



**Programa de Postgrado Interinstitucional en Ciencias Hídricas (con Mención Ambiental)**

**Trabajo final o tesina de la carrera de  
Especialización en Contaminación de Aguas Subterráneas**

**IDENTIFICACIÓN DE ACUÍFEROS PROFUNDOS PARA SU AISLACIÓN  
DURANTE LA PERFORACIÓN DE POZOS DE GAS. IMPLEMENTACIÓN EN  
EL YACIMIENTO RINCÓN DEL MANGRULLO - YPF - NEUQUÉN.**

---

**Gabriel Andrés Sanchez**

Comodoro Rivadavia, Septiembre, 2018



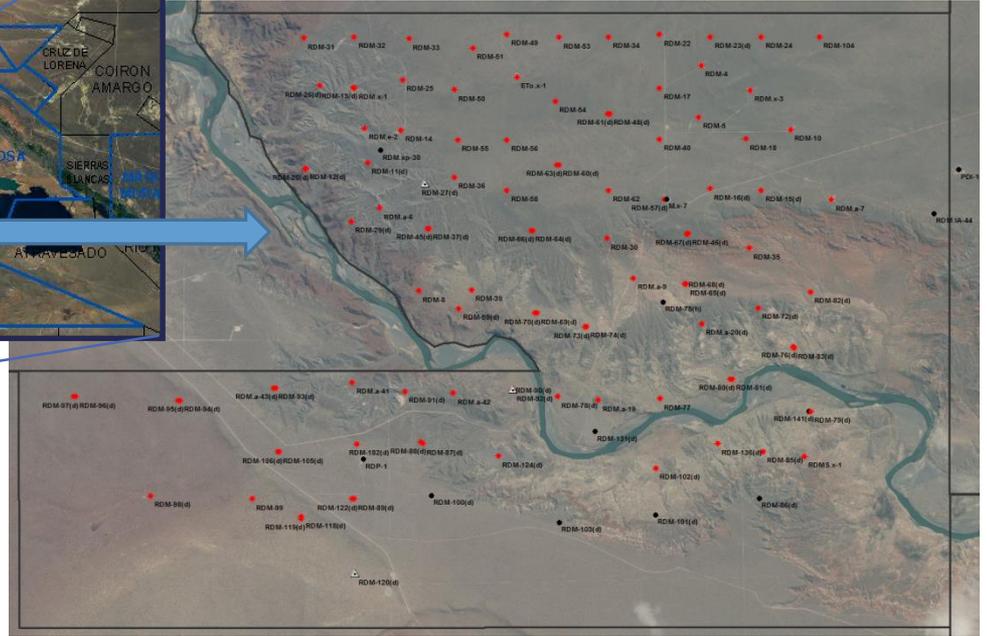
## Objetivo del trabajo

**Justificar las profundidades de perforación de los tramos guía, con el fin de proteger las capas acuíferas exigidas por la Provincia de Neuquén y preservar la calidad ambiental de las capas de agua dulce minimizando los impactos negativos ocasionados en el área de influencia directa de los pozos a construir.**

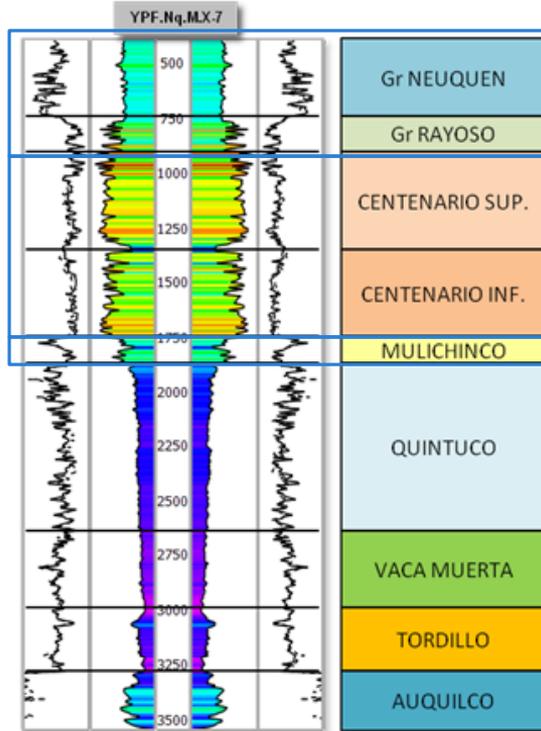
# Ubicación del área de trabajo



## Bloque Rincón del Mangrullo a enero 2015



# Geología general



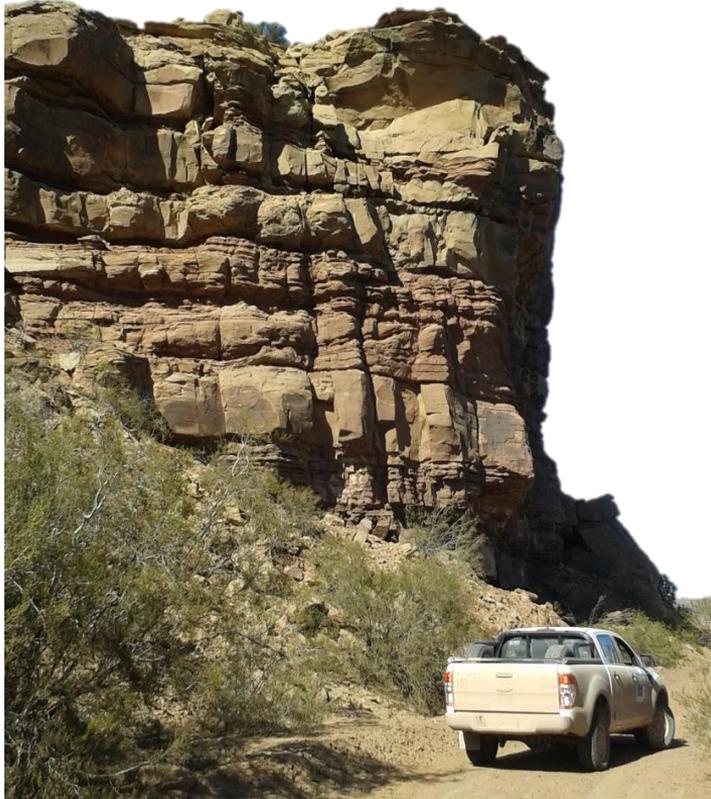
El Gr Neuquén y las secciones más someras del Gr Rayoso, constituyen los principales reservorios profundos de aguas dulces y salobres.

La Fm Centenario, compuesta por intercalaciones de pelitas y areniscas de ambientes litorales, deltaicos y fluviales distales que gradan hacia el este a areniscas y conglomerados fluviales proximales.

El principal interés económico recae en la Fm Mulichinco:

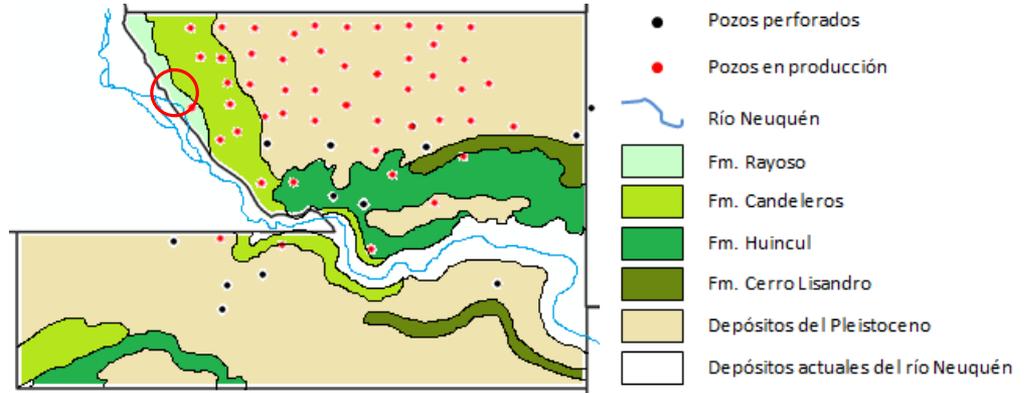
- Productora de gas.
- Permeabilidad menor a 0,1 mD (Tight).
- Producción promedio a Junio 2016: 4,3 Mm<sup>3</sup>/d

# Formación Rayoso



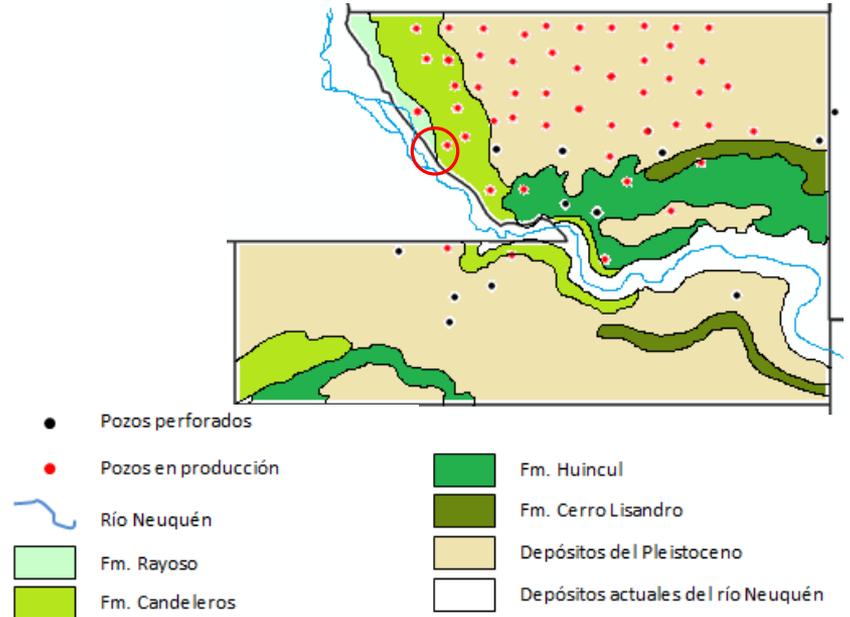
Son areniscas finas, pelitas rojas, carbonatos y evaporitas, acumuladas en un cuerpo lacustre somero.

Aflora en el sector NO del yacimiento, sobre el margen del río Neuquén.



# Grupo Neuquén

Está conformado por una secuencia de areniscas, fangolitas y conglomerados de origen fluvial. Se inicia una discordancia erosiva que pone en contacto neto a los depósitos de la Fm Candeleros con los de la Fm. Rayoso.



# Hidrología Subterránea

## Tipos de acuíferos presentes en el área Rincón del Mangrullo:

- **Subálveo (vinculado al río Neuquén)**

**Acuíferos libres que ocupan los depósitos del valle activo del río, con recarga local del río.**

- **Mesetas**

**Acuíferos libres de las zonas llanas cubiertas de grava de la Patagonia Extrandina, con recarga pluvial.**

- **Profundos**

**Acuíferos semiconfinados, en areniscas con intercalaciones de niveles arcillosos (Fm. Rayoso, Gr. Neuquén) y con recargas no locales.**

## Marco Legal

Normativas que establecen las características de los acuíferos a proteger en una perforación:

➤ **Secretaría de Energía de la Nación**



**Resolución 105/1992**

**“Procedimiento para la Protección del Medio ambiente en Operaciones de exploración y explotación de Hidrocarburos.”**

**2000 micromhos.cm**

➤ **Provincia de Neuquén**



**Decreto 2656/1999 Anexo VII**

**“Normas y procedimientos que regulan la protección ambiental durante las operaciones de exploración y explotación de hidrocarburos”**

**4000 micromhos.cm /  
3000 ppm sales totales**

# Justificación técnica

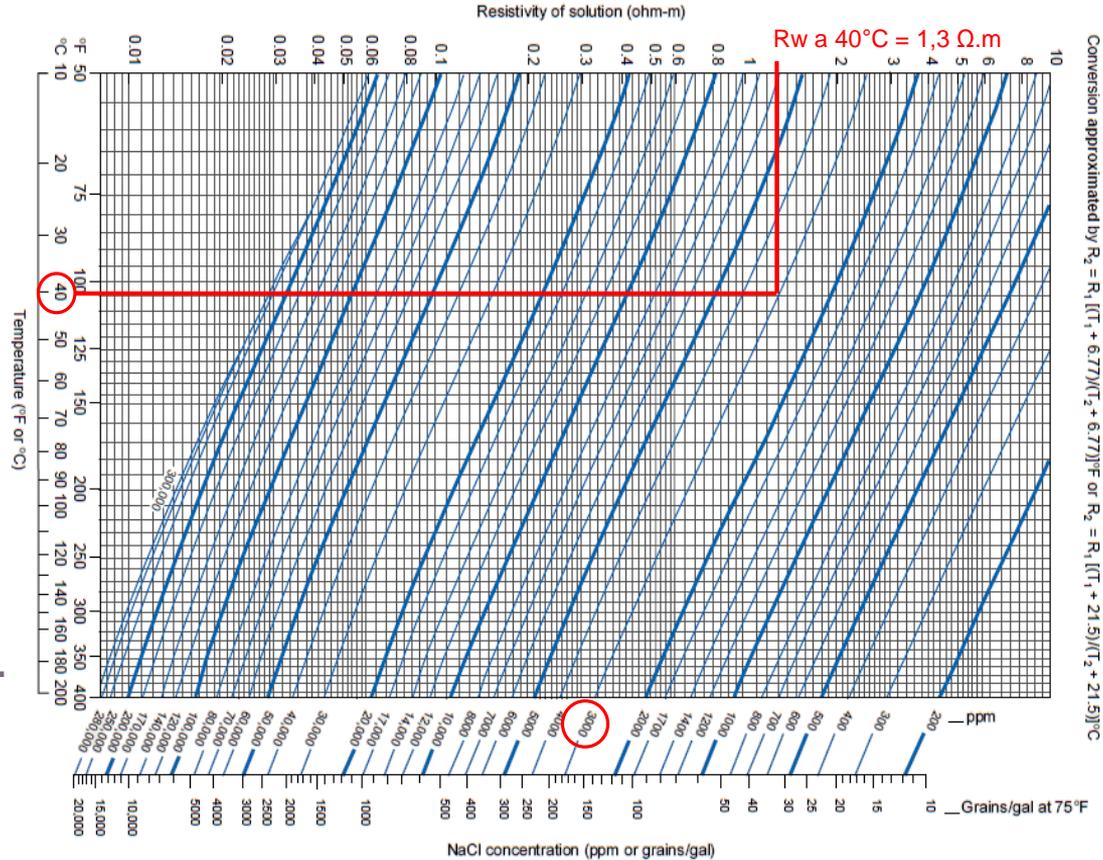
Se utilizan las curvas de Resistividad de la Formación ( $R_t$ ) para estimar la calidad del agua de los acuíferos.

$C_w$ : 4000 micromhos/cm



$R_w$ : 2,5  $\Omega \cdot m$

Equivale a 3000 ppm de NaCl a 10°C.



Conversion approximated by  $R_2 = R_1 [(T_1 + 6.77)/(T_2 + 6.77)]^{1.7}$  or  $R_2 = R_1 [(T_1 + 21.5)/(T_2 + 21.5)]^{1.7}$

# Profundidad de los acuíferos según Rt

Utilizando la Fórmula de Archie se obtiene el Rt

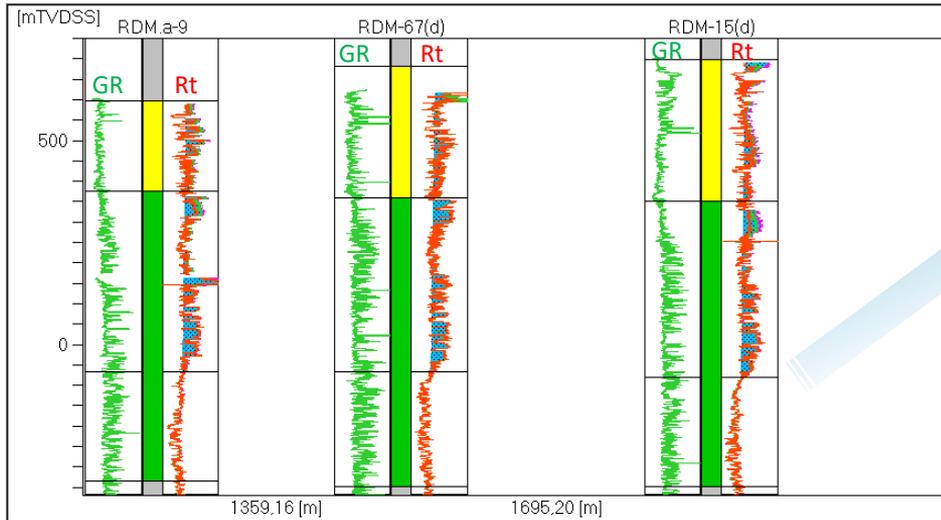
$$S_w = \sqrt[n]{\frac{a * R_w}{\phi^m * R_t}}$$

$a$  (constante): 0,81 (areniscas de mediana a alta porosidad)

$m$  (exponente de cementación): 2 (arenas limpias)

$n$  (exponente de saturación): 2 (arenas limpias)

$\Phi$  (porosidad): 0,3 (registro sísmico compensado)

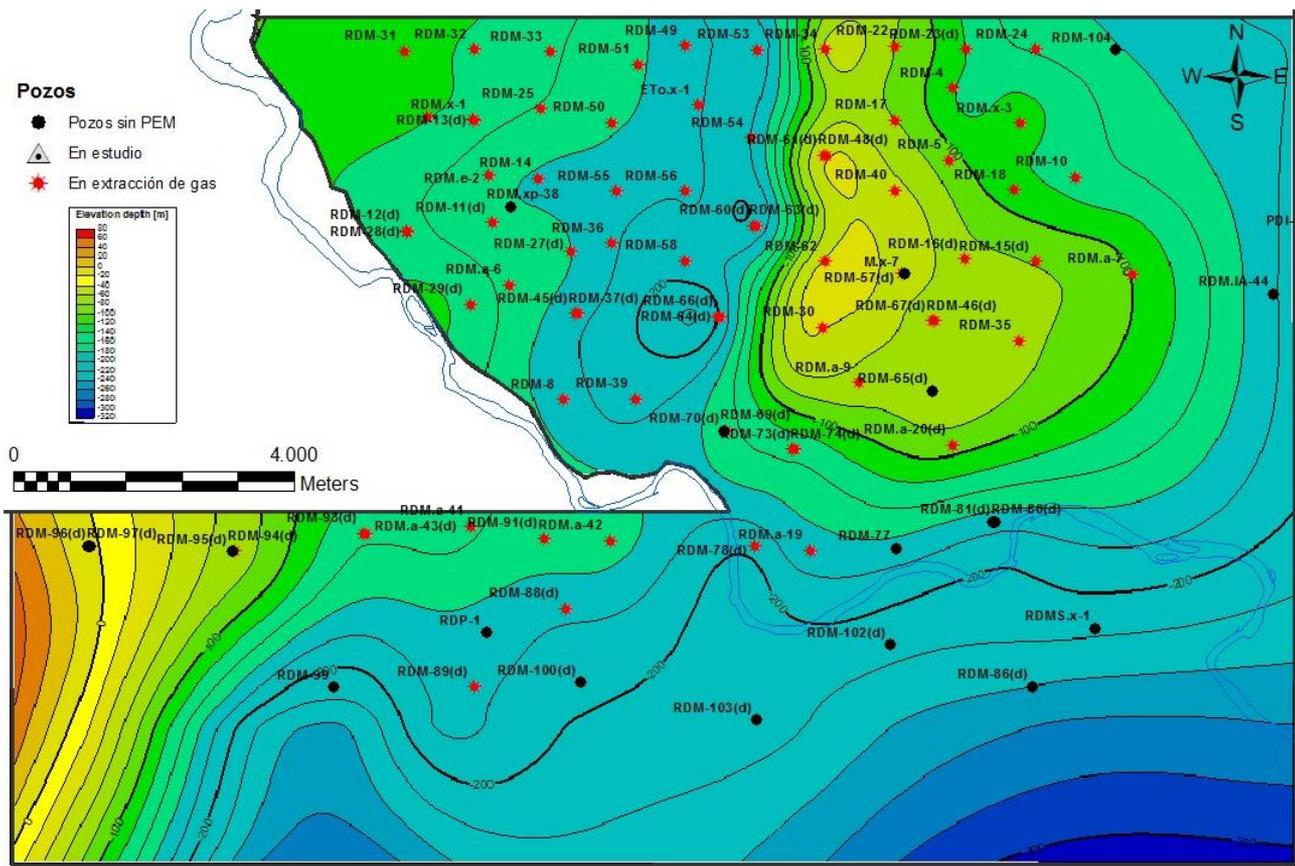


Tomando la base de la última capa de interés acuífero en cada pozo perforado en RDM, se elaboró un mapa isobático de la profundidad máxima de los acuíferos dulces.

# Profundidad de las guías

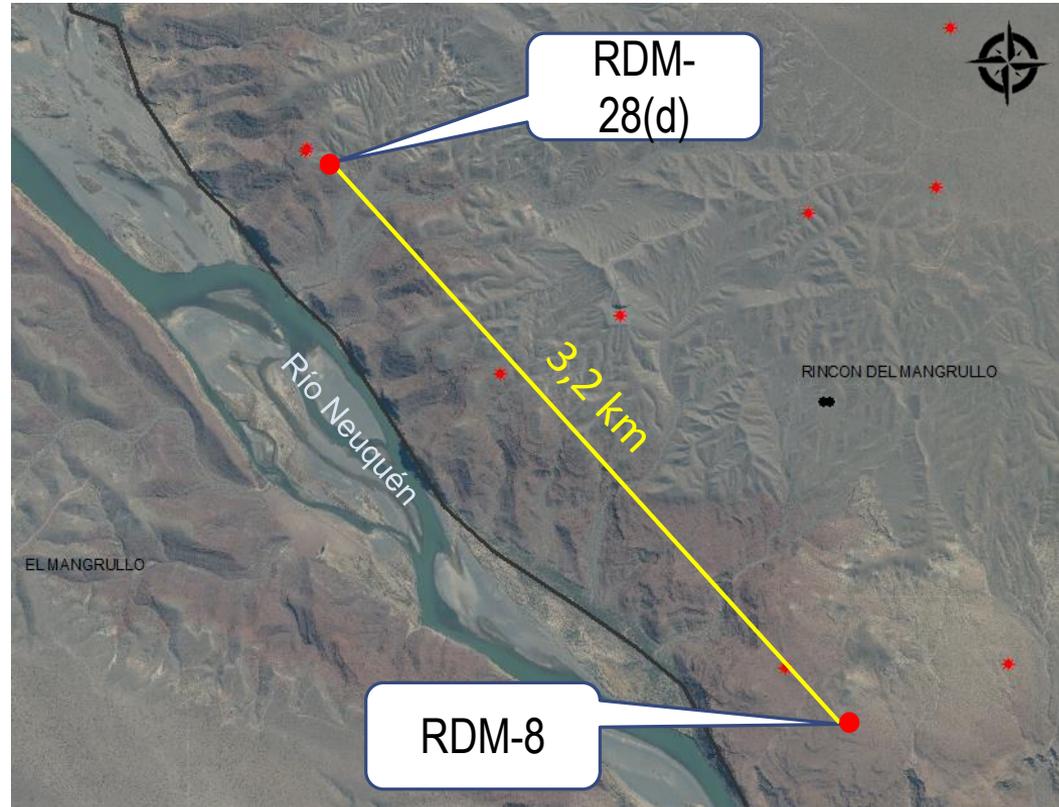
Cota + Prof. acuífero mapa = Prof. Guía

De esta forma, las secciones guías varían aproximadamente entre 530 y 820 metros bajo boca de pozo.





# Muestreo de aguas



## Muestreo de Aguas: Multiensayador MDT (Modular Dynamics Tester)



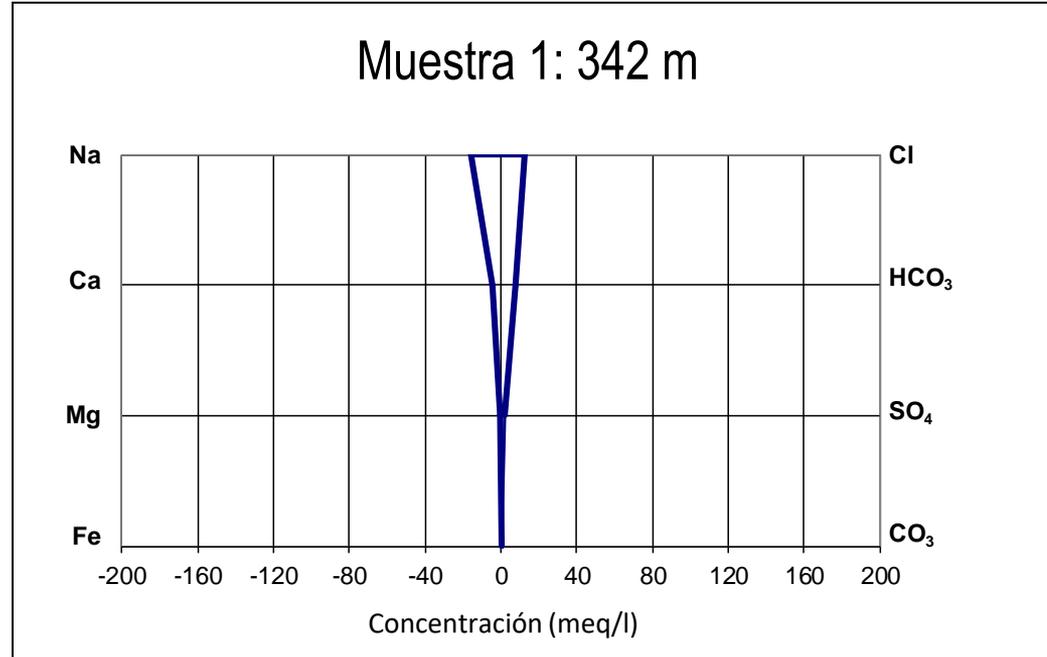
- Presión de reservorio
- Temperatura del fluido
- Resistividad del fluido



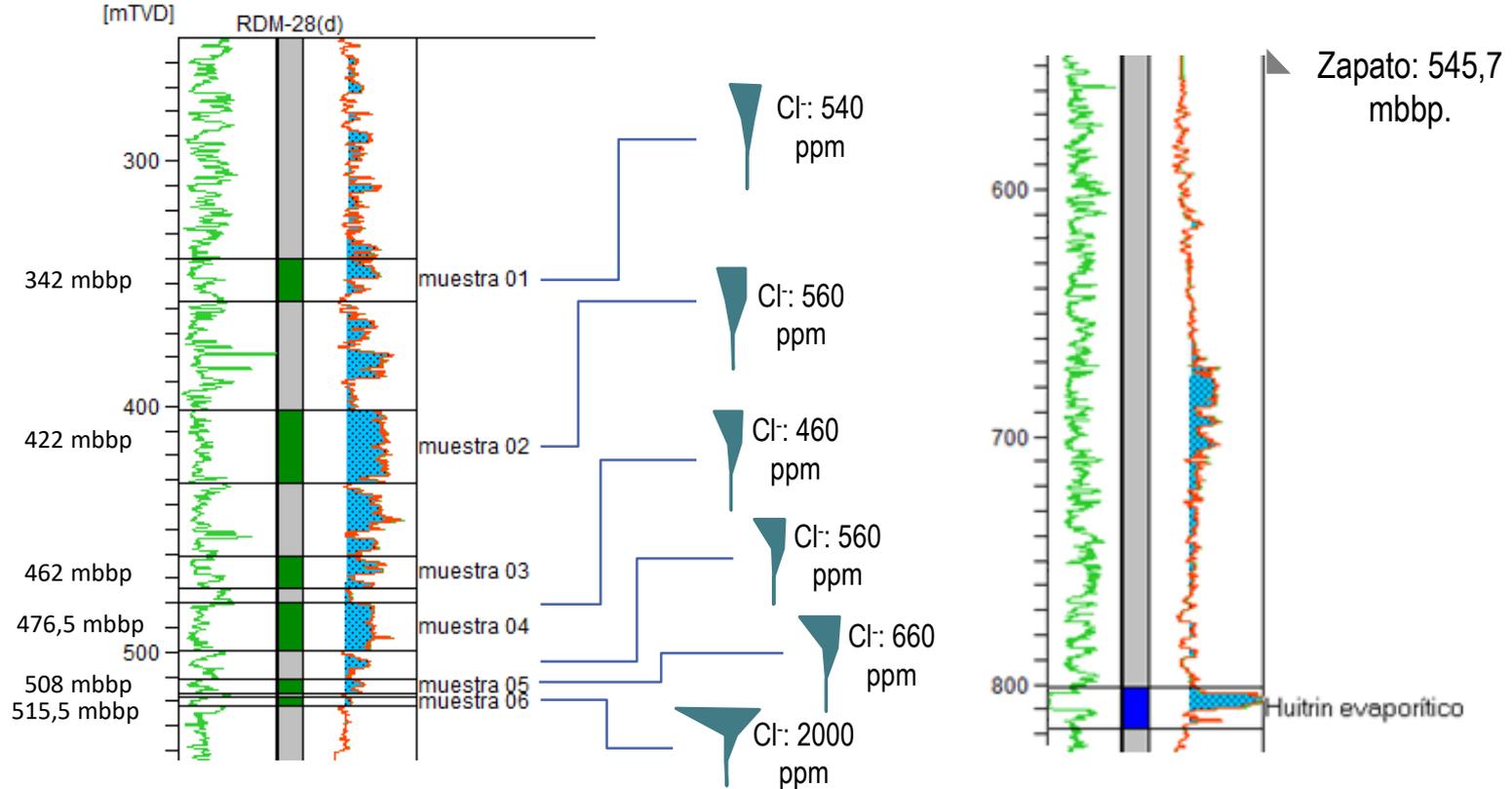
- Obtención de muestras:  
Seis botellas de 450 cm<sup>3</sup>  
Dos cámaras de 1 galón

# Muestreo de Aguas: Diagramas de Stiff

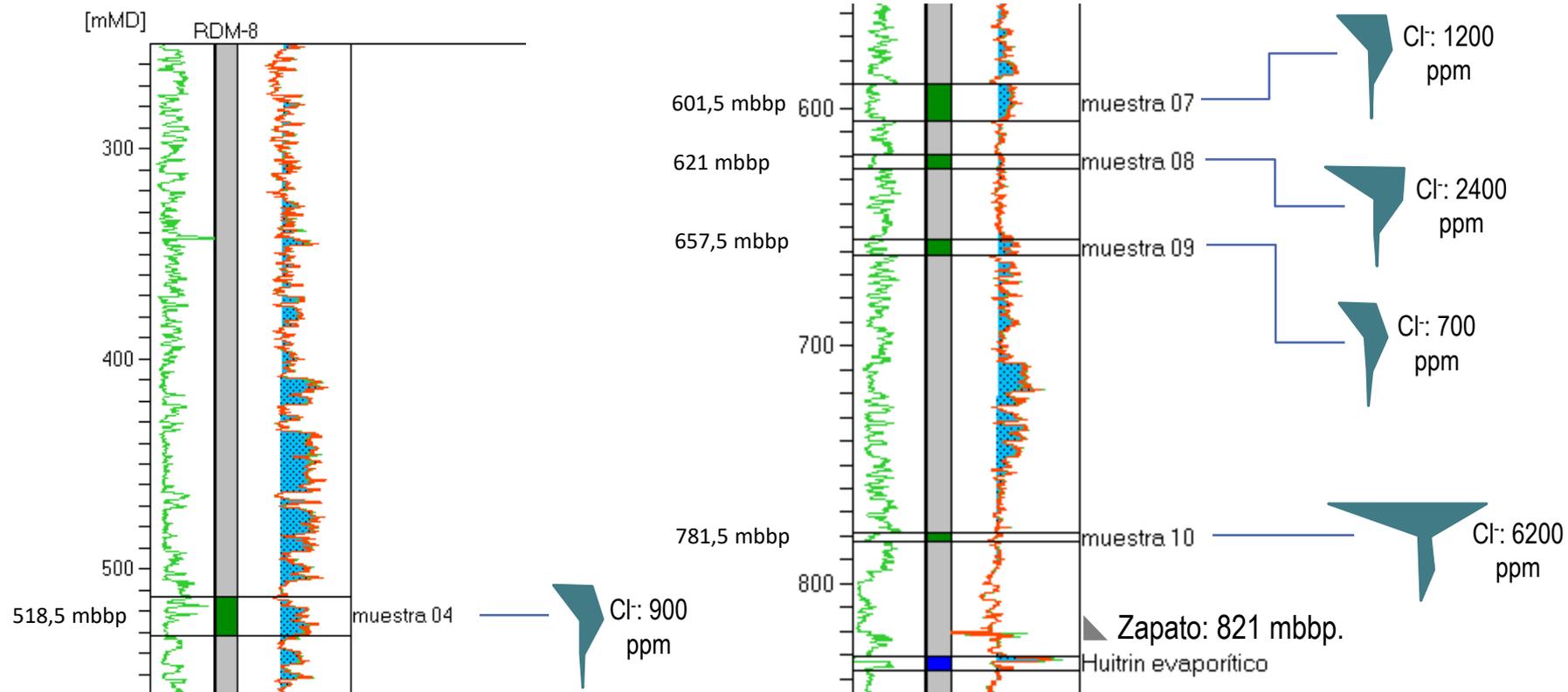
DATOS	mg/l
Na <sup>+</sup>	372,26
Ca <sup>++</sup>	96,19
Mg <sup>++</sup>	9,72
Fe <sup>++</sup> (total)	3,25
Ba <sup>++</sup>	0,00
Sr <sup>+</sup>	0,00
Cl <sup>-</sup>	540,00
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	453,84
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	105,00
CO <sub>3</sub> <sup>=</sup>	0,00



# Muestreo de Aguas: RDM-28(d)



# Muestreo de Aguas: RDM-8



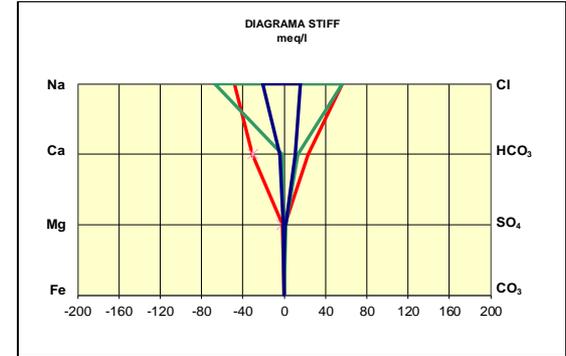
# Muestra de lodo de perforación

RDM-28(d)

Promedio de aguas	
DATOS	mg/l
Na+	475,48
Ca++	80,43
Mg++	9,56
Fe++ (total)	3,85
Cl-	556,00
HCO3-	670,51
SO4=	84,00
CO3=	0,84

Muestra 515,5 m	
DATOS	mg/l
Na+	1552,95
Ca++	40,08
Mg++	7,29
Fe++ (total)	2,50
Cl-	2000,00
HCO3-	795,44
SO4=	97,50
CO3=	0,00

Promedio lodo	
DATOS	mg/l
Na+	1105,64
Ca++	609,22
Mg++	20,39
Fe++ (total)	6,00
Cl-	2000,00
HCO3-	1403,00
SO4=	38,00
CO3=	0,00

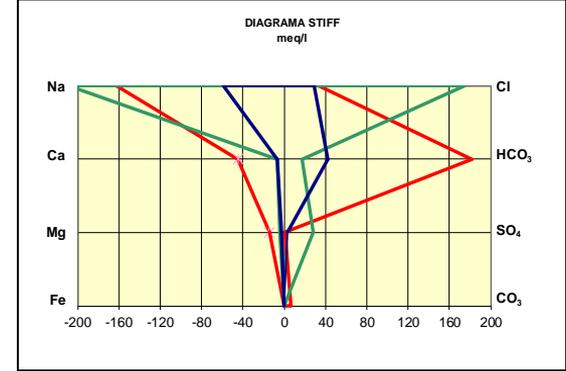


RDM-8

Promedio de aguas	
DATOS	mg/l
Na+	1347,10
Ca++	140,28
Mg++	34,02
Fe++ (total)	3,92
Cl-	1040,00
HCO3-	2595,78
SO4=	168,00
CO3=	0,00

Muestra 781,5 m	
DATOS	mg/l
Na+	4816,40
Ca++	140,28
Mg++	48,60
Fe++ (total)	3,00
Cl-	6200,00
HCO3-	1061,40
SO4=	1350,00
CO3=	0,00

Promedio lodo	
DATOS	mg/l
Na+	3739,88
Ca++	891,78
Mg++	173,15
Fe++ (total)	0,00
Cl-	1162,50
HCO3-	11079,13
SO4=	30,63
CO3=	191,25

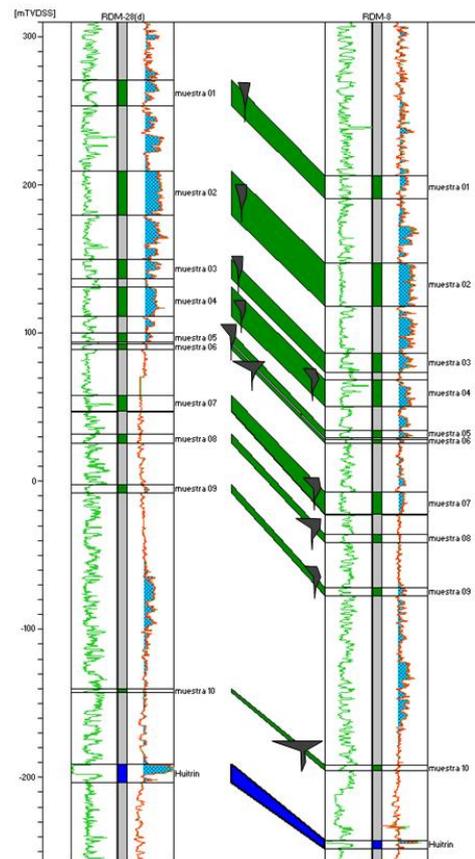


## Comparación entre RDM-28(D) y RDM-8

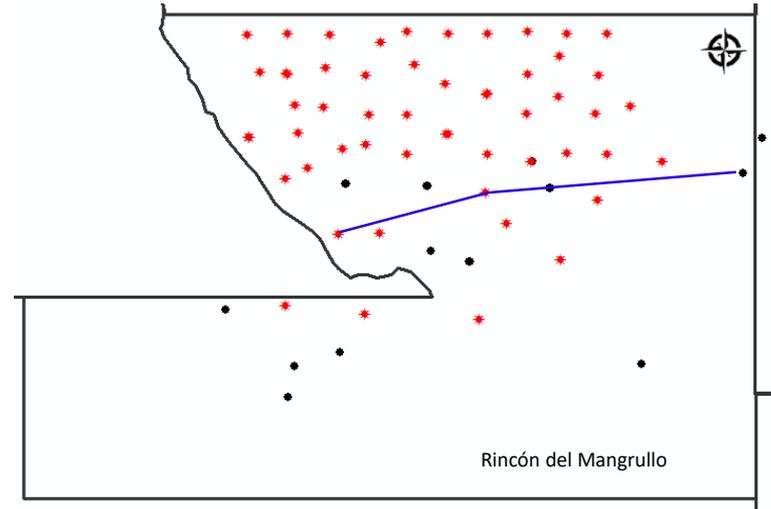
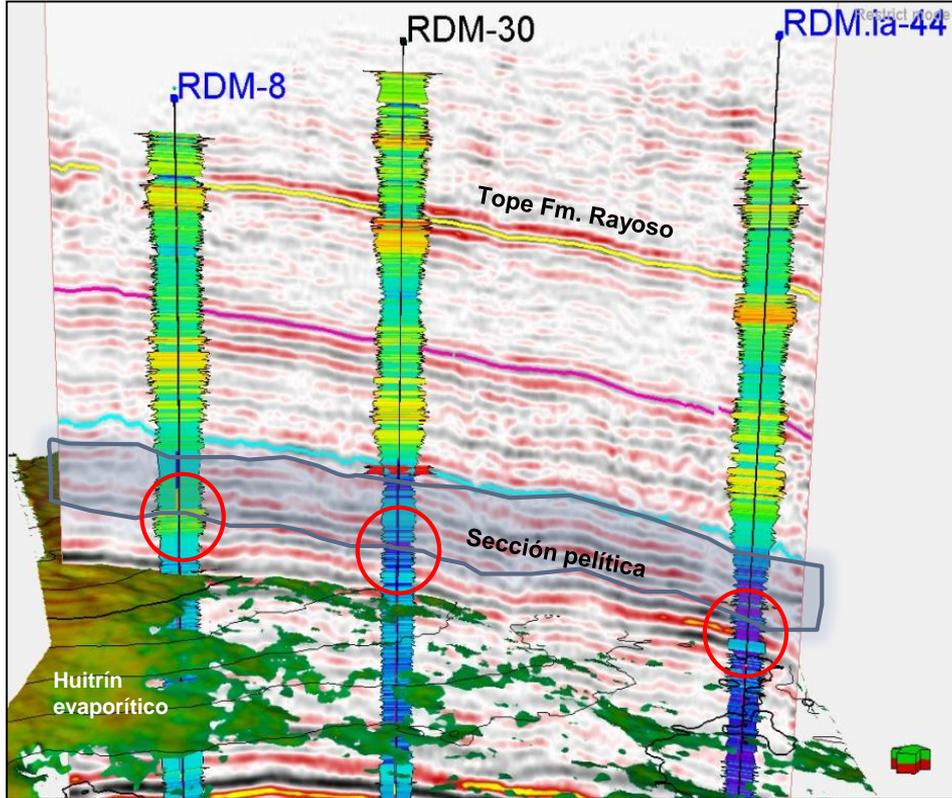
De la comparación se observa que aguas abajo el contenido salino se incrementa en general, siendo el hierro total el único componente cuya concentración disminuye.

Pozo		RDM-28(d)	RDM-8
Dato\Capa	uni	476,5m	518,5
pH	---	8,09	7,57
Na+	mg/l	524,80	1352,16
Ca++	mg/l	60,12	120,24
Mg++	mg/l	7,29	48,60
Fe++ (total)	mg/l	5,75	3,25
Ba++	mg/l	0,00	0,00
Sr+	mg/l	< 1	< 1
Cl-	mg/l	560,00	900,00
HCO3-	mg/l	692,96	2501,90
SO4=	mg/l	95,00	115,00
CO3=	mg/l	2,40	0,00
DUREZA (total)	mg/l	180,00	500,00
HC	mg/l	no determ	1015,00

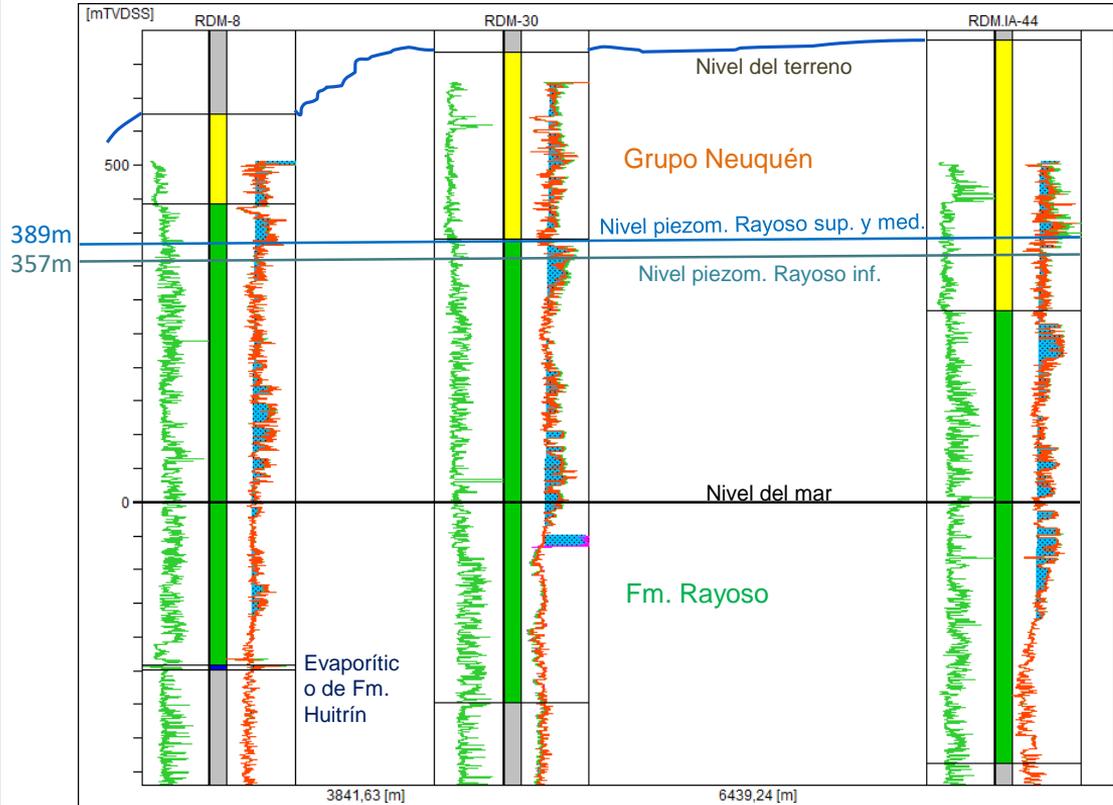
La salinidad también aumenta en las capas atravesadas por cada pozo conforme aumente la profundidad en la que se encuentra, incrementándose en forma más abrupta en las capas que sobreyacen a la Fm. Huitrín..



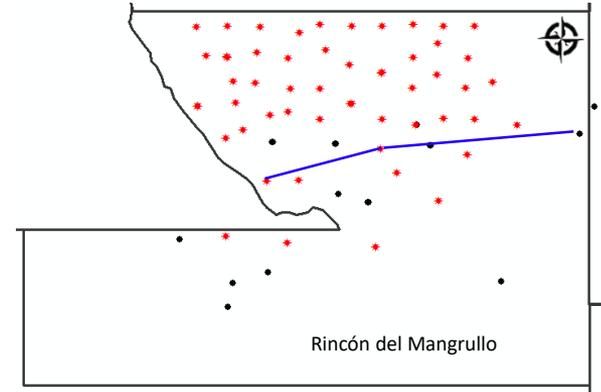
# Caracterización de los acuíferos en el área.



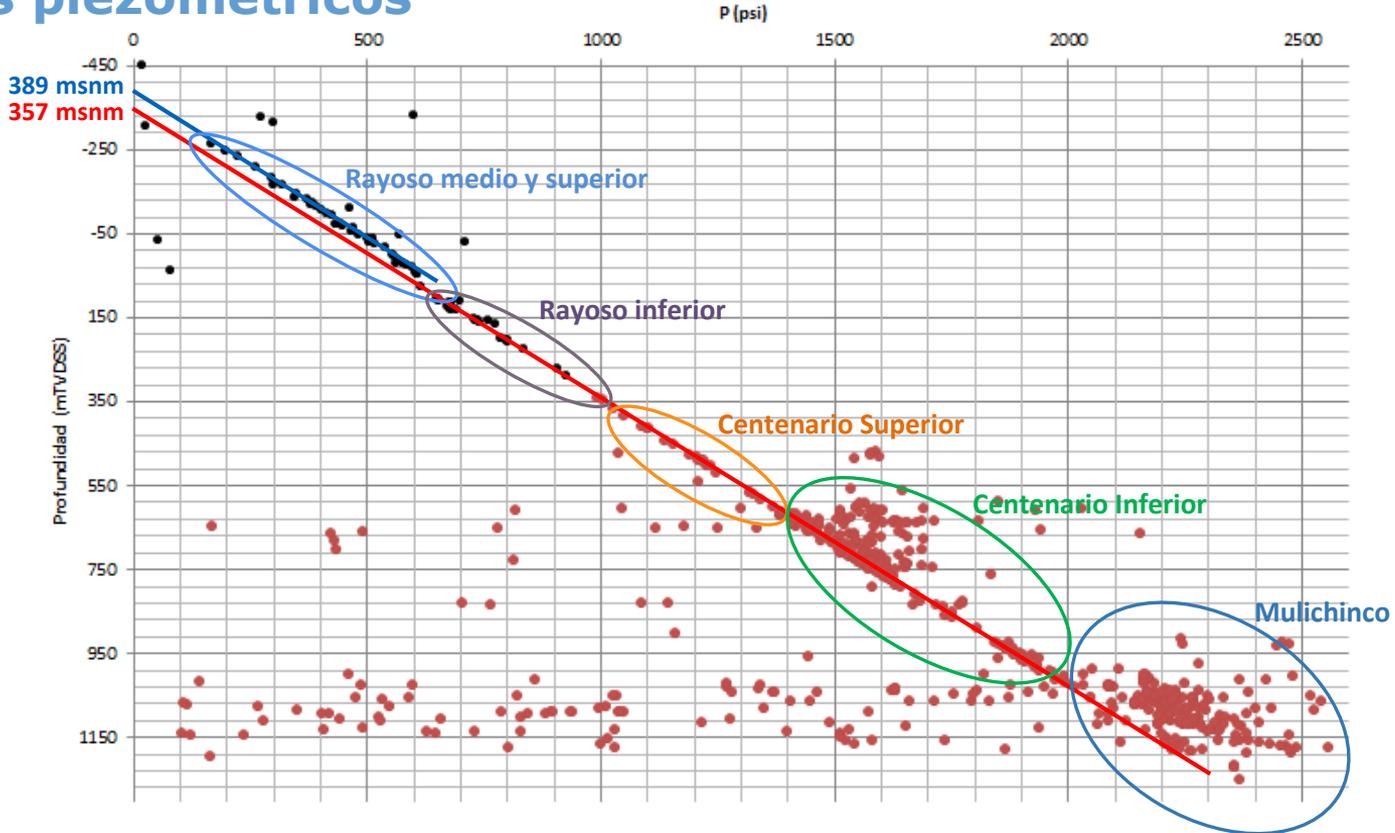
# Niveles piezométricos



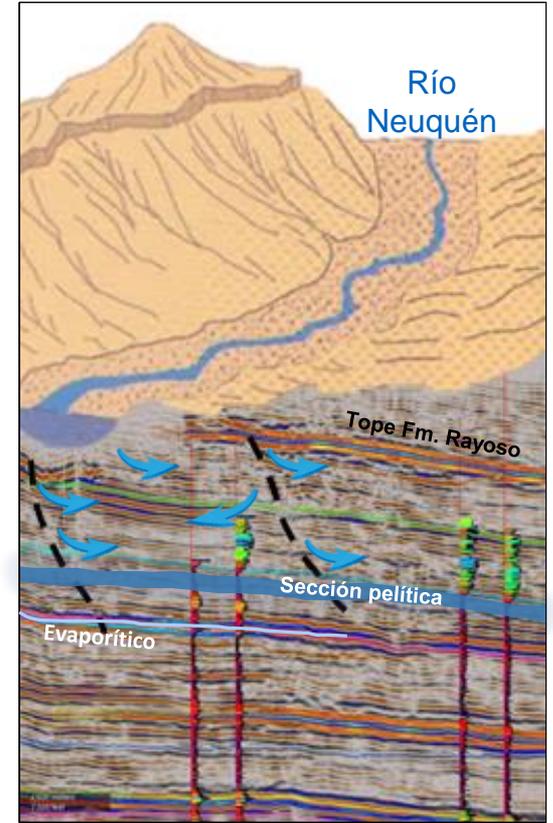
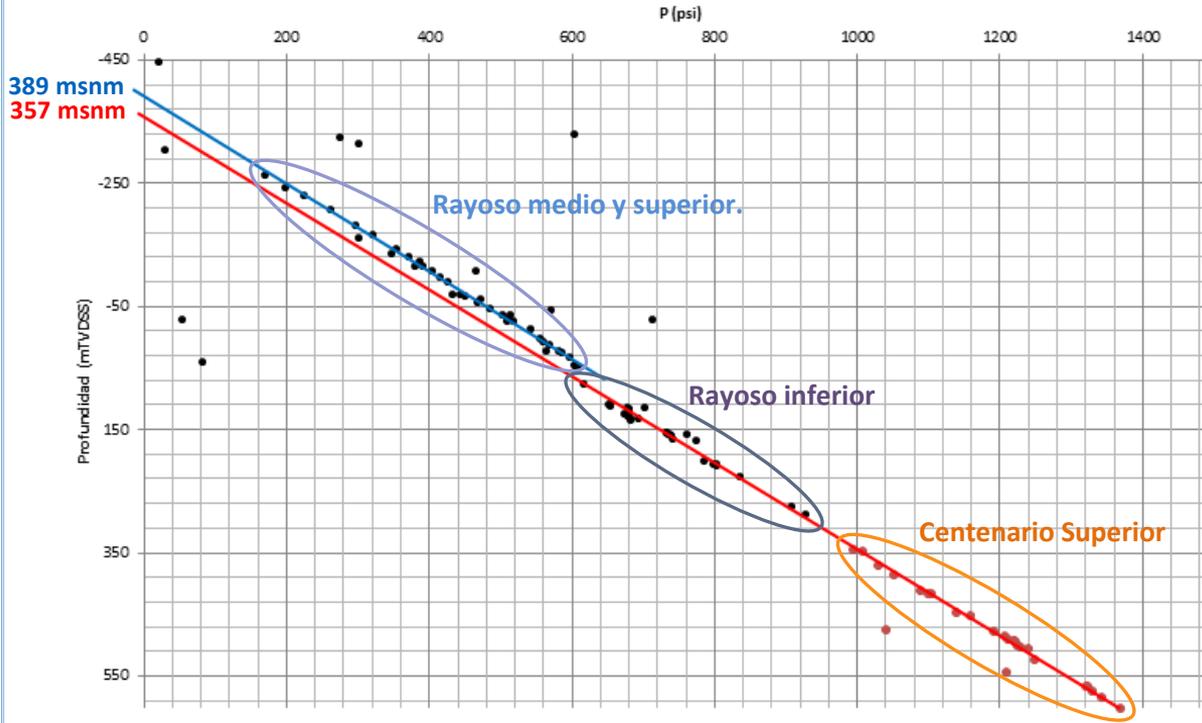
Considerando la densidad del agua subterránea de 1 g/cm<sup>3</sup>, la presión del agua aumenta 1 kg/cm<sup>2</sup> (1 bar) por cada 10 metros de profundidad. De esta manera, a partir de los datos de presión de capas acuíferas dulces se puede calcular el nivel piezométrico general del área y sus variaciones.



# Niveles piezométricos



# Niveles piezométricos



## Conclusiones

**Los acuíferos profundos se encuentran ubicados en sedimentitas permeables de la Fm. Rayoso, especialmente en sus secciones media y superior. El Grupo Neuquén posee una menor importancia como reservorio de agua dulce.**

**La profundidad de las cañerías guías se construyen entre 530 y 820 mbbp, con un promedio aproximado de 680 mbbp.**

**Las muestras de agua extraídas de los pozos RDM-28(d) y RDM-8 corroboraron la calidad de las aguas dulces.**

**Se propone como hipótesis una recarga de los acuíferos profundos de la Fm Rayoso desde los depósitos acuíferos de tipo subálveo del río Neuquén a través de fallas subverticales, lo cual es necesario confirmarlo o refutarlo con nuevos estudios en el área.**



## Comentarios adicionales

**Como contribución al campo de la investigación, el presente trabajo es el primero centrado en los acuíferos del área y contribuye al conocimiento de los acuíferos de la región.**

**Se utilizó para este trabajo, por primera vez, la herramienta MDT de Schlumberger para la extracción de muestras de agua y actualmente la experiencia se está repitiendo en toda la cuenca del Golfo Neuquino.**



**Muchas Gracias**