

METODOLOGÍA PARA LA INVESTIGACIÓN DE CONEXIONES HIDROLÓGICAS UTILIZANDO EL RADÓN-222 COMO TRAZADOR AMBIENTAL Caso de estudio: arroyo El Tigre, San Rafael, Mendoza

G. Nader*(1), P. Sánchez Proaño(1), M. Cabranes (1) y V. Solanes(1)

(1) División Química del agua y del suelo, Gerencia Química, Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), Av. Gral. Paz 1499, Buenos Aires, Argentina.

INTRODUCCIÓN

- El estudio del **ciclo del agua** siempre es un tema de interés en diversas áreas del conocimiento y la gestión.
- Principalmente cuando los sistemas de estudio son áreas específicas.
- Dentro de este ciclo, las conexiones entre lo que denominamos aguas superficiales y subterráneas siempre han sido un desafío.



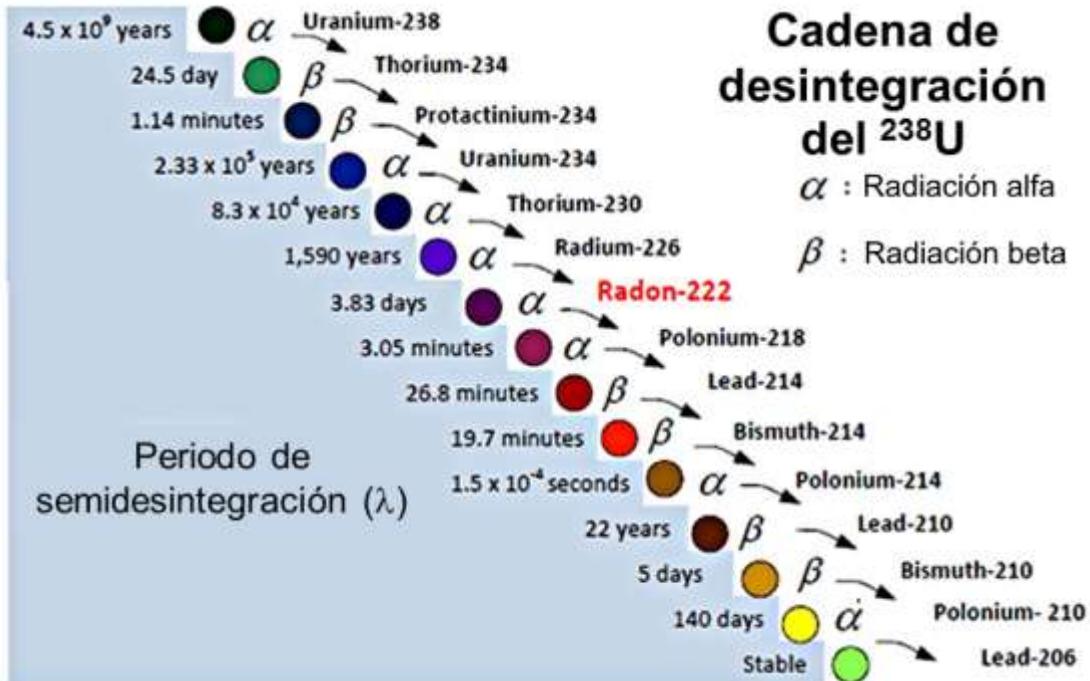
Fuente: IAEA 2023

INTRODUCCIÓN

- Para investigar las conexiones entre cuerpos de agua subterráneos y superficiales, las herramientas tradicionales se basan en el **balance hídrico**.
- Depende de la medición o estimación de parámetros complejos (el caudal, la conductividad hidráulica, la transmisividad, etc.).
- En general, son metodologías con mucha incertidumbre.
- Es posible utilizar técnicas complementarias menos complejas que utilizan trazadores como indicadores de ganancia de aguas subterráneas. Uno de estos trazadores es el **radón-222 (^{222}Rn)**.

INTRODUCCIÓN

El ^{222}Rn es producto de la desintegración directa del ^{226}Ra ; proceso que forma parte de la cadena de desintegración del ^{238}U .



INTRODUCCIÓN

¿Qué lo hace un **trazador natural ideal** para estudiar las conexiones de aguas subterráneas y superficiales?

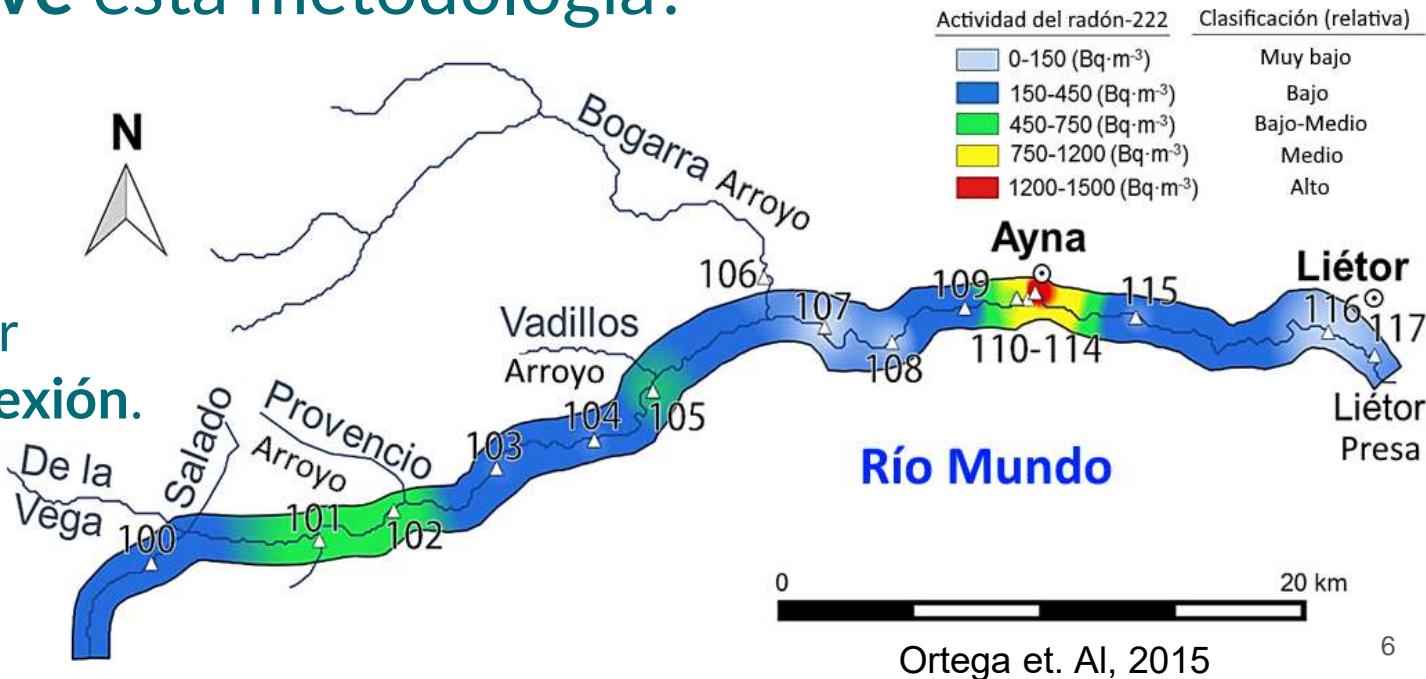
- Su **ubicuidad**: está presente en todos los suelos y litologías.
- Su período de **semidesintegración** relativamente **corto** (3,82 días).
- Su naturaleza químicamente **inerte** (gas noble).
- Su enriquecimiento significativo en las aguas subterráneas en comparación con las aguas superficiales (**contraste**).
- Medición rápida y de **bajo costo**.

INTRODUCCIÓN

¿Para qué sirve esta metodología?

Caracterización
cualitativa:

- Para identificar
las zonas de conexión.

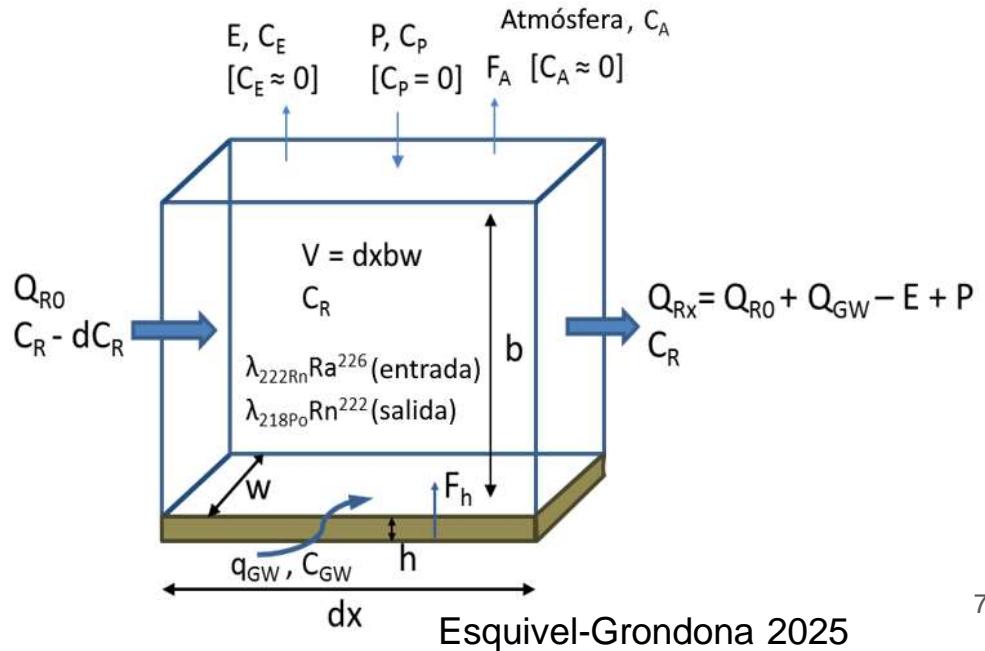


INTRODUCCIÓN

¿Para qué sirve esta metodología?

Caracterización cuantitativa:

- Balance hídrico.
- Para **cuantificar los caudales de ingreso.**



METODOLOGÍA

Etapas

La metodología consiste en tres etapas:

1. Caracterización de las aguas superficiales y subterráneas del sistema.
2. Identificación de posibles puntos conexión.
3. Focalización en las zonas de interés.

INTRODUCCIÓN

La confiabilidad de esta metodología depende:

- De los criterios utilizados para definir el **alcance espacial y temporal de la técnica** en los sistemas de estudio.
- De los **procedimientos de toma de muestra y de medición de la concentración de la actividad de ^{222}Rn** (resulta necesario establecer procedimientos claros y reproducibles para dichos procesos).

Caso de estudio

Estudio de la conectividad entre las aguas subterráneas y el arroyo El Tigre San Rafael, Mendoza

G. Nader*(1), P. Sánchez Proaño(1), L. Garay Romero (2), M. Cabranes (1) y V. Solanes(1)

(1) División Química del agua y del suelo, Gerencia Química.

(2) Departamento Tecnología de Producción de Uranio, Gerencia de Producción de Materias Primas.

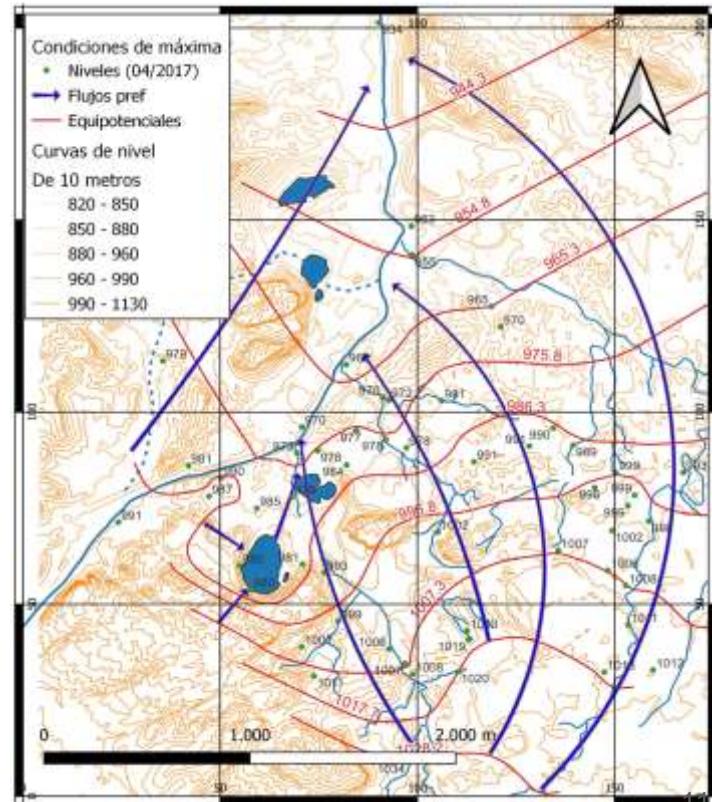
Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), Av. Gral. Paz 1499, Buenos Aires, Argentina.

Estudio de la conectividad entre las aguas subterráneas y el arroyo El Tigre

Introducción

Contexto previo

- El Modelo Hidrológico Conceptual (MHC), indicaba que **el arroyo El Tigre es un curso de agua ganador**.
- Era necesario **verificar** la existencia de una posible conexión entre el agua subterránea y el arroyo El Tigre.
- El **objetivo** de este trabajo fue estudiar la conexión entre aguas superficiales (arroyo El Tigre) y subterráneas dentro del CMFSR.



Estudio de la conectividad entre las aguas subterráneas y el arroyo El Tigre

Metodología

Al no disponer información antecedente sobre las conexiones de agua superficial – subterránea:

- Se utilizó la **metodología convencional** para un balance hídrico: basado en la medición de **caudales (Q)** y de la **conductividad eléctrica (CE)**, como un trazador conservativo.
- En paralelo con la **metodología** basada en la medición de **concentraciones de la actividad de ^{222}Rn** .

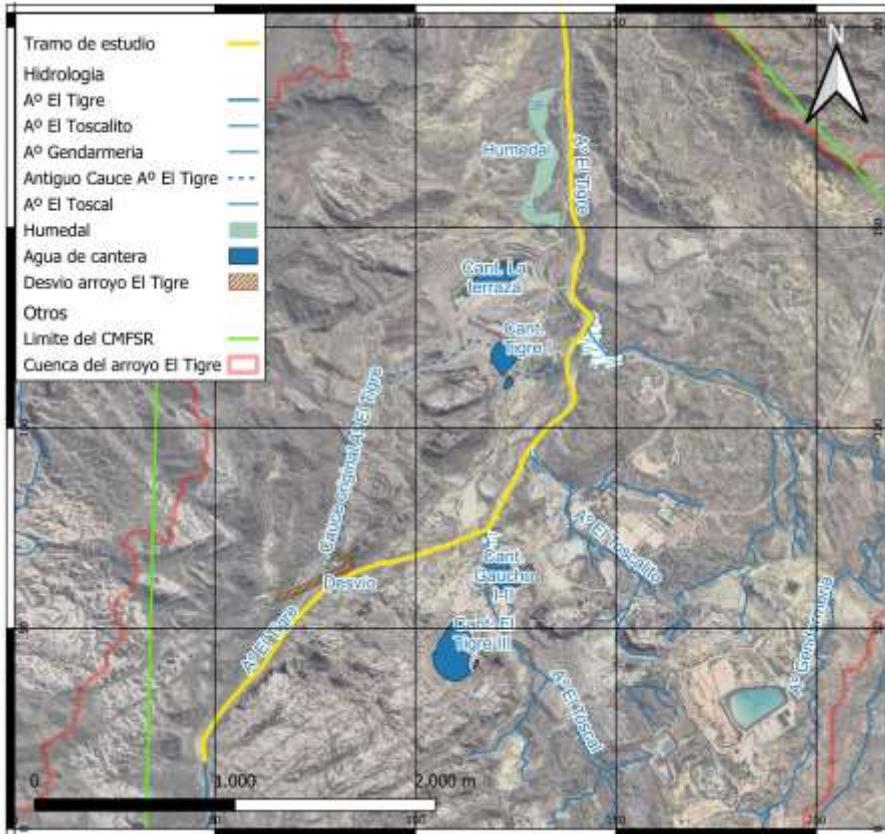
Estudio de la conectividad entre las aguas subterráneas y el arroyo El Tigre

Metodología

Sistema de estudio

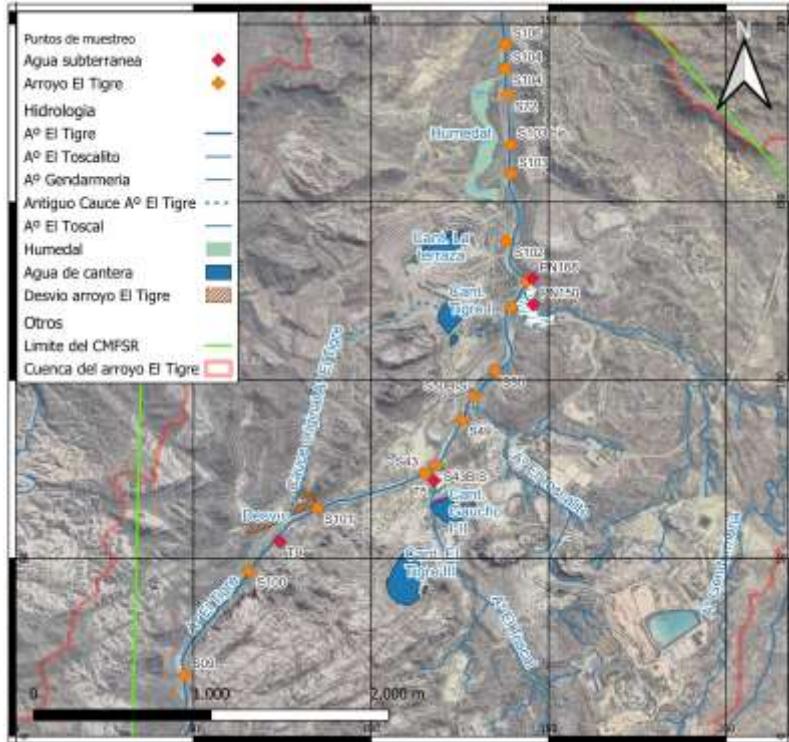
Tramo del arroyo El Tigre que se encuentra dentro del CMFSR:

- Longitud: 4370 m.
- Diferencia de nivel: 55 m.
- Pendiente: 0,013 m/m.
- Profundidad media: 0,3 m.



Estudio de la conectividad entre las aguas subterráneas y el arroyo El Tigre

Metodología



Duración

Se realizaron dos campañas de generación de datos:

- Una en un momento con bajas precipitaciones previas (“**condiciones de seca**”);
 - y la otra, en un momento con altas precipitaciones previas (“**condiciones de humedad**”).

Puntos de muestreo

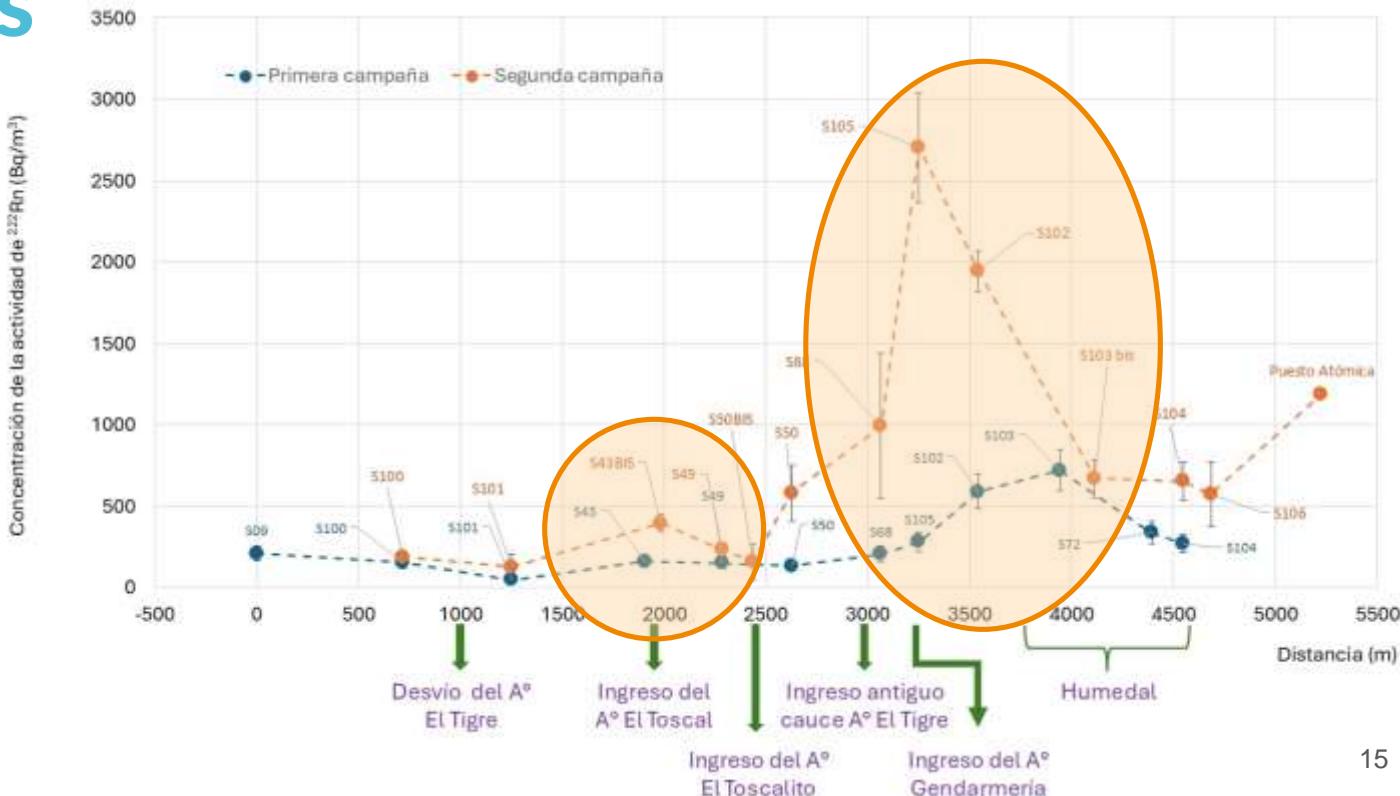
- 14 en aguas superficiales.
 - 4 en aguas subterráneas.

Estudio de la conectividad entre las aguas subterráneas y el arroyo El Tigre

Resultados

Concentración
de la actividad
de ^{222}Rn (Bq/m³)

Variación
espacial y
temporal



Estudio de la conectividad entre las aguas subterráneas y el arroyo El Tigre

Resultados

Concentración de la actividad de ^{222}Rn

Comparación con estructuras



Estudio de la conectividad entre las aguas subterráneas y el arroyo El Tigre

Conclusiones

Respecto al sistema en estudio

1. Se estableció el **nivel de base** de ^{222}Rn en el tramo de estudio en $156 \pm 36 \text{ Bq/m}^3$.
2. Se identificaron **dos ingresos** de agua subterránea al arroyo El Tigre y se establecieron sus causas.
3. El **segundo** ingreso identificado es de **mayor magnitud** (cantidad de agua que ingresa) respecto al primer ingreso.
4. Se evidenció, cualitativamente, un mayor caudal de ingreso de agua subterránea durante la segunda campaña (de condiciones húmedas) respecto a la primera (de condiciones secas).

Estudio de la conectividad entre las aguas subterráneas y el arroyo El Tigre

Conclusiones

Respecto a la metodología

1. Se validó el uso de la metodología de la actividad de ^{222}Rn para este sistema de estudio.
2. La técnica de ^{222}Rn es muy sensible: detectó ingresos de agua subterránea que **no** son **detectables** por las técnicas convencionales (Q y CE).

Estudio de la conectividad entre las aguas subterráneas y el arroyo El Tigre

Conclusiones

Como herramienta
para la toma de
decisión

La metodología se puede adaptar fácilmente a distintos requerimientos: ajustando el alcance espacial y el temporal.

¡Gracias!

Gonzalo Nader

gnader@cnea.gob.ar

