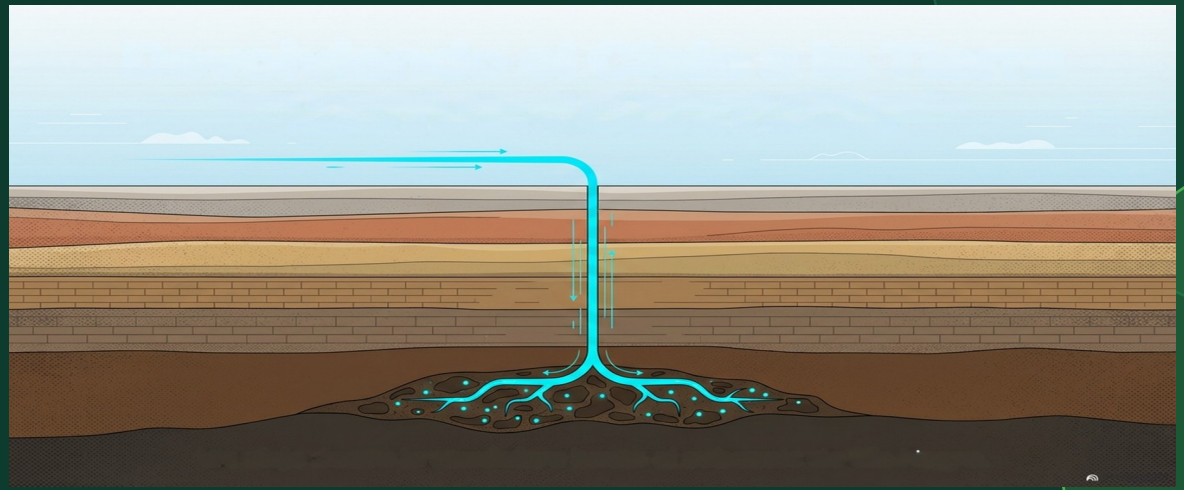
CO_2 y FUTURO EN RÍO NEGRO

¿Cómo podemos guardar CO_2 bajo tierra para cuidar el planeta?



Martín Rogel
Nerina Canale
Maísa Tunik

RN Gobierno Río Negro

CONICET

Universidad Nacional de Río Negro

I I P G

🗺️ PROYECTO: CO_2 Y FUTURO EN RÍO NEGRO

🏫 UNRN + ESRN N°24 (Allen) · ESRN N°9 (Gral. Roca)

🏛️ UNRN + Secretaría de Hidrocarburos de Río Negro

🔬 Análisis de datos del subsuelo con datos de Secretaria de Hidrocarburos

🧪 Talleres prácticos con modelos físicos (arena, arcilla y agua coloreada)

📊 Estimaciones de capacidad de almacenamiento en formaciones locales

📢 Co-creación de materiales educativos y visita a la universidad

EL PROBLEMA: CAMBIO CLIMÁTICO

🌡️ Fenómenos climáticos extremos

Los niveles de CO_2 en la atmósfera han aumentado desde la industrialización, elevando la temperatura del planeta, generando huracanes, lluvias torrenciales, sequías y otros fenómenos naturales extremos.

🏭 Causa principal

La quema de combustibles fósiles emite grandes cantidades de CO_2, el principal gas de efecto invernadero.

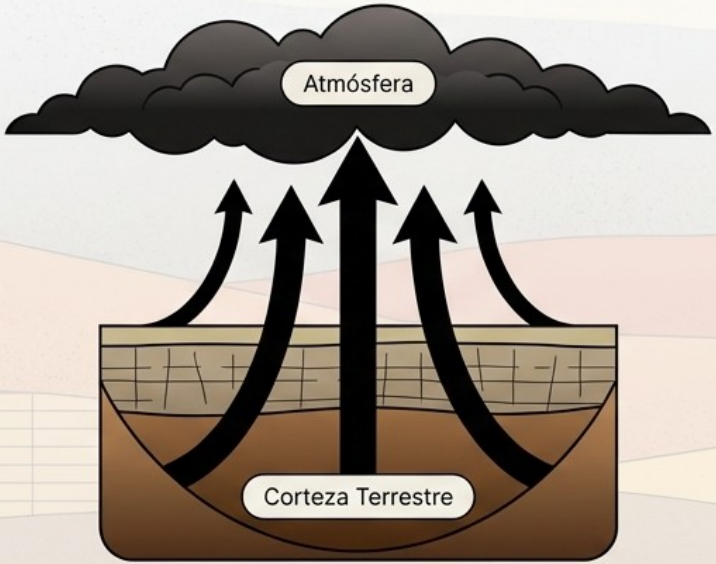
⏳ Permanencia

El CO_2 permanece en la atmósfera durante décadas y se elimina muy lentamente por sumideros naturales.

Metz et al. (2005)

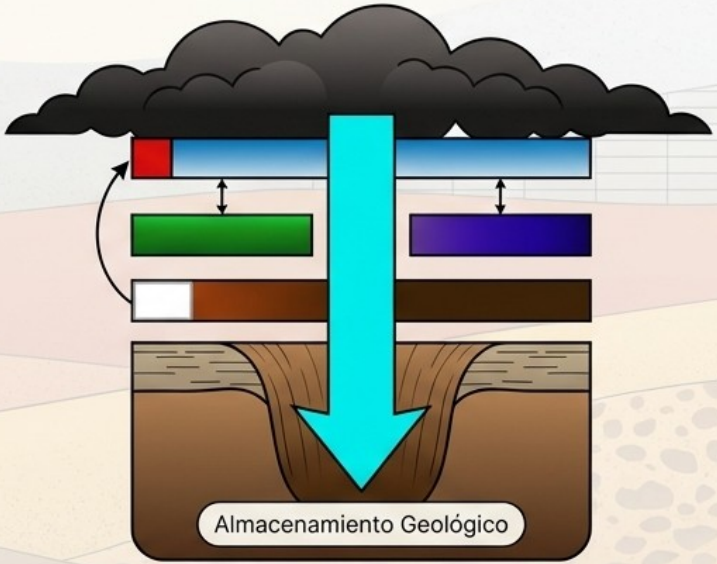
El Desequilibrio del Ciclo del Carbono

El Problema



El Problema: Extraemos carbono del subsuelo mucho más rápido de lo que la Tierra puede reabsorberlo naturalmente.

La Solución (CCUS)

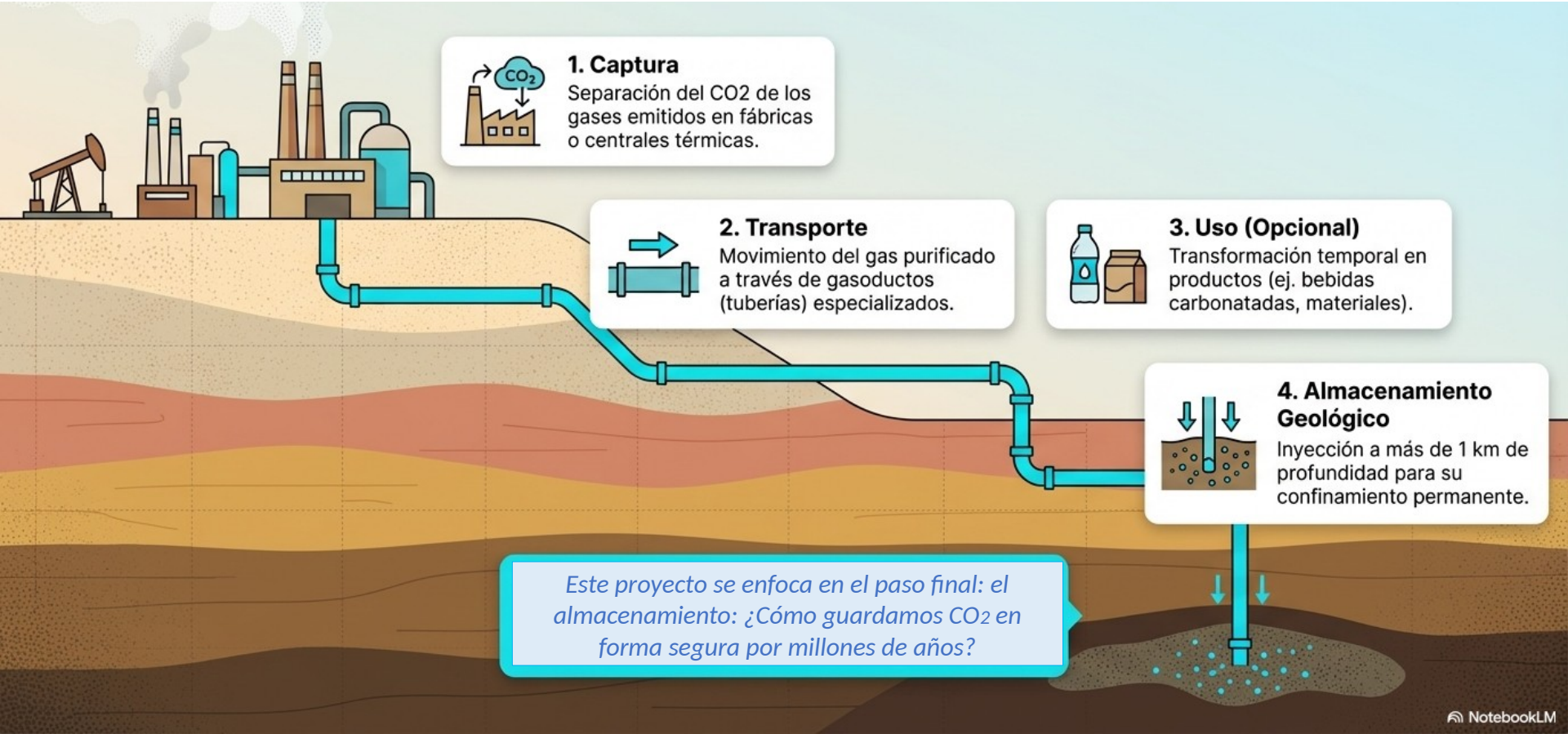


La Solución: El **Almacenamiento Geológico** busca imitar a la naturaleza, capturando el CO_2 y devolviéndolo a las profundidades de donde provino.

NotebookLM

¿QUÉ ES EL CCuS?

Carbon Capture and Storage = Captura y almacenamiento de carbono
(La U es de uso)



¿QUÉ ES EL CCS?

Carbon Capture and Storage = Captura y almacenamiento de Carbono

1. CAPTURA

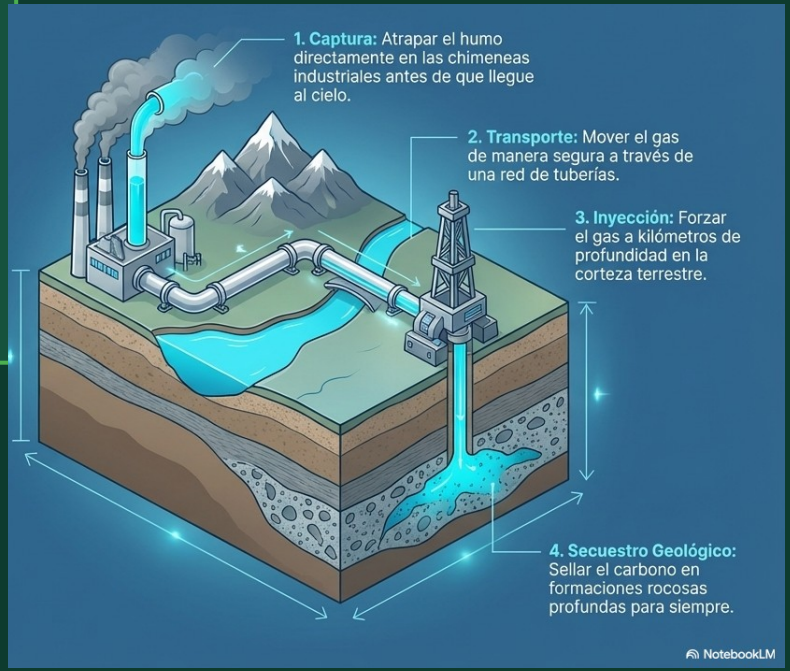
Separar el CO_2 producido por industrias, plantas de energía y refinerías.

2. TRANSPORTE

Comprimir el CO_2 y transportarlo por tuberías hasta el sitio de inyección.

3. ALMACENAMIENTO

Inyectar el CO_2 en rocas profundas donde queda atrapado permanentemente.



Fuente: NPC – National Petroleum Council (2020),

¿Qué le pasa al CO_2 cuando se entierra?

Imaginá que hacemos un pozo desde la superficie hasta 1000 metros bajo tierra…

0 - 800 m

GAS

Liviano. Ocupa muchísimo espacio. Ineficiente para almacenar.

★ **PUNTO CLAVE**

~800 metros

TODO CAMBIA

Presión + calor = todo cambia.



💡 La misma cantidad de CO_2, en superficie vs. bajo tierra:

CO_2 GAS (en superficie)

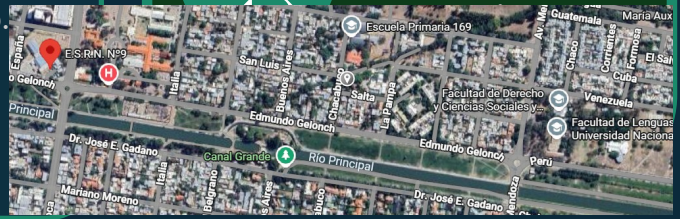
500 m^3

=

1 m^3

CO_2 FLUIDO (bajo tierra)

→ 500 veces menos espacio. Por eso necesitamos esa profundidad.



El estado supercrítico: ni gas ni líquido

Como cuando apretás una esponja mojada: se achica muchísimo sin dejar de ser esponja.

¿Qué es un fluido supercrítico?

☁️ **GAS** Fluye, pero ocupa mucho espacio

⬇

💧 **SUPERCRÍTICO** Fluye y ocupa poco espacio

✅ **¡Esto es lo que buscamos para almacenar!**

¿Por qué importa que sea fluido?

500x más eficiente. En el mismo espacio entra 500 veces más CO_2.

🛢️ **Fluye por los poros** de la roca igual que el agua o el petróleo.

💧 **Se mantiene estable** miles de años en ese estado si la roca lo contiene.

¿En todas las rocas se puede almacenar CO_2?

La respuesta es NO. Se necesitan rocas especiales.

¿Qué tipo de rocas conocen?

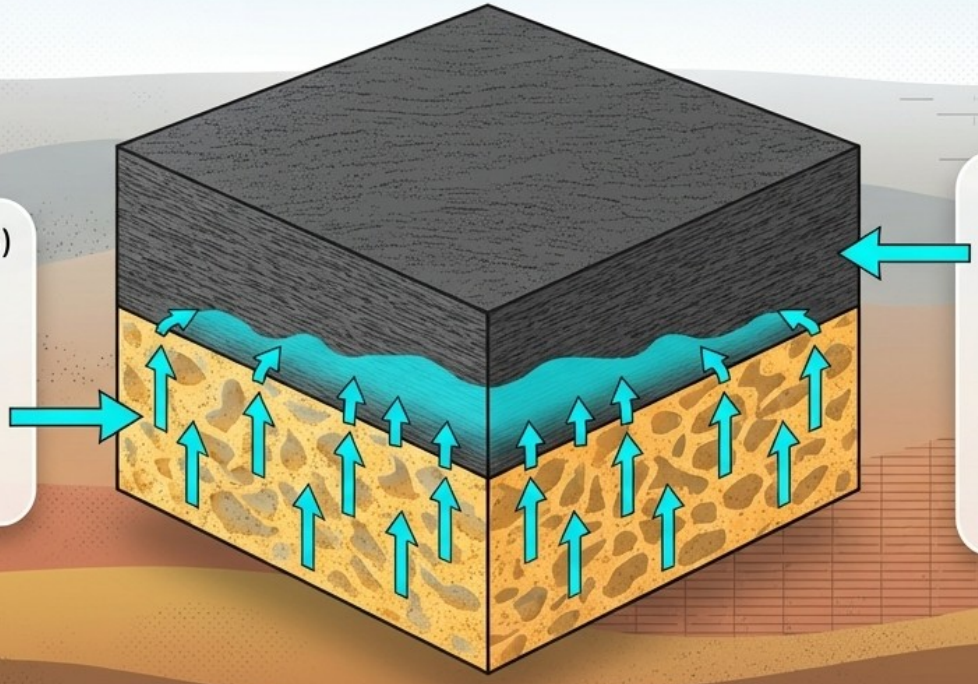


El Sistema Perfecto: Reservorio y Sello

1. La Roca Reservorio (Abajo)
Ej. Areniscas.

Alta porosidad y permeabilidad.

Es la esponja que recibe el CO_2.



2. La Roca Sello (Arriba)
Ej. Arcillas (Shale) o sal.

Permeabilidad casi nula.

Sus poros son tan microscópicos que el CO_2 no puede atravesarlos.

Actúa como una tapa impenetrable.

La Tierra ya ha demostrado que este sistema funciona: ¡es exactamente el mismo mecanismo que ha mantenido atrapados al petróleo y al gas natural bajo tierra durante millones de años sin que escapen!

NotebookLM

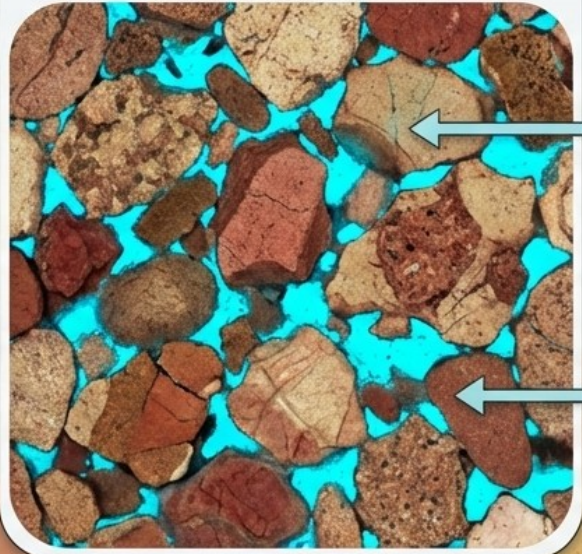
La Paradoja del Espacio Sólido: ¿Dónde se guarda?

Mito



No son cavernas vacías ni lagos subterráneos.

Realidad



Porosidad: Entre el 10% y el 25% del volumen de rocas como la arenisca son pequeños huecos (poros).

Permeabilidad: Estos poros están conectados, permitiendo que el CO_2 fluya y ocupe el espacio, empujando el agua salada preexistente.

El CO_2 no se guarda en una cueva; se inyecta en los poros microscópicos de rocas sólidas.

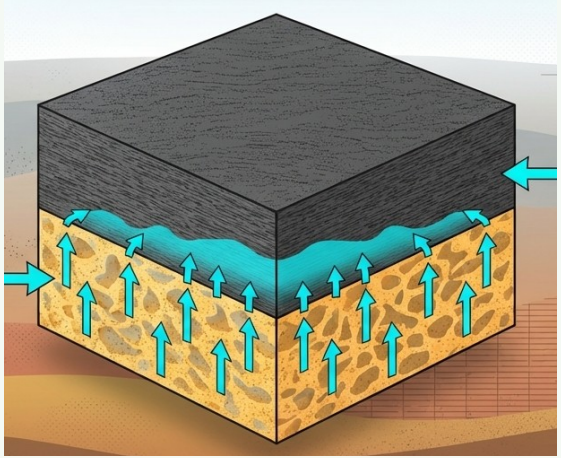
NotebookLM

¿CÓMO SE ALMACENA EL CO_2 BAJO TIERRA?

Requisitos del sitio

- ✅ Roca porosa con espacios para CO_2 (arenisca)
- ✅ Sello impermeable encima (arcilla, lutita)
- ✅ Profundidad > 1 km para estado supercrítico
- ✅ Agua salina (no agua dulce potable)
- ✅ Sin fallas activas que rompan el sello





Fuente: NPC (2020), Chapter 7 – CO_2 Geologic Storage

¿CÓMO QUEDA ATRAPADO EL CO_2?

🏔️ Trampa Estructural

El CO_2 sube por flotación hasta chocar con una roca sello que actúa como techo impermeable (como en reservorios de petróleo).

Hasta 100%

💧 Trampa Residual

Pequeñas gotitas de CO_2 quedan atrapadas en los poros de la roca por fuerzas capilares. Representa del 5 al 30% del total inyectado.

5 – 30%

🌊 Trampa por Solubilidad

El CO_2 se disuelve en el agua salina formando un ácido débil. La disolución aumenta con la presión y disminuye con la temperatura.

10 – 25%

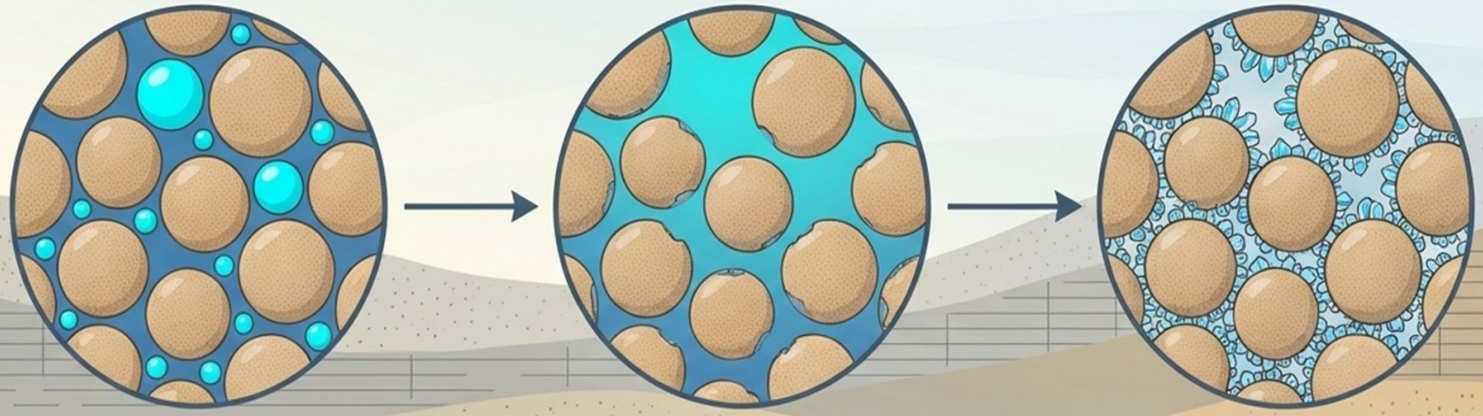
🧪 Trampa Mineral

El CO_2 disuelto reacciona químicamente con los minerales de la roca formando carbonatos sólidos. Es la más estable a largo plazo.

Perm.

Fuente: Mariño-Martínez & Moreno-Reyes (2018); Cámara et al. (2010)

Destino final: de gas a mineral



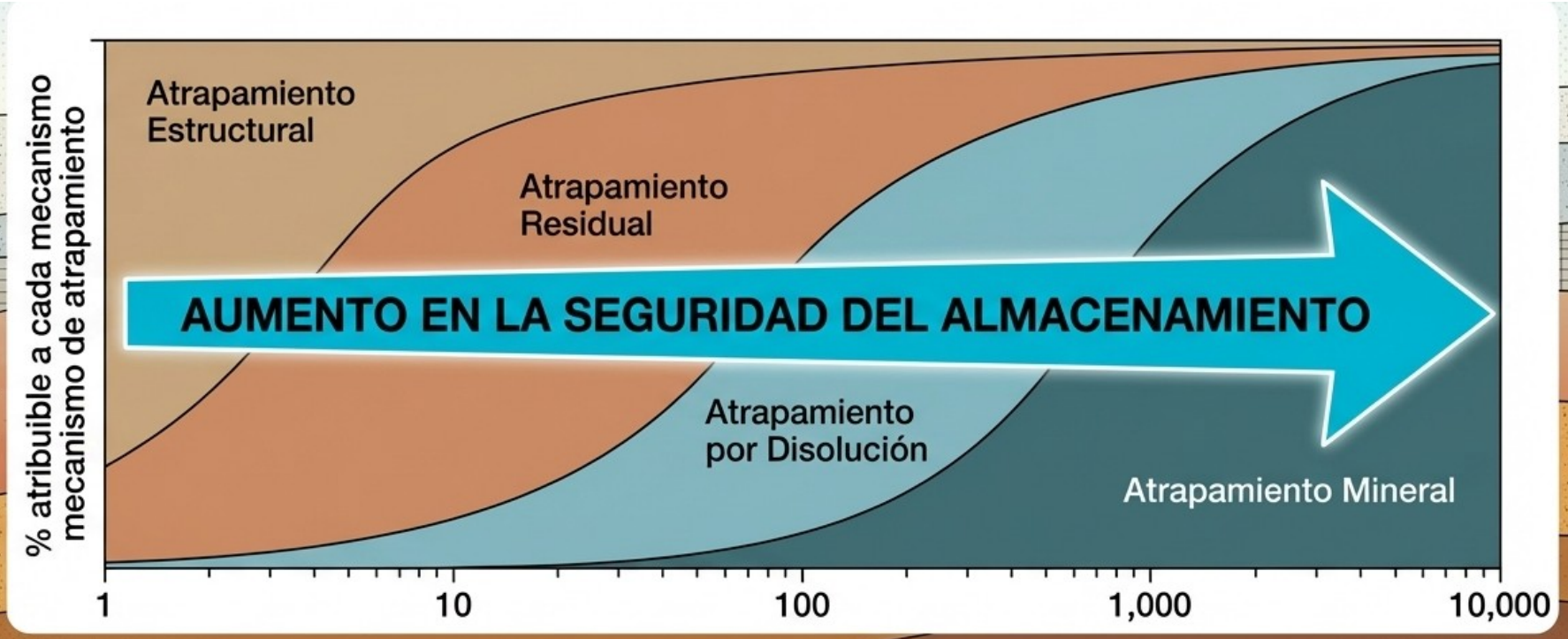
A. Burbuja: El CO_2 supercrítico es inyectado y empuja el agua salada natural (Salmuera).

B. Disolución: El CO2 reacciona con el agua salada formando ácido carbónico

C. Cristalización (Mineralización): Los minerales disueltos reaccionan con el carbono para formar nuevos cristales sólidos (carbonatos).

Con el paso del tiempo, el CO2 deja de ser un fluido y se convierte literalmente en minerales. cuando el CO_2 se mineraliza, el riesgo de fuga se reduce muchísimo y el almacenamiento se vuelve muy estable a largo plazo.

NotebookLM



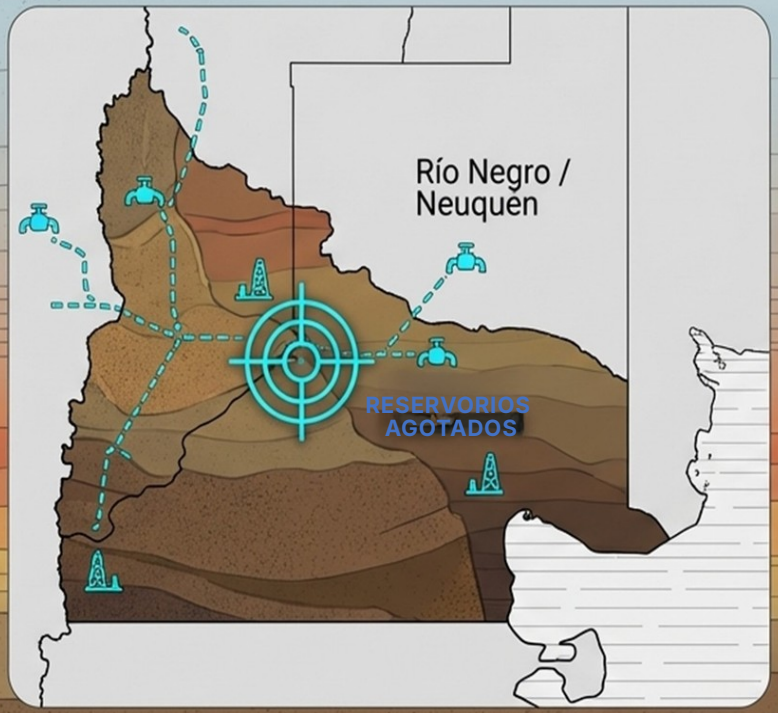
1. **Atrapamiento Estructural (Años 1-10):** El CO2 flota y es detenido fisicamente por la roca sello.

2. **Atrapamiento Residual (Años 10-100):** Gotas de CO2 quedan aisladas y atrapadas como burbujas en los minúsculos poros de la roca.

3. **Por Disolución (Años 100-1000):** El CO2 se disuelve en el agua salada, volviéndose más pesado y hundiéndose.

4. **Precipitación Mineral (Años 1000+):** El mecanismo final y permanente.

Nuestra ventaja: la Cuenca Neuquina



Geología Conocida: Décadas de exploración significan que conocemos cada capa de roca, su porosidad y sus sellos con precisión milimétrica.

Infraestructura Existente: Muchos pozos e instalaciones de superficie pueden ser readaptados para inyectar CO_2 en lugar de extraer, reduciendo costos drásticamente.

Riesgo Mínimo: Si la roca mantuvo al gas natural atrapado bajo alta presión durante millones de años, sabemos con certeza que mantendrá al CO_2.

Río Negro no solo tiene un pasado energético; tiene la geología exacta para ser líder en el futuro de la mitigación climática.

NotebookLM

CONCLUSIONES

🌱 El CCS es una herramienta real para reducir las emisiones de CO_2 y frenar el cambio climático.

🏭 La tecnología existe: se ha aplicado desde 1996 sigue creciendo globalmente.

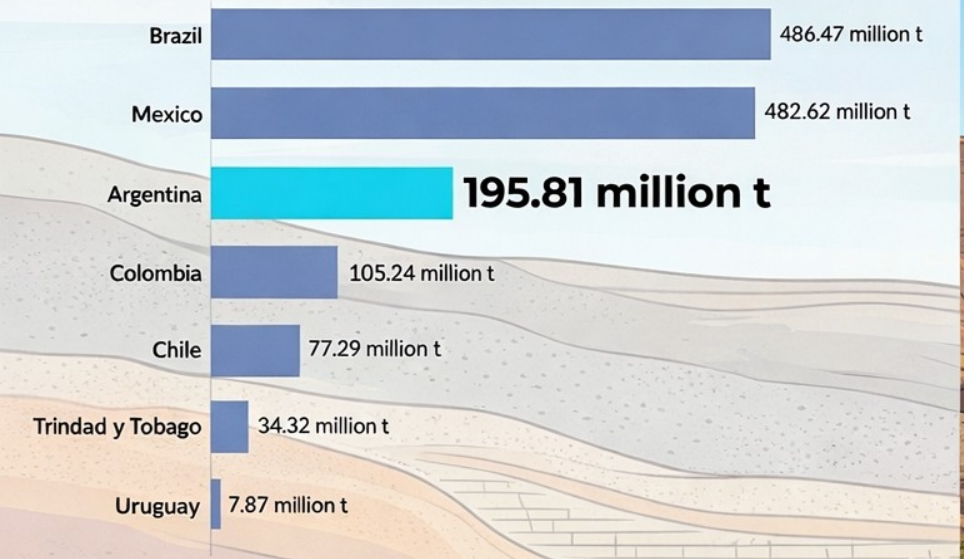
Argentina tiene potencial real, en las provincias de Neuquén y Río Negro se estimaron 2 Gt de capacidad.

🗺️ Este Proyecto busca democratizar el conocimiento llevando el conocimiento a las aulas.

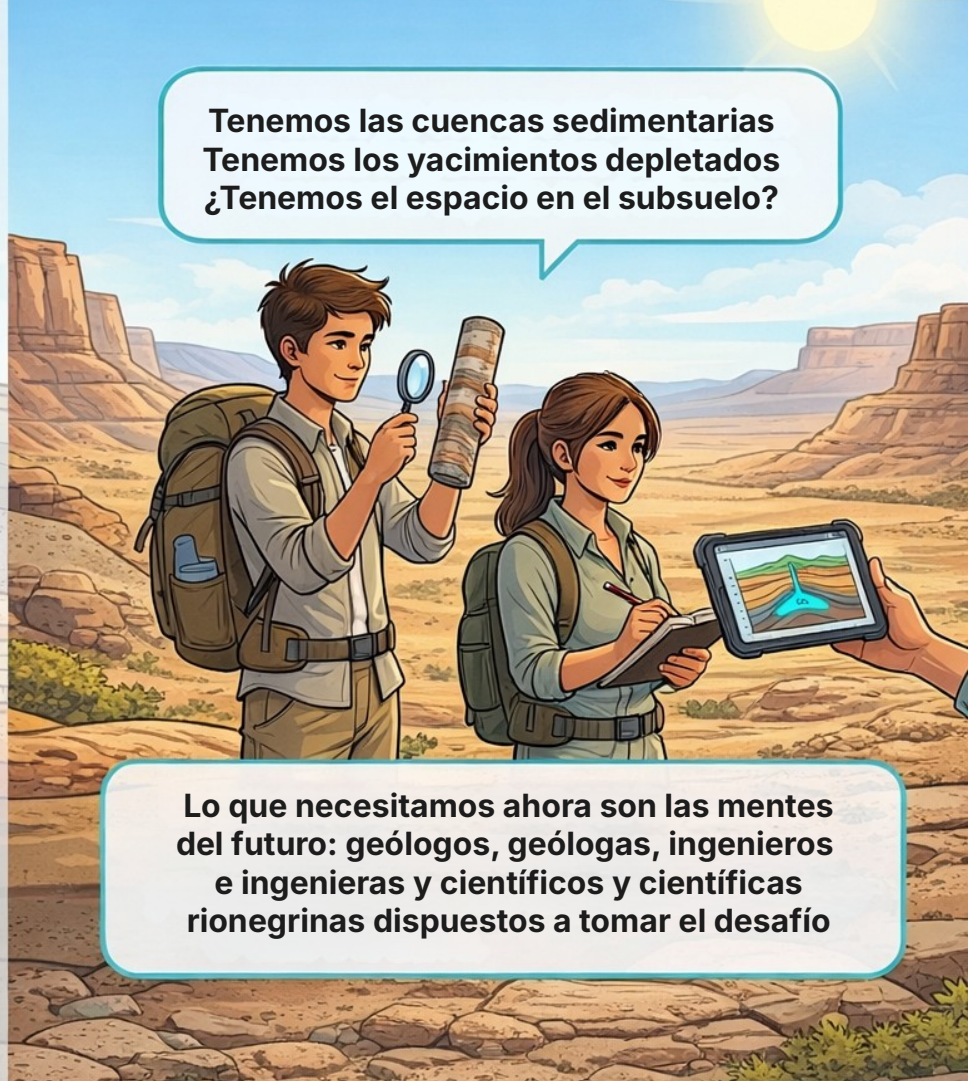
🤝 El éxito del CCS requiere cooperación entre gobierno, industria y comunidad educativa y científica.

Fuentes: NPC (2020) • Grasetti et al. (2022) Atlas AR-CO_2 • carbfix.com • Atlas CCUS Brasil (2025)

Emisiones de CO_2 Anuales (América del Sur)



Argentina emite más de 195 millones de toneladas de CO2 al año. Mitigar este impacto requiere más que plantar árboles; requiere tecnología de escala geológica.




En comunidad
E.S.R.N. N°9
República Dominicana
CO_2
Hacemos el futuro