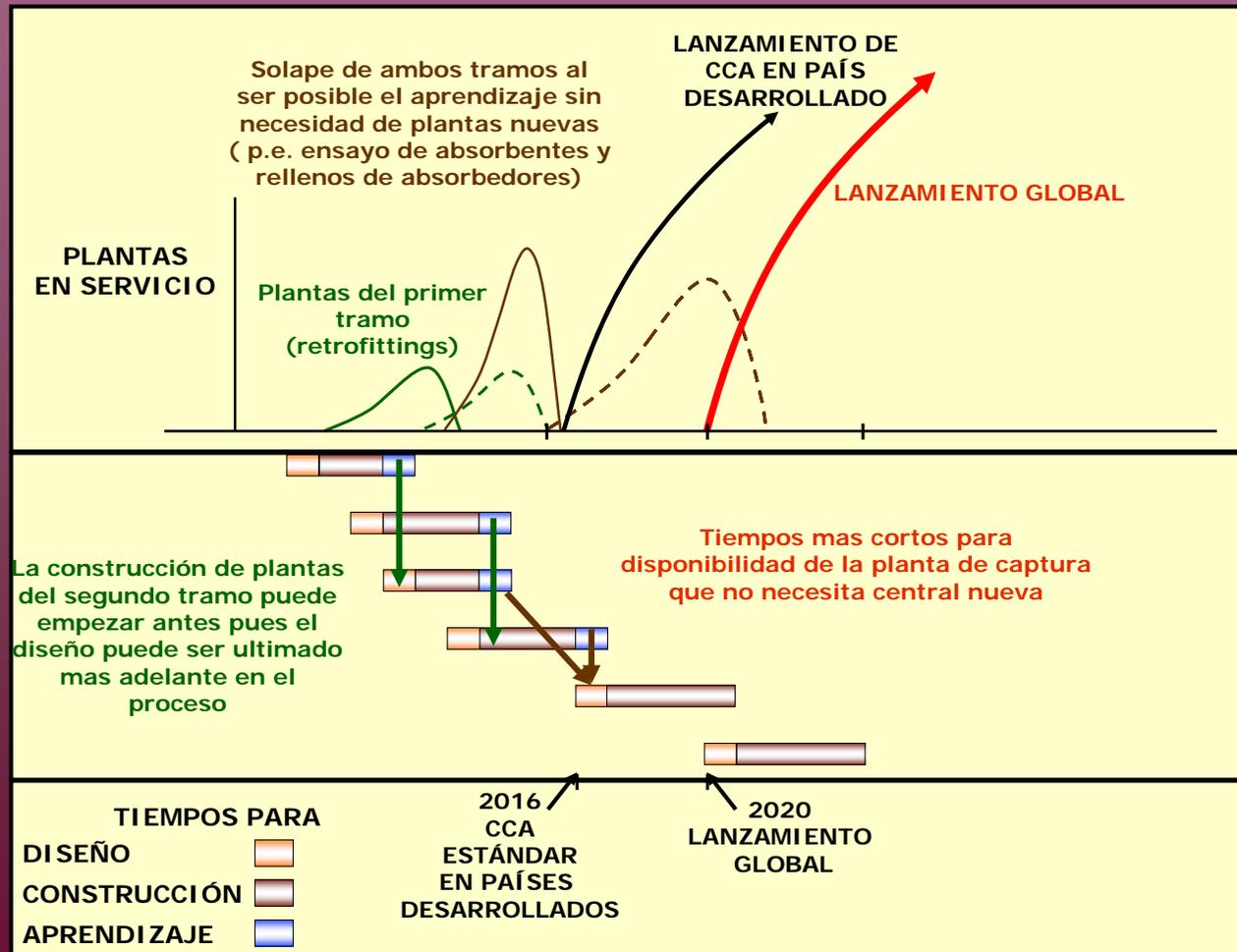
Gibbins, J., Chalmers, H.: Preparing for global rollout: A ‘developed country first’ demonstration programme for rapid CCS deployment. *Energy Policy* (2007), doi: 10.1016/j.enpol.2007.10.021 (En prensa)



# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9

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

### Esquema del desarrollo de la captura en postcombustión

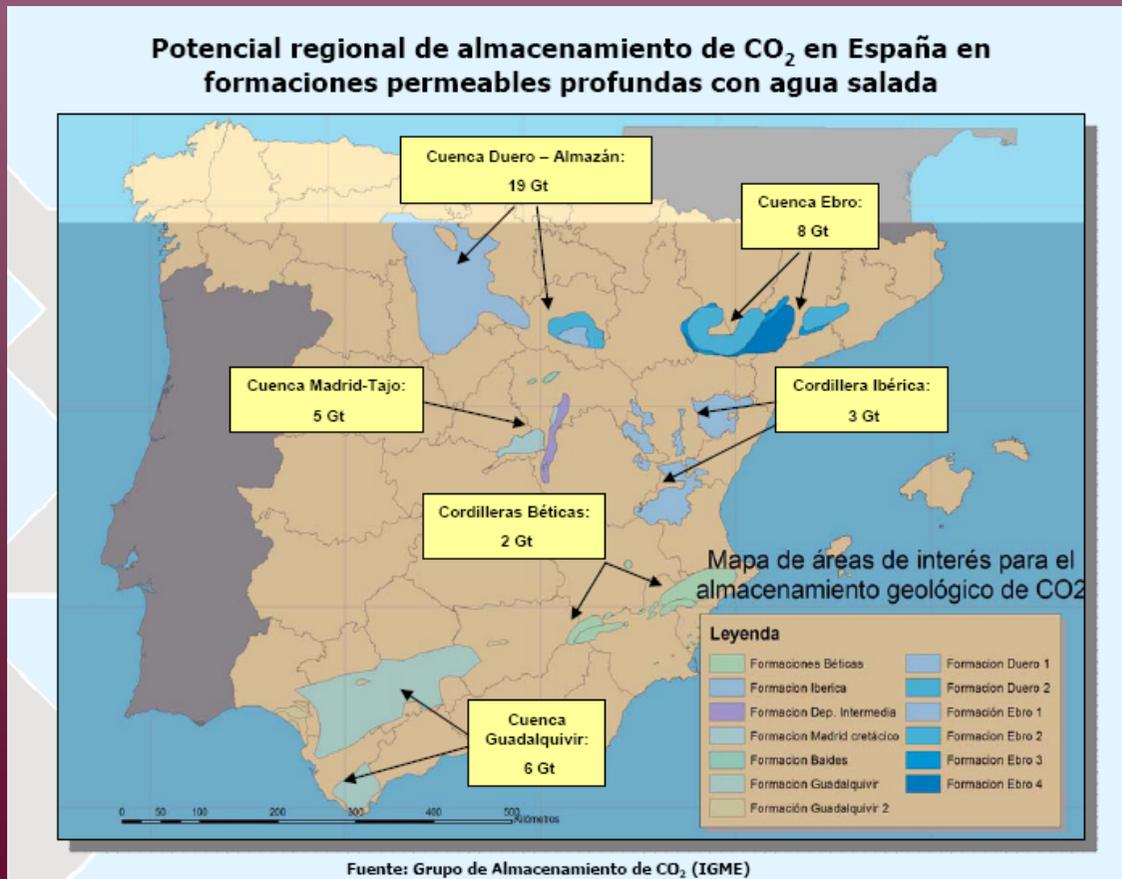




# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9

## Desarrollo del Almacenamiento en España

- ✓ El subsuelo español, tanto en tierra firme como en el medio marino, ofrece buenas condiciones para el almacenamiento de CO<sub>2</sub>
- ✓ Marco para la selección de emplazamientos óptimos:



- España carece de yacimientos de gas o petróleo
- Estudios geológicos escasos y parciales del subsuelo



# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9

## Iniciativas españolas en desarrollo de CAC



**PSE  
CO2**



Planta de El Bierzo

Búsqueda de almacenes

Planta de captura Elcogás

**CENIT  
CO2**



Planta de absorción aminas

Planta de carbonatación



Aprovechamiento industrial del CO<sub>2</sub> capturado

**CENIT SOST-CO2**



# GT-SEN: “Sostenibilidad de los Recursos Energéticos Fósiles y Minerales para el CONAMA 9



**Congreso Nacional del Medio Ambiente**

**Cumbre del Desarrollo Sostenible**

**Presentación Grupo de Trabajo**

**Sostenibilidad de los recursos energéticos  
fósiles y minerales:**

**uso racional en el abastecimiento y el consumo**

**Subgrupo 2: Captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>**

**Benito Navarrete Rubia**

**Madrid, 2 de Diciembre 2008**