Almacenamiento de CO_2

Guía de campo

Paso Córdoba

Rocas que guardan secretos: una salida para entender el almacenamiento geológico de CO_2

Salida de campo para estudiantes de nivel secundario

Área Natural Protegida Paso Córdoba, General Roca, Río Negro · Octubre 2026

Proyecto de Almacenamiento de CO_2 · Programa Vocaciones, Fundación YPF

Docentes: Mattia Antonio Baiano, María Cecilia Cábana, Nerina Canale, Agustina Lecuona, Martín Rogel, Maisa Tunik y Darío Vera.

Estudiantes: Mariana Álvarez, Luján Martínez, Naiara Parra, Valentín Sepúlveda, Catalina Tarifa, Thomas Uldani, Nahara Uriz y Facundo Valenzuela.

FUNDACIÓN YPF

RN Gobierno Río Negro

CONICET Universidad Nacional de Río Negro

I I P G

Presentación

Esta salida lleva a estudiantes del secundario al Área Natural Protegida Paso Córdoba (General Roca, Río Negro) para que reconozcan, en rocas reales, las piezas que se necesitan para almacenar dióxido de carbono (CO_2) bajo tierra: una roca que lo almacena, una roca que lo encierra y una estructura que lo atrapa. La actividad forma parte del Proyecto de Almacenamiento de CO_2 y del programa Vocaciones de la Fundación YPF.

Las rocas de Paso Córdoba se formaron hace unos 80 a 66 millones de años, en el Cretácico Superior, en lagos y campos de dunas donde caminaban dinosaurios. Esas mismas rocas, enterradas a cientos o miles de metros en otros sectores de la cuenca Neuquina, son análogas de las que hoy se estudian como posibles almacenes de CO_2.

Objetivos para los estudiantes

1. Reconocer en el campo areniscas, conglomerados y pelitas, y describir su color, tamaño de grano y estructuras.
2. Relacionar cada tipo de roca con el ambiente en que se formó (lago, interduna, duna).
3. Identificar qué rocas podrían funcionar como reservorio y cuáles como sello para el CO_2.
4. Comprobar que algunas rocas ya contienen carbono guardado en forma de minerales (cemento carbonático).
5. Valorar Paso Córdoba como patrimonio geológico y paleontológico protegido.

> **Pregunta guía de la jornada:** si tuviéramos que elegir un lugar bajo tierra para guardar CO_2 y que no se escape durante miles de años, ¿qué rocas de Paso Córdoba elegiríamos y por qué?

Seguridad y cuidado del área

- No trepar a paredones ni acercarse al borde de las bardas: las areniscas son friables y se desmoronan.
- Mantenerse lejos de la base de paredes con bloques sueltos.
- Paso Córdoba es un Área Natural Protegida (Ordenanza municipal 2583/97). Los fósiles y huellas están protegidos por la Ley provincial 3041: se miran, se fotografían y se dibujan, pero no se tocan con herramientas ni se levantan.
- No se usa piqueta sobre los afloramientos, se pueden recolectar muestras caídas.
- Toda la basura vuelve con nosotros.

Conceptos clave

Guardar CO_2 bajo tierra necesita tres piezas: una roca porosa que lo almacene (reservorio), una roca impermeable encima que no lo deje escapar (sello) y una estructura que lo concentre (trampa) (Figura 1).

¿Por qué guardar CO_2? El dióxido de carbono es un gas de efecto invernadero. Al quemar combustibles fósiles e industrializar materiales como el cemento o el acero, se libera mucho más CO_2 del que la naturaleza absorbe, y eso calienta el planeta. Una de las herramientas para reducirlo es capturarlo en las chimeneas de las industrias y volver a guardarlo en las rocas, de donde vino buena parte de ese carbono.

¿Dónde se guarda? No en cuevas ni en tanques: en los poros microscópicos que quedan entre los granos de las rocas, a más de 800 m de profundidad. A esa profundidad el CO_2 está tan comprimido que se comporta casi como un líquido y ocupa poco lugar.

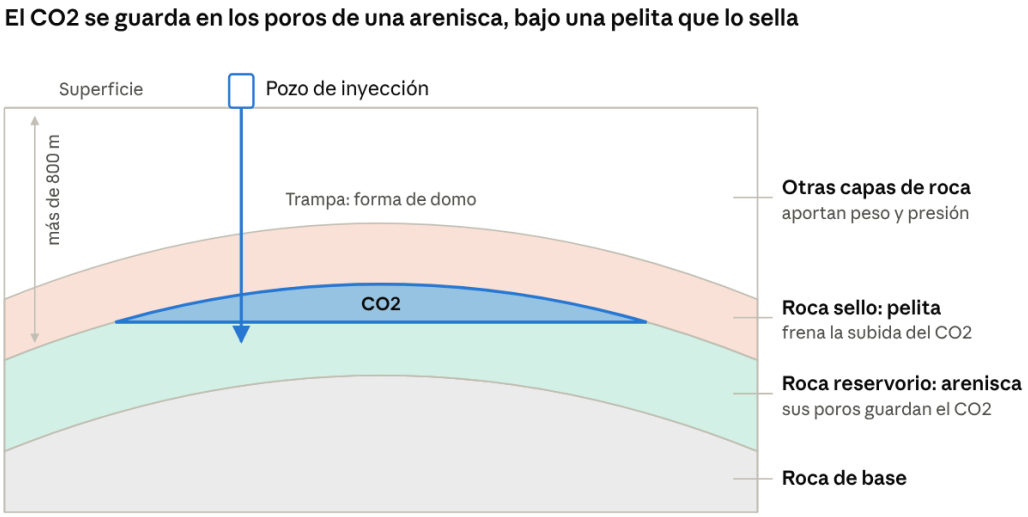


Figura 1. Esquema general de almacenamiento geológico de CO_2 · reservorio, sello y trampa.

El CO_2 inyectado asciende porque es más liviano que el agua salada de los poros, hasta que la pelita lo frena y el domo lo concentra en la cima.

¿Cómo queda atrapado? Con el tiempo el CO_2 queda retenido de cuatro maneras, cada una más segura que la anterior:

1. Bajo el sello, como en la Figura 1 (atrapamiento estructural).
2. Como gotitas encerradas entre los granos (atrapamiento residual).
3. Disuelto en el agua salada de los poros (atrapamiento por disolución).
4. Transformado en minerales, como la calcita (atrapamiento mineral). Es lo que veremos burbujear con el ácido en la parada 2.

Contexto geológico de Paso Córdoba

Paso Córdoba está en el borde oriental de la cuenca Neuquina, una gran depresión donde se acumularon más de 6.000 m de sedimentos entre el Triásico y el Paleógeno, es decir, entre hace unos 230 y 23 millones de años. En el área afloran dos grandes paquetes de rocas: las del Cretácico Superior, de tonos rojizos, verdosos y blanquecinos y por encima las del Mioceno y Plioceno, amarillentas.

Unidad	Edad aproximada	Rocas que se ven
Formaciones Chichinales y El Palo	Mioceno a Plioceno (menos de 23 Ma)	Areniscas y tobas amarillentas, rodados en el tope de las bardas
Formaciones Anacleto (Grupo Neuquén) y Allen (Grupo Malargüe)	Campaniano a Maastrichtiano (unos 80 a 66 Ma)	Areniscas y pelitas rojizas, grises, verdosas y blanquecinas

Las rocas cretácicas de Paso Córdoba registran tres ambientes donde se formaron, de abajo hacia arriba, que muestran un clima cada vez más árido (Paz *et al.*, 2014; Figura 2):

1. **Lago salobre somero con deltas.** Pelitas grises con bivalvos (*Corbicula*), moldes de cristales de sal y areniscas de borde de lago.
2. **Interdunas húmedas.** Areniscas y pelitas intercaladas con grietas de desecación y huellas de dinosaurios.
3. **Campo de dunas.** Areniscas con estratificación entrecruzada de gran escala. Entre ellas, interdunas secas con huellas de aves y dinosaurios.

¿A qué formación pertenece cada ambiente? Todavía se discute. Paz *et al*. (2014) ubican el lago en la Formación Anacleto y las dunas en la Formación Allen. Gómez *et al*. (2022) obtuvieron una edad de 78,6 millones de años en una arenisca de interduna y la asignan a la Formación Anacleto; en ese caso, la Formación Allen comenzaría más arriba, con depósitos costeros de la primera transgresión atlántica (Morón, 2026; Morón *et al*., 2026). En esta guía se describen los ambientes sin asignarlos a una formación: es un buen ejemplo de que un dato nuevo puede cambiar una interpretación.

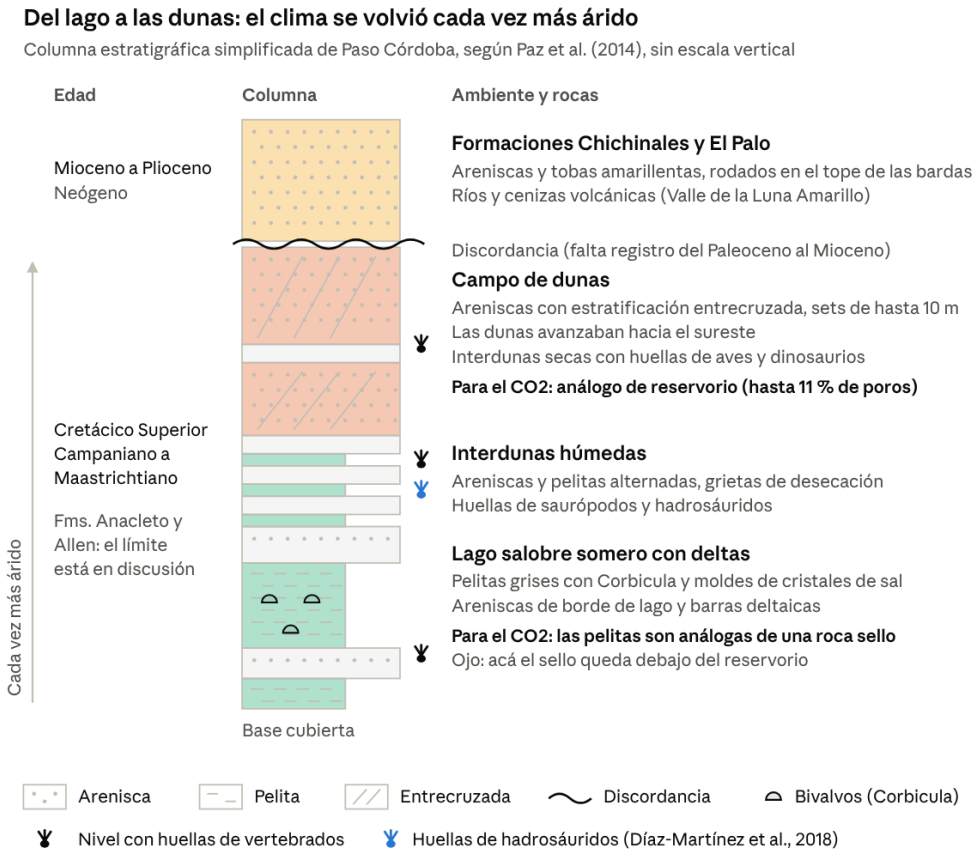


Figura 2. Columna estratigráfica simplificada · Paso Córdoba

De abajo hacia arriba: pelitas de lago (análogas de un sello), interdunas húmedas y areniscas de duna (análogas de un reservorio); por encima, tras una discordancia, la cubierta miocena del Valle de la Luna Amarillo. Acá el orden está invertido respecto de una trampa: el sello queda debajo del reservorio.

¿Y el CO_2? Las areniscas del Grupo Neuquén son rocas reservorio de petróleo y gas en otros sectores de la cuenca, y lo que guardó hidrocarburos durante millones de años también puede guardar CO_2. En Paso Córdoba, las areniscas son litoarenitas feldespáticas con mucho cemento carbonático (23 a 38 %) y menos de 3 % de poros; solo la arenisca de duna del tope, sin cemento carbonático, llega a 11 % (Paz *et*

al., 2014). El cemento guarda carbono como mineral, pero a la vez tapa los poros donde podría entrar el CO_2.

Paradas

El recorrido tiene paradas a lo largo del cañadón, de norte a sur (Figura 3). Registren con el GPS del celular la latitud y la longitud de las paradas 1 a 6 (WGS84, grados decimales) y complétenlas en la tabla.



Figura 3. Recorrido de la salida: desde el ingreso al cañadón de las huellas, sobre la ruta provincial 6, se camina por el cañadón hasta Los Balcones y las Huellas Paso Córdoba, y se vuelve por el mismo camino (línea amarilla). La Pulpería se indica como referencia. Imagen satelital Esri World Imagery; el puente sobre el río Negro conecta con General Roca, hacia el norte.

Parada	Lugar	Latitud, longitud	Descripción de la actividad
1	Ingreso al cañadón de las huellas (punto de encuentro)		Vista general de la zona
2	Primeros afloramientos		Reconocimiento de tipos de rocas
3	Sitio de huellas y planos de estratificación		Cómo se apilan las capas
4	Falla*		Trampa (y posible fuga)

Parada	Lugar	Latitud, longitud	Descripción de la actividad
5	Perfil de areniscas con estratificación entrecruzada		Reservorio de origen eólico
6	Fin del perfil		Integración y cierre
7	Armado de un bochón	No se registra	Cómo se protege un fósil

** La parada 4 depende de visualizar la falla durante el recorrido.*

Parada 1. Ingreso al cañadón de las huellas (punto de encuentro)

Se arma la ronda inicial y se mira el paisaje: el río Negro al norte, las bardas al sur y las capas apiladas como hojas de un libro.

Actividades

1. Ley de superposición: ¿cuál capa es la más antigua? ¿Por qué?

Parada 2. Primeros afloramientos

Qué observar. En la pared se ven, de abajo hacia arriba, diferentes tipos de rocas.

Actividades

1. Ley de superposición: ¿cuál capa es la más antigua? ¿Por qué?
2. Con la lupa, describir tres rocas: color, tamaño de grano, forma de los granos y si están bien o mal seleccionados.
3. Prueba de la gota: poner unas gotas de agua sobre una arenisca y sobre una pelita. Cronometrar cuánto tarda en absorberse. La que la absorbe más rápido tiene más poros conectados: es un buen **reservorio**. La que la deja escurrir es un buen **sello**.
4. Prueba del ácido: una gota de HCl sobre la arenisca. Si burbujea, el cemento que une los granos es carbonato. Esas burbujas son CO_2 que estuvo guardado en la roca durante más de 70 millones de años. Pero ese cemento también tapa los poros: comparar la prueba de la gota en una arenisca que burbujea mucho y en una que casi no burbujea.

Parada 3. Sitio de huellas y planos de estratificación

Sobre los planos de estratificación se conservan huellas de vertebrados. Cada plano fue alguna vez la superficie del terreno.

Qué observar. Superficies planas y extensas, ondulitas, grietas de desecación y depresiones con forma de pisada.

Actividades

1. Dibujar una huella con escala (una birome o la mano al lado) y orientación.
2. Discutir: si un animal dejó una pisada, ¿el sedimento estaba seco, húmedo o bajo agua?
3. Medir con la brújula del celular hacia dónde se inclinan las capas. Explicar que, en profundidad, el CO_2 inyectado tiende a subir siguiendo esa inclinación, porque es más liviano que el agua salada que llena los poros.

Parada 4. Falla*

** Esta parada depende de visualizar la falla durante el recorrido.*

Una falla corta y desplaza las capas: el mismo banco aparece a distinta altura de un lado y del otro.

Qué observar. El plano de falla, el salto de las capas y si hay minerales rellenando la fractura.

Actividades

1. Identificar un banco guía y medir cuánto se desplazó con la cinta métrica.
2. Debate en grupos: una falla puede ser una **trampa** (si pone una roca sello frente al reservorio y frena el CO_2) o una **vía de escape** (si está abierta). ¿Qué datos se necesitan relevar para saberlo?

Parada 5. Perfil de areniscas con estratificación entrecruzada

En este sector afloran areniscas con láminas inclinadas de gran escala, formadas por la migración de dunas que avanzaban hacia el sureste, en sets de hasta 10 m de espesor, junto con niveles de interduna donde se acumuló arena húmeda.

Qué observar. Grano fino a mediano, granos redondeados y bien seleccionados, láminas inclinadas que se cortan entre sí.

Actividades

1. Comparar con la arena que se encuentra en el cañadón del arroyo: ¿cuál está mejor seleccionada? ¿Por qué el viento selecciona tanto?
2. ¿Se animan a representar en el papel un perfil esquemático del afloramiento? Dibujen los bancos uno encima del otro, con el tipo de roca y su espesor aproximado.
3. Pregunta CO_2: una arenisca de duna, con granos parejos y redondeados, ¿tendrá más o menos espacio entre granos que un conglomerado mal seleccionado? Imaginen un frasco con bolitas iguales y otro con bolitas de tamaños mezclados.

Parada 6. Fin del perfil

Desde lo alto se ve el apilamiento completo: las rocas cretácicas abajo, las miocenas amarillentas arriba y el valle del río Negro con sus chacras y ciudades.

Actividades

1. Señalar en el paisaje, con el grupo, una roca que serviría de reservorio, una de sello y una estructura que podría funcionar como trampa. Las pelitas del lago quedan debajo de las areniscas de duna: ¿este orden serviría para guardar CO_2? ¿Cómo tendrían que estar apiladas?
2. Pensar en escala: para almacenar CO_2, estas mismas rocas tendrían que estar a más de 800 m de profundidad, donde la presión y la temperatura comprimen el gas a un estado muy denso. ¿Cuántas veces la altura de esta barda serían 800 m? (La altura de la barda que vemos aca es cerca de 100 m)

Parada 7. Cómo se protege un fósil: el bochón

El bochón es una estructura de arpillera y yeso que los paleontólogos usan desde el siglo XIX para proteger los fósiles durante su extracción y traslado. En esta parada los docentes muestran cómo se obtiene un bochón, sólo a modo de demostración: en el Área Natural Protegida los fósiles no se extraen.

Pasos para armar un bochón

1. Aplicar sobre el fósil una capa de papel de cocina o higiénico, mojándolo con un pincel. El papel funciona como aislante entre el fósil y el yeso.
2. Cortar vendas de arpillera de unos 10 cm de ancho.
3. Preparar en un balde una mezcla de yeso y agua, y embeber las vendas en ella.
4. Aplicar las vendas sobre y alrededor del fósil, adhiriéndolas bien para no dejar espacios con aire.
5. Esperar a que el yeso fragüe. Una vez fraguado, el fósil está listo para su extracción final.

Actividades

1. Participar, por turnos, del armado del bochón: mojar el papel, embeber las vendas y colocarlas.
2. Discutir: ¿para qué sirve la capa de papel? ¿Qué pasaría si quedaran espacios con aire entre las vendas y el fósil?

Actividad integradora y cierre

Cada grupo entrega, una semana después de la salida, una infografía que responda la pregunta guía con lo observado en el campo.

La infografía debe incluir

- ☐ Un esquema de un afloramiento con escala y orientación, con las capas dibujadas y nombradas.
- ☐ La descripción de tres rocas distintas (color, tamaño de grano, selección, cemento, reacción al ácido).
- ☐ Los resultados de la prueba de la gota en una arenisca y una pelita.
- ☐ Un dibujo en corte que muestre dónde pondrían el CO_2 (reservorio), qué lo frenaría (sello) y qué lo atraparía (trampa), usando las rocas de Paso Córdoba.
- ☐ Una reflexión de 5 a 10 renglones: ¿por qué es importante proteger un área como Paso Córdoba?

Preguntas para el debate final en el aula

1. Guardar CO_2 bajo tierra, ¿alcanza para frenar el cambio climático o es una herramienta más junto a reducir emisiones?
2. ¿Qué riesgos imaginan que pueden estar asociados a la inyección de CO_2 y cómo se podrían controlar?
3. Las rocas ya guardan carbono en sus cementos de carbonato. ¿Qué ventajas tendría que el CO_2 inyectado se transforme en mineral?

Glosario

Término	Significado
Arenisca	Roca sedimentaria silicoclástica formada por granos de arena (0,0625 a 2 mm) unidos por cemento o matriz.
Bochón	Cubierta de arpillera y yeso que protege un fósil durante su extracción y traslado.

Término	Significado
Cemento	Mineral que precipita entre los granos y los une; en Paso Córdoba es frecuente el carbonato de calcio.
Conglomerado	Roca con clastos mayores a 2 mm (rodados) unidos por arena o cemento.
Discordancia	Superficie que separa dos conjuntos de rocas entre los que falta parte del registro, por erosión o porque no hubo depositación.
Estratificación entrecruzada	Láminas inclinadas dentro de un banco, formadas por la migración de dunas y/u ondulitas.
Falla	Fractura a lo largo de la cual las rocas se desplazaron.
Interduna	Zona plana y baja entre dunas; puede ser húmeda (con agua o suelo mojado) o seca.
Pelita	Roca de grano muy fino (limo y/o arcilla); suele ser poco permeable.
Permeabilidad	Capacidad de una roca para dejar pasar un fluido a través de sus poros conectados.
Porosidad	Porcentaje del volumen de una roca ocupado por espacios vacíos.
Reservorio	Roca porosa y permeable capaz de almacenar fluidos (agua, petróleo, gas, CO_2).
Sello	Roca de muy baja permeabilidad que impide que los fluidos escapen hacia arriba.
Trampa	Configuración de las capas (pliegue, falla) que concentra y retiene los fluidos.
Transgresión	Avance del mar sobre el continente.

Bibliografía

- Armas, M.P. y Sánchez, M.L. 2013. Sedimentología y arquitectura de las dunas costeras de la Formación Allen, Grupo Malargüe, cuenca Neuquina, Río Negro, Argentina. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas 30: 65-79.
- Díaz-Martínez, I., Cónsole-Gonella, C., de Valais, S. y Salgado, L. 2018. Vertebrate tracks from the Paso Córdoba fossiliferous site (Anacleto and Allen formations, Upper Cretaceous), Northern Patagonia, Argentina. Cretaceous Research 83: 207-220.

- Gómez, R., Tunik, M., Casadío, S., Canale, N., Greco, G., Baiano, M.A., Pino, D., Baez, A. y Pereira Da Silva, S. 2022. Primeras edades U-Pb en circones detríticos del Grupo Neuquén en el extremo oriental de la cuenca Neuquina (Paso Córdoba, Río Negro). Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis 29(2): 67-81.
- Morón, L. 2026. Trabajo final de grado, Licenciatura en Geología, Universidad Nacional de Río Negro.
- Morón, L., Tunik, M.A., Casadío, S. y Rogel, M.N. 2026. Caracterización petrográfica de las areniscas de las formaciones Anacleto y Allen (Cretácico Superior, cuenca Neuquina) y su potencial como agentes de sostén para fractura hidráulica. 12º Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, Programa de Estudiantes, IAPG.
- Paz, M., Baez, A.D., Pino, D.A., Yunes, Y.S., Garat, L.M., Ponce, J.J. y Tunik, M.A. 2014. Análisis sedimentológico de depósitos lacustres y eólicos del Cretácico tardío en la localidad Paso Córdoba, cuenca Neuquina. Revista de la Asociación Geológica Argentina 71(4): 459-471.
- Salgado, L. y Díaz-Martínez, I. 2018. Patrimonio paleontológico en áreas naturales protegidas: el caso del ANP municipal Paso Córdoba. Revista PH 94: 304-306.
- Universidad Nacional de Río Negro. Introducción a la Geología, guías de salida a Paso Córdoba (2011, 2023).