



*Dirección de Tecnología – Argentina (C.T.A.)
Unidad de Negocio Argentina Sur*

Determinación del origen de las aguas subterráneas en algunas áreas de explotación de las provincias de Chubut y Santa Cruz

*Hector Ostera (CTA)
Cecilia Torres Vilar (CTA)
Martín Fasola (CTA)
Rolando Rivera (UNAS)*



Conceptos básicos: isótopos

✓ Los isótopos de un elemento tienen el mismo número atómico (Z), pero diferente masa (A):



✓ Las variaciones en la composición isotópica se expresan en valores delta:

Notación:

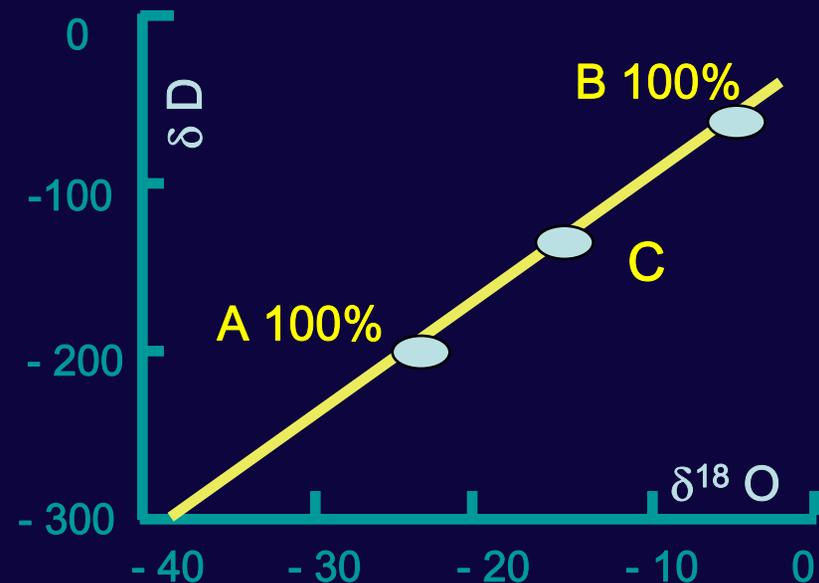
$$\delta_{o/oo} = \frac{R_m - R_s}{R_s} \times 10^3$$

✓ Los isótopos son **conservativos**

✓ Pueden ser usados en **Modelos de Mezcla**

$$\delta m = \delta_1 n_1 + \delta_2 n_2$$

“n” es la fracción de masa de la mezcla





Tipos de Isótopos

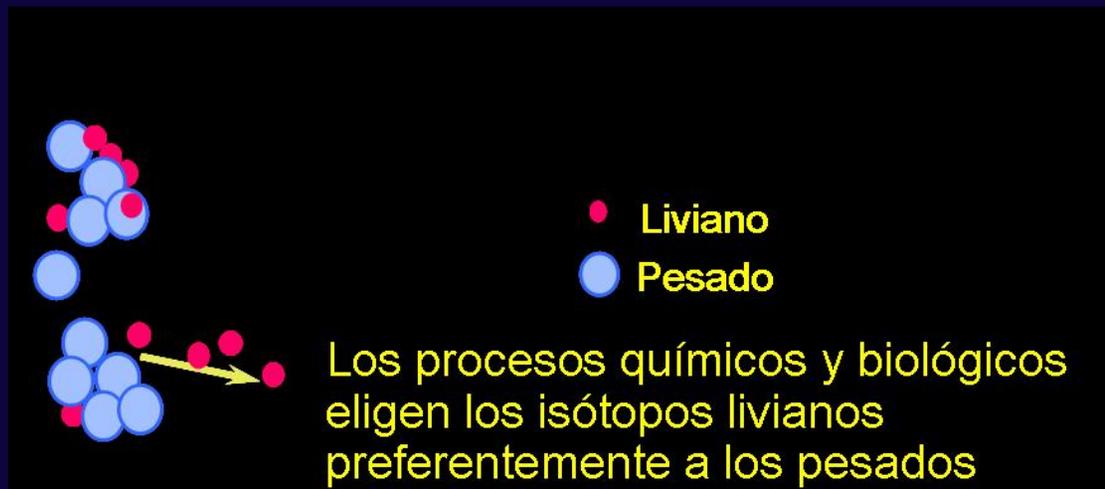
Estables e inestables

- Estables: no sufren transformaciones
- Inestables: sufren transformaciones
- Pueden ser naturales o artificiales



Fraccionamiento isotópico

Redistribución de las especies isotópicas entre las distintas sustancias o fases intervinientes, de forma tal que las concentraciones de las mismas resultan ser diferentes a las del estado inicial





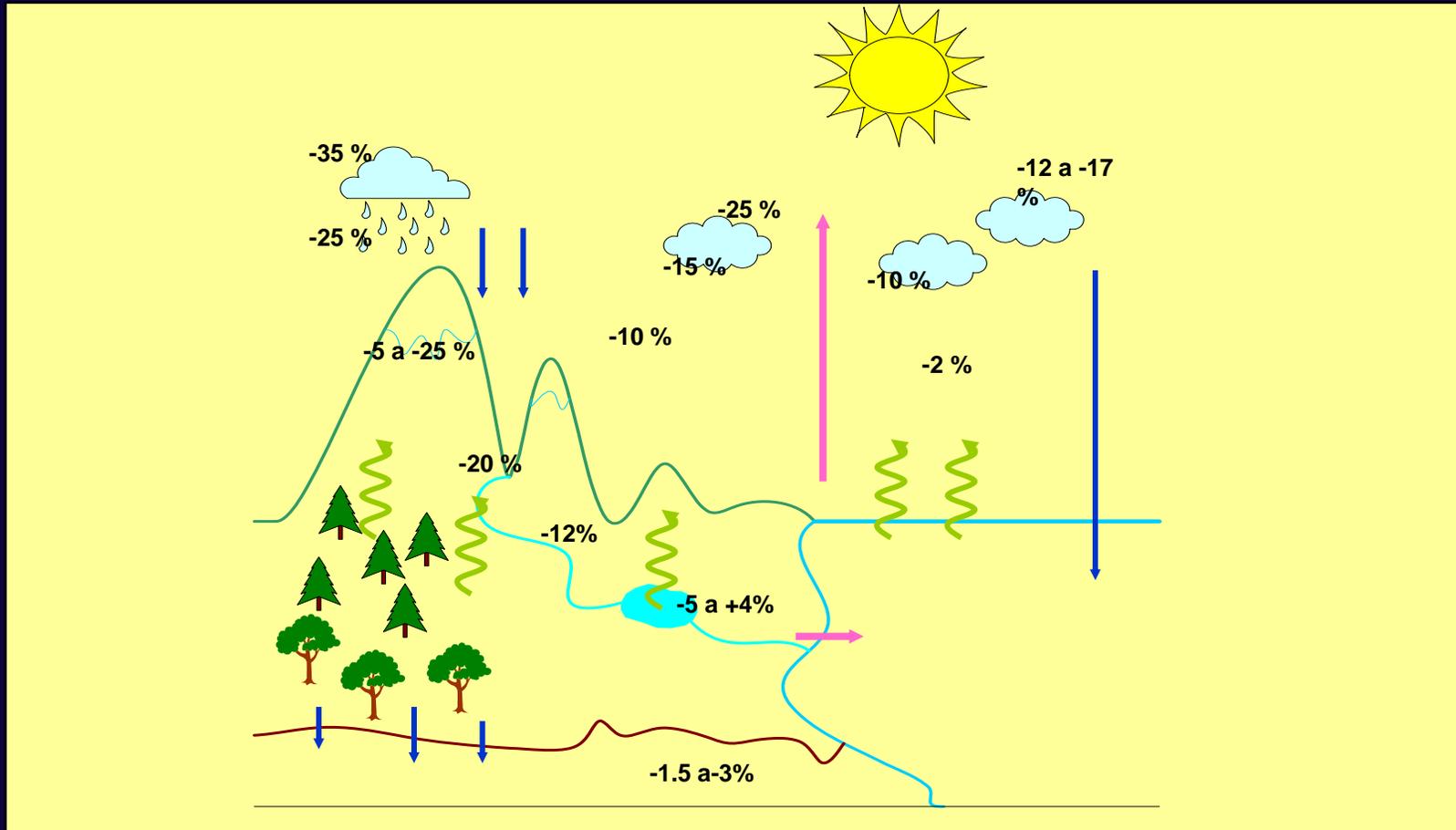
Circulación atmosférica

Circulación atmosférica global:
cómo la atmósfera destila los isótopos





Ciclo hidrológico y fraccionamiento isotópico



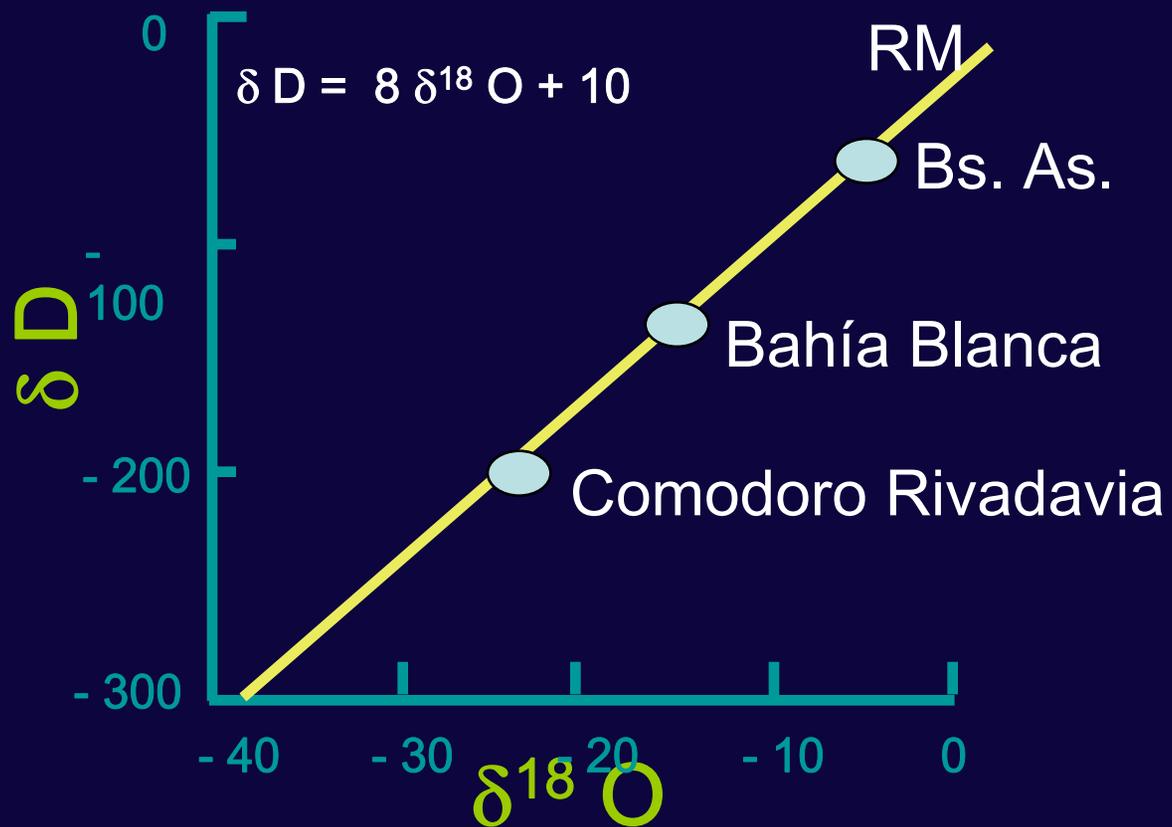


Fraccionamiento isotópico

- Efecto Latitud
- Efecto Altitud
- Efecto Continentalidad
- Efecto Abundancia



Recta Meteórica – Efecto Latitud





Isótopos de interés Geoquímico

Permiten trazar fuentes y procesos

¹⁶O 15.9949 99.76% Stable	¹⁷O 16.9991 0.04% Stable	¹⁸O 17.9991 0.20% Stable
--	---	---

³²S 31.97207 95.02% Stable	³³S 32.97145 0.75% Stable	³⁴S 33.96786 4.21% Stable	³⁶S 35.96708 0.02% Stable
---	--	--	--

¹H 1.00794 99.985% Stable	²H 2.0141 0.015% Stable	³H $t_{1/2} = 12.32\text{yrs}$ Cosmogenic/ anthropogenic
--	--	---

¹⁴N 14.00307 99.63% Stable	¹⁵N 15.0001 0.37% Stable
---	---

¹²C 12.00000 98.89% Stable	¹³C 13.00335 1.11% Stable	¹⁴C 14.0 $t_{1/2} = 5715\text{yrs}$ Radioactive Cosmogenic/ anthropogenic
---	--	--

⁸⁴Sr 83.913426 0.56% Stable	⁸⁶Sr 85.909265 9.86% Stable	⁸⁷Sr 86.908882 7.00% Stable	⁸⁸Sr 87.905617 82.58% Stable
--	--	--	---



Hidrología e hidrogeología isotópica

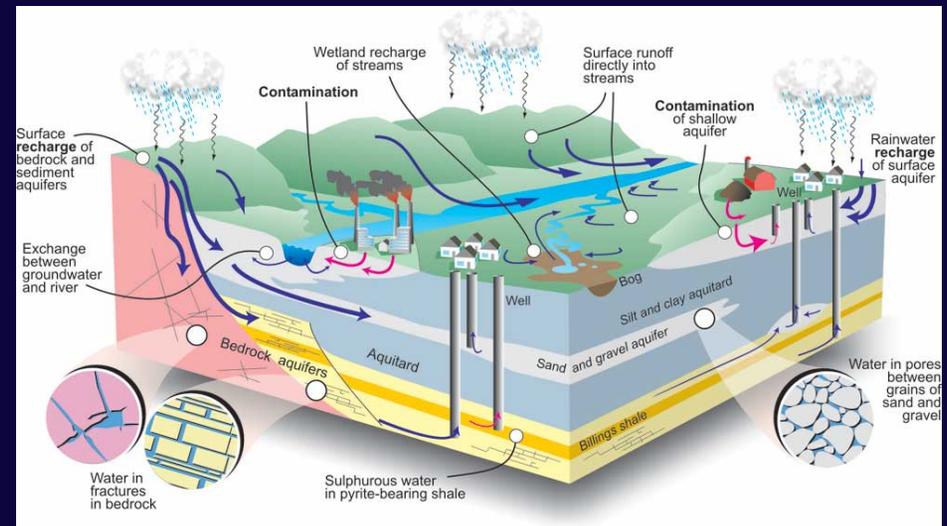
Características de los isótopos en ríos

- ✓ *Dos fuentes principales: escorrentía y agua subterránea*
- ✓ *Variaciones estacionales: Permite adquirir información sobre porcentaje de aporte de las distintas fuentes.*
- ✓ *Pequeñas variaciones en el componente de agua subterránea*
- ✓ *Presas y tormentas severas pueden ser importantes*



Características de los isótopos en el agua subterránea

- ✓ *Expresan todas las variables que actúan sobre el agua meteórica en la zona de recarga*
- ✓ *Reflejan procesos químicos en la zona saturada*
- ✓ *Pueden ser utilizados para determinar flujo difuso o canalizado*





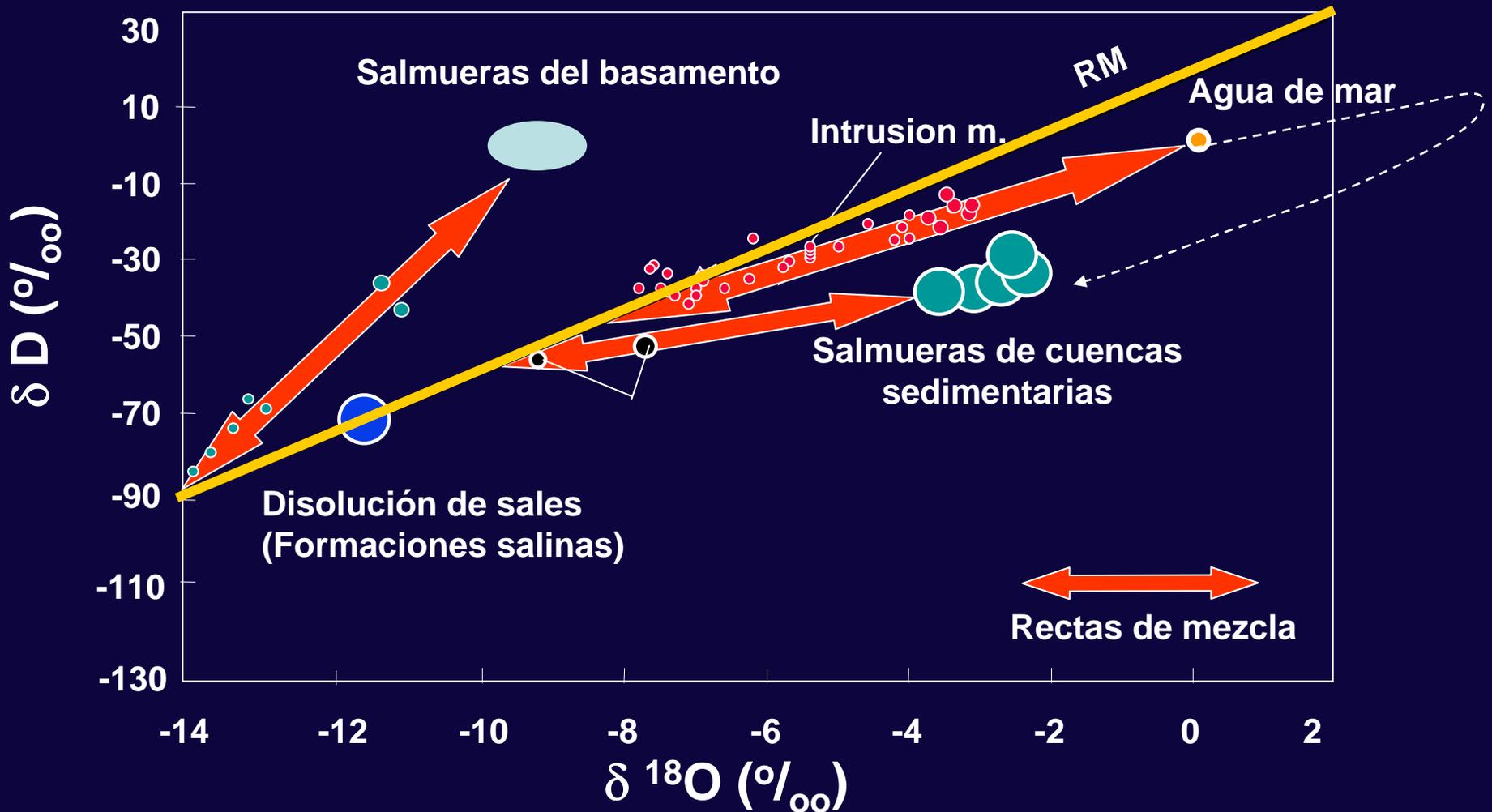
Salinización

Origen

- ✓ Disolución de halita y sales
- ✓ Intrusión de agua de mar
- ✓ Salmueras provenientes de explotación petrolera
- ✓ Lixiviados



Caracterización de fuentes de salinidad





*Dirección de Tecnología
CTA
Grupo de Medio Ambiente*

Casos de aplicación en las provincias de Chubut y Santa Cruz



Marco general y antecedentes

- ✓ Interés de Medioambiente de la Unidad de Negocio por caracterizar isotópicamente las aguas superficiales y subterráneas
- ✓ Convivencia de la actividad petrolera y humana.
- ✓ Yacimientos en recuperación secundaria
- ✓ El agua de consumo humano de algunas zonas urbanas proviene del acuífero subterráneo conocido como Patagoniano.



Muestreo

Objetivo:

Obtener todas las tipos de agua presentes en las zonas de estudio con el objeto de caracterizarlas y plantear posibles mezclas y aportes

Para tal fin, se procedió a muestrear:

- ✓ Aguas de pozos para consumo humano
- ✓ Agua coproducida
- ✓ Aguas meteóricas de la zona de estudio (río y vertientes)



Parámetros medidos

In situ:

- ✓ Medición de pH, Temperatura y Conductividad.

Laboratorio:

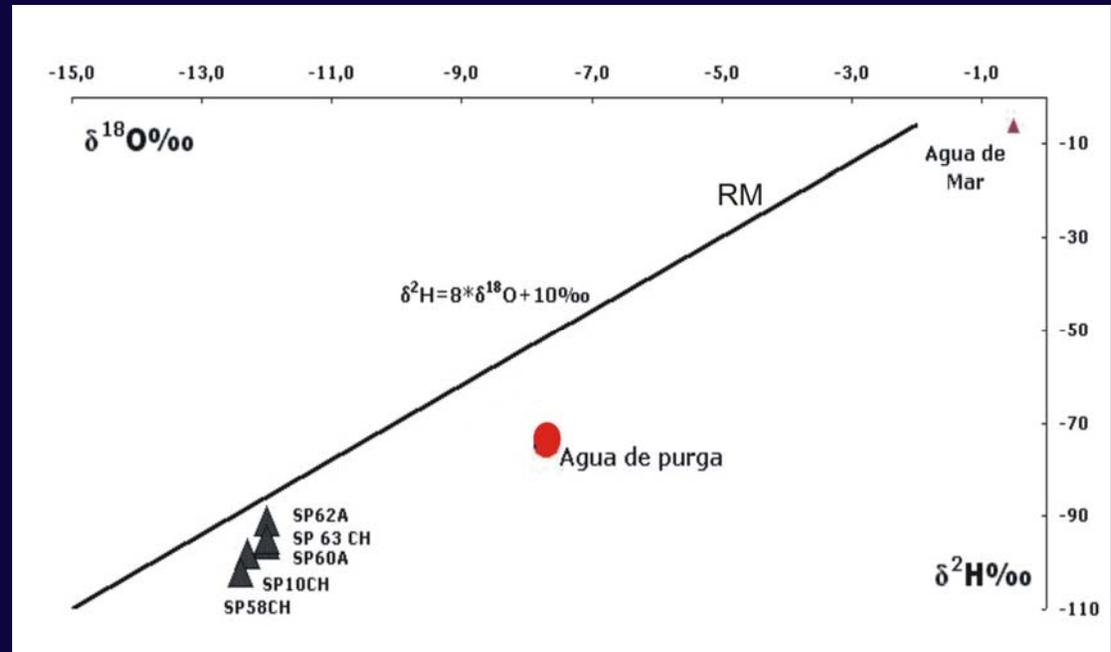
- ✓ Determinación de las relaciones isotópicas del Hidrógeno ($^2\text{H}/^1\text{H}$ - δD) y Oxígeno ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ - $\delta^{18}\text{O}$)
- ✓ Determinación del contenido de Cloruros



Caso 1 Provincia del Chubut

Resultados obtenidos

Remitente Nº		$\delta^{18}\text{O}$ $\pm 0,2$	$\delta^2\text{H}$ ± 1	CL mg/L
PTMB	agua purga	-7,7	-74	4794
SP 10 CH	Subt.	-12,3	-98	117,5
SP 58 CH	Subt.	-12,4	-102	84,6
SP 60 A	Subt.	-12,0	-96	84,6
SP 62 A	Subt.	-12,0	-91	42,1
SP 63 CH	Subt.	-12,0	-95	65,8
Caleta Olivia	agua mar	-0,5	-6	19834





Conclusiones

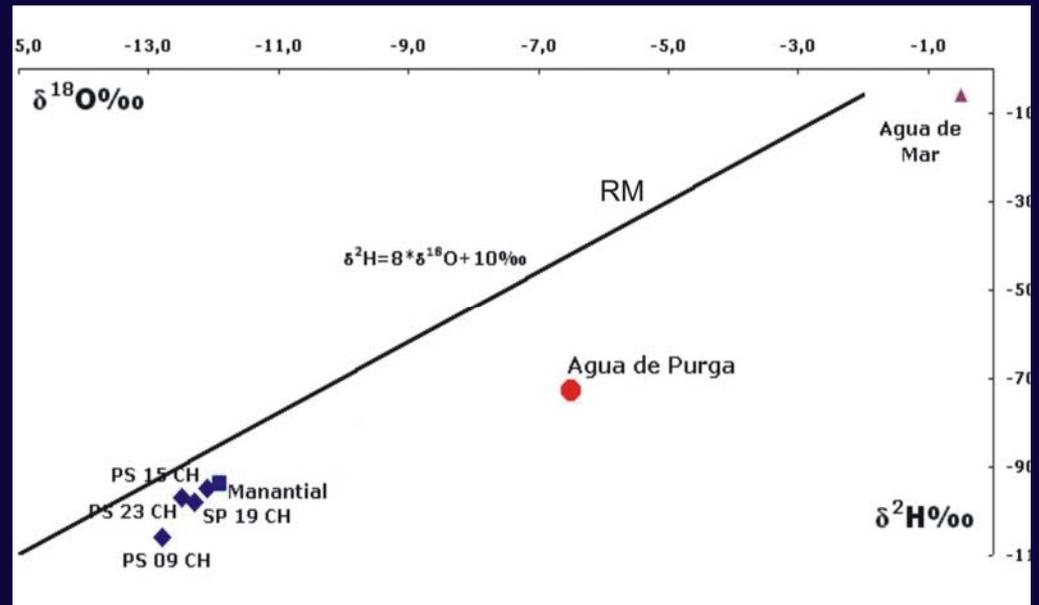
- ✓ Los datos isotópicos de los pozos muestreados y el agua de purga son significativamente distintos.
- ✓ No se observa ninguna evidencia de contaminación en el agua subterránea con el agua de purga en las muestras analizadas.
- ✓ Estas conclusiones son aplicables exclusivamente a los pozos analizados. No son extrapolables a todos los pozos del área y se remite exclusivamente al tiempo en que se realizó el muestreo.



Caso 2 Provincia del Chubut

Resultados obtenidos

Remitente Nº		$\delta^{18}\text{O}$ ± 0.2	$\delta^2\text{H}$ ± 1	CL- mg/L
Planta El Trébol	Agua purga	-6,5	-73	5452
El Trébol 2	Manantial	-11,9	-94	61,1
PS 09 CH	Subt.	-12,8	-106	37,6
PS 15 CH	Subt.	-12,1	-95	37,6
PS 23 CH	Subt.	-12,5	-97	32,9
SP 19 CH	Subt.	-12,3	-98	150,4
Caleta Olivia	Agua mar	-0,5	-6	19834





Conclusiones Caso II

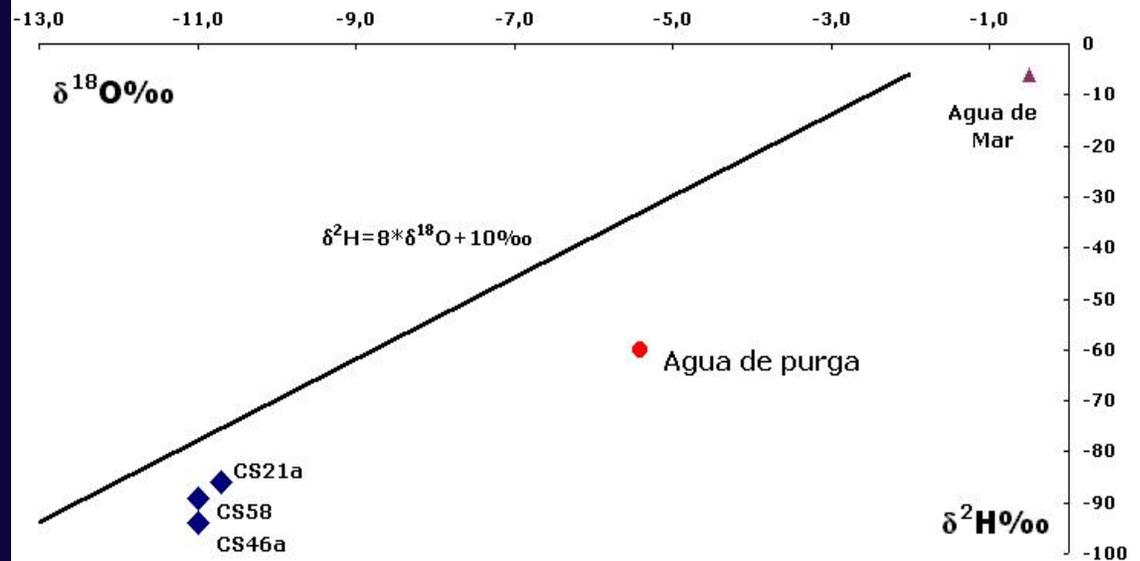
- ✓ La composición isotópica y las salinidades de las aguas subterráneas no muestran evidencia de contaminación por el agua de purga.
- ✓ El agua de manantial está levemente enriquecida sugiriendo un proceso de evaporación o recarga por precipitaciones nivales.
- ✓ Estas conclusiones son aplicables exclusivamente a los pozos analizados. No son extrapolables a todos los pozos del área y se remite exclusivamente al tiempo en que se realizó el muestreo.



Caso 3 Provincia del Chubut

Resultados obtenidos

Remitente N°		$\delta^{18}\text{O}$ ± 0.2	$\delta^2\text{H}$ ± 1	Cl^- mg/L
Cañadón Seco	agua purga	-5,4	-60	12032
CS 21a	Subt.	-10,7	-86	540,5
CS 46a	Subt.	-11,0	-94	611
CS 58	Subt.	-11,0	-89	455,9
Caleta Olivia	Agua mar	-0,5	-6	19834





Conclusiones Caso III

- ✓ Los datos isotópicos del agua subterránea y el agua de purga son significativamente diferentes.
- ✓ No se observa ninguna evidencia de contaminación en los pozos muestreados con el agua de purga
- ✓ Estas conclusiones son aplicables exclusivamente a los pozos analizados. No son extrapolables a todos los pozos del área y se remite exclusivamente al tiempo en que se realizó el muestreo



Caso 1 Provincia de Santa Cruz

Antecedentes

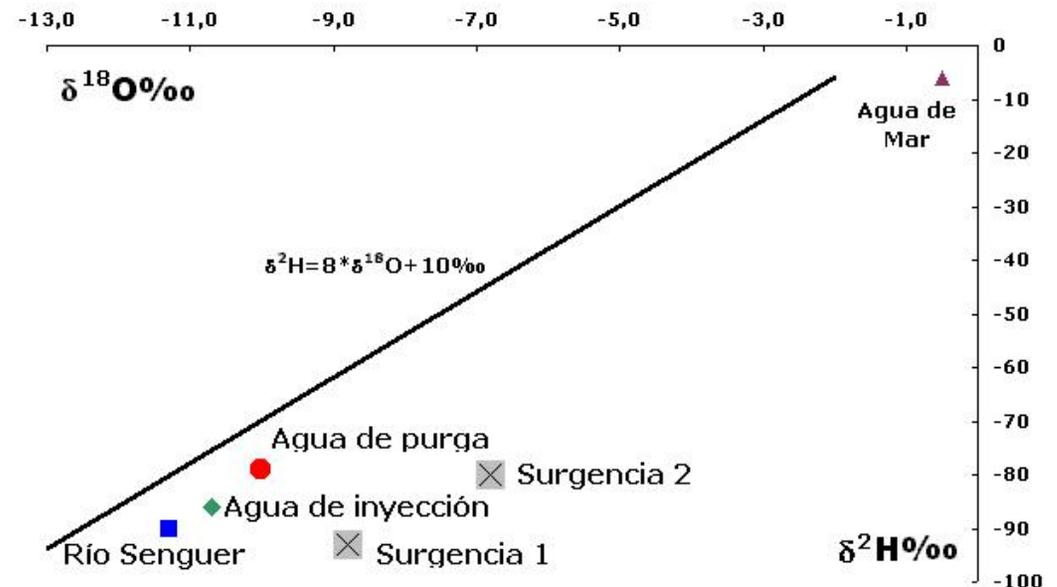
- ✓ Se trata de un yacimiento que actualmente se encuentra en recuperación secundaria: mezcla de agua de purga (43%) con agua del Río Senguerr (57%).
- ✓ Se detectaron surgencias salinas y se trató de determinar el origen.



Caso 1 Provincia de Santa Cruz

Resultados obtenidos

Remitente N°		$\delta^{18}\text{O}$ ± 0.2	$\delta^2\text{H}$ ± 1	CL- mg/L
El Guadal 2	agua purga	-10,0	-79	4512
El Guadal 1	surgencia	-8,8	-93	5264
El Guadal 2	surgencia	-6,8	-80	7238
El Guamal	agua inyecc.	-10,7	-86	1692
Río Senguerr	agua superf.	-11,3	-90	18,8
Caleta Olivia	agua mar	-0,5	-6	19834





Conclusiones

Caso I Provincia de Santa Cruz

- ✓ Las surgencias no están relacionadas con el agua de inyección ni con el agua de purga, su composición isotópica es característicamente distinta de la de estas aguas.
- ✓ Se propone el origen de las mismas, a partir de aguas con alta salinidad provenientes de niveles superiores de diferente edad geológica y que ascienden a la superficie como consecuencia del fallamiento (medio fracturado: F. Río Chico)
- ✓ A partir de la composición isotópica se determinó que la proporción de mezcla en el agua de inyección es 64 % agua del río Sengüer y 36 % agua de purga.

Recomendaciones

- ✓ Se sugiere obtener muestras de aguas de pozos cercanos a la zona de estudio, en lo posible de aquellos que produzcan de la F. Río Chico, para comprobar o rectificar lo determinado en este informe.



*Dirección de Tecnología Argentina (C.T.A)
Unidad de Negocio Argentina Sur*



Muchas Gracias
¿Preguntas?

