

Captura y Almacenamiento de CO₂ “CAC”

Aclaración: Las expresiones que se darán en esta charla solo representan la opinión del autor y no necesariamente la opinión de YPF S.A.

Martín Fasola

Introducción

Objetivo:

Analizar la situación de la Captura y Almacenamiento de CO₂ (CAC o CCS) en mundo

Importancia:

- Obligación de reducción de emisiones
- Posibles obligaciones provinciales (cero venteo)
- Obtención de bonos verdes (MDL)
- Recuperación adicional de HC

Introducción

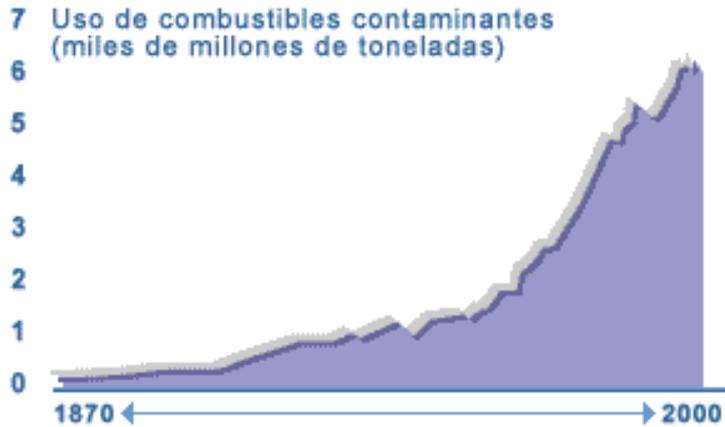
Agenda:

- Antecedentes
 - Protocolo de Kyoto, Cambio Climático y MDL
 - Alternativas de reducción
- Captura y Almacenamiento de CO₂
 - Fuentes
 - Captura
 - Transporte y Acondicionamiento
 - ***Almacenamiento geológico***
- Posición de RY
- Conclusiones

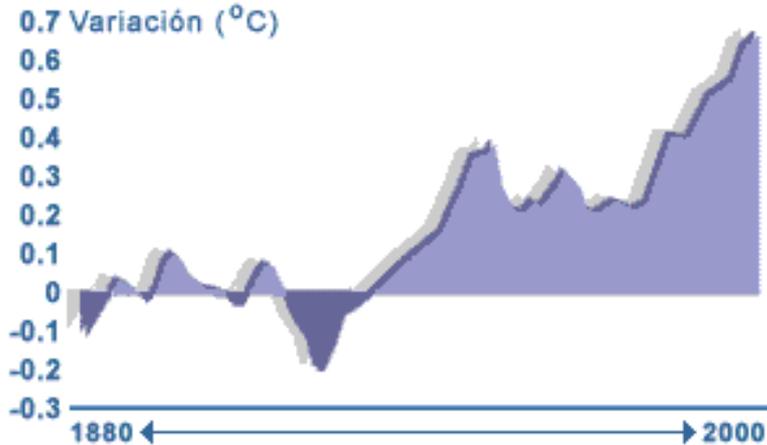
Antecedentes I

Cambio Climático

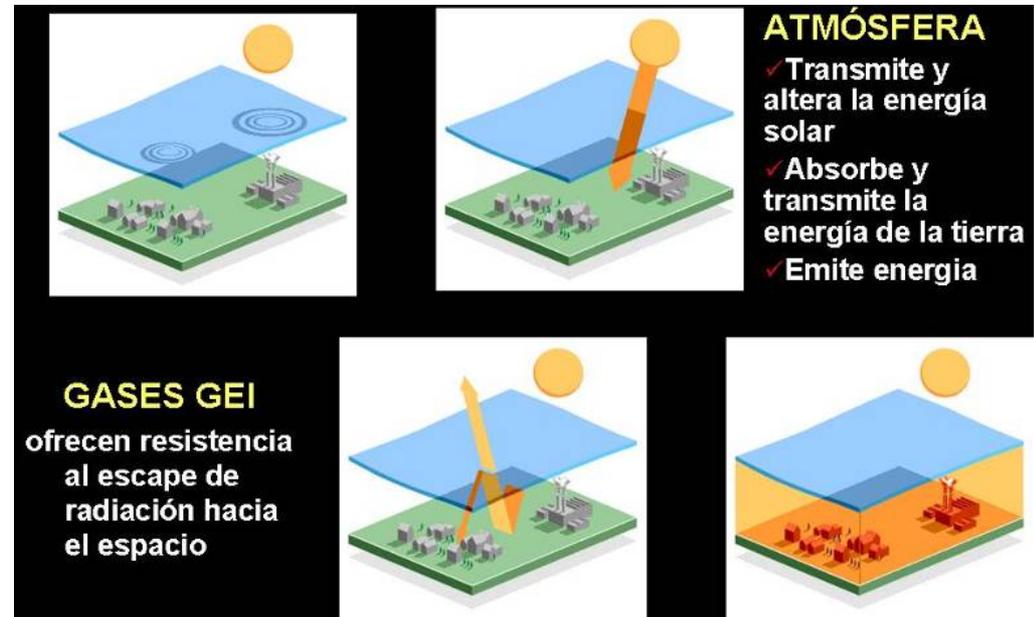
CO₂ por uso de combustibles fósiles



Aumento de temperatura



Efecto Invernadero



Antecedentes I

Protocolo de Kyoto ('97)

Objetivo: Estabilizar las concentraciones de Gases GEI

Compromisos

- Países Anexo A: REDUCCIÓN
- Países Anexo B: SIN REDUCCIÓN

Mecanismos

- Burbuja
- Implementación Conjunta
- Comercio de Emisiones
- ***Mecanismo para un desarrollo limpio (MDL)***



Antecedentes II

Alternativas para la reducción de emisiones

- Eficiencia energética
- Energía alternativas
- ***Captura y Almacenamiento Geológico de CO₂ (CAC)***



Captura y Almacenamiento de CO₂ (CAC)

CAC: Sistema complejo de procesos interconectados

Captura



Agrupación de todos los procesos mediante los cuales se obtiene a partir de una corriente multicomponente una corriente concentrada en CO₂ capaz de ser almacenada y/o monetizada (valorizada).

Acondicionamiento
y Transporte



Conjunto de procesos que permiten que el CO₂ capturado llegue en condiciones adecuadas al lugar de almacenamiento.
Acondicionamiento: deshidratación, eliminación de sólidos y compresión del gas.

Almacenamiento
Geológico



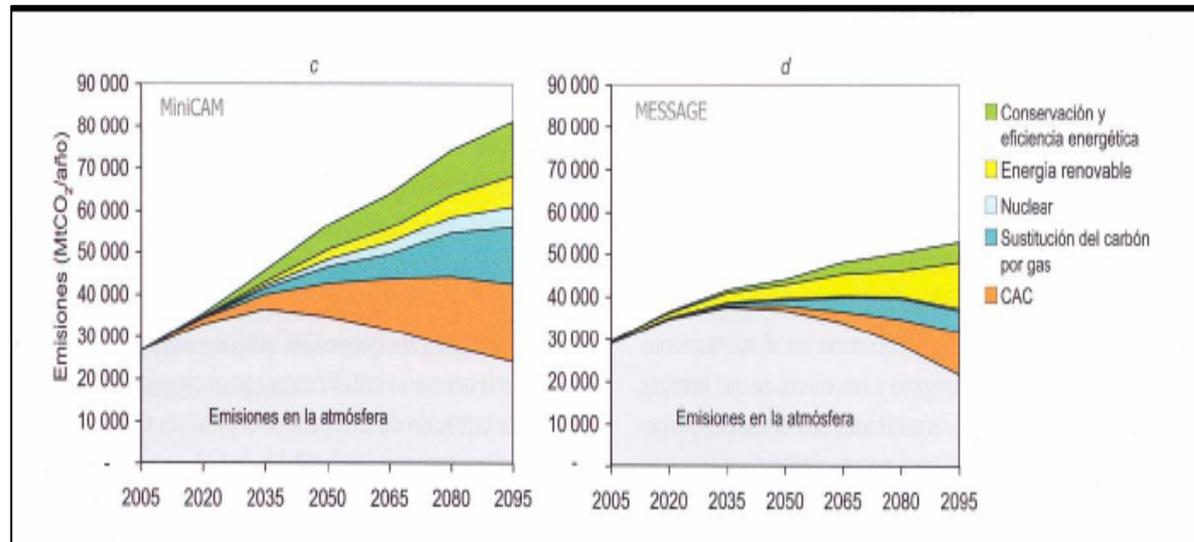
Proceso por el cual se inyecta el CO₂ en un lugar apropiado, evitando que sea liberado a la atmósfera.
El almacenamiento puede ser en formaciones geológicas o en el fondo oceánico y puede o no tener como valor agregado la recuperación de HC

Captura y Almacenamiento de CO₂ (CAC)

Rol de la Tecnología de CAC

Son dos los “drivers” que muestran un papel importante de las tecnologías de CAC en los escenarios futuros de incremento en la demanda de combustibles fósiles y de reducción de las emisiones de CO₂ a lo largo de este siglo. (Fuente: IEA escenarios 2030 e Informe IPCC CAC 2005):

1º Estabilizar los gases de efecto invernadero en la atmósfera.



La CAC tiene un potencial de contribución en la reducción entre un 15% y un 55% acumulativo hasta el 2100

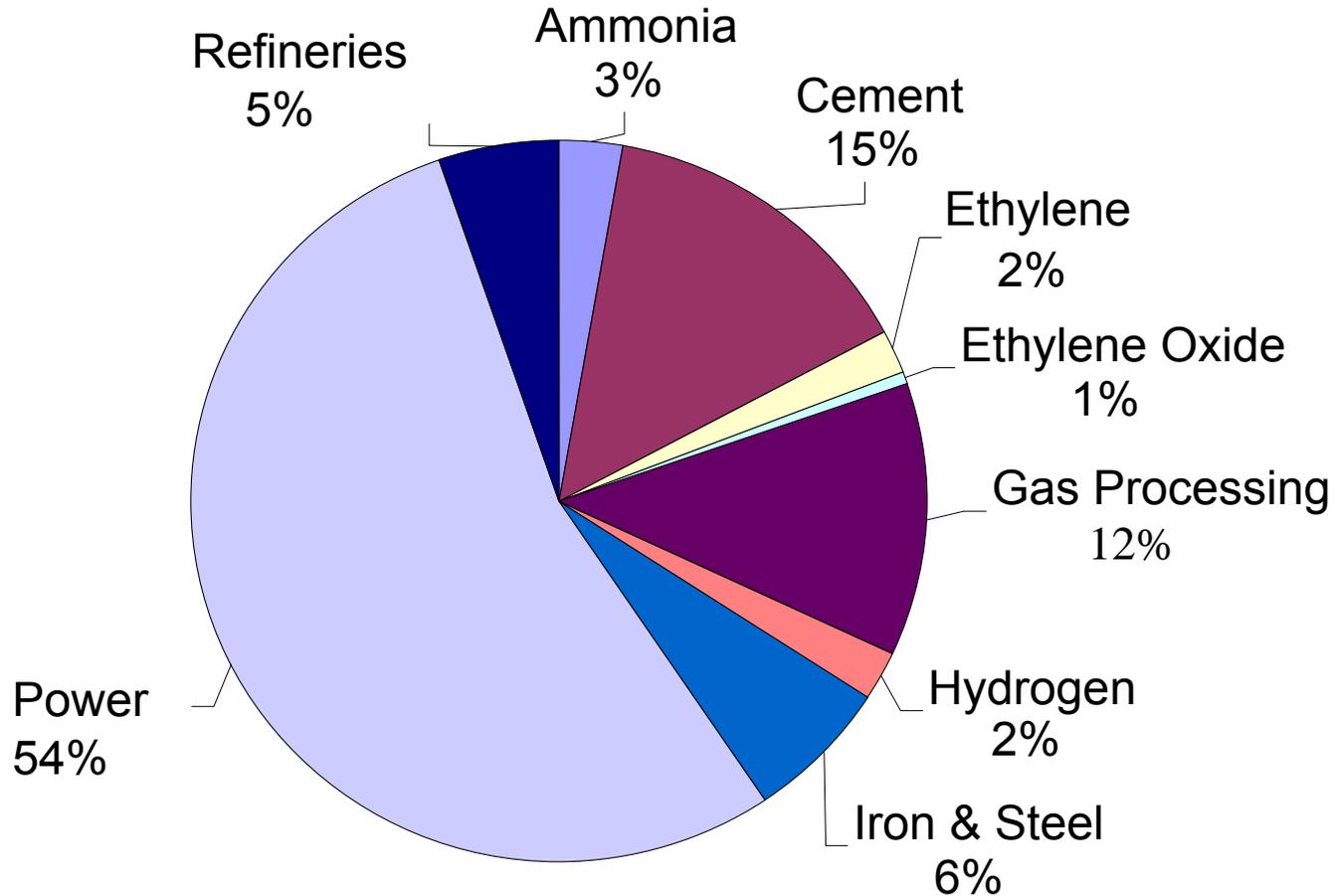
2º Aumento de la producción y del factor de recuperación de petróleo y gas.

Captura y Almacenamiento de CO₂ (CAC)

FUENTES DE CO₂

Captura y Almacenamiento de CO₂ (CAC)

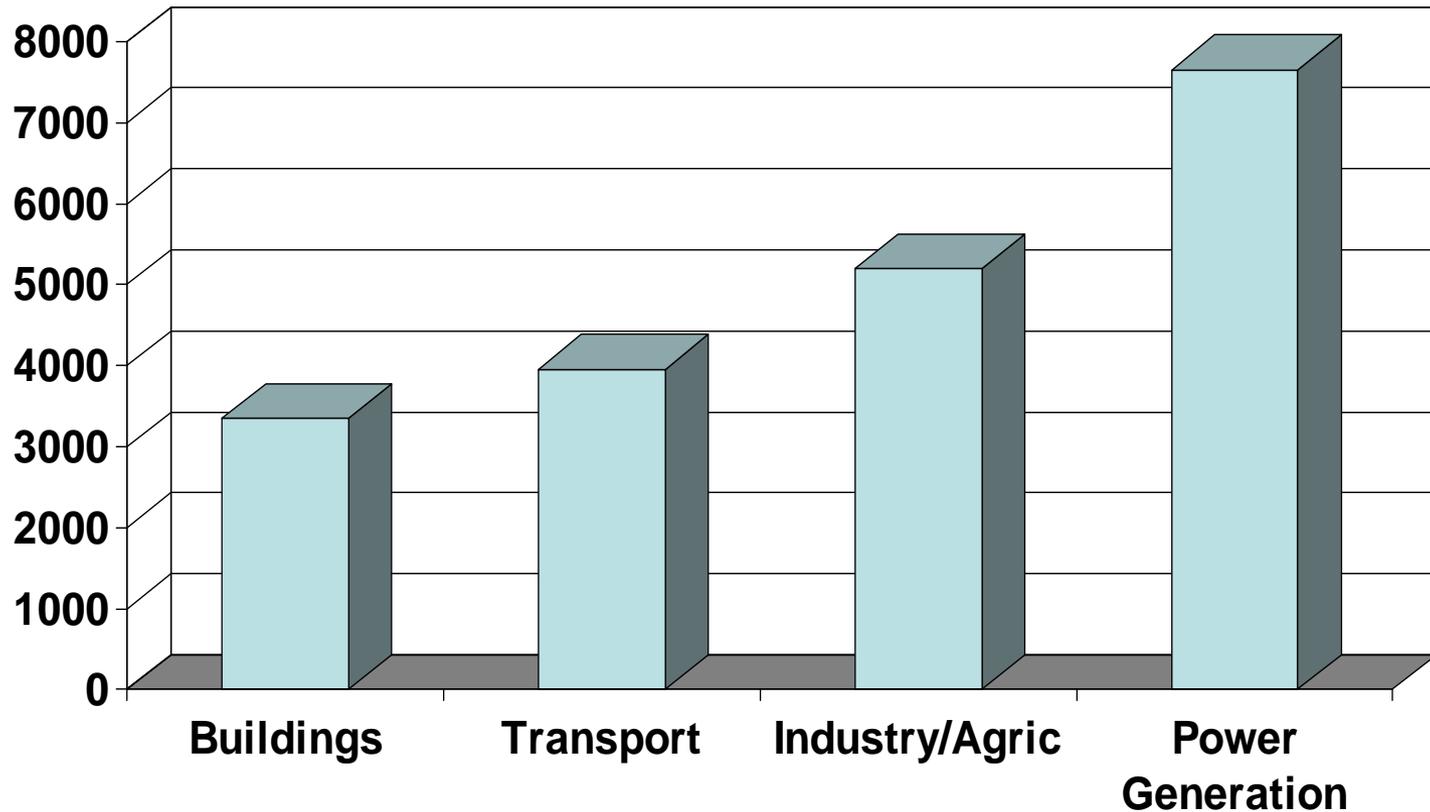
Principales Fuentes



Captura y Almacenamiento de CO₂ (CAC)

Principales Fuentes

Emisiones, Mt CO₂/año

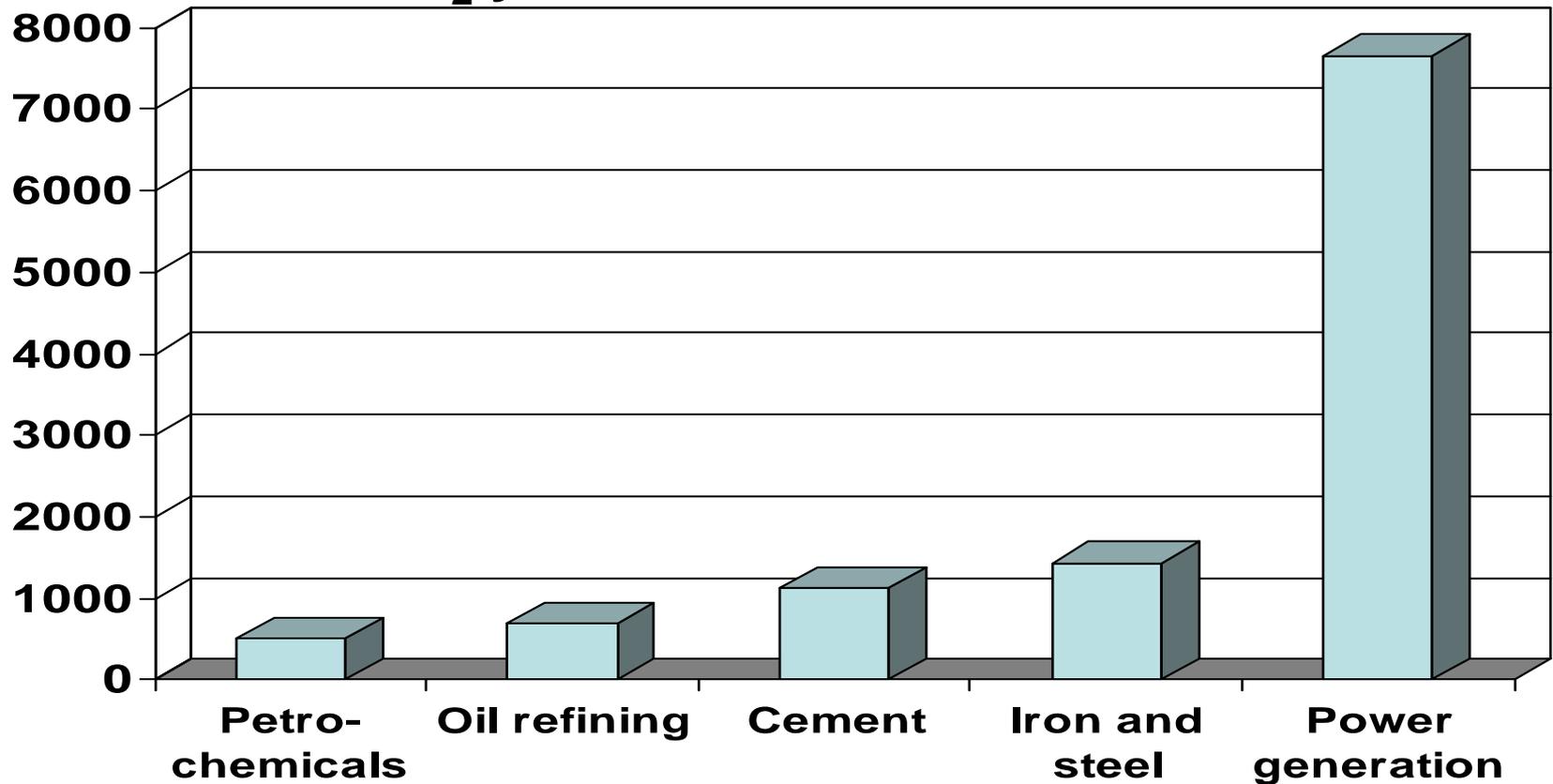


1997 datos de IPCC TAR

Captura y Almacenamiento de CO₂ (CAC)

Emisiones de fuentes industriales

Emisiones, Mt CO₂/y



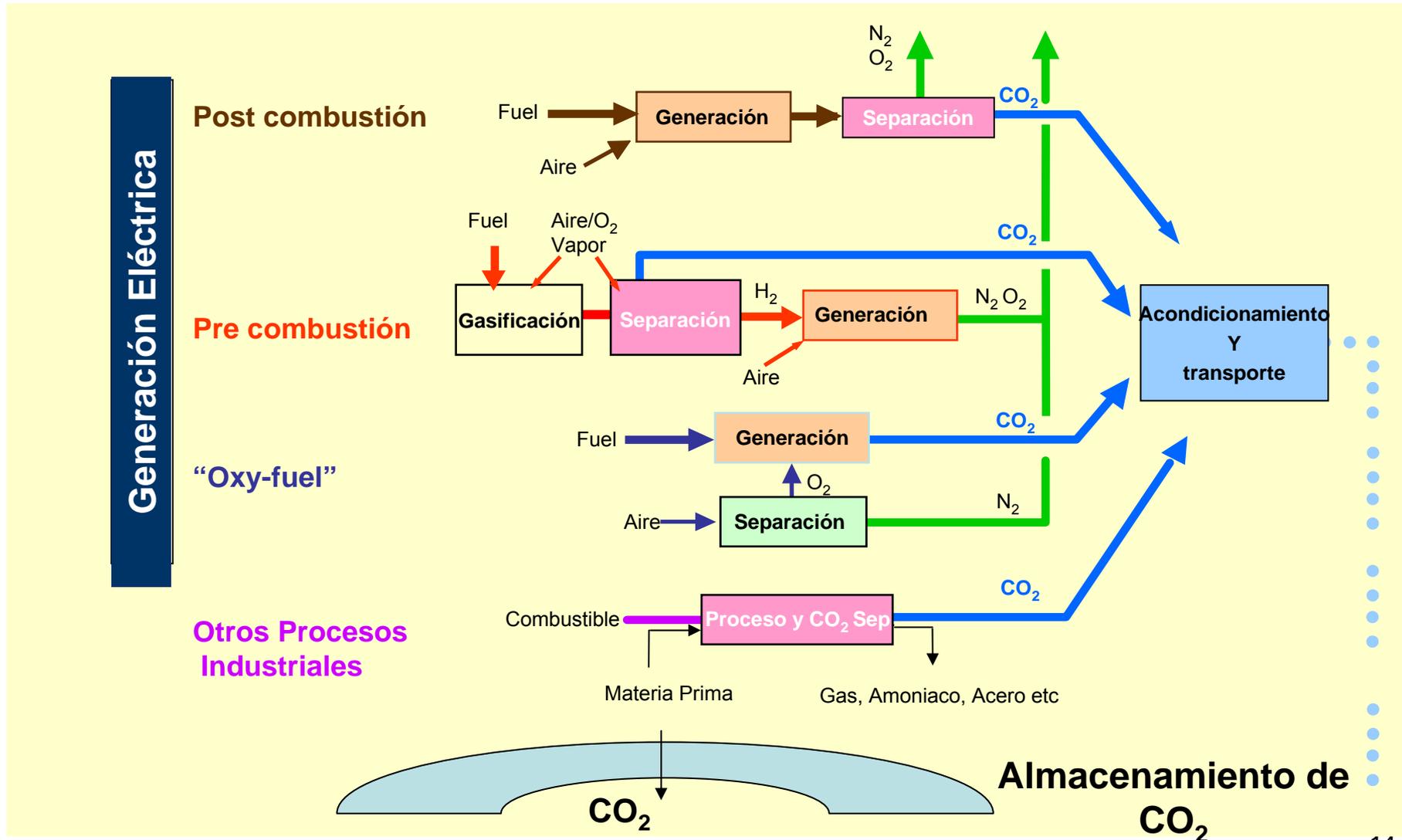
Datos de 1994-6

Captura y Almacenamiento de CO₂ (CAC)

TECNOLOGIAS DE CAPTURA DE CO₂

Captura y Almacenamiento de CO₂ (CAC)

Captura de CO₂ en fuentes estacionarias. Procesos Integrados



TECNOLOGIAS DE TRANSPORTE DE CO₂

Captura y Almacenamiento de CO₂ (CAC)

Gasoductos de CO₂



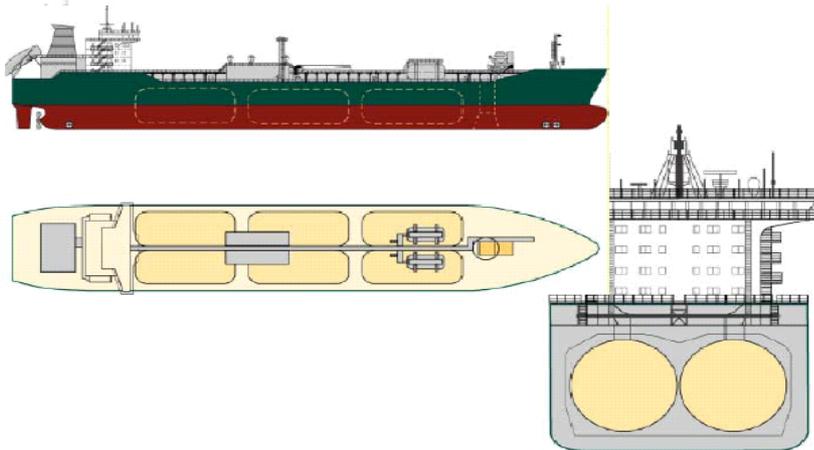
- Gasoductos de CO₂ :
 - 3100 Km. son empleados hoy en día, principalmente en USA y Canadá
 - Capacidad > 110 Mt/año
- Costos para 0.1 Mt/año
 - ~ \$13 /t CO₂/100km
- Costo para 5 Mt/año
 - ~ \$1.1 /t CO₂/100km
- Costo para 50 Mt/año
 - ~ \$0.5 /t CO₂/100km

Captura y Almacenamiento de CO₂ (CAC)

Transporte por barcos



CO₂ ship



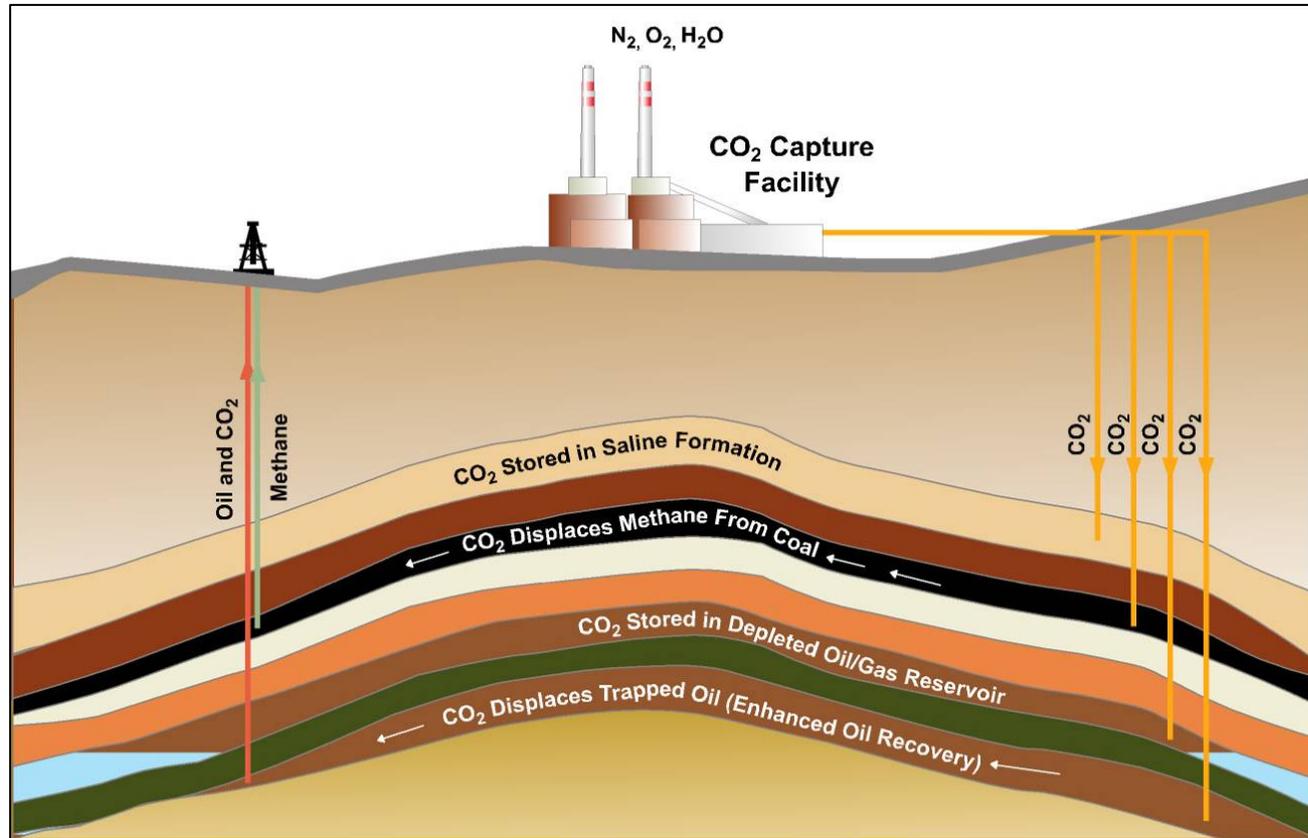
- Barcos de CO₂ :
 - El traslado de CO₂ por largas distancias se puede realizar por barco
 - Construcción similar a los barcos de LPG
- Costo
 - Similar a un gasoducto que recorre grandes distancias

TECNOLOGIAS DE ALMACENAMIENTO DE CO₂

Captura y Almacenamiento de CO₂ (CAC)

Almacenamiento de CO₂

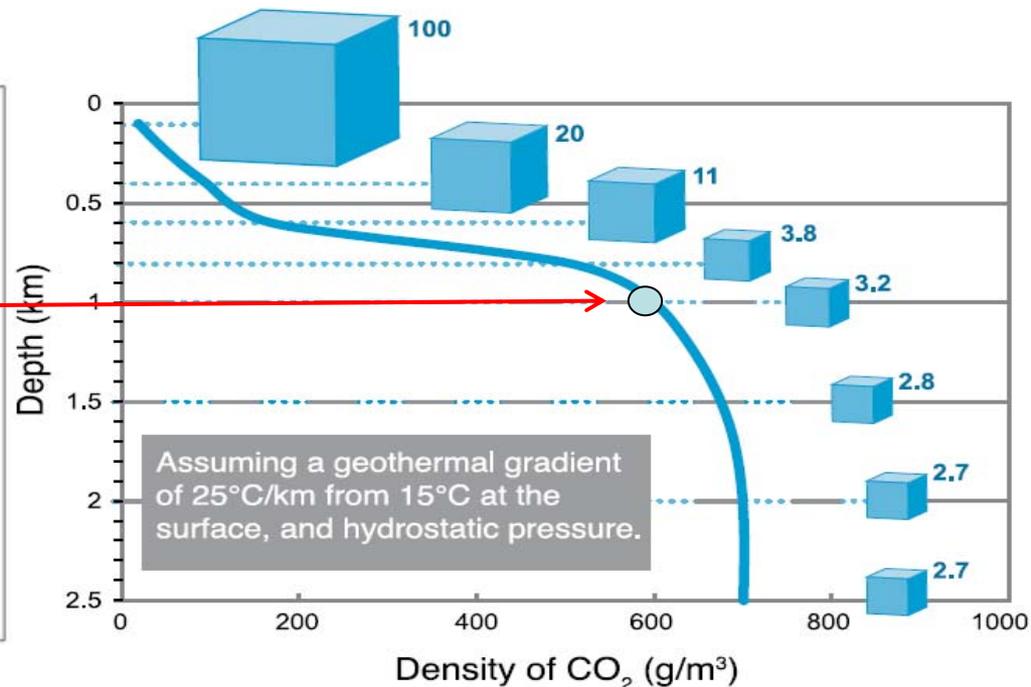
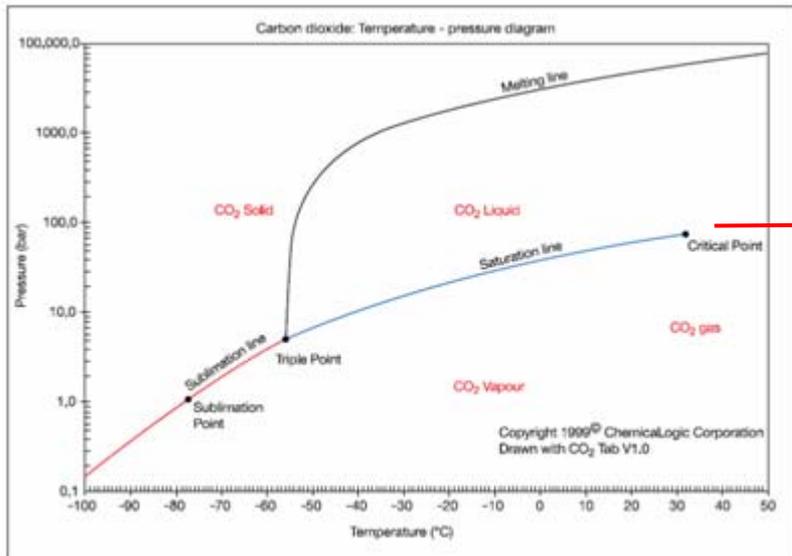
Consiste en inyectar y almacenar importantes cantidades de CO₂ en estructuras geológicas estables y seguras durante períodos de tiempo muy largos, (> 1000 años) evitando que se emita a la atmósfera.



Captura y Almacenamiento de CO₂ (CAC)

Almacenamiento de CO₂ - Introducción

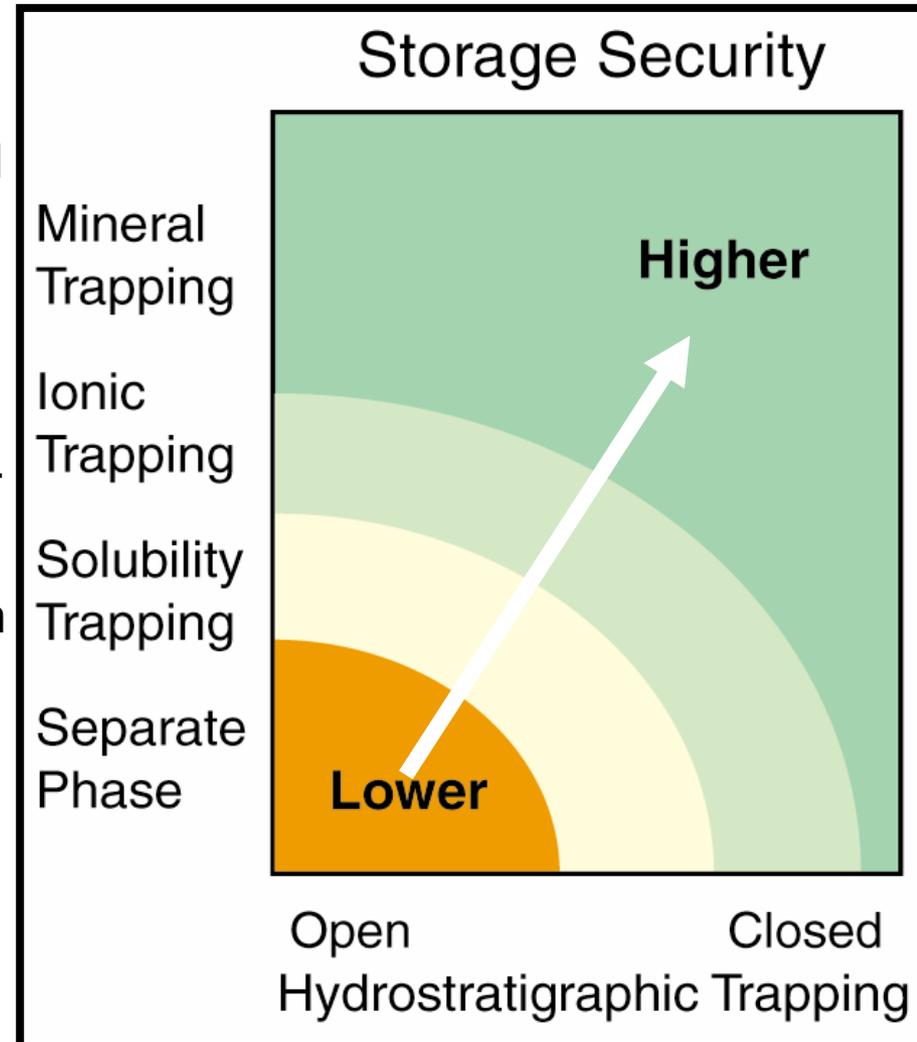
Es recomendable el almacenamiento del CO₂ en **estado supercrítico** ($P_c = 73,8 \text{ atm}$, $T_c = 31,1^\circ\text{C}$, $\rho_c = 467 \text{ kg/m}^3$), donde la densidad del CO₂ es superior a condiciones normales ($\rho_{CN} = 1,97 \text{ kg/m}^3$). Estas condiciones se alcanzan generalmente a partir de **800 m de profundidad** considerando únicamente la presión hidrostática.



Captura y Almacenamiento de CO₂ (CAC)

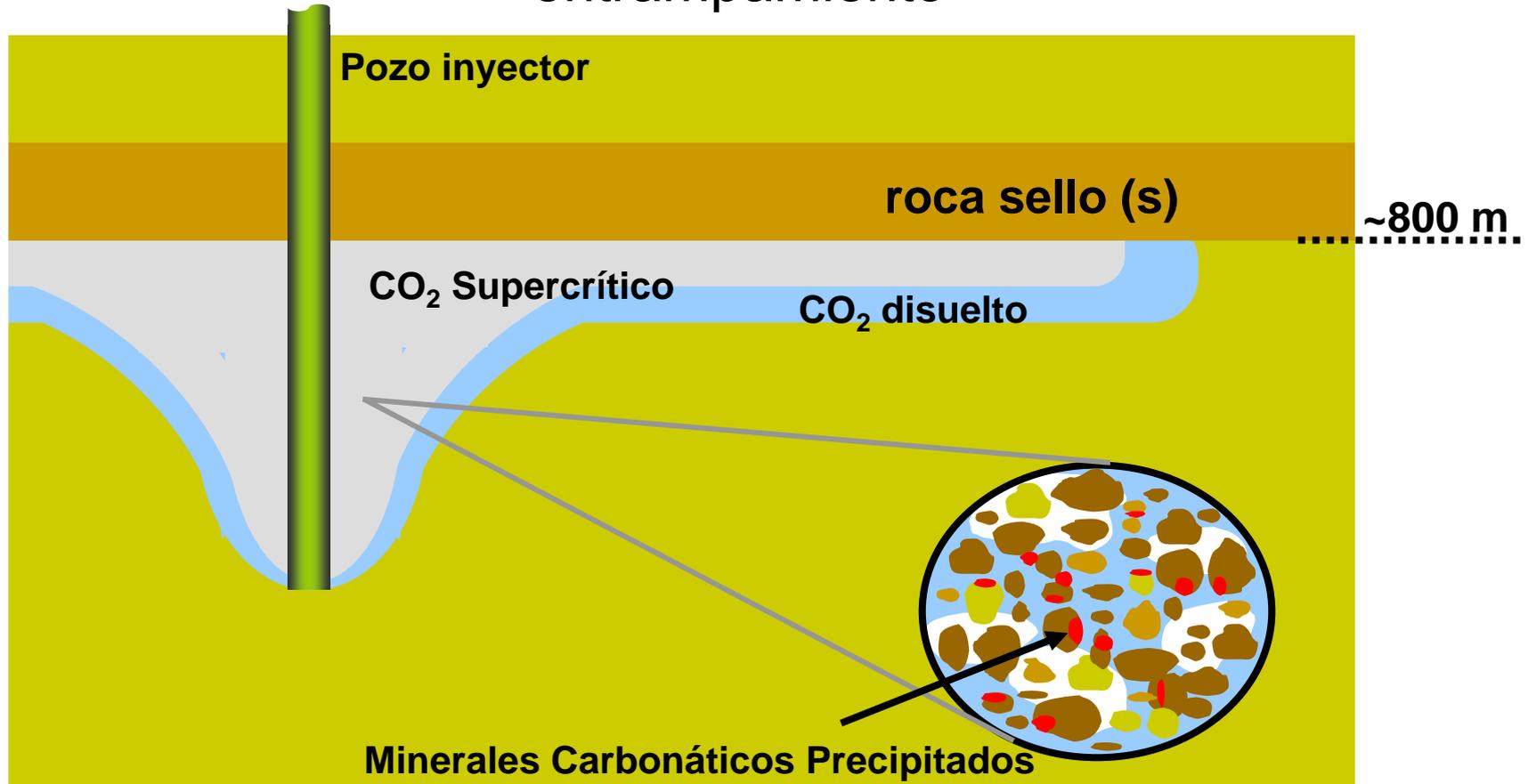
Almacenamiento de CO₂ - Mecanismos de entrapamiento

- Mecanismos físicos: Entrampado como gas, líquido o fluido supercrítico por debajo de una roca de baja permeabilidad o roca sello
 - Entrampamiento estratigráfico y estructural
 - Entrampamiento hidrodinámico. Acuíferos salinos sin cierre estructural.
- Mecanismos geoquímicos:
 - Entrampado por solubilidad: disolución del CO₂ en el agua de formación
 - Entrampamiento iónico (formación de iones por disolución de la roca y aumento del pH)
 - Convertido en mineral o adsorbido dentro de la materia orgánica, formando parte de la matriz mineral



Captura y Almacenamiento de CO₂ (CAC)

Almacenamiento de CO₂ - Inyección de CO₂ y Mecanismos de entrapamiento



**Entrampamiento
estratigráfico**

**Entrampamiento
por solubilidad**

**Entrampamiento
hidrodinámico**

**Entrampamiento
mineral**

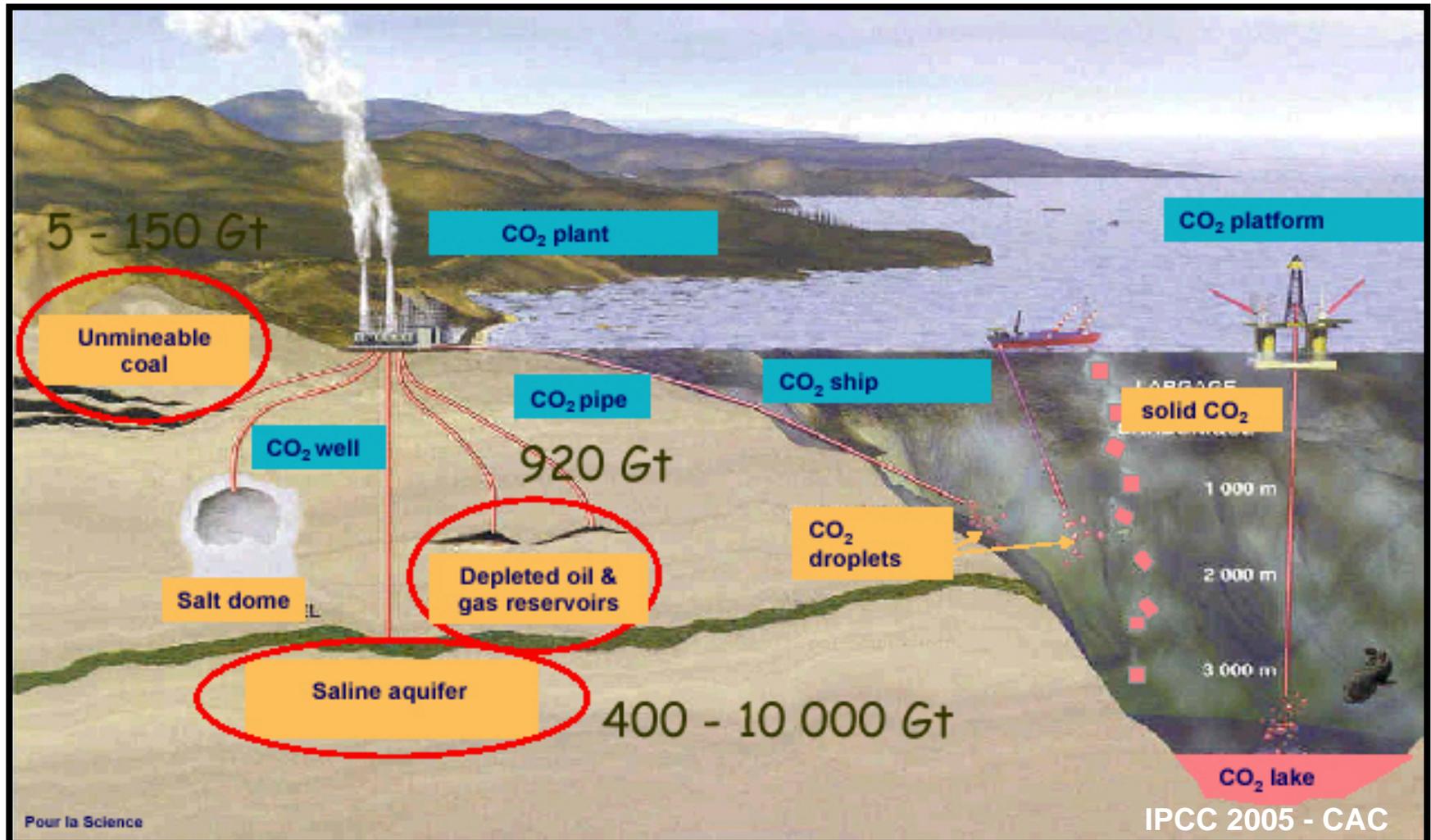
Captura y Almacenamiento de CO₂ (CAC)

Almacenamiento de CO₂ – Condiciones mínimas

- El Almacenamiento de CO₂ debe:
 - Reunir las condiciones para retener la totalidad del CO₂ inyectado durante los periodos requeridos y evitar su escape o migración hacia la superficie
 - Ser verificable mediante el monitoreo
 - Tener suficiente capacidad para almacenar lo generado por la fuente durante el periodo establecido
- Los reservorios naturales que tienen la capacidad necesaria son:
 - Reservorios de acuíferos salinos
 - Domos salinos
 - Reservorios agotados de petróleo y gas
 - Mantos de carbón no minables
 - Fondo oceánico
- Empleo potencial para su comercialización (usos): EOR, ECBM, EGR
- Transformación: Mineralización y secuestro biológico (algas)

Captura y Almacenamiento de CO₂ (CAC)

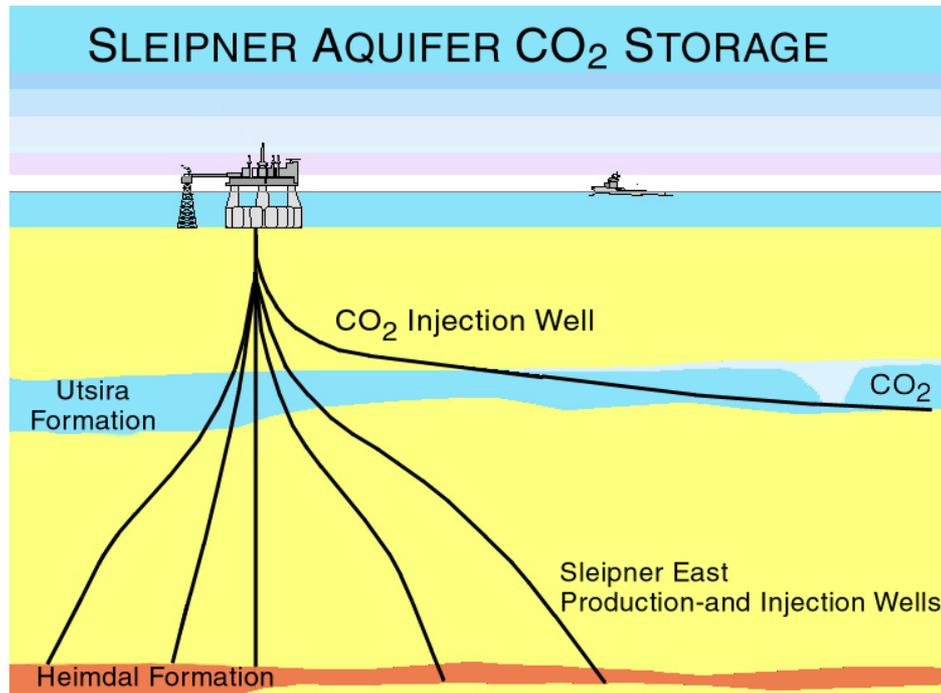
Alternativas de almacenamiento geológico



Captura y Almacenamiento de CO₂ (CAC)

Proyecto Sleipner, Mar de Norte (1996)

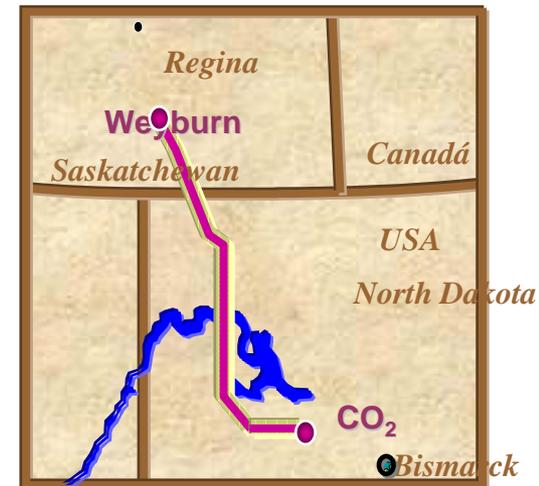
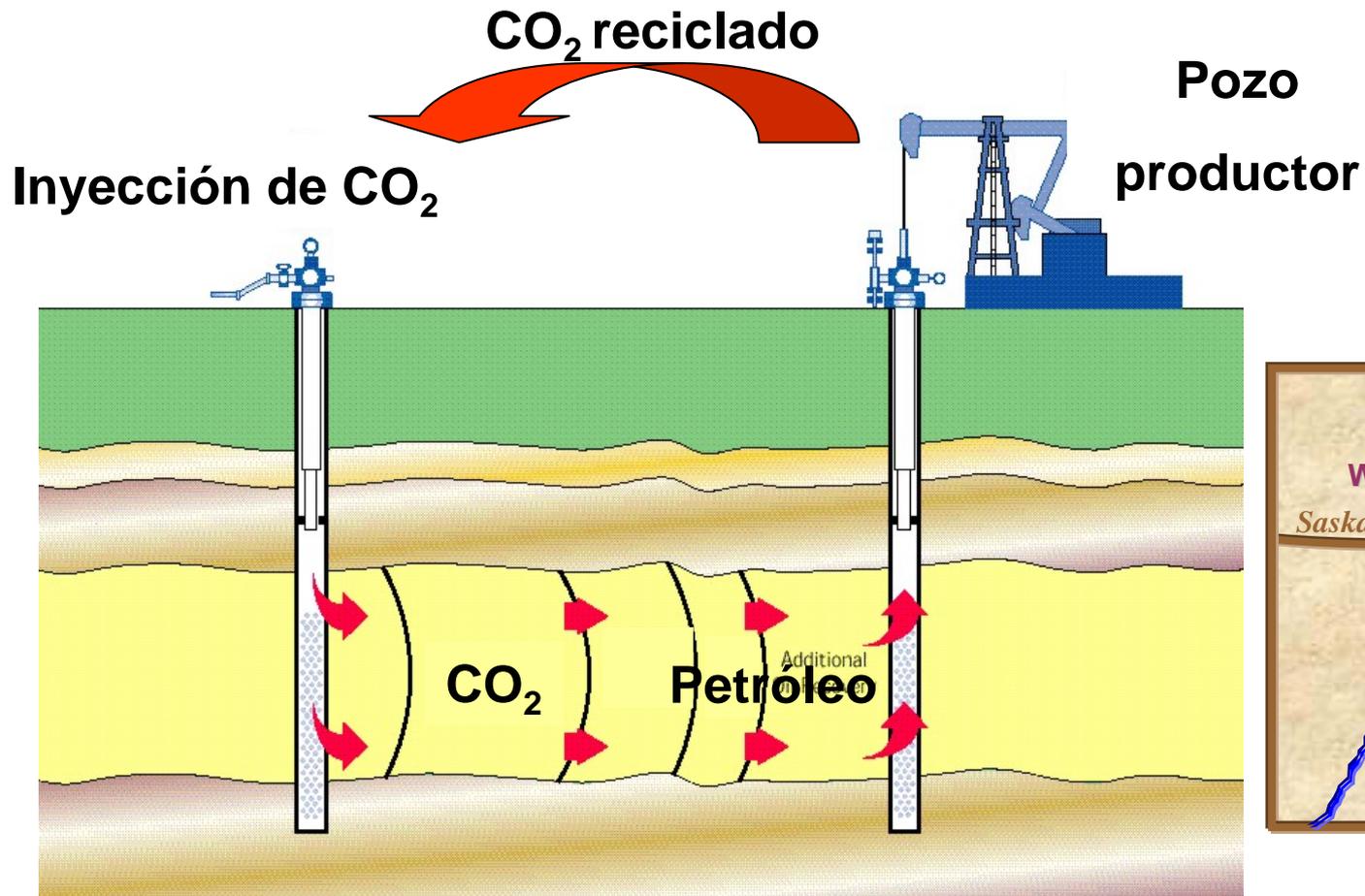
Primer proyecto comercial de almacenamiento de CO₂ en una formación salina



Captura y Almacenamiento de CO₂ (CAC)

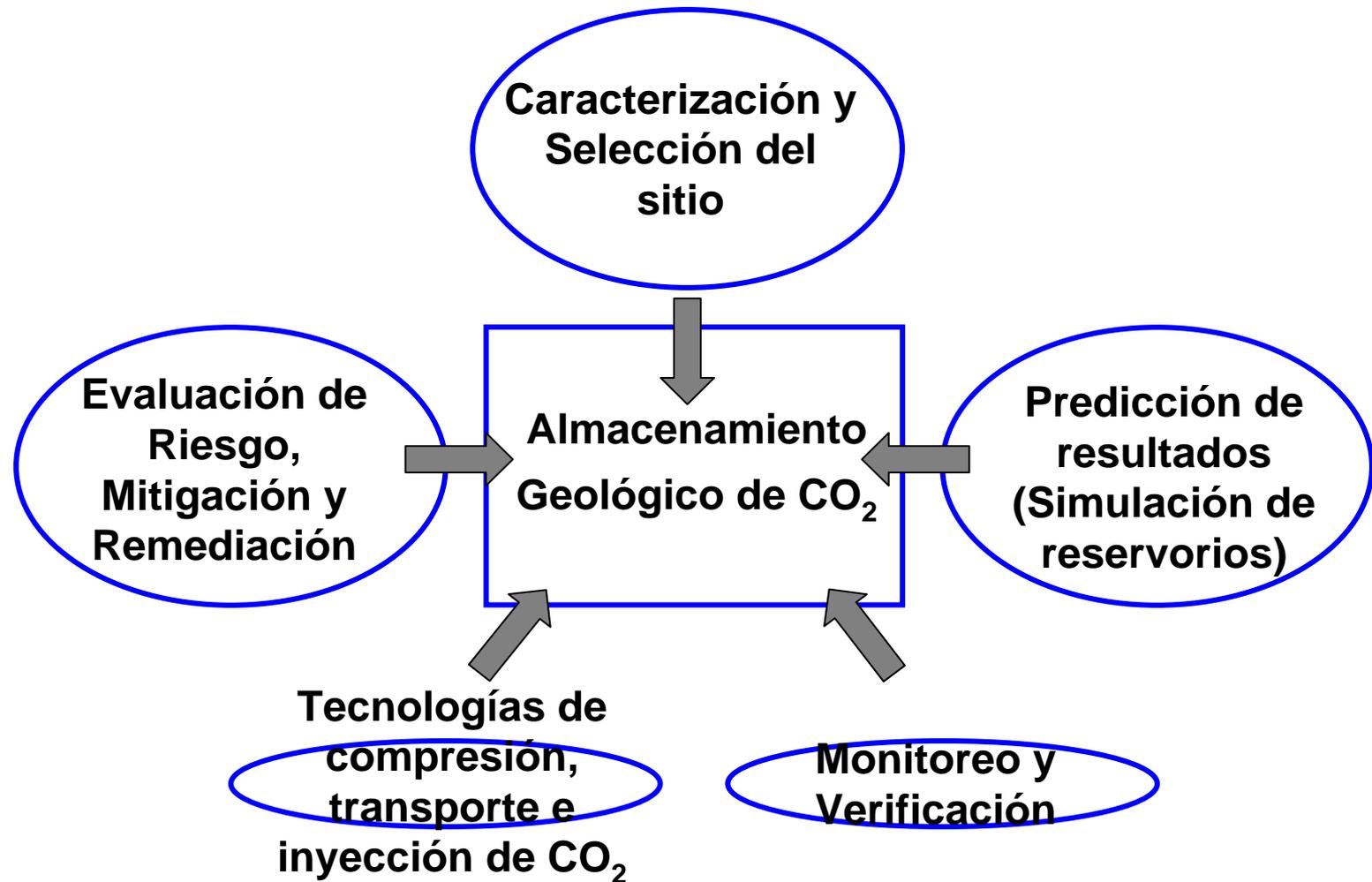
Proyecto Weyburn, EOR, Saskatchewan, Canadá

Recuperación mejorada de petróleo con CO₂



Captura y Almacenamiento de CO₂ (CAC)

Componentes del Almacenamiento de CO₂



Captura y Almacenamiento de CO2 (CAC)

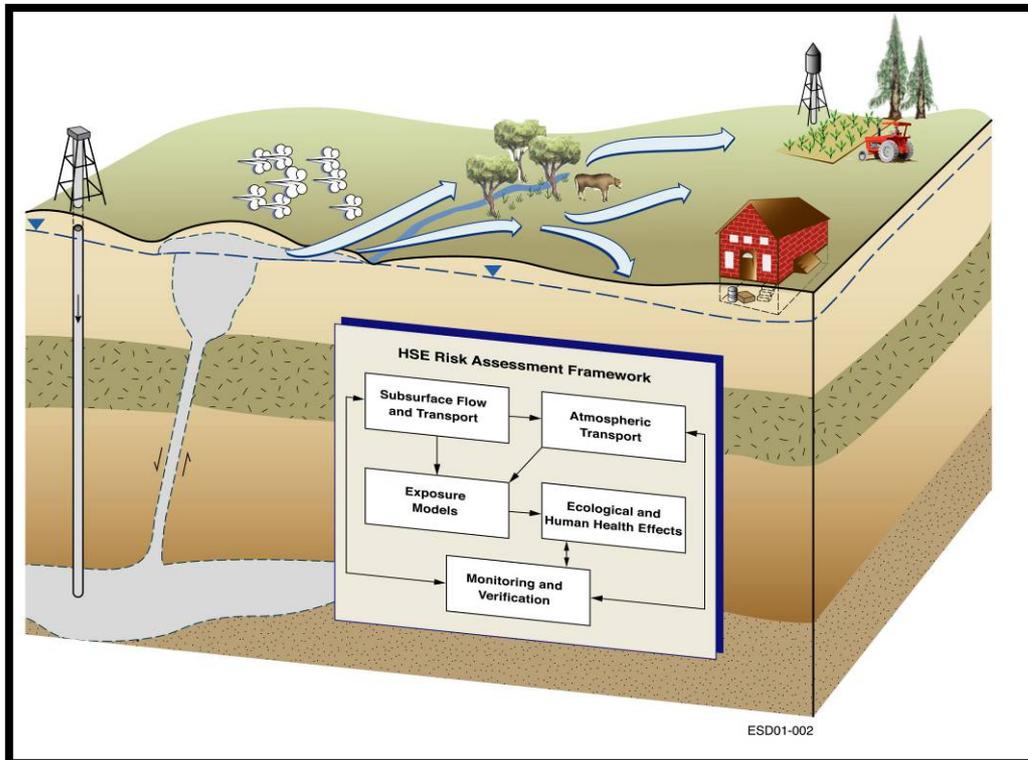
a) Caracterización y selección de sitio

	<u>Indicadores positivos</u>	<u>Indicadores de precaución</u>
Eficiencia del reservorio		
▪Capacidad de almacenamiento estática	La capacidad de almacenamiento efectiva estimada debe ser mucho mayor que la cantidad total de CO2 que se quiere inyectar	La capacidad de almacenamiento efectiva estimada es similar a la cantidad total de CO2 que se quiere inyectar
▪Capacidad de almacenamiento dinámica	Presión de inyección estimada está muy por debajo de los niveles para inducir daños geomecánicos al reservorio y la roca sello.	Presión de inyección estimada es cercana a los límites de inestabilidad geomecánica
Propiedades del reservorio		
▪Profundidad	> 1000 m y < 2500 m	< 800 m y > 2500 m
▪Espesor	> 50 m	< 20 m
▪Porosidad	> 20%	< 10%
▪Permeabilidad	> 500 mD	< 200 mD
▪Salinidad	> 100 gl ⁻¹	< 30 gl ⁻¹
▪Estratigrafía	Uniforme	Reservorios con variaciones laterales complejas y conectividad entre las diferentes facies
Eficiencia del sello		
▪Continuidad lateral	Estratigráficamente uniforme con fallamiento ausente o menor	Grandes variaciones laterales y fallamiento intenso
▪Espesor	> 100 m	< 20 m
▪Presión capilar	Mucho mayor que el incremento máximo de la presión de inyección estimada	Similar al incremento máximo de la presión de inyección estimada

Captura y Almacenamiento de CO₂ (CAC)

b) Análisis de Riesgo

Es seguro el almacenamiento?

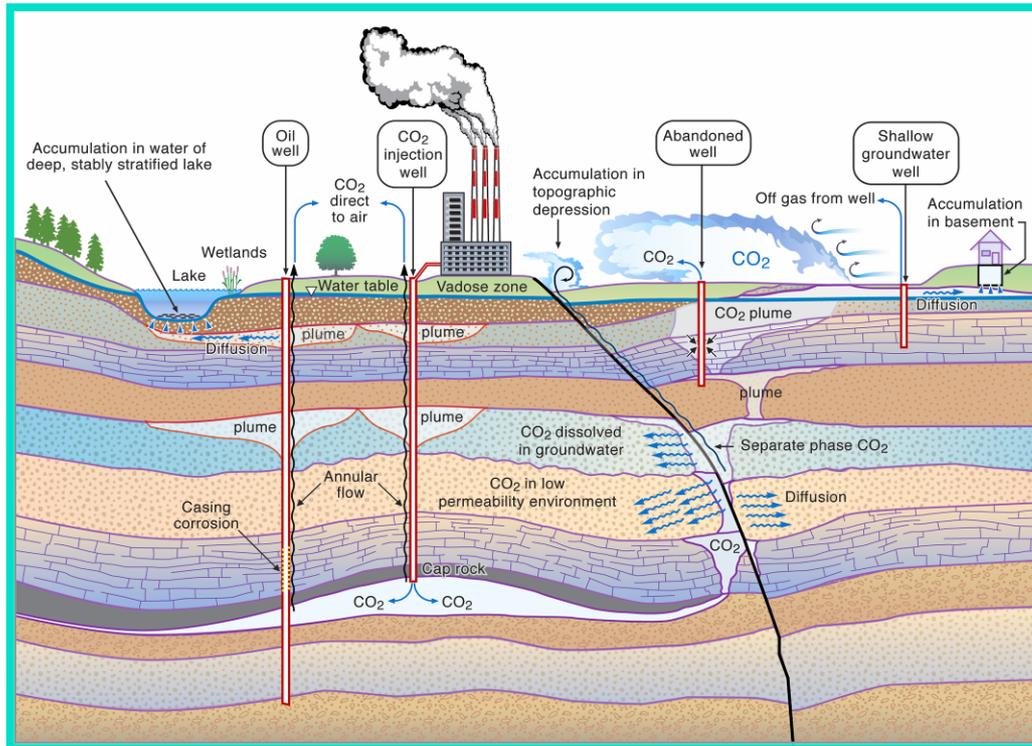


- Limite de exposición por periodos de tiempo cortos y no deben superar el 4% de CO₂
- Acumulación en zonas deprimidas en condiciones estancas
- Las mayoría de las perdidas se disipan en el aire
- Acidificación del agua subterránea
- La concentración de este gas en el suelo va a ser mayor en las zonas de perdidas
- El impacto de los ecosistemas en áreas localizadas necesitan ser evaluados

Captura y Almacenamiento de CO2 (CAC)

b) Análisis de Riesgo

Los grandes riesgos han sido identificados

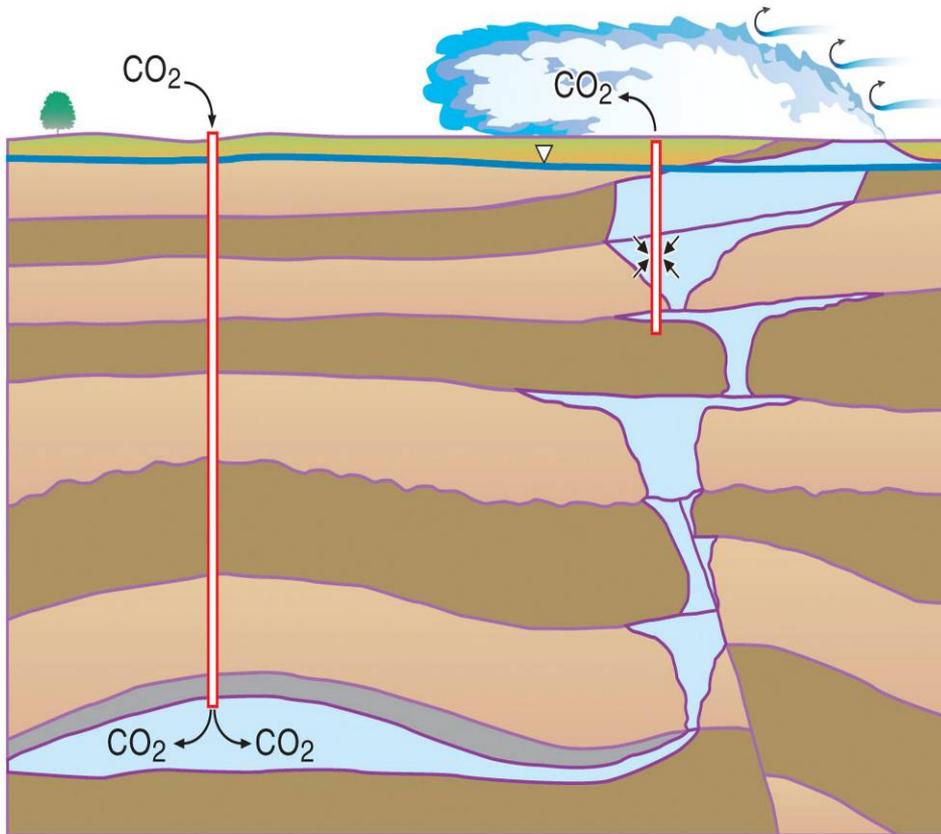


- Pérdidas a través de pozos mal completados o antiguos
- Pérdidas a través de pozos abandonados
- Pérdidas a través de rocas sellos las caracterizadas
- Monitoreo inadecuado o inconsistente

La madurez de la tecnología y las regulaciones han reducido la mayoría de estos problemas para análogos industriales (ej. Depósitos nucleares)

Captura y Almacenamiento de CO₂ (CAC)

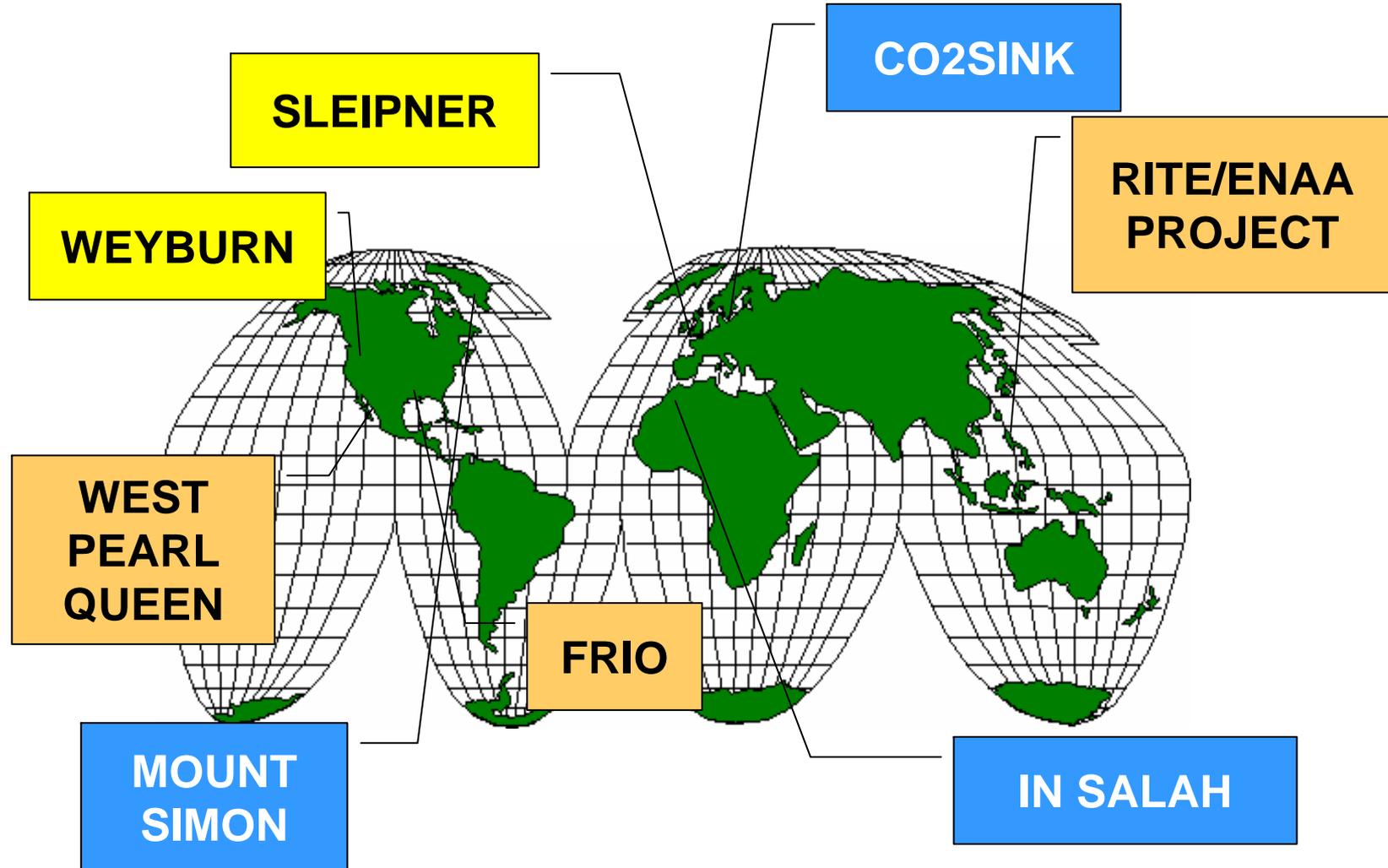
c) Monitoreo efectivo del almacenamiento



- Es esencial para asegurar que el almacenamiento geológico es seguro, efectivo y aceptable
- Posee múltiples objetivos:
 - Demostrar que se trabaja en forma segura
 - Demostrar públicamente que no se ve afectada la salud y el medioambiente
 - Verificar que el CO₂ se está almacenando
- Otros objetivos:
 - Monitorear el movimiento de la pluma de CO₂
 - Confirmar las predicciones de los mecanismos de atrapamiento
 - Funcionar como una alerta temprana en caso de pérdidas
 - Diagnosticar la falla producida en el almacenamiento

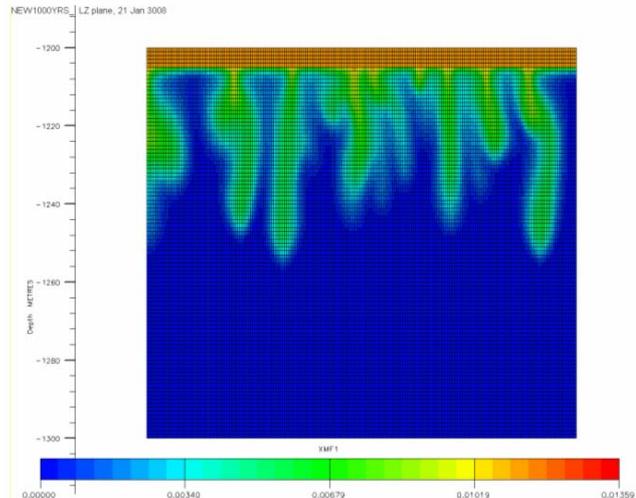
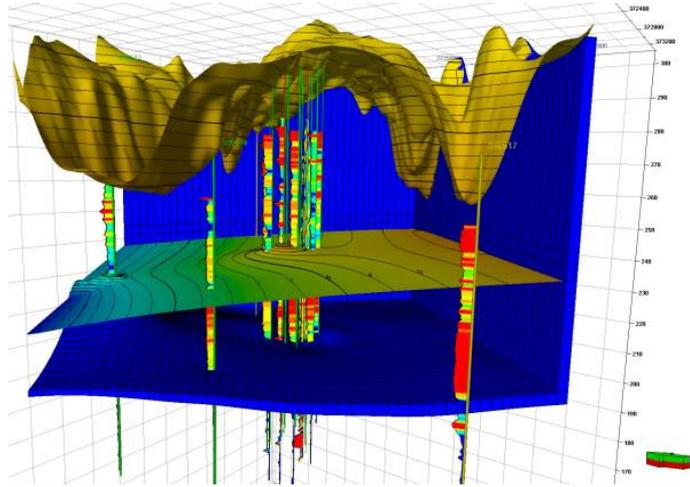
Captura y Almacenamiento de CO2 (CAC)

Proyectos de monitoreo



Captura y Almacenamiento de CO₂ (CAC)

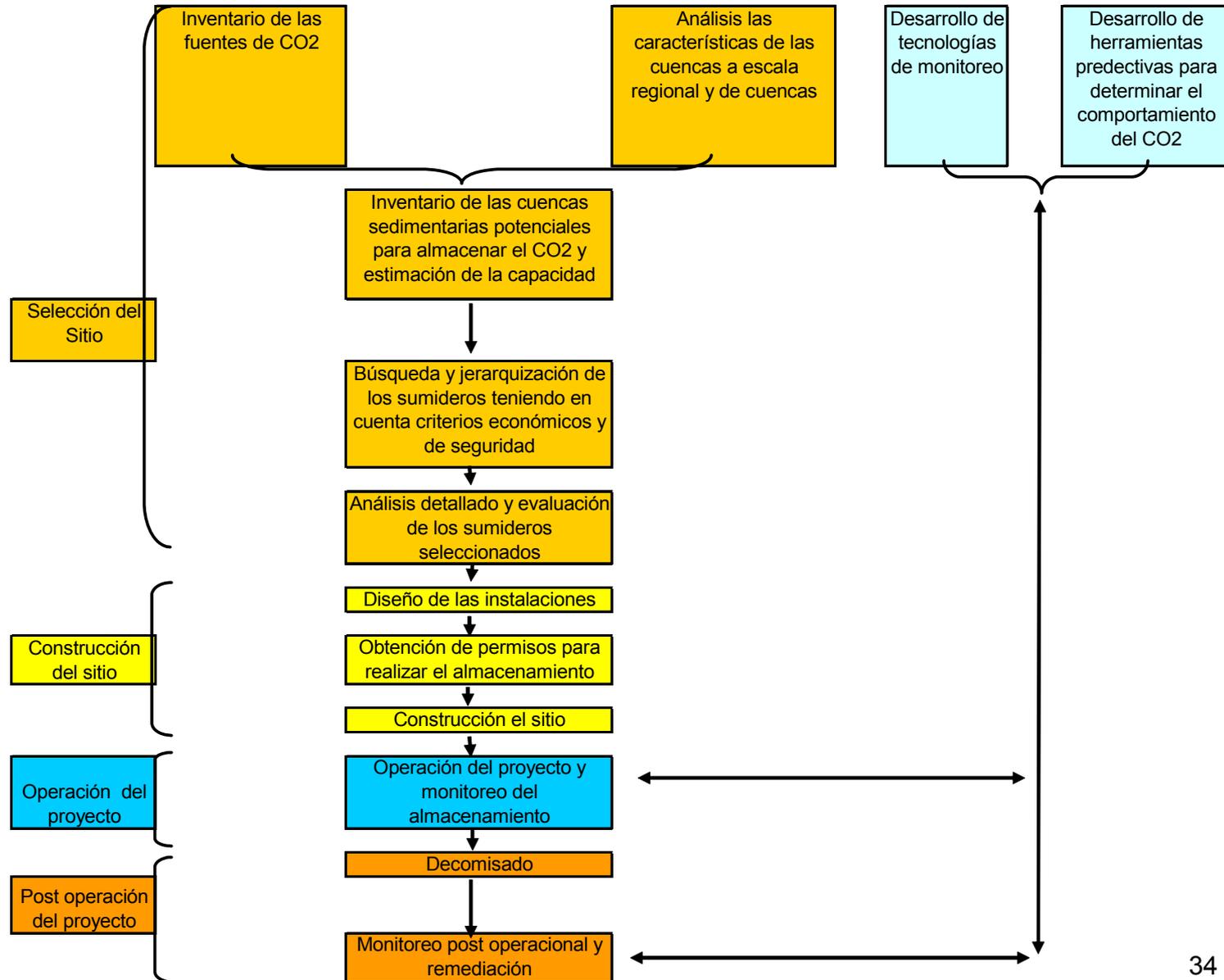
d) Modelado



- Construcción de modelos estáticos y dinámicos para estudiar el comportamiento del CO₂ por largos periodos de tiempos. Aplicaciones:
 - Evaluar la capacidad del reservorio
 - Inyectividad
 - Grado de confinamiento.
 - Mediante el estudio de los mecanismos de entrapamiento pueden:
 - Simular escenarios de inyección a un caudal determinado,
 - Ver la evolución de la pluma de CO₂,
 - Estudiar tipo de entrapamiento y,
 - El riesgo asociado a la pérdida de la integridad del almacenamiento

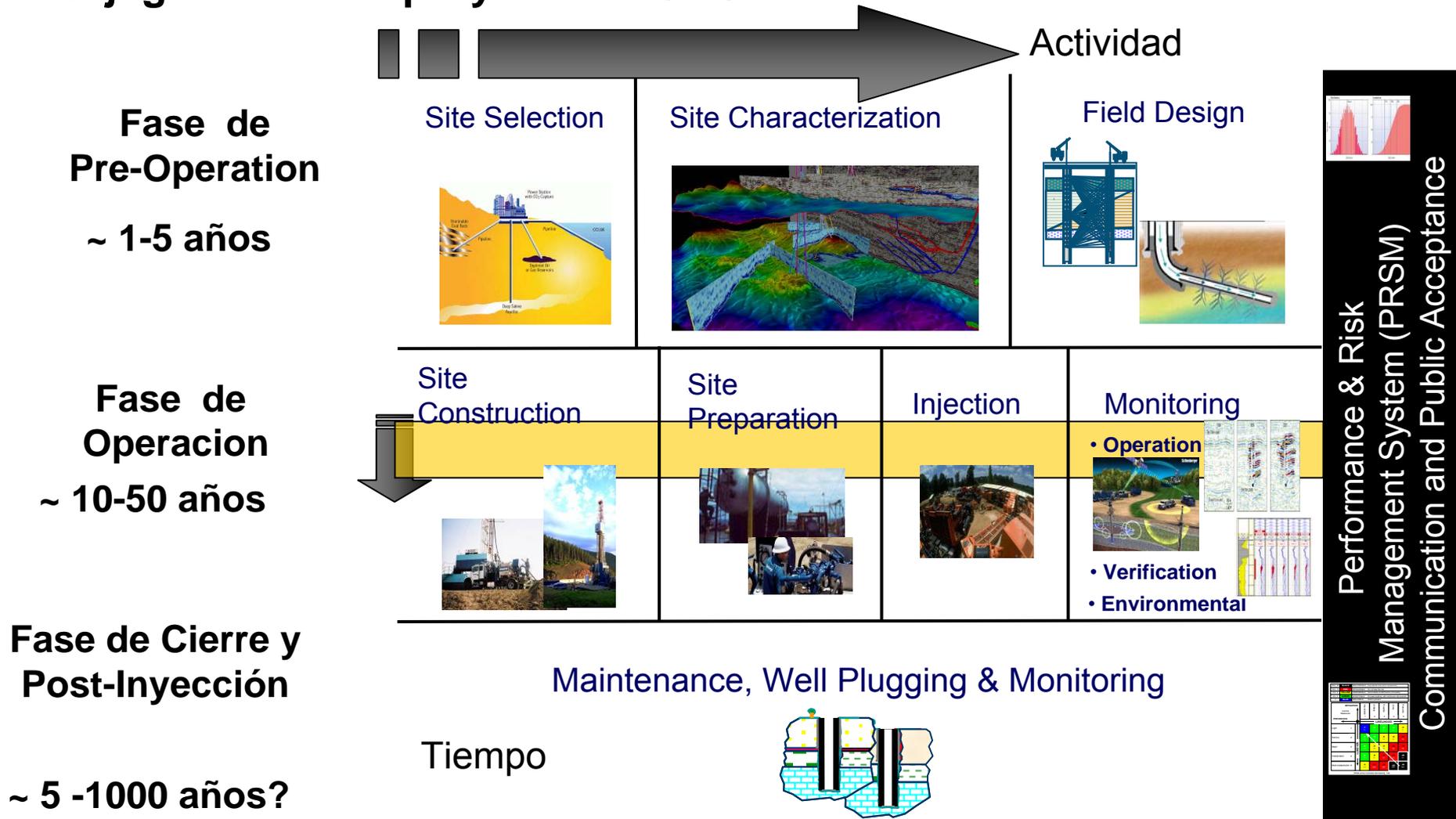
Captura y Almacenamiento de CO₂ (CAC)

Flujograma para la implementación de un proyecto de CAC



Captura y Almacenamiento de CO₂ (CAC)

Flujograma de un proyecto de CAC



Posición de RY

- Declaración de política de la empresa (2002)
- Creación de la Unidad de Cambio Climático (UCC)
- Asociación a consorcios internacionales
 - IEAGHG (<http://www.ieagreen.org.uk/>)
 - Monitoring, Risk Assessment and Well Integrity Network
 - Monitoring Selection Tool (BGS)
(<http://www.co2captureandstorage.info/co2monitoringtool/>)
 - CCP2 - SMV (<http://www.co2captureproject.org/index.htm>)
 - Coal-Seq II (<http://www.coal-seq.com/>)
 - IPIECA (<http://www.ipieca.org/>)
- Participación en los principales congresos de CAC (por ejemplo los GHGT-7 y 8)
- Evaluación futuros proyectos de CAC en RY



Captura y Almacenamiento de CO₂ (CAC)

Conclusiones

- La Captura y Almacenamiento de CO₂:
 - Emplea tecnología existente
 - Puede generar reducciones importantes de las emisiones de CO₂
 - Es una alternativa para la empresa en lugares en donde existen obligaciones de reducción o de venteo cero
 - En aplicaciones a gran escala:
 - Costo \$40-60/t CO₂-abatidos (generación eléctrica)
 - Compite con otras alternativas de reducción
 - Permite seguir usando las infraestructuras energéticas existentes
 - El CAC tiene un importante rol como parte del portafolio de mitigación del CO₂

Captura y Almacenamiento de CO₂ (CAC)

MUCHAS GRACIAS

PREGUNTAS?