

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO NEGRO



DEPARTAMENTO PROVINCIAL DE AGUAS



**EVALUACIÓN HIDROQUÍMICA DE LOS NIVELES ACUÍFEROS DEL GRUPO NEUQUÉN,  
EN ÁREA DE YACIMIENTOS HIDROCARBURÍFEROS DE LA PROVINCIA DE RIO NEGRO**

TESINA PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE LICENCIADA EN GEOLOGÍA

MARIANA E. GARRIDO

DIRECTORA: LIC. EN GEOLOGÍA MARISOL MELO

CODIRECTORA: ING. AGRÓNOMA VIVIANA HERNÁNDEZ

GENERAL ROCA

2017

## **AGRADECIMIENTOS**

- A la Universidad Nacional de Río Negro por darme la oportunidad de llevar a cabo mis estudios de Licenciada en Geología.
- Al Departamento Provincial de Aguas por brindarme la posibilidad de realizar una pasantía y acceder a los datos con los cuales lleve a cabo mi Trabajo Final.
- A los docentes que me acompañaron durante la carrera, ayudaron a mi formación y brindaron siempre su apoyo, especialmente Juan, Noelia y Cecilia.
- A mi directora Melo Marisol y co-directora Hernández Viviana por su contribución y enseñanza en esta última etapa de mi carrera.
- A Eduardo Mariño por su predisposición, observaciones y aportes que fueron muy importantes para mi aprendizaje.
- A mis compañeros con quienes comencé la carrera y formamos un hermoso grupo de amigos que me ayudaron, me acompañaron y me alentaron siempre a seguir aun en las circunstancias más difíciles y con quienes compartí los mejores momentos de carrera Yamile, Lucia, Ale, Stefi, Fabio, Maxi, Tincho, Lucho y Diego.
- A mi familia y amigos de la vida que también me acompañaron a lo largo de la carrera.
- A mi papá, Mónica y Anto el agradecimiento más importante por respetar y apoyarme siempre en mis decisiones y estar a mi lado en todo momento.
- A mi mamá quiero mencionar y agradecer especialmente porque esta meta cumplida es parte de su esfuerzo y acompañamiento constante.

## **RESUMEN**

La evaluación hidrogeoquímica de los niveles acuíferos del Grupo Neuquén, considera la localización de pozos de captación de agua, previamente perforados en el departamento General Roca de la provincia de Río Negro

Esta investigación comprende el desarrollo de diferentes etapas, desde la recopilación bibliográfica, revisión de imágenes satelitales, elaboración de mapas geológicos, hidrogeológicos, diagramas con iones mayoritarios, croquis de pozos y análisis de los resultados que permiten identificar el comportamiento del acuífero.

Se cargaron los datos químicos de los pozos de captación de agua del Grupo Neuquén, brindados por el Departamento Provincial de Aguas (DPA), a tablas Excel. Con estos datos cargados se realizaron diagramas y tablas para analizar e interpretar el comportamiento del acuífero confinado y ver si existe un posible impacto hidrocarburífero.

El área de estudio se encuentra dentro de la denominada Cuenca Neuquina. Esta cuenca fue rellenada por tres grandes ciclos sedimentarios, Jurásico, Ándico y Riográndico. El Grupo Neuquén, donde se encuentra el acuífero confinado que se estudia, pertenece al ciclo Riográndico que abarca el Cretácico Superior.

El acuífero del Grupo Neuquén comprende sedimentos continentales con importantes variaciones litofaciales, originadas fundamentalmente en los distintos ambientes de sedimentación sobre los que se desarrollaron. Los antecedentes de las perforaciones realizadas indican que los acuíferos explotados, en general son arenas limoarcillosas intercaladas con capas de arcillas (Román y Sisul 1984)

La interpretación de los datos con los diagramas de Piper y Schöeller nos permiten inferir que el acuífero presenta aguas cloruradas y/o sulfatadas sódicas. La salinidad varía generalmente en los pozos situados en el valle del Colorado a los más alejados, situados en el área del Alto Valle.

## Contenido

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	8
<b>1.1</b>	<b>Área de estudio</b> .....	9
<b>1.2</b>	<b>Objetivos</b> .....	10
1.2.1	<i>Objetivo general</i> .....	10
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i> .....	10
<b>2.</b>	<b>METODOLOGÍA DE TRABAJO</b> .....	12
<b>2.1</b>	<b>Tareas realizadas</b> .....	12
<b>2.2</b>	<b>Antecedentes de trabajos previos</b> .....	12
<b>2.3</b>	<b>Caracterización hidroquímica</b> .....	13
<b>3.</b>	<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b> .....	15
<b>3.1</b>	<b>Contexto regional</b> .....	15
<b>3.2</b>	<b>Clima</b> .....	16
3.2.1	<i>Evapotranspiración</i> .....	18
<b>4.</b>	<b>HIDROLOGÍA SUPERFICIAL</b> .....	20
<b>4.1</b>	<b>Características regionales del río Colorado</b> .....	21
<b>4.2</b>	<b>Características regionales del río Neuquén</b> .....	22
<b>4.3</b>	<b>Características regionales del río negro</b> .....	23
<b>4.4</b>	<b>Sistemas de riego</b> .....	24
4.4.1	<i>Riego en la región del Alto Valle</i> .....	25
4.4.2	<i>Riego en la región de Catriel, Peñas Blancas y Valle Verde.</i> .....	27

4.4.2a	<i>Sistema de riego Catriel</i> .....	27
4.4.2b	<i>Sistema de riego Peñas Blancas</i> .....	28
4.4.2c	<i>Sistema de riego Valle Verde</i> .....	29
<b>4.5</b>	<b>Contexto socioeconómico local</b> .....	<b>31</b>
<b>4.6</b>	<b>Características poblacionales</b> .....	<b>33</b>
<b>5.</b>	<b>MARCO GEOLÓGICO</b> .....	<b>35</b>
<b>5.1</b>	<b>Geología regional</b> .....	<b>35</b>
<b>5.2</b>	<b>Grupo Neuquén</b> .....	<b>38</b>
5.2.1	<i>Subgrupo río Limay</i> .....	38
5.2.2	<i>Subgrupo río Neuquén</i> .....	40
5.2.3	<i>Subgrupo río Colorado</i> .....	41
<b>6.</b>	<b>ESTRUCTURA</b> .....	<b>43</b>
<b>7.</b>	<b>GEOMORFOLOGÍA</b> .....	<b>45</b>
<b>8.</b>	<b>HIDROGEOLOGÍA</b> .....	<b>50</b>
<b>9.</b>	<b>HIDROQUÍMICA</b> .....	<b>54</b>
<b>9.1</b>	<b>Señal Picada</b> .....	<b>55</b>
<b>9.2</b>	<b>Catriel oeste</b> .....	<b>59</b>
<b>9.3</b>	<b>Centro Este</b> .....	<b>63</b>
<b>9.4</b>	<b>Medianera</b> .....	<b>67</b>
<b>9.5</b>	<b>El Medanito</b> .....	<b>71</b>
<b>9.6</b>	<b>25 de Mayo-Medanito</b> .....	<b>75</b>

<b>9.7</b>	<b>El Santiagueño .....</b>	<b>79</b>
<b>9.8</b>	<b>Entre Lomas.....</b>	<b>83</b>
<b>9.9</b>	<b>Agua Salada .....</b>	<b>87</b>
<b>9.10</b>	<b>Estancia Vieja .....</b>	<b>91</b>
<b>10.</b>	<b>DISTRIBUCIÓN DE FACIES HIDROQUÍMICAS.....</b>	<b>96</b>
<b>11.</b>	<b>CALIDAD DEL AGUA .....</b>	<b>99</b>
<b>12.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>104</b>
<b>13.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>106</b>

# 1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso fundamental para cualquier tipo de vida, y para el desarrollo socioeconómico. Las reservas de agua dulce son las más importantes y a la vez el recurso menos abundante.

Dentro del ciclo hidrológico, las aguas subterráneas son fundamentales tanto como fuente de agua potable para la sociedad, como para el mantenimiento de muchos ecosistemas acuáticos. En zonas áridas tiene una mayor importancia, debido a la escasez de fuentes superficiales.

Tanto el cambio climático como la actividad humana pueden modificar el comportamiento hidrológico. Asumiendo una futura escases del agua es importante estudiar la cantidad y calidad de la misma en los acuíferos. La demanda del recurso puede conducir a una sobreexplotación.

En el Alto Valle y en la zona de Catriel, actualmente, la principal fuente de captación proviene de los ríos Negro y Colorado. Es importante, de igual modo, tener presente que este recurso está siendo impactado tanto por actividad industrial como humana.

Las industrias representan un desarrollo económico importante, pero generan residuos y efluentes de imprescindible control para prevenir y resolver los problemas relacionados directamente con los recursos hídricos superficiales o subterráneos (Hernández, 2010). En la provincia, se está incrementando el desarrollo de la industria petrolera y se puede observar a lo largo de los años el aumento de yacimientos hidrocarburíferos en sectores donde antes no era una actividad principal. Es por esto que se hace necesario realizar una evaluación de la calidad hidroquímica del acuífero confinado de Grupo Neuquén. A través de este estudio se busca saber la calidad y tipo de agua de

cada yacimiento, la variación de la conductividad eléctrica y evaluar un posible impacto de la actividad hidrocarburífera.

## **1.1 Área de estudio**

El área de estudio se encuentra localizada dentro del Departamento General Roca (Fig 1.1), donde se localizan el mayor número de yacimientos hidrocarburíferos de la provincia de Río Negro. Coincidentemente con esto es la zona más poblada, con dos de sus ciudades más importantes (Cipolletti y General Roca).

Geomorfológicamente se encuentra dentro de un ambiente de mesetas y planicies, rasgo que abarca casi toda la provincia. Este ambiente a su vez se subdivide en tres regiones geomórficas nítidamente diferenciadas. El sector de estudio se encuentra dentro de la Región Septentrional, integrada fundamentalmente por la presencia de una planicie aluvial y los valles del río Colorado (hacia el norte) y Negro (hacia el sur)(González Díaz y Malagnino, 1984).

En el área de estudio se diferencian dos actividades económicas, en la zona de Catriel, hay un fuerte desarrollo de la actividad petrolera y en menor medida pastura y fruticultura.

En el Alto Valle predomina la fruticultura y la actividad gasífera que se incrementó en el último quinquenio.

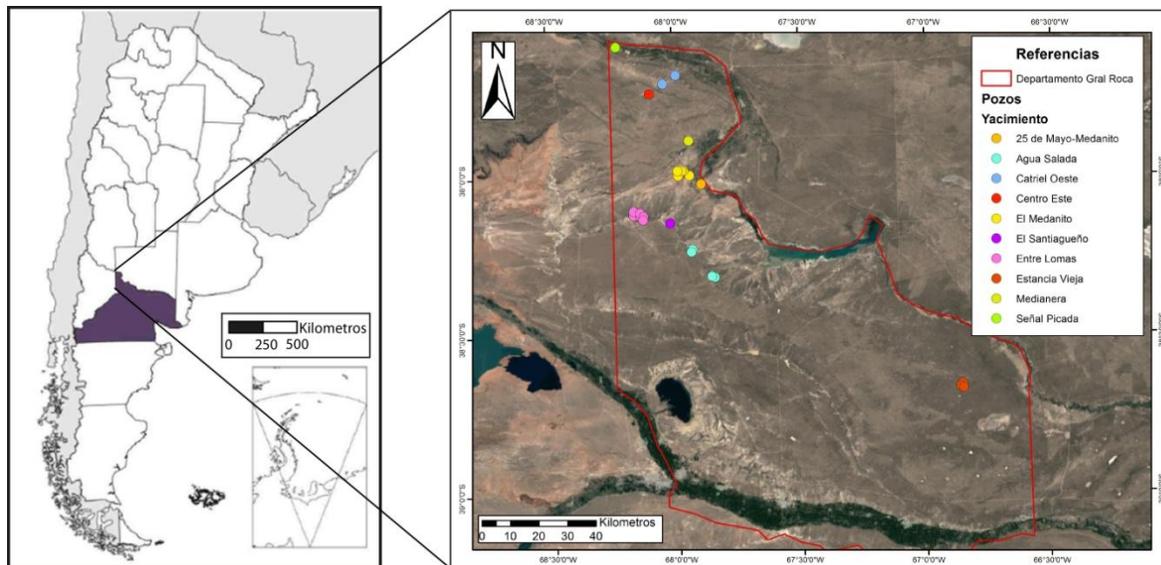


Figura 1.1 Área de estudio.

Las locaciones que se tomaron para llevar a cabo el siguiente Trabajo Final de Licenciatura son: Señal Picada, Catriel Oeste, Centro Este - Meseta Alta, Medianera, El Medanita, 25 de Mayo-Medanito SE, El Santiagueño, Entre Lomas, Agua Salada y Estancia Vieja. El criterio de selección fue debido a que son las zonas que presentan pozos de captación de agua a Grupo Neuquén y mantienen un registro más amplio.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo general

Determinar las propiedades hidrogeológicas e hidrogeoquímicas de niveles acuíferos en el Grupo Neuquén para el área de estudio.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento hidrodinámico e hidroquímico de los niveles acuíferos.

- Identificar los tipos de agua en los yacimientos de la zona de estudio
- Evaluar en el tiempo la tendencia de la conductividad eléctrica
- Determinar la calidad hidroquímica del agua subterránea para consumo humano
- Determinar el posible impacto de la actividad hidrocarburífera sobre las aguas subterráneas

## **2. METODOLOGÍA DE TRABAJO**

### **2.1 Tareas realizadas**

En una primera etapa se definió el área de estudio a partir de datos aportados por el Departamento Provincial de Aguas de la provincia de Río Negro. Se recopiló información bibliográfica e imágenes satelitales.

Posteriormente se hizo una valoración e interpretación de la información, se cargaron los datos a tablas de Excel, se elaboraron mapas geológicos, geomorfológicos y se interpretaron datos de precipitación.

Con los datos de conductividad eléctrica se pudo realizar gráficos de dispersión para una mejor interpretación. Con estos datos se elaboró un mapa mostrando las distintas conductividades de cada pozo de captación. Con los resultados químicos cargados, se elaboraron gráficos de Piper, y Schöeller y mapas de salinidad, para identificar la hidroquímica del acuífero. También se preparó un mapa de diagramas de Stiff.

Con el programa Croquis LT 2.0, se llevó a cabo la representación gráfica de los pozos de captación de agua, donde se visualiza ubicación y profundidad del pozo, sus datos constructivos y la litología que atraviesa y sus edades geológicas.

### **2.2 Antecedentes de trabajos previos**

La recopilación de antecedentes comprende numerosos trabajos de distinta temática, relacionados con el estudio.

Desde el punto de vista socioeconómico la información obtenida se tomo de la siguiente página:

[http://cfi.org.ar/wp-content/uploads/1999/07/rio\\_negro\\_sintesis.pdf](http://cfi.org.ar/wp-content/uploads/1999/07/rio_negro_sintesis.pdf)

Relacionado al ambiente geológico y geomorfológico, la información referida al Grupo Neuquén es amplia. Gran parte de la investigación fue obtenida del libro “Geología de la Cuenca Neuquina y sus sistemas petroleros” de Ponce et al., 2015. También se consideró el Relatorio del XVIII Congreso Geológico Argentino, realizado en la provincia de Neuquén, donde se destacan los trabajos aportados por Garrido, 2011.

Los antecedentes hidrogeológicos son escasos, por lo que se enfatizó en el Relatorio de la Provincia realizado en el año 1984 destacando los aportes efectuados por Sisul y Román, 1984. De este último y de un Inventario integrado de los recursos naturales de la jurisdicción rionegrina, realizado por el INTA, se caracterizó el contexto regional.

Los datos químicos, fueron aportados por el Departamento Provincial de Aguas, que lleva un control de calidad hidroquímica de la explotación y de los volúmenes mensuales extraídos.

### **2.3 Caracterización hidroquímica**

Los datos químicos que se utilizaron para caracterizar el agua del acuífero confinado de Grupo Neuquén, se muestran en la tabla 2.1.

Se utilizaron los iones mayoritarios (cloruro, sulfato, bicarbonato, calcio, magnesio y sodio) para realizar los diagramas de Piper, Schöeller y Stiff, que permitieron determinar el tipo de agua.

Con la conductividad eléctrica se realizaron gráficos que muestran su variación en los distintos años de los que hay información. Los mapas de calor se realizaron en un Sistema de Información Geográfica para una mejor visualización de los resultados en el área de estudio.

La calidad de las muestras de agua para consumo humano se determinó en base a los parámetros físico-químicos establecidos en el Código Alimentario Argentino (CAA) y por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

PARÁMETRO	UNIDAD
Conductividad Eléctrica (C.E),	uS/cm
Cloruro	mg/l
Sulfato	mg/l
Carbonato	mg/l
Bicarbonato	mg/l
Calcio	mg/l
Magnesio	mg/l
Sodio	mg/l
Manganeso	mg/l
Hierro	mg/l
Aluminio	mg/l
Cromo Trivalente	mg/l
Cromo Hexavalente	mg/l
Cinc	mg/l
Cobre	mg/l
Níquel	mg/l
Vanadio	mg/l
Arsénico	mg/l
Flúor	mg/l
Mercurio Total	mg/l
Cianuro	mg/l
Plomo Total	mg/l
Cadmio Total	mg/l
Hidrocarburos	mg/l
Grasas + aceites	mg/l
Fenoles	mg/l
Detergentes	mg/l

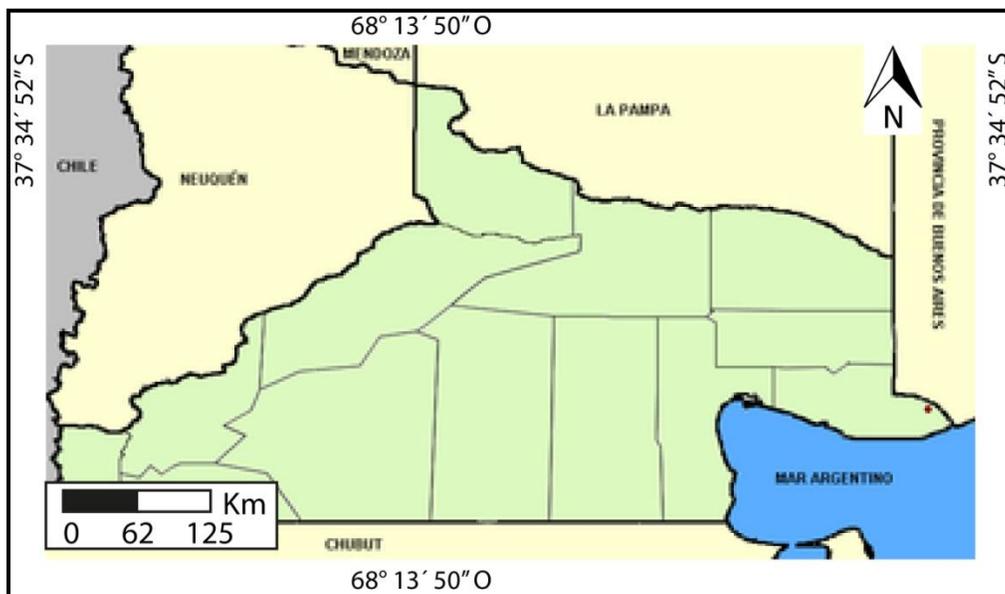
*Tabla 2.1 Elementos químicos analizados.*

### 3. CARACTERÍSTICAS GENERALES

#### 3.1 Contexto regional

Para comprender el comportamiento del agua subterránea, se elaboró una caracterización general de la provincia, para luego profundizar en el área de estudio.

La provincia de Río Negro se encuentra al noreste de la Patagonia Argentina. Al norte limita con la provincia de La Pampa; al este con la provincia de Buenos Aires y las aguas del Mar Argentino; al sur con la provincia de Chubut, y al oeste con la provincia de Neuquén y la República de Chile (Fig. 3.1).



*Figura 3.1 Mapa de la provincia de Río Negro.*

La provincia de Río Negro posee una superficie total de 203.013 km<sup>2</sup> y se extiende desde el mar a la cordillera por lo que los factores geográficos de clima y de relieve marcan las condiciones de la actividad económica y de población.

## 3.2 Clima

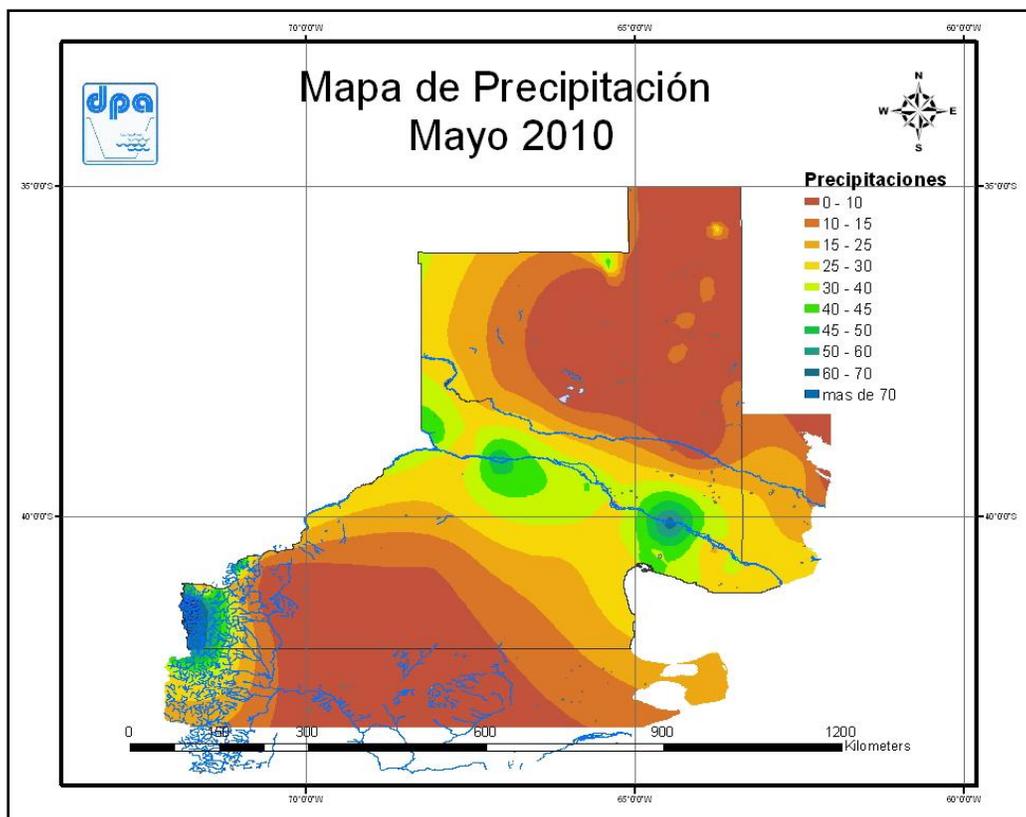
La posición geográfica, permite diferenciar tres tipos de climas:

- Marítimo
- Continental
- Propio de zonas montañosas

La distribución areal de los valores medios anuales de las precipitaciones presenta una zona de mínimos, donde los registros son inferiores a 150 mm (en la región central de El Cuy), ensanchándose hacia el sur (localidades de Mamil Choique y Cona Niyeo) (Román y Sisul, 1984) (Fig. 3.2).

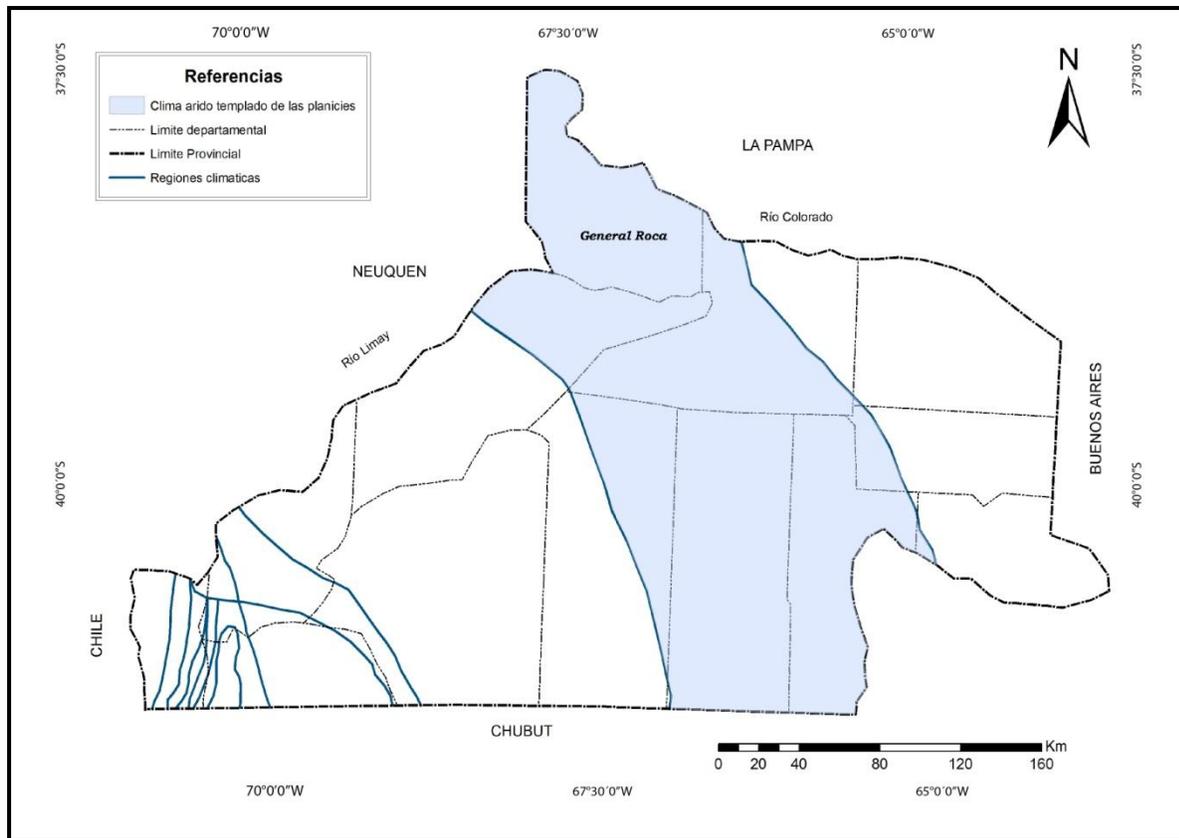
Las tierras con climas secos en latitudes medias, aumentan las precipitaciones al incrementarse la altitud o al aproximarse a la zona invadida por masas de aire marítimo. Los máximos valores se presentan en la zona cordillerana (El Bolsón, Bariloche), con medias anuales superiores a 1200 mm; como así también los aumentos progresivos de las precipitaciones medias en dirección este (Viedma) y noreste (Río Colorado), hasta superar apenas los 400 mm (Román y Sisul, 1984).

El setenta por ciento de la provincia tiene precipitaciones medias anuales menores de 350 mm (Román y Sisul, 1984).



*Figura 3.2 Mapa de precipitaciones para el año 2010 – Tomado del Departamento Provincial de Aguas (DPA).*

Siguiendo la clasificación de Thornthwaite, se puede incluir a la provincia de Río Negro dentro del clima árido mesotermal con exceso de agua nulo, para ir transformándose en forma paulatina, desde Ingeniero Jacobacci hacia el oeste, hasta alcanzar el tipo húmedo mesotermal con deficiencia de agua nula o pequeña (El Bolsón, Bariloche) (Román y Sisul, 1984) (Fig. 3.3).



*Figura 3.3 Clima en la provincia de Río Negro según la clasificación de Thornthwaite. Se destaca en la figura la región climática para el área de estudio. Tomado y modificado del INTA, 2009.*

### 3.2.1 Evapotranspiración

La evapotranspiración obtenida de los registros meteorológicos, sobrepasa como promedio a las precipitaciones en todo el territorio con la sola excepción de la región cordillerana (Román y Sisul, 1984).

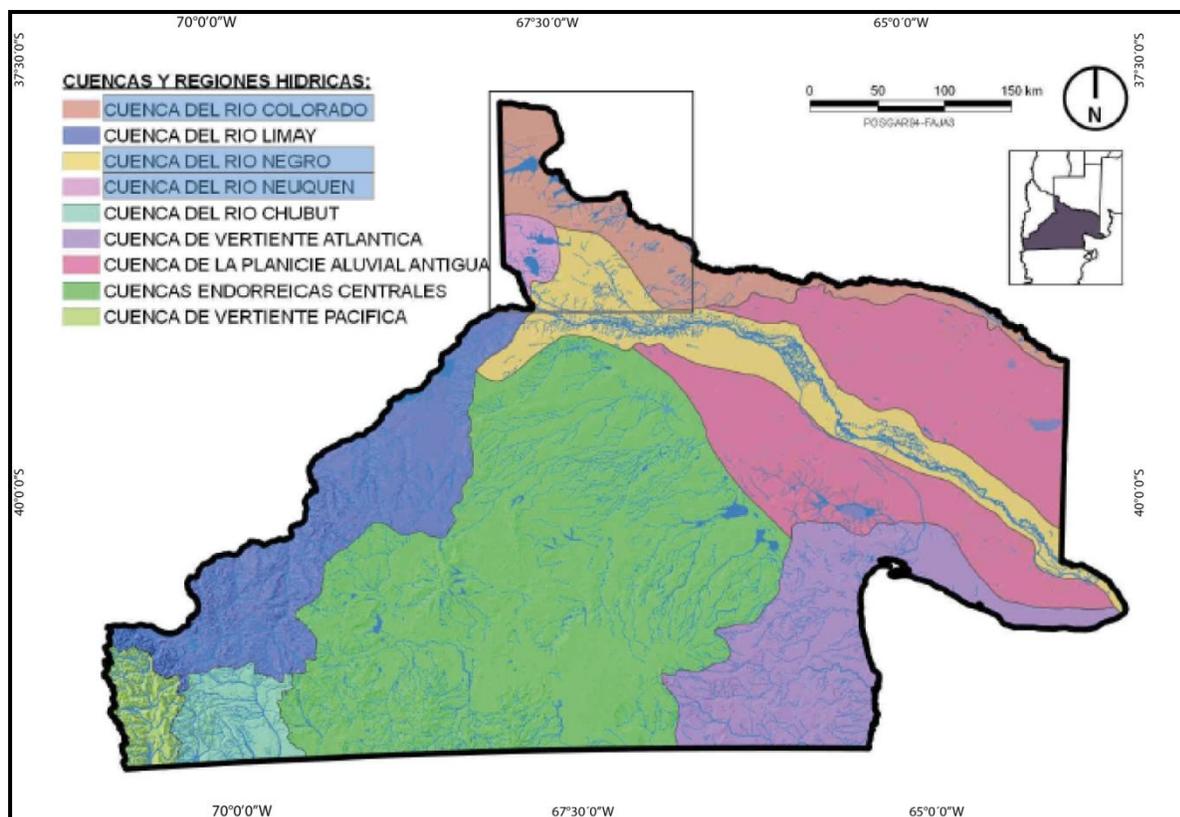
Este marcado déficit hídrico se mantiene durante todo el año, acentuado durante los periodos estivales (Román y Sisul, 1984).

Los promedios anuales de evapotranspiración superan los 700 mm, llegando en algunos casos a 900 mm. Estos valores altos se ven favorecidos por los vientos con direcciones predominantes noroeste y sudoeste e intensidades media anuales de hasta 20 kilómetros por hora, que actúan en forma constante durante todo el año intercambiando masas de aire saturadas (Román y Sisul, 1984).

## **4. HIDROLOGÍA SUPERFICIAL**

La provincia de Río Negro está conformada por 9 cuencas hídricas superficiales (Fig. 4.1):

- Cuenca del río Colorado
- Cuenca del río Negro
- Cuenca del río Limay
- Cuenca del río Neuquén
- Cuenca del río Chubut
- Cuenca de la Planicie Aluvial Antigua
- Cuenca de Vertiente Atlántica
- Cuenca de Vertiente Pacífica
- Cuencas Endorreicas Centrales



*Figura 4.1 Cuencas y regiones hídricas superficiales de la provincia de Río Negro. Se recuadra el área de estudio. Tomado de FAO, 2015. Documento de Trabajo N°2.*

A continuación se describen solo las cuencas y regiones hídricas del área de estudio:

#### **4.1 Características regionales del río Colorado**

La cuenca del río Colorado es una importante cuenca exorreica configurada por el río homónimo, originado a partir de la confluencia de los ríos Grande y Barrancas en las provincias de Neuquén y Mendoza. Desde su nacimiento, en la Cordillera de los Andes, hasta su desembocadura, en el Océano Atlántico, los ríos recorren 1.200 km en dirección noroeste-sureste, de los cuales 910 km corresponden al Colorado. Sus aguas son compartidas por las provincias de Mendoza, Neuquén,

La Pampa, Río Negro y Buenos Aires. Configurándose como límite natural norte de la Provincia de Río Negro (FAO, 2015).

El régimen hídrico del río Colorado es fuertemente estacional, nival. Las mayores crecidas se registran entre los meses de octubre a marzo (FAO, 2015).

Posee un caudal de 149 m<sup>3</sup>/seg y drena un área de 48.000 km<sup>2</sup>. El río se encuentra regulado, en su cuenca media, por la presa Casa de Piedra, compartida con la Provincia de La Pampa. Aguas abajo de Casa de Piedra se encuentra la central hidroeléctrica de Salto Andersen (FAO, 2015).

Dada la interjurisdiccionalidad de la cuenca se ha creado en el año 1976 el Comité Interjurisdiccional del Río Colorado (COIRCO) organismo regulador de la cuenca (FAO, 2015).

## **4.2 Características regionales del río Neuquén**

La cuenca del río Neuquén tiene una superficie de 52.400 km<sup>2</sup> de los cuales solo 4,6% corresponden al territorio de la Provincia de Río Negro (FAO, 2015).

El río Neuquén nace en la Cordillera, próximo al límite con Chile recorriendo 540 km hasta la confluencia con el río Limay. Sus principales afluentes en el ámbito cordillerano, son los ríos Varvarco y Troncomán. En su tramo medio recibe el aporte de los ríos Agrio y el arroyo Covunco. De régimen torrencial, sus violentas crecidas son reguladas por el dique derivador Portezuelo Grande y el complejo hidroeléctrico Cerros Colorados, en la Provincia del Neuquén (FAO, 2015).

Su hidrograma anual presenta dos picos de crecidas a lo largo del ciclo hidrológico, el primero por acción de las precipitaciones entre mayo y julio y el segundo por el deshielo entre octubre y diciembre (FAO, 2015).

En su tramo inferior se encuentra el dique derivador Ballester, compartido entre las Provincias de Neuquén y Río Negro, bocatoma del canal principal de riego del Alto Valle del río Negro (FAO, 2015).

Según registros de la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (SRHN), obtenidos entre los años 1903 y 2004, el caudal medio anual del río, en la estación Paso de Indios aguas arriba del dique derivador Portezuelo Grande, es de 310,9 m<sup>3</sup>/s. (FAO, 2015).

### **4.3 Características regionales del río Negro**

La cuenca del río Negro se origina a partir de la confluencia de los ríos Neuquén y Limay y constituye una de las cuencas hídricas más importantes de la Argentina. Atraviesa la provincia de Río Negro a lo largo de 720 km en dirección noroeste-sudeste recorriendo, en su tramo inferior, un sector de la provincia de Buenos Aires, constituyéndose en límite natural con la provincia de Río Negro. Drena un área de 125.500 km<sup>2</sup>, desagando finalmente en el océano Atlántico (FAO, 2015).

Tanto el río Limay como el Neuquén poseen importantes obras hidráulicas que permiten la regulación de los caudales de ambos ríos. Asimismo estas obras han afectado los procesos de sedimentación que dieron, en el pasado, origen a las terrazas y a gran cantidad de islas que se formaron en su cauce (FAO, 2015).

El río transcurre por un valle conformado a partir de un intenso proceso erosivo desarrollado en las mesetas patagónicas. Dicho valle posee un ancho variable, desde 5 km en Chelforó hasta 25 km en Choele Choel, limitado por “bardas” y niveles de terraza de altura variable (FAO, 2015).

La pendiente del río disminuye desde los 0,574 m/km en la zona de la confluencia hasta los 0,023 m/km entre Viedma y la desembocadura en el océano (FAO, 2015).

El río Negro, al igual que el Colorado, se constituye en un emisario de una cuenca superior, no contando con afluentes a lo largo de su recorrido. En su desembocadura no posee cono aluvial dado que las corrientes marinas que ingresan al río a partir del régimen de las mareas son las encargadas de “barrerlo” y por esa misma razón tampoco presenta estuario en su desembocadura (FAO, 2015).

La Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación (SRHN) posee dos estaciones hidrométricas, en Paso Córdova (próxima a la localidad de General Roca) y aguas debajo de Primera Angostura (FAO, 2015).

Dada la interjurisdiccionalidad de la cuenca del río Negro, en el año 1985 se crea la Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro; integrada por las Provincias de Neuquén, Río Negro y Buenos Aires (FAO, 2015).

#### **4.4 Sistemas de riego**

Los sistemas de riego se encuentran distribuidos de manera heterogénea en el territorio provincial. La mayor concentración de la superficie irrigada se da en la región del Alto Valle con el 44%; seguido por Valle Medio –incluyendo valle de Conesa- con el 33%; Valle Inferior el 11%, río Colorado el 11% y por último los sistemas menores de la Línea Sur y zona andina con el 2% . Principalmente, se abastecen de la red hidrográfica de los ríos Neuquén, Negro y Colorado (FAO 2015). Los mismos cuentan con una infraestructura de distribución de riego compuesta por más de 5.000 km de canales principales, secundarios, terciarios y cuaternarios. La red de drenaje, menos desarrollada, cuenta con menos de 1.000 km de extensión aproximadamente. Estas obras,

han sido realizadas a partir de la intervención humana con inversión del Estado nacional principalmente y provincial en los últimos 100 años. Esta red de canales, no sólo ha permitido el desarrollo de la agricultura irrigada sino que también, impulsaron el asentamiento y crecimiento de las poblaciones en el corredor de riego (FAO 2015).

Los sistemas que proveen de agua a la agricultura irrigada funcionan, en términos generales, a partir de la captación de agua en forma libre desde un curso superficial por medio de una bocatoma, de allí se canaliza a una conducción principal y finalmente a las derivaciones para proveer del servicio a los usuarios. La administración, operación y mantenimiento de las mismas es una tarea conjunta y con responsabilidades delegadas entre instituciones provinciales (como el Departamento Provincial de Aguas (DPA) y Aguas Rionegrinas Sociedad del Estado (ARSE), los consorcios de riego conformados y los usuarios (FAO 2015).

Se describen a continuación los sistemas de riego del Alto Valle y de la zona Norte de la provincia según el Documento de Trabajo N° 8 de la FAO, 2015.

#### *4.4.1 Riego en la región del Alto Valle*

El sistema de Riego del Alto Valle constituye la infraestructura de riego más importante de la provincia de Río Negro, pues permite la sistematización con riego de 60.282 ha.

Cuenta con un total de 130 km de canal principal, 239 km de canales secundarios y 333 km de canales terciarios y cuaternarios. A esto, se debe sumar una longitud de canales comuneros de aproximadamente 1285 km.

El desarrollo de la agricultura bajo riego del Alto Valle ha dado lugar a un complejo urbano-rural que se extiende a lo largo de 120 km y en el que se asientan más de 300.000 habitantes.

La alimentación del sistema de riego nace a partir de la regulación de un pequeño embalse, el Dique Rodolfo Ballester (Fig. 4.2). El mismo se ubica sobre el río Neuquén, en cercanías a la confluencia con el Limay.



*Figura 4.2 Dique Rodolfo Ballester*

Desde allí da inicio el Canal Principal, este es del tipo telescópico, y cuenta con 130 km de longitud. A medida que se originan los canales secundarios se va reduciendo su sección.

Fue proyectado para conducir  $45 \text{ m}^3/\text{seg}$ , pero actualmente transporta hasta  $75 \text{ m}^3/\text{seg}$ .

#### *4.4.2 Riego en la región de Catriel, Peñas Blancas y Valle Verde.*

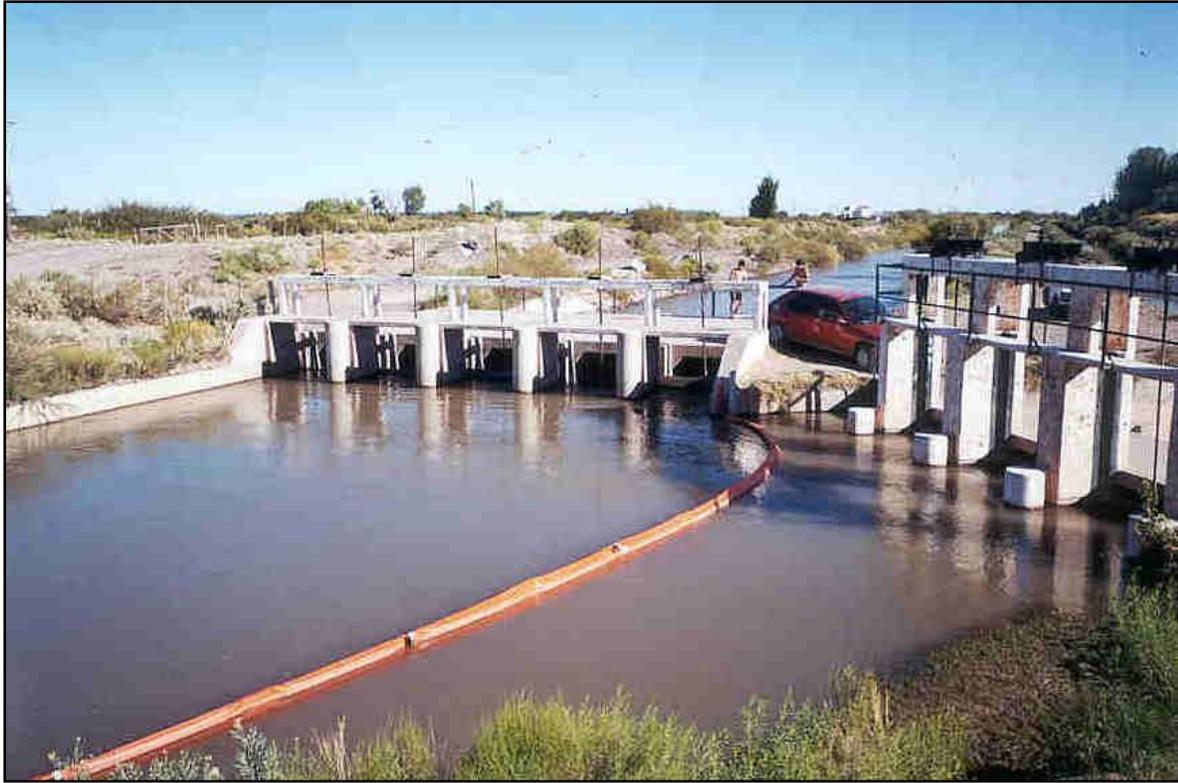
Los tres sistemas ubicados en el norte de la provincia toman agua para riego desde el río Colorado. Su agrupación se debe particularmente porque los mismos se ubican cercanos unos de otros, pero cada uno tiene características particulares:

##### *4.4.2a Sistema de riego Catriel*

El abastecimiento de agua al Distrito Catriel tiene su origen en el Dique derivador “Punto Unido”, que alimenta al Canal Principal SAM (Sistema de Aprovechamiento Múltiple) de la colonia de riego de 25 de Mayo, en la provincia de La Pampa. Este tiene 22 km de longitud, provee de agua de riego a la sección 1ª de 25 de Mayo, a la central hidroeléctrica “Los Divisaderos” y luego al canal principal IV, que en su progresiva 2.354 km se encuentra con una dársena de distribución donde tiene su origen el canal de alimentación al sifón de cruce del río Colorado, que termina en el Canal Matriz del Sistema de Riego Catriel en Río Negro.

Como alternativa de aducción al Canal Matriz del Sistema de Riego de Catriel cuenta con una toma libre directa al río, que se acciona en emergencias debido a roturas o mantenimiento del SAM 25 de Mayo, La Pampa.

El Canal Matriz y Descargador del Sistema de Riego de Catriel (Fig. 4.3) alimenta la vieja red de riego conformada por los canales X1 y X2 sobre el área urbana de riego; y mediante una nueva red de riego compuesta de un Canal Principal y un canal Secundario I se provee de agua para riego a toda el área rural del valle.



*Figura 4.3 Canal Matriz y Descargador del Sistema de Riego de Catriel.*

#### *4.4.2b Sistema de riego Peñas Blancas*

El sistema de riego de Peñas Blancas se inicia en un edificio de toma que se emplaza sobre un cauce natural que se vincula a una red de brazos secundarios que posee el río Colorado en esa zona (Fig. 4.4). La variación de caudales en dicho cauce aductor responde en forma directa al régimen de caudales del río.



*Figura 4.4 Obra de toma y brazo aductor del Sistema de Riego Peñas Blancas.*

Para caudales normales y bajos el edificio de toma funciona en forma eficiente, dado que posee compuertas descargadoras de excesos de caudales que regulan la altura del agua frente a la toma.

Para derivar los caudales de crecidas se construyeron aguas arriba de la toma, sobre la margen izquierda del brazo aductor, terraplenes de desborde que actúan como fusibles, procurando desviar las aguas a otros cauces menores y evitando el desborde del agua en la zona de la toma.

La red de riego consiste en un canal principal o matriz de 2.030 m de longitud que alimenta a un canal secundario y al canal Terciario 1 que riega el área de la colonia más próxima al río.

#### *4.4.2c Sistema de riego Valle Verde*

El edificio de las compuertas de toma del Canal Principal de riego se emplaza sobre un brazo menor y ubicado al sur del cauce principal del río Colorado (Fig. 4.5). Este brazo presenta un

cauce único de trazado serpenteado y meandroso que recorre aproximadamente 18 km desde el lugar de origen donde se separa del cauce principal hasta el lugar de la toma. Posee un ancho que no supera los 10 m en época de estiaje, produciéndose desbordes en algunos sectores en épocas de crecidas.

La disponibilidad de caudales en la toma de Valle Verde depende exclusivamente del caudal de ingreso y conducción que se produzcan en este cauce natural. Al lugar de origen del brazo se lo denomina Boca Toma, y en él son frecuentes los trabajos que se realizan para posibilitar el buen ingreso de caudales, que por ser una toma libre, depende de la altura del agua en el río.

Desde la Boca Toma se distribuye el agua al canal Principal, a dos canales Secundarios y a un colector de drenaje.

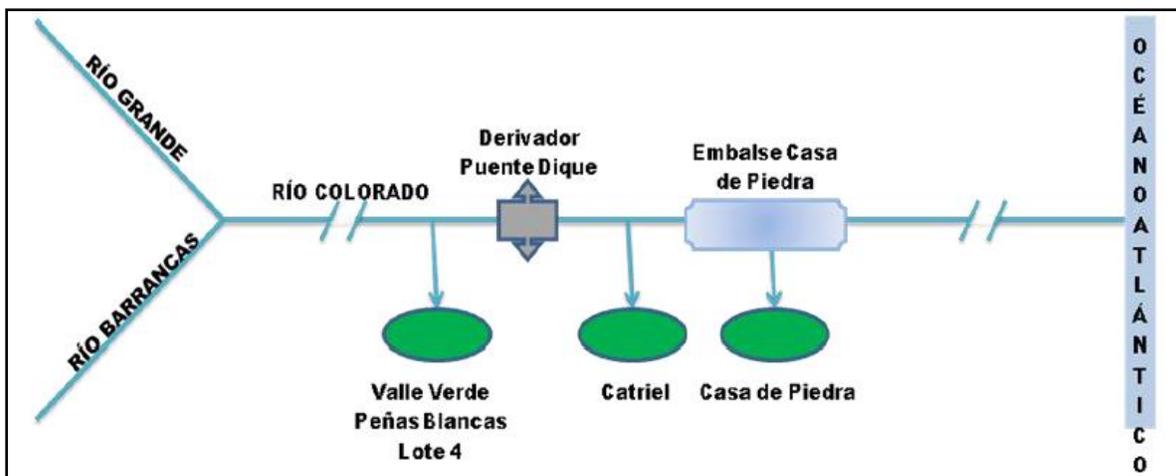


Figura 4.5 Esquema de aprovechamientos del río Colorado en zona Norte Río Negro. (Elaboración: Viviana Hernández).

## 4.5 Contexto socioeconómico local

La provincia presenta como actividad económica cuatro áreas de rasgos característicos (Fig. 4.6):

- 1) Área agrícola e industrial, correspondiente a la zona de valles irrigados, entre los que se destacan el Alto Valle del río Negro. Los Valles Alto y Medio del río Colorado y Valle Inferior del río Negro presentan un área más bien agrícola-ganadera.
- 2) Área minera, turística, pesquera y de servicios portuarios, con centro en Sierra Grande y San Antonio Oeste.
- 3) Área turística, que convive con la actividad forestal y nuclea una alta concentración de recursos humanos, dedicados al desarrollo tecnológico y del conocimiento, con centros en las ciudades de San Carlos de Bariloche y El Bolsón, en la zona andina lacustre.
- 4) Área central semi-árida dedicada predominantemente a la ganadería ovina y, en menor medida, vacuna y con incipiente actividad minera ([http://cfi.org.ar/wp-content/uploads/1999/07/rio\\_negro\\_sintesis.pdf](http://cfi.org.ar/wp-content/uploads/1999/07/rio_negro_sintesis.pdf))

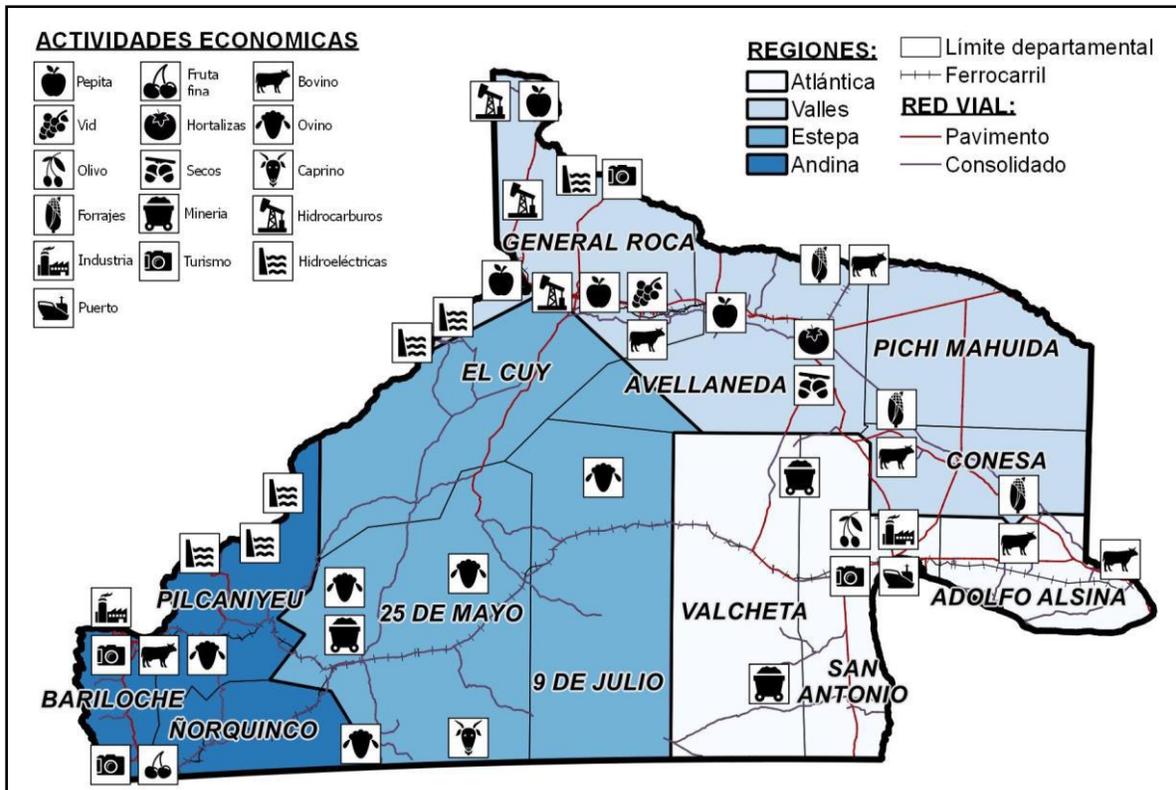


Figura 4.6 Distribución territorial de las principales actividades económicas de Río Negro. Tomado de FAO, 2015.

La zona de estudio puede caracterizarse a partir de dos áreas:

- Área Catriel-río Colorado

La producción inicial agrícola-ganadera de la zona norte de la provincia de Río Negro, quedó relegada con el descubrimiento de petróleo. De ello resultó una fuerte migración interna, principalmente de chacareros mendocinos, que tuvieron que adaptarse por razones económicas, a las nuevas posibilidades de la región que los recibía, aprendiendo los oficios de la industria hidrocarburífera. A partir de 1960 casi el 90% de los ingresos de la región dependían del petróleo (Hernández, 2010).

Cuando comienza la reestructuración de YPF, con la privatización de las áreas petroleras, los organismos provinciales y la municipalidad de Catriel realizan y complementan estudios regionales para llevar a cabo nuevos desarrollos productivos (Hernández, 2010).

Las distintas etapas económicas de la zona, han sido influenciadas por el valor del crudo a nivel internacional, por realidades financieras nacionales y por la disponibilidad del producto para su extracción. Debido a esto, desde el gobierno provincial y municipal se ha ido analizando distintas variables para lograr esa reconversión del área (Hernández, 2010).

- Área Alto Valle del río Negro

En el Alto Valle existe una gran variedad de actividades relacionadas con la fruticultura, siendo la de mayor peso económico el cultivo de fruta de pepita (Fig. 4.6). Este complejo frutícola, dinamiza en gran medida el empleo y los ingresos de la región de los valles. Comprende además de la producción primaria, las etapas de empaque, frío y procesamiento, y una gran variedad de servicios conexos (tales como los de asesoramiento, venta de maquinarias, fertilizantes y agroquímicos, transporte y logística, etc.) (FAO, 2015).

Asimismo, en la localidad de Allen se ha incrementado en los últimos años la explotación de gas de reservorios no convencional (tight) (FAO, 2015).

## **4.6 Características poblacionales**

El último censo de población de 2010 (INDEC, 2010), menciona 638.645 habitantes para la provincia de Río Negro. La ciudad capital es Viedma y está dividida en 13 departamentos con poderes políticos y administrativos propios.

La tasa de crecimiento poblacional entre censos en los últimos cincuenta años fue muy elevada y entre las primeras a nivel nacional. El crecimiento poblacional se debe a factores migratorios y al incremento vegetativo (el crecimiento vegetativo o natural es el incremento de la población durante un período de tiempo estimado a partir de la diferencia entre nacimientos y defunciones). Si bien la correspondencia no es absoluta la dinámica económica se relaciona con estos procesos (FAO, 2015).

## **5. MARCO GEOLÓGICO**

### **5.1 Geología regional**

El área de estudio se encuentra dentro de un engolfamiento, denominado Cuenca Neuquina (Fig. 5.1). Debe su nombre al hecho que abarca alrededor del 90% del subsuelo de la provincia de Neuquén, más el sector oeste de la provincia de Río Negro y las partes suroeste de las provincias de La Pampa y Mendoza. Se extiende al norte, a lo largo del eje de la cordillera de los Andes hasta los 31°S en la provincia de San Juan (donde se la conoce como cuenca Aconcaguina), presentando, entre los 34° y 37° S una orientación elongada en dirección norte-sur, mientras que al sur de los 37° se amplía hacia el este, donde se la conoce como engolfamiento neuquino (Montagna, 2012).

Alcanza un espesor máximo de casi 6000 m., y está labrada entre los cratones de la Sierra Pintada y el macizo de Somún Cura, al noreste y sudeste respectivamente; y el arco volcánico ubicado mayormente en territorio chileno en el oeste (Montagna, 2012).

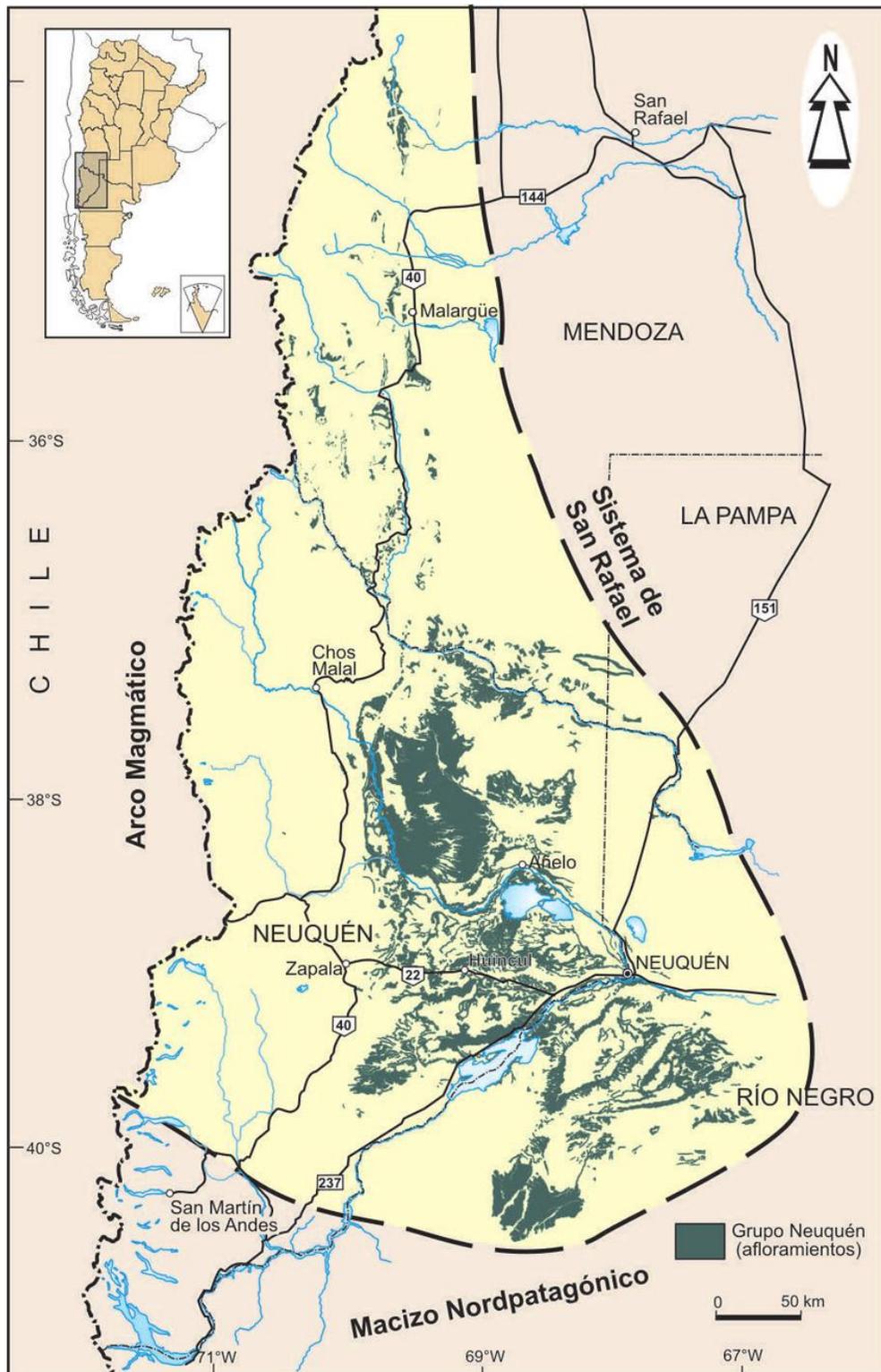


Figura 5.1 Mapa de distribución de los afloramientos del Grupo Neuquén, Cretácico Superior continental de la Cuenca Neuquina (tomado de Garrido, 2010).

Desde el punto de producción de hidrocarburos, tanto histórica como actualmente, constituye la cuenca más importante del país. Hoy el 42% de la producción de la Argentina y el 55% de la producción de gas corresponde a yacimientos de la cuenca neuquina (Montagna, 2012).

Sobre un basamento integrado, en líneas generales, por plutonitas y vulcanitas del Pérmico superior-Triásico inferior del Grupo Choiyoi, se desarrollan una serie de fosas marginales de relleno diverso. Estos depósitos de carácter continental corresponden hasta el Jurásico Inferior a lo que se llama Precuyano, que está gobernado por regímenes de subsidencia por fallamiento (Montagna, 2012).

Suprayacente a este Grupo se deposita un relleno sedimentario que excede 6000 metros de rocas sedimentarias marinas y continentales que se extienden desde el Triásico tardío al Paleoceno (Montagna, 2012).

Los depósitos que rellenan la cubeta Neuquina, pueden subdividirse en tres grandes ciclos sedimentarios separados por discordancias de carácter regional (Groeber, 1929, 1946, 1953). Ellos son:

- 1) Ciclo Jurásico
- 2) Ciclo Ándico
- 3) Ciclo Riográndico

Gran parte de los dos primeros ciclos (Jurásico y Cretácico inferior), se encuentran representados en facies marinas de distinta naturaleza asociadas a dos intrusiones desde el océano Pacífico y en general son portadores de abundantes faunas de invertebrados.

El Cretácico superior (Ciclo Riográndico), presenta un amplio desarrollo de depósitos continentales del Grupo Neuquén caracterizado por su variada fauna de dinosaurios, seguido en su parte cuspidal por sedimentitas clásticas y carbonáticas de ambientes marinos someros del Grupo Malargüe, que representa la primera transgresión atlántica en la cuenca. A su vez dentro de cada evento ha sido posible identificar discontinuidades de menor rango temporal.

## **5.2 Grupo Neuquén**

En la base del Cretácico superior, se produce una nueva fase de deformación de gran intensidad (Movimientos Intrasenonianos) que reactiva viejas líneas de debilidad y origina importantes cambios paleogeográficos en la cuenca (Montagna, 2012).

Luego de este diastrofismo se desarrollan los depósitos del Ciclo Riográndico constituidos por una entidad inferior de carácter continental (Grupo Neuquén), que abarca el Cretácico superior y la restante con importante participación marina generada en el Maastrichtiano y el Paleoceno (Montagna, 2012).

### *5.2.1 Subgrupo río Limay*

El Subgrupo Río Limay representa los depósitos basales del Grupo Neuquén, cuyos afloramientos se distribuyen principalmente a lo largo del tramo medio del río homónimo. Dentro de esta secuencia Garrido (2010) excluye a la Formación Cerro Lisandro, quedando así conformado únicamente por las formaciones Candeleros y Huincul (Fig. 5.2).

Los afloramientos del Subgrupo Río Limay se caracterizan por exhibir extensas superficies de bajo relieve y gran desarrollo areal, rasgo geomorfológico descrito por González Díaz y Ferrer (1986) como “planicies estructurales por arrasamiento”.

Litológicamente este Subgrupo se compone mayormente de areniscas cuarzolíticas de granulometría variada, con alternancia de fangolitas y escasos horizontes conglomerádicos. En general, la secuencia presenta una sucesión de extensos cuerpos psamíticos de geometría mantiforme, conformados por un conjunto de depósitos de canales amalgamados de carácter multihistórico. Garrido (2010) atribuyó los depósitos aflorantes en la región adyacente a la Dorsal de Huincul, al desarrollo de fajas de canales móviles de baja sinuosidad, vinculados a sistemas fluviales de ríos entrelazados arenosos y gravo arenosos.

En el caso de la Formación Candeleros existe además una importante participación de depósitos eólicos, los cuales se desarrollan con grandes espesores hacia el área de Villa El Chocón.

Respecto a los espesores de esta secuencia, la misma exhibe una fuerte variación en función del área considerada para la cuenca. Mediciones efectuadas de manera directa en los afloramientos, han arrojado valores comprendidos entre los 400 a 550 m de potencia.

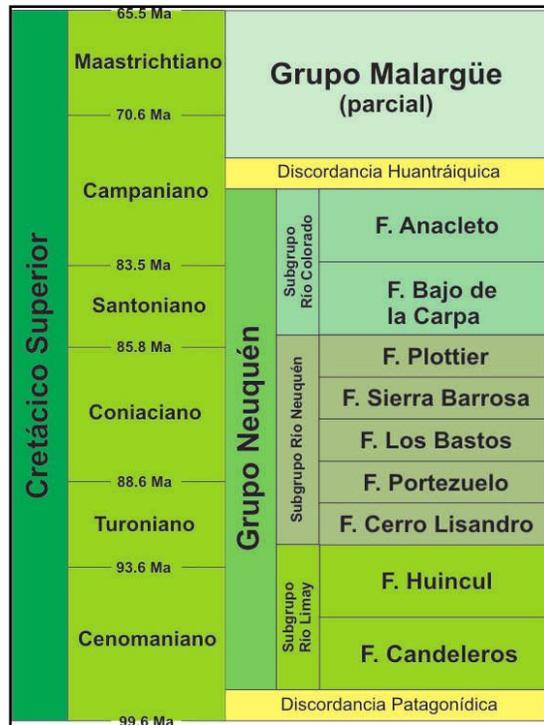


Figura 5.2 Esquema

Litoestratigráfico del Grupo Neuquén tomado de Garrido, 2010.

### 5.2.2 Subgrupo río Neuquén

Bajo la denominación de Subgrupo Río Neuquén, se agrupa a las unidades medias y superiores del Grupo Neuquén. En el esquema presentado por Garrido, (2010), incluye dentro de este Subgrupo cinco unidades formacionales: Cerro Lisandro, Portezuelo, Los Bastos, Sierra Barrosa y Plottier (Fig. 5.2).

Este Subgrupo integra una sucesión alternante de depósitos pelíticos y psamíticos con bajo grado de litificación. Debido a esta última característica, las sedimentitas de este subgrupo son más susceptibles a la erosión, factor que induce a que sus afloramientos se desarrollen casi exclusivamente sobre los frentes de los resaltos mesetiformes que conforman las típicas bardas de la región extra andina. Esta particularidad, le imprime a estos depósitos una distribución en forma

de fajas de afloramientos de gran continuidad lateral, aunque superficialmente muy reducidos en comparación con las exposiciones de los depósitos del Subgrupo Río Limay (Garrido, 2010).

El pasaje entre las formaciones que integran al Subgrupo Río Neuquén es de carácter transicional, factor que dificulta en algunos casos la identificación de los límites entre estas unidades. En este sentido Cazau y Uliana (1973) consideraron que los cambios en la relación porcentual entre areniscas y fangolitas, conforman la característica más destacable para definir dichos límites. Hacia las áreas marginales de la cuenca, la identificación y correlación de las unidades formacionales de este subgrupo se torna aún más confusa, debido principalmente a la ausencia de contraste litológico dentro de estos depósitos. Dicha situación obedece a que sobre estos últimos sectores la secuencia se vuelve predominantemente fangosa, adquiriendo un aspecto monótono y marcadamente homogéneo (Garrido, 2010).

El espesor total de los depósitos del Subgrupo Río Neuquén es sumamente variable, pudiendo exhibir potencias del orden de los 210 a los 370 m (Garrido, 2010).

### *5.2.3 Subgrupo río Colorado*

El Subgrupo Río Colorado está conformado por los niveles superiores del Grupo Neuquén, abarcando a las formaciones Bajo de la Carpa y Anacleto (Fig. 5.2).

Los depósitos de estas unidades se conforman de pelitas y psamitas escasamente litificadas, pudiendo presentar en forma subordinada pequeñas camadas de niveles psefíticos. Sus afloramientos se encuentran frecuentemente asociados a los del Subgrupo Río Neuquén, ocupando en estos casos las cotas más altas de las bardas y distribuidos sobre los sectores más orientales de la cuenca. En general, sus afloramientos poseen pobres expresiones

geomorfológicas, conformando a menudo suaves resaltos escalonados de moderada pendiente (Garrido, 2010).

Sedimentológica y paleoambientalmente, las unidades de este subgrupo exhiben fuertes variaciones laterales mostrando diversos tipos de dominios litológicos ligados genéticamente a depósitos de origen fluvial, eólico y lacustre. Al igual que en los casos anteriores, el espesor total del Subgrupo Río Colorado muestra un amplio rango de variación dependiendo del área considerada en la cuenca pudiendo presentar espesores comprendidos entre los 105 y 180 metros (Garrido, 2010).

## 6. ESTRUCTURA

La Cuenca Neuquina en el sector de estudio, presenta en superficie afloramientos de unidades continentales cretácicas, algunos de los remanentes de las sedimentitas cretácico-paleogenas correspondientes a la última ingesión marina registrada en la cuenca, y depósitos cenozoicos de escaso espesor (Ramos, 1999).

En el subsuelo se reconocen unidades del Triásico, del Jurásico y del Cretácico inferior, la mayoría preservadas en facies de borde de cuenca.

El Engolfamiento Neuquino se desarrolló como una cuenca de retroarco mesozoica situada al este de la Cordillera Principal de Neuquén. La parte central de la cuenca conformó el antepaís al este de la Faja Plegada y Corrida del Agrio, y sus límites están definidos por el basamento precámbrico - paleozoico del Bloque de San Rafael, al noreste, y el Macizo Nordpatagónico, al sureste. Esta configuración aproximadamente triangular responde a inhomogeneidades del basamento que distintos autores atribuyen a la acreción de terrenos exóticos al margen suroccidental del Gondwana durante el Paleozoico. La deformación que afectó al antepaís neuquino desde el Jurásico temprano hasta el Mioceno, momento en que alcanzó su máxima intensidad, generó un complejo mosaico de unidades morfoestructurales controladas por las características del basamento. El área de la Hoja Neuquén comprende parte del denominado “Antepaís fragmentado”, donde se diferencian el Sistema de transcurrencia de Huinul, el Sistema Entre Lomas, también conocido como Eje Charco Bayo - El Caracol o Plataforma Nororiental, y la Antefosa de Añelo (Rodríguez, 2007) (Fig. 6.1).

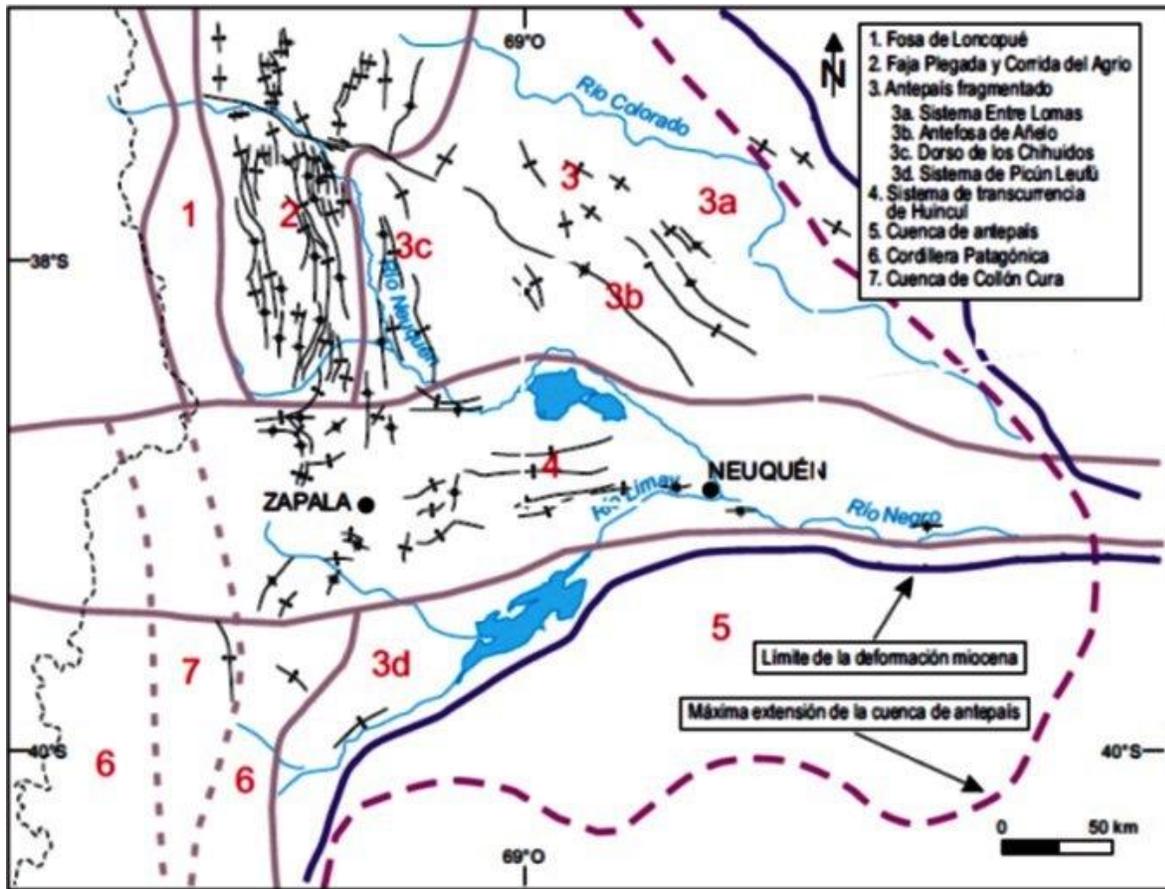
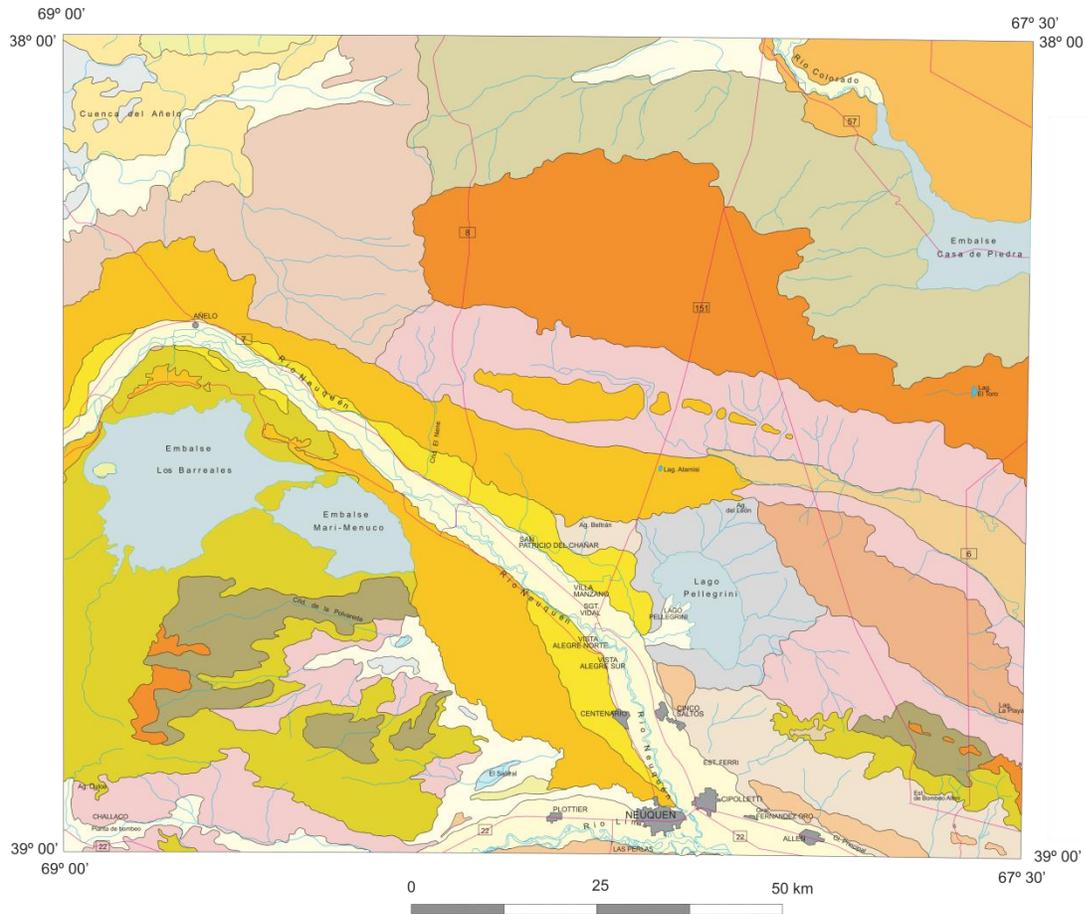


Figura 6.1 Situación de las unidades morfoestructurales de la Cuenca Neuquina. Tomado de Rodríguez et al., 2007.

## **7. GEOMORFOLOGÍA**

El paisaje del área de estudio es esencialmente mesetiforme, interrumpido por los amplios valles fluviales de los ríos Neuquén, Limay, Negro y Colorado, todos de carácter alóctono. Otro rasgo característico de la región son los numerosos bajos sin salida de variable dimensiones. El modelado del relieve responde a procesos fluviales y en menor medida, eólicos y de remoción en masa (Rodríguez et al., 2007) (Fig. 7.1).



REFERENCIAS

- |   |  |   |   |
|---|--|---|---|
|  | 1. Antigua planicie aluvial pedemontana disectada                      |  | 4a. Terrazas fluviales del río Colorado                             |
|  | 2. Planicie psefitica del Jagüel de Canale                             |  | 4b. Terrazas fluviales altas de los ríos Neuquén - Negro            |
|  | 3a. Primer nivel de pedimentos   |  | 4b. Terrazas fluviales bajas de los ríos Neuquén - Negro            |
|  | 3b. Pedimentos de flanco con nivel de base en el río Colorado          |  | 4d. Terrazas fluviales indiferenciadas de los ríos Negro - Limay    |
|  | 3c. Pedimentos de flanco con nivel de base en los ríos Neuquén y Negro |  | 5. Planicies aluviales de los ríos Colorado, Neuquén, Limay y Negro |
|  | 3d. Pedimentos convergentes con nivel de base en el bajo de Añelo      |  | 6. Depresión del Jagüel de los Milicos                              |
|  | 3e. Pedimentos convergentes con nivel de base en el lago Pellegrini    |  | 7. Planicies estructurales por arrasamiento                         |
|  | 3f. Pedimentos de flanco y convergentes con niveles de base locales    |  | 8. Bajos  |
|   |  |  | 9. Morfología eólica  |
|   |  |  | 10. Planicies aluviales y abanicos aluviales                        |

Figura 7.1 Esquema geomorfológico de la Hoja 3969-II, Neuquén.

Existen dos principales unidades fisiográficas, con particularidades que se extienden al resto del ambiente patagónico. La occidental, corresponde a un estrecho y reducido tramo de la Cordillera Patagónica, ubicada aproximadamente entre el límite internacional y los 70° 30' O. La oriental, de amplio desarrollo superficial, se extiende desde aquel meridiano hasta el Atlántico y se denomina Patagonia Extra andina (Gonzales Díaz y Malagnino, 1984).

En el modelado de los relieves existe un predominio de los procesos exógenos sobre los endógenos, manifestándose en algunas áreas el control tectónico.

González Díaz y Malagnino (1984) proponen una clasificación primaria en tres grandes entidades geomórficas:

1) Ambiente de mesetas y planicies

Abarca casi toda la provincia, correspondiendo al ámbito de la Patagonia Extraandina; bajo la denominación de “paisaje tabular o mesetiforme”. Sus geoformas proceden de la actividad de variados procesos, evidenciando un marcado predominio del fluvial.

Es posible reconocer en algunos casos una influencia de características estructurales previas.

Este ambiente a su vez se subdivide en tres regiones geomórficas nítidamente diferenciadas:

- a. Región Septentrional
- b. Región Central
- c. Región Austral

En cada una de ellas se reconoce otra entidad geomórfica de menor jerarquía, pero de amplitud regional, debido a su enorme desarrollo y predominio del relieve en esas regiones.

Se hará hincapié en la Región Septentrional, en donde se encuentra el área estudiada.

Este sector comprende una dilatada faja oeste-este, distribuida en la zona norte de la Provincia. Esta fundamentalmente integrada por la presencia de una planicie construida por las acumulaciones sedimentarias continentales, que son colectivamente tratadas bajo la habitual designación de “Rodados Patagónicos” o “Rodados Tehuelches”. El límite norte de la región, lo señala el río Colorado, mientras que el sur, sigue aproximadamente una línea general NO-SE, dispuesta entre Cipolletti y San Antonio Oeste. Una ininterrumpida sucesión de cuencas endorreicas se ordenan alineadas según esta traza.

Para esta región se han diferenciado las siguientes entidades geomorfológicas:

1. Antigua Planicie Aluvial Disectada
2. Valle del río Negro y sus formas asociadas
3. Valle del río Colorado y sus formas asociadas
4. Planicies estructurales “por arrasamiento” del NO rionegrino

## 2) Ambiente Cordillerano

Se localiza al occidente de la Provincia y se caracteriza por presentar las más elevadas áreas. Se lo divide en dos tipos, compuesto y simple.

## 3) Ambiente litoral

Su aspecto más destacado lo constituye la presencia de acantilados marinos que difieren en su apariencia ya que han sido excavados en rocas de distintas características.

Otras formas de ocurrencia más restringida indican la existencia de costas y riberas modeladas por la acumulación marina.

## 8. HIDROGEOLOGÍA

La Provincia de Río Negro forma parte de cinco unidades morfoestructurales:

- 1) Andes Patagónicos Septentrionales (Cordillera Patagónica)
- 2) Cuenca de Ñirihuau
- 3) Cuenca Neuquina
- 4) Cuenca del Colorado
- 5) Macizo Nordpatagónico

La gran variedad de eventos geológicos ígneo-metamórficos, volcánicos (ácidos y básicos), ciclos sedimentarios continentales y marinos, junto con toda la gama de fenómenos de degradación, desarrollados en un complejo sistema de interrelación de estas macrounidades, son los responsables de la complejidad hidrogeológica (Román y Sisul, 1984).

Se definen 6 unidades hidrogeológicas para la provincia (Fig. 8.1):

- a) Basamento Precámbrico-Neopaleozoico
- b) Complejo Volcánico Triásico-Jurásico
- c) Sedimentitas Continentales Cretácico-Terciarias
- d) Sedimentitas Marinas Terciarias
- e) Basaltos Pliopleistocenos
- f) Complejo Sedimentario Post-Plioceno

Dentro del sector de estudio, el acuífero confinado de Grupo Neuquén se encuentra dentro de la unidad de Sedimentitas Continentales Cretácico-Terciarias (Román y Sisul, 1984).

Los sedimentos continentales presentan importantes variaciones litofaciales, originadas fundamentalmente en los distintos ambientes de sedimentación sobre los que se desarrollan (Román y Sisul 1984).

Litológicamente se trata de una sucesión de areniscas gruesas, en parte conglomerádicas, rojizas, moradas y episodios amarillentos, con presencia de restos de troncos silicificados y grandes saurios. Las diferenciaciones litofaciales se manifiestan en el predominio, en determinados perfiles, de limos y arcillas pardo rojizas, tobas y tufitas pardo moradas (zona de Cona Niyeo), areniscas micáceas de grano fino, friables, de coloraciones predominantemente amarillento verdoso. El complejo terciario (“Colloncureense”), es un sedimento piroclástico de tufitas arenosas y limoarcillosas y brechas, con importante contenido de fósiles de vertebrados mamíferos. En la mayoría de los casos se trata de ciclos sedimentarios discordantes sobre las litologías del basamento (Román y Sisul 1984)

La característica hidrogeológica los agrupa dentro de los sedimentos de porosidad intersticial y permeabilidad baja, con importancia relativa, de moderada a pequeña. Los antecedentes de las perforaciones realizadas indican que los acuíferos explotados, en general son areniscas limoarcillosas de poca potencia, raramente superan los 2 metros de espesor, intercaladas con capas de arcillas. Las profundidades promedio son de 130 metros dependiendo de la ubicación dentro de un relieve general de altiplanicies con distintas cotas (Román y Sisul, 1984).

En la zona del Alto Valle de río Negro y en el extremo noroeste entre el mencionado río y el Colorado se encuentran perforaciones profundas. Estas obras de captación, luego de atravesar

pequeños espesores de sedimentos modernos, penetran en formaciones del Terciario y del Cretácico. En esta región los complejos sedimentarios mencionados presentan una alternancia de eventos continentales y marinos, con neto predominio de estos últimos hacia el límite con la provincia de Neuquén. Se diferencian cuatro zonas con características hidrogeológicas propias (Román y Sisul, 1984):

- *Desde la ciudad de General Roca hacia el oeste:* donde por debajo de la capa freática contenida en el aluvión del río Negro, las perforaciones captan dos niveles acuíferos. La primera capa entre 40 y 50 metros de profundidad, con niveles estáticos entre 15 metros bbp, y caudales del orden de 20 m<sup>3</sup>/h. Los tenores de residuo seco son menores de 1500 mg/l y se usa para consumo humano, riego e industria. La segunda capa capta de una profundidad aproximada a los 115 metros, con niveles estáticos en 18 metros bbp, caudales mayores de 50 metros cúbicos por hora y residuos secos del orden de los 2000 miligramos por litro (Román y Sisul, 1984).
- *Entre la ciudad de General Roca y la localidad de Chichinales:* también dentro del valle del río, las captaciones que oscilan entre 30 y 100 metros de profundidad son surgentes, debiendo destacarse que tanto los caudales explotados como los residuos secos obtenidos aumentan en función de la profundidad desde 4 a 9 metros cúbicos por hora y desde 4000 a 9000 miligramos por litro (Román y Sisul, 1984);
- *El extremo noroeste del Alto Valle de Río Negro:* donde las obras de captación requieren profundidades hasta 90 y 170 metros, los caudales son muy reducidos (0,8 a 1,5 metros cúbicos por hora), y los residuos secos tienen valores alrededor de los 5000 miligramos por litro (Román y Sisul, 1984);

- *Planicie interfluvial*: entre la zona anterior y la línea Pichi Mahuida-Chelforó, donde las perforaciones penetran las areniscas amarillentas con intercalaciones de bancos de arcillas y tobas blanquecinas (Formación Chichinales), hasta profundidades promedio de 90 metros, con niveles estáticos en 70 metros bbp. Se pueden explotar caudales del orden de los 2 metros cúbicos por hora con residuos secos de 3000 a 7000 miligramos por litro y tenores de flúor de 1,5 a 2 miligramos por litro (Román y Sisul, 1984).

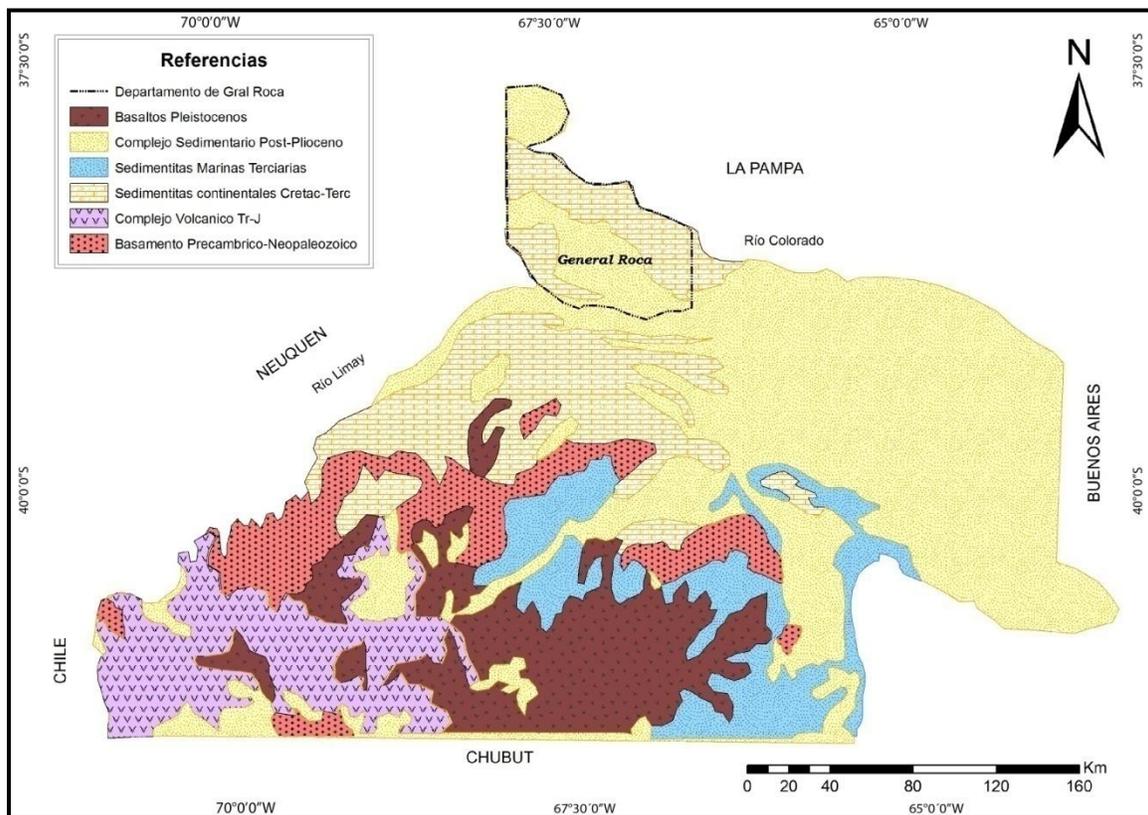
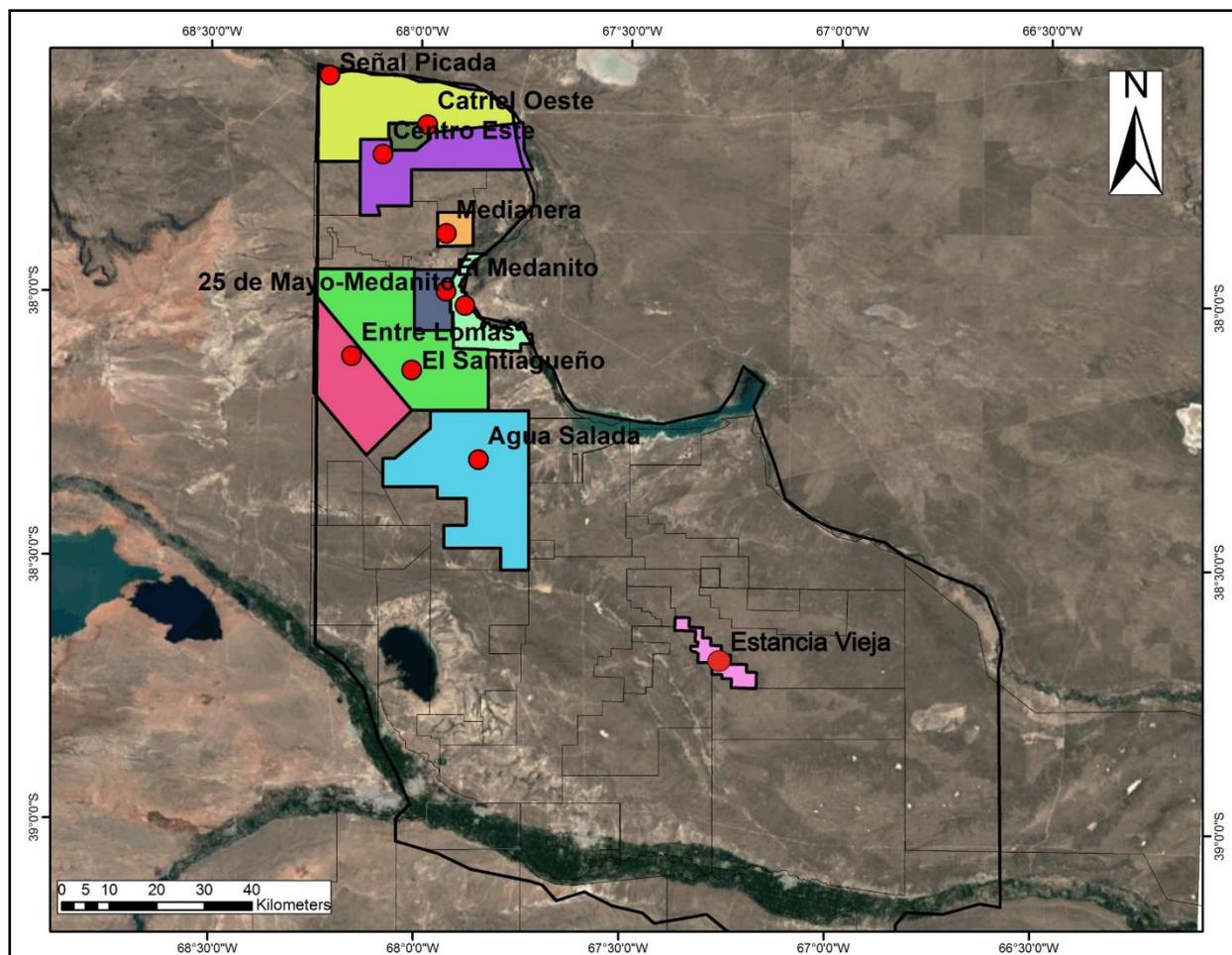


Figura 8.1 Unidades hidrogeológicas de la provincia de Río Negro. Modificado de Godagnone y Bran, 2009

## **9. HIDROQUÍMICA**

Los datos con los que se trabajó pertenecen a pozos de captación de los yacimientos hidrocarburíferos de la provincia, estos son utilizados para uso industrial y son controlados por el Departamento Provincial de Aguas. Se tomaron en cuenta los datos que abarcan el periodo de 1996 a 2013. Cabe destacar que no todos los pozos presentan datos continuos en esos años, esto se debe a que se pueden encontrar fuera de servicio, por diversas razones, o dejaron de ser utilizados.

En la Fig. 9.1 se observa la ubicación de los pozos de captación de agua de Grupo Neuquén, diferenciados con colores según el yacimiento hidrocarburífero al que pertenecen.



*Figura 9.1. Mapa regional con ubicación de los pozos de captación de agua.*

## 9.1 Señal Picada

El área Señal Picada se encuentra localizada en el extremo norte de la provincia. A la misma se accede recorriendo la Ruta Nacional N° 151 hasta el acceso a Colonia Catriel, desde allí se toma la Ruta Provincial N° 6 que pasa por el acceso al yacimiento.

Presenta un pozo de captación de agua a Grupo Neuquén (Fig. 9.2). Los datos analizados corresponden al periodo 1996-2008.

Los datos químicos representados en el diagrama de Piper se encuentran en dos campos a) aguas sulfatadas y/o cloruradas cálcicas y/o magnésicas y b) aguas cloruradas y/o sulfatadas sódicas (Fig. 9.3). A partir del diagrama de Schöeller , se puede clasificar al agua como de tipo sulfatada sódica (Fig. 9.2).

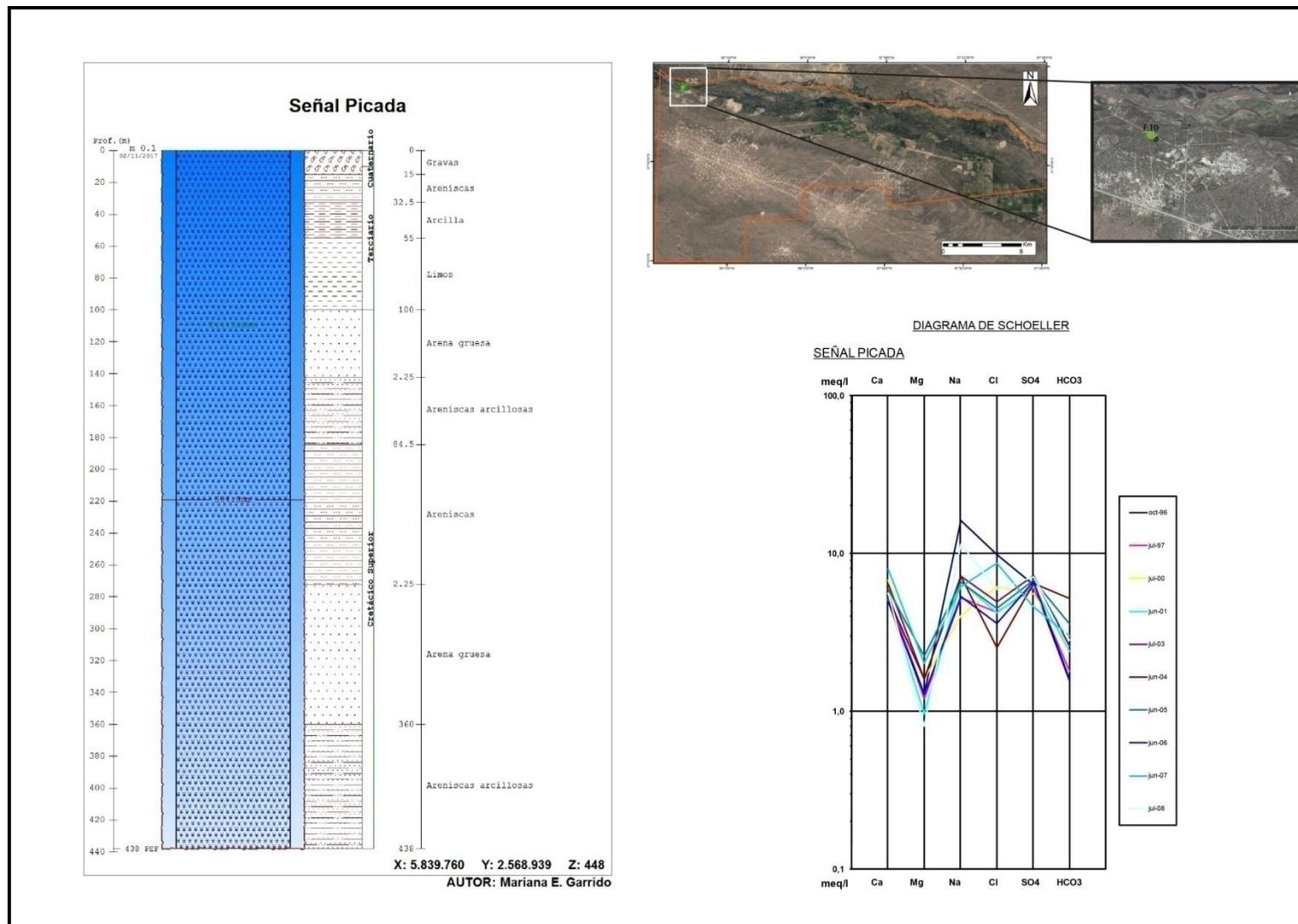
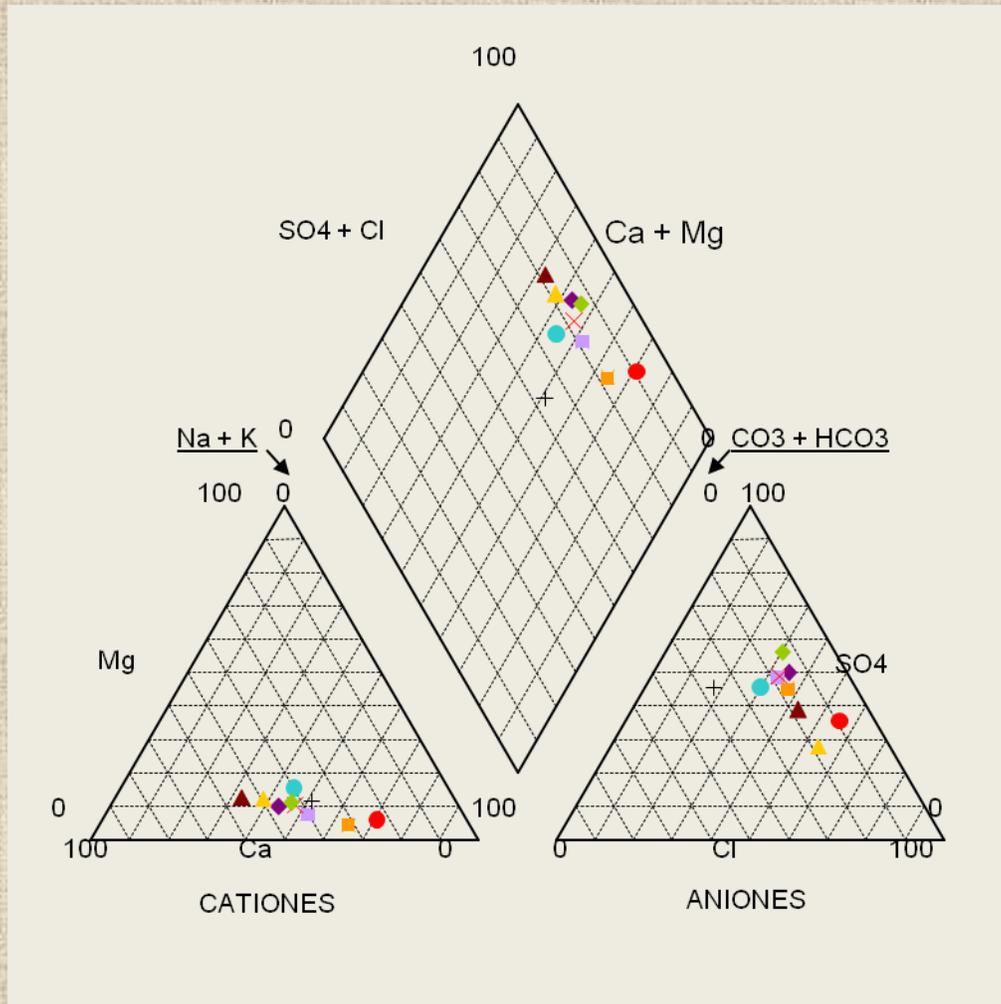


Figura 9.2 Croquis del pozo F10, mapas de ubicación y diagrama de Schöeller.

# DIAGRAMA DE PIPER

SEÑAL PICADA



● oct-96 ◆ jul-97 ▲ jul-00 ■ jun-01 × jul-03 + jun-04 ● jun-05 ◆ jun-06 ▲ jun-07 ■ jul-08

Figura 9.3 Diagrama de Piper de muestras de agua subterránea del yacimiento Señal Picada.

La conductividad eléctrica en el yacimiento Señal Picada, se mantiene cerca de la media durante los años analizados (Fig 9.4). Se puede observar un pico máximo de 1392  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el año 2000 (Tabla 9.1).

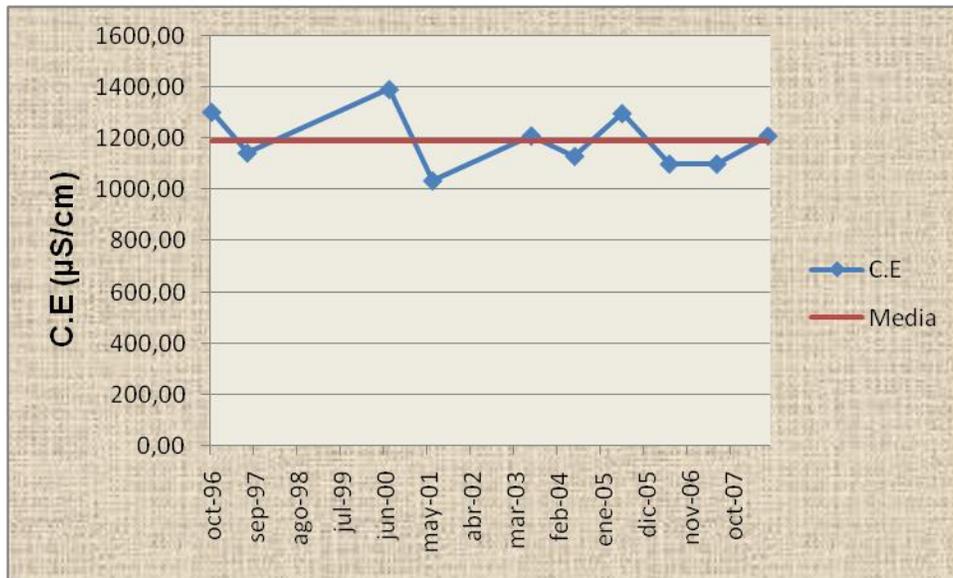


Figura 9.4 Diagrama de conductividad eléctrica (C.E) del agua subterránea del yacimiento Señal Picada

Conductividad eléctrica	Promedio	Máximo	Mínimo
	1191 $\mu\text{S}/\text{cm}$	1392 $\mu\text{S}/\text{cm}$	1034 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Tabla 9.1 Rangos de conductividad eléctrica.

## 9.2 Catriel oeste

El área de estudio, se encuentra ubicada en el sector nororiental de la provincia. El acceso al yacimiento se realiza a partir de la Ruta Provincial N° 6 que une las localidades de Catriel y Rincón de los Sauces.

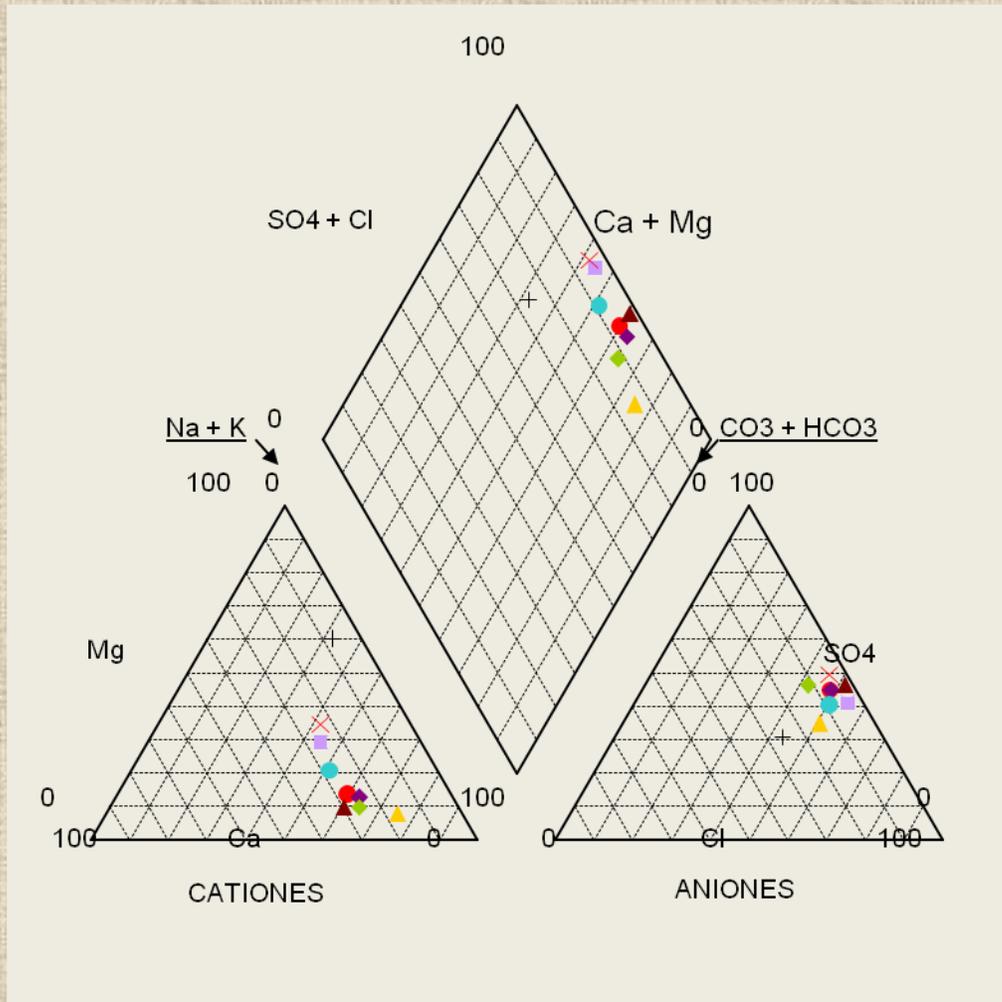
Catriel Oeste, presenta 2 pozos de captación de agua del Grupo Neuquén (9A y 10A), utilizados para recuperación Secundaria (Fig. 9.5). En el 2000 la Empresa Central International Corporation (Suc.Arg) informa el cambio de pozo 10 A por 11 A.

El agua de captación según el diagrama de Piper se encuentra en el grupo de las aguas cloruradas y /o sulfatadas sódicas (Fig. 9.6). A partir del diagrama de Schöeller se determina que la mayor cantidad de las muestras se clasifican como cloruradas sódicas (Fig. 9.5).



# DIAGRAMA DE PIPER

CATRIEL OESTE



● ago.97   ◆ jul.98   ▲ jul.00   ■ jun.02   × jun.03   + jun.04   ● jun.05   ◆ jun.06   ▲ jul.08

Figura 9.6 Diagrama de Piper de muestras de aguas subterránea del yacimiento Catriel Oeste.

La conductividad eléctrica en el yacimiento Catriel Oeste se mantiene por encima de la media en los primeros años, hasta el 2004 donde se registra el máximo valor, 5600  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Fig. 9.7). Al año siguiente ya se encuentra por debajo de la media, llegando al punto mínimo en el año 2008 con 3608  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de conductividad eléctrica (Tabla 9.2).

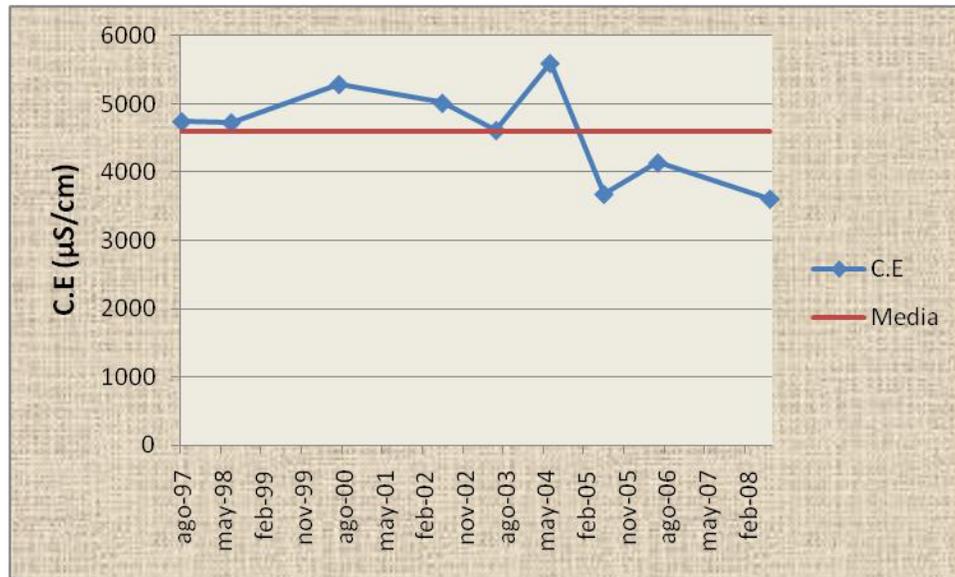


Figura 9.7 Diagrama de conductividad eléctrica (C.E) del agua subterránea del yacimiento Catriel Oeste.

Conductividad eléctrica	Promedio	Máximo	Mínimo
	4603 $\mu\text{S}/\text{cm}$	5600 $\mu\text{S}/\text{cm}$	3608 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Tabla 9.2 Rangos de conductividad eléctrica.

### 9.3 Centro Este

El área se halla ubicada a unos 30 Km. de la localidad de Catriel y a 140 Km al norte de la ciudad de Neuquén. Abarca una superficie aproximada de 354  $\text{Km}^2$ .

Presenta un pozo de captación de agua (CE 19A) del Grupo Neuquén (Fig 9.8)

El yacimiento Centro Este presenta muestras de agua que se encuentran dentro del grupo de las cloruradas y/o sulfatadas sódicas y algunas entran en el campo de las sulfatadas y/o cloruradas cálcicas y/o magnésicas (Fig. 9.9). En el diagrama de Schöeller se puede determinar de forma más clara, una clasificación de tipo clorurada sódica (Fig. 9.8).

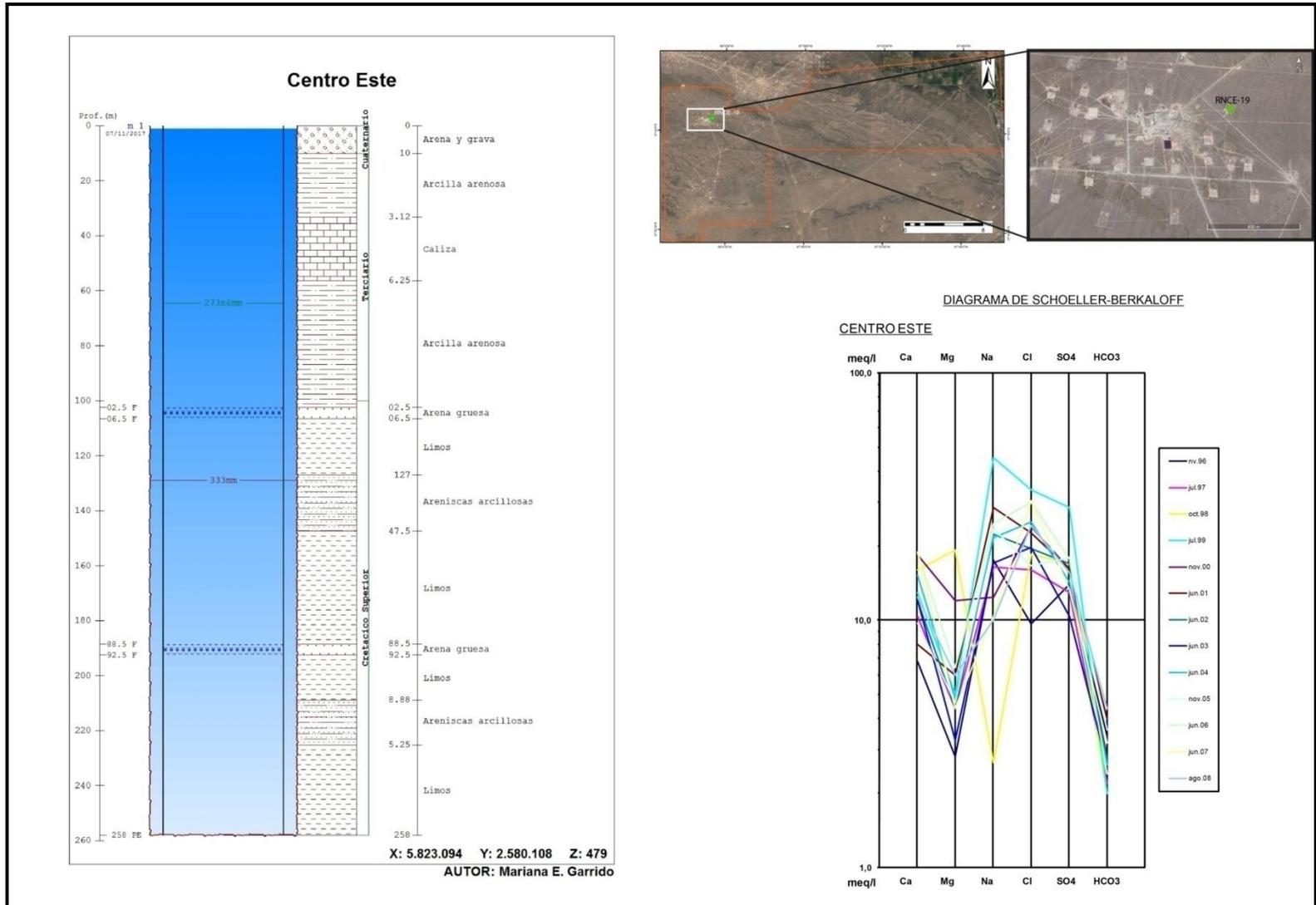
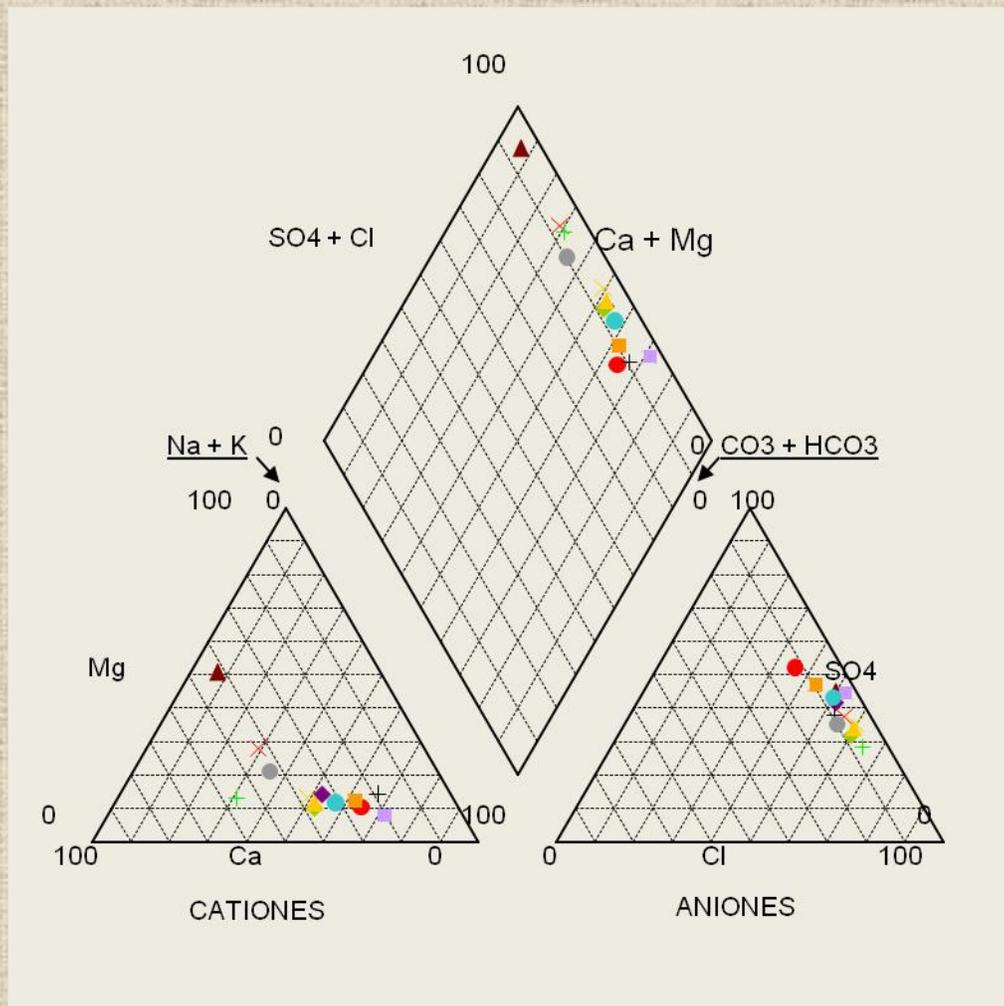


Figura 9.8 Croquis del pozo RNCE-19, mapas de ubicación y diagrama de Schöeller.

# DIAGRAMA DE PIPER

CENTRO ESTE



- nv.96
- ◆ jul.97
- ▲ oct.98
- jul.99
- × nov.00
- + jun.01
- jun.02
- ◆ jun.03
- ▲ jun.04
- nov.05
- × jun.06
- + jun.07
- ago.08

Figura 9.9 Diagrama de Piper de muestras de agua subterránea del yacimiento Centro Este.

La conductividad eléctrica en el yacimiento Centro Este presenta variaciones, intercalando picos máximos y mínimos a lo largo de los años analizados (Fig. 9.10). Los picos máximos superan los 4000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  llegando a 4860  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el año 1999. Por debajo de la media se observan un mínimo de 1630  $\mu\text{S}/\text{cm}$  de conductividad eléctrica en el año 1996 (Tabla 9.3).

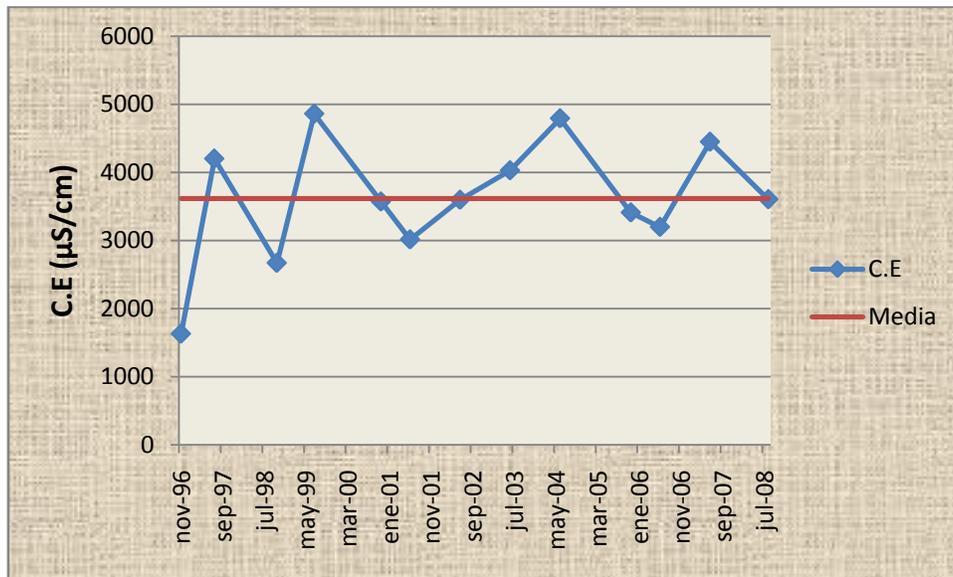


Figura 9.10 Diagrama de conductividad eléctrica (C.E) del agua subterránea del yacimiento Centro Este.

Conductividad eléctrica	Promedio	Máximo	Mínimo
	3616 $\mu\text{S}/\text{cm}$	4860 $\mu\text{S}/\text{cm}$	1630 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Tabla 9.3 Rangos de conductividad eléctrica.

## 9.4 Medianera

El área Medianera, se ubica en el noroeste de la Provincia. La localidad más cercana al yacimiento es la ciudad de Catriel, ubicada sobre la margen derecha del río Colorado.

Desde la ciudad de Neuquén o de Cipoletti se puede acceder al área por la Ruta Nacional N° 151 hasta alcanzar la rotonda de acceso a Colonia Catriel, por donde se deberá salir hacia el oeste en la dirección opuesta al acceso a la ciudad (Ruta Provincial N° 6).

El yacimiento presenta un pozo de captación de agua del Grupo Neuquén, utilizado para uso industrial y riego de caminos internos (Fig. 9.11).

El registro analizado para este pozo corresponde al periodo 2004 - 2013, con algunos años intermedios sin registro.

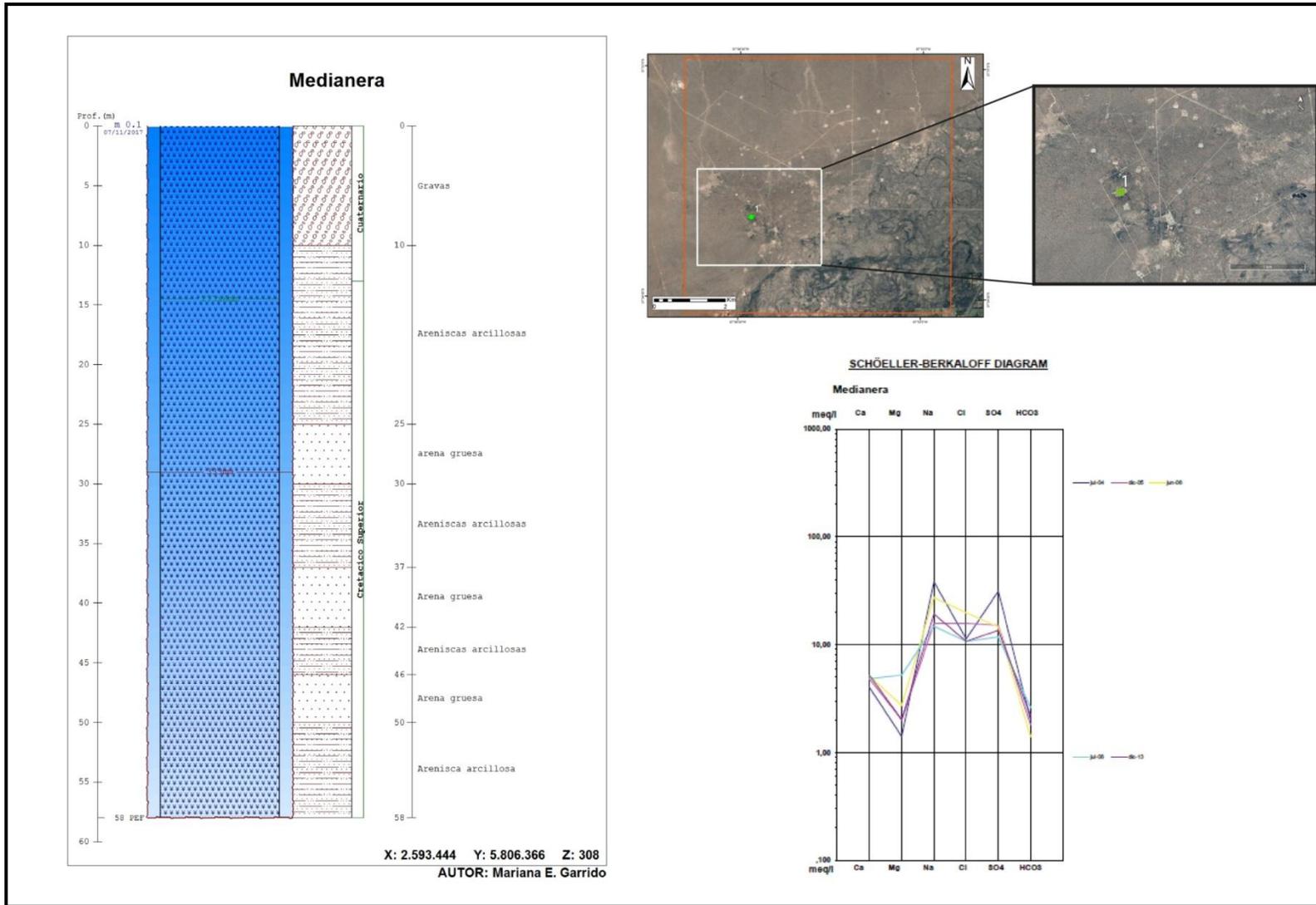


Figura 9.11 Croquis del pozo 1, mapas de ubicación y diagrama de Schöeller.

En el diagrama de Piper (Fig. 9.12) se observa la clasificación del agua de captación, dentro del grupo cloruradas y/o sulfatadas sódicas. El patrón químico en el diagrama de Schöeller, muestra un agua sulfatada sódica. (Fig. 9.11),

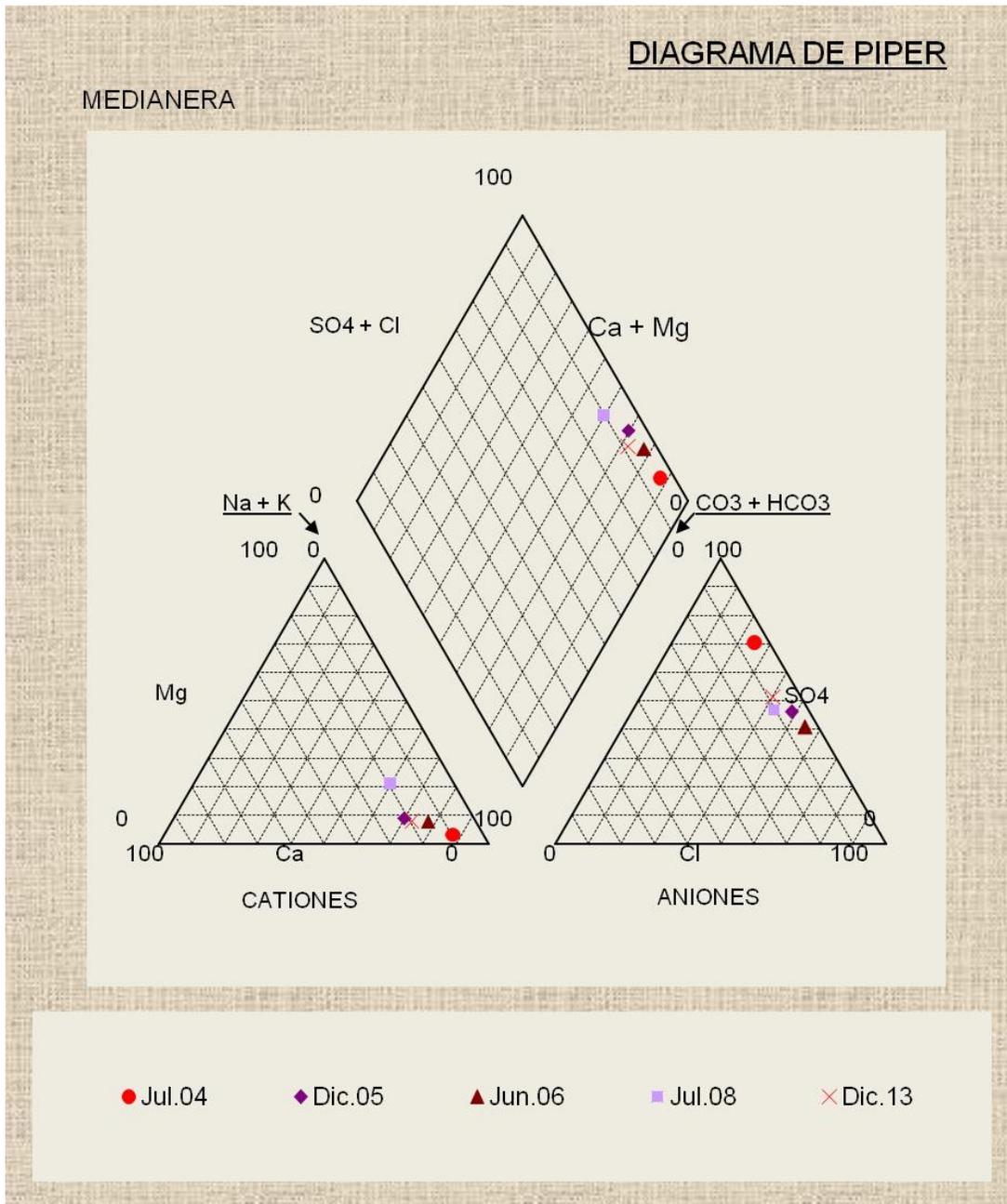


Figura 9.12 Diagrama de Piper de muestra de agua subterránea del área Medianera.

La conductividad eléctrica en el área medianera se encuentra cerca de la media a lo largo de los años (Fig. 9.13), a excepción del año 2005 que presenta el mínimo valor con 2688  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y el 2013 con un máximo de 3585  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Tabla 9.4).

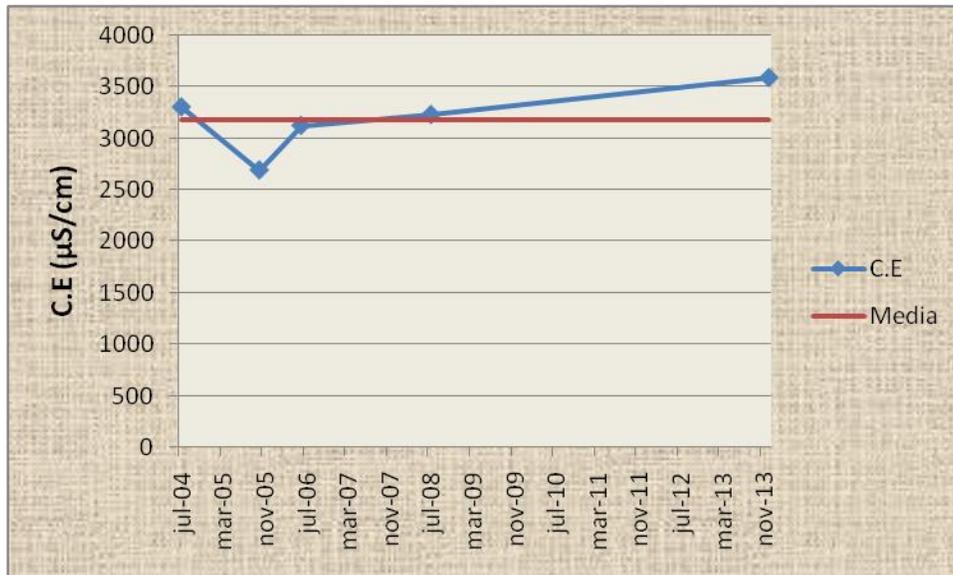


Figura 9.13 Diagrama de conductividad eléctrica (C.E) del agua subterránea del área Medianera.

Conductividad eléctrica	Promedio	Máximo	Mínimo
	3184 $\mu\text{S}/\text{cm}$	3585 $\mu\text{S}/\text{cm}$	2688 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Tabla 9.4 Rangos de conductividad eléctrica

## 9.5 El Medanito

El yacimiento El Medanito, se encuentra ubicado en el sector central del departamento General Roca. Limita hacia el Este con el Yacimiento 25 de Mayo-Medanito y hacia el Oeste con el yacimiento El Santiagueño.

Se puede acceder al mismo por medio de la Ruta Nacional N° 151, tanto de la Ciudad de Cipolletti como de Colonia Catriel.

Presenta 19 pozos de captación de agua de Grupo Neuquén, de los cuales solo cinco se encuentran en producción (M 25, M 28, M 37, M 38 y M 39), siendo utilizados para recuperación Secundaria. A la fecha solo el pozo M 28 se encuentra activo (Fig 9.14).

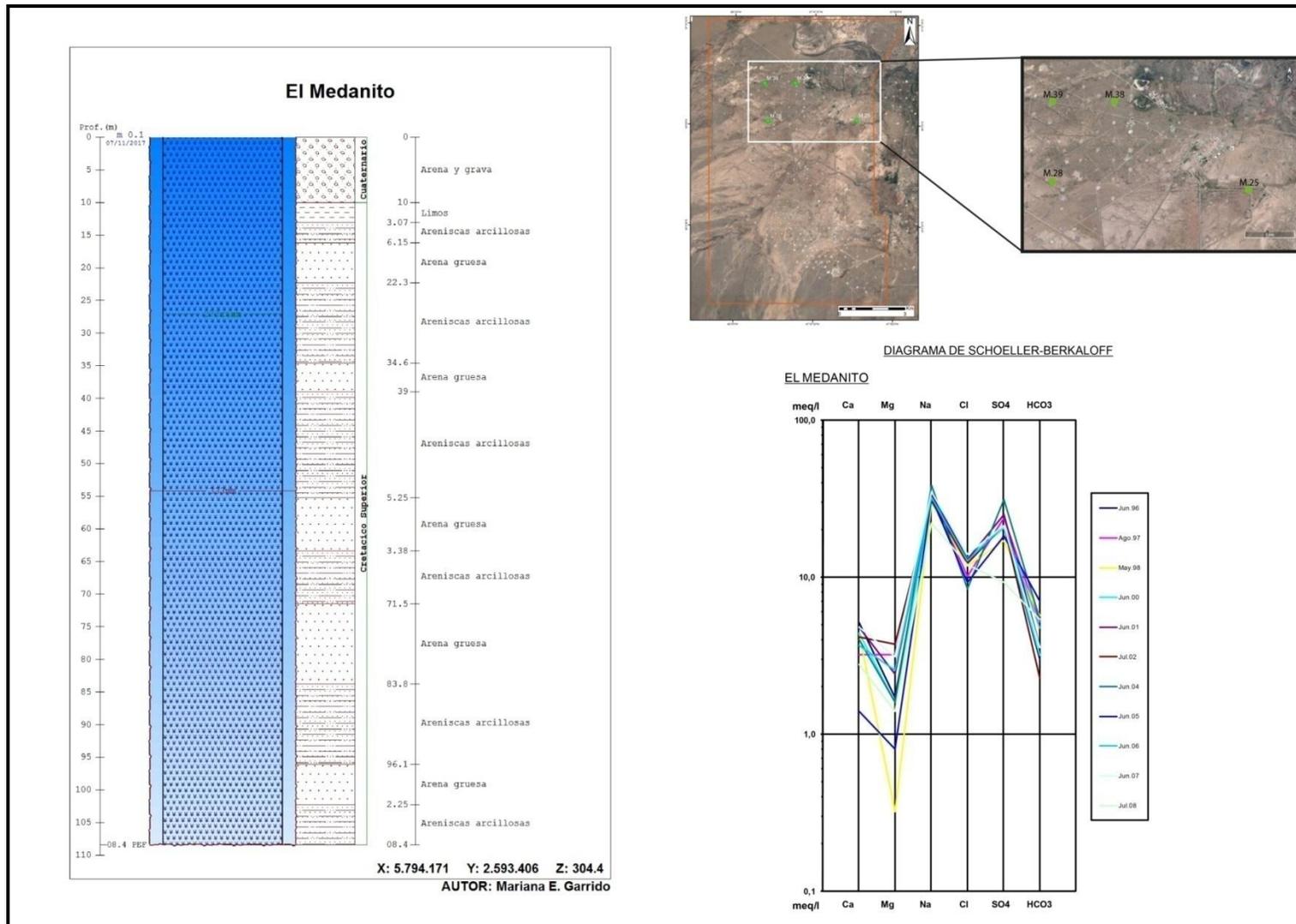


Figura 9.14 Croquis del pozo M25, mapas de ubicación y diagrama de Schöeller.

Los análisis de agua indican que se encuentran clasificadas dentro del grupo cloruradas y/o sulfatadas sódicas (Fig. 9.15). Una clasificación más detallada con el diagrama de Schöeller permite asignarla al tipo de agua sulfatada sódica (Fig. 9.14).

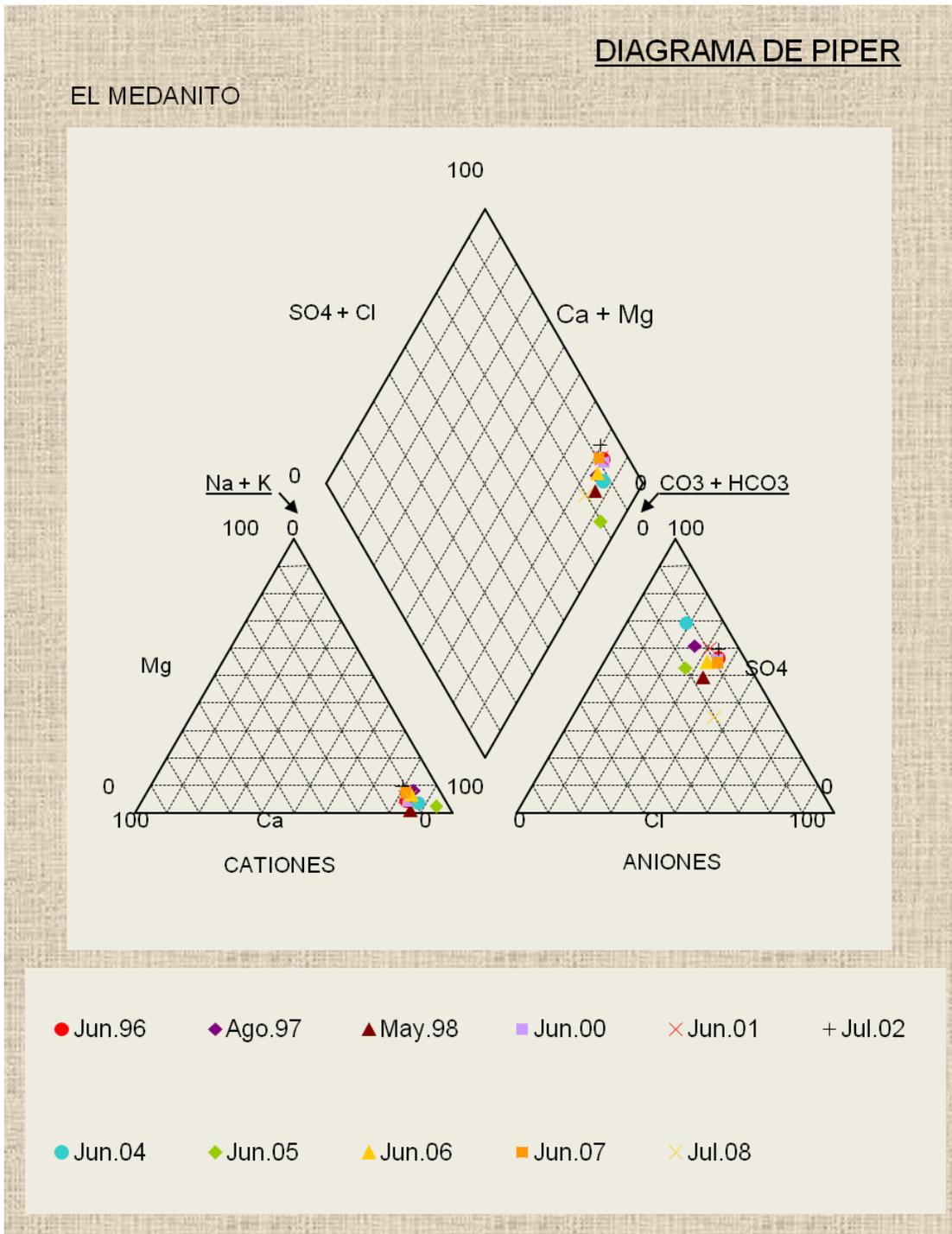


Figura 9.15 Diagrama de Piper de muestras de agua subterránea del yacimiento El Medanito.

La conductividad eléctrica en el yacimiento El Medanito presenta un pico máximo de 4761  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el año 1998 y un mínimo de 2664  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el año 1996 (Tabla 9.4). Entre los años 2000 hasta 2006 la conductividad eléctrica se mantiene cerca de la media (Fig. 9.16).

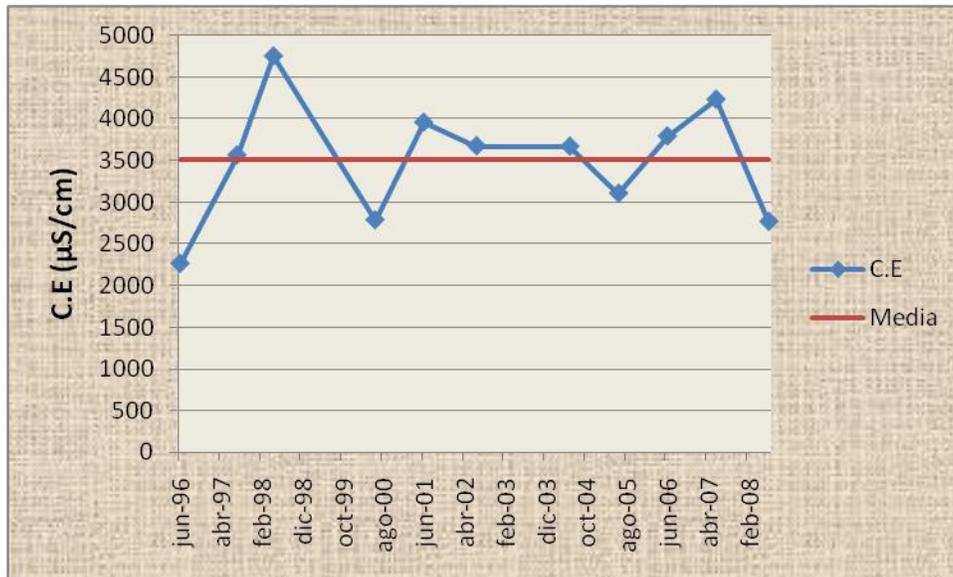


Figura 9.16 Diagrama de conductividad eléctrica (C.E) del agua subterránea del yacimiento El Medanito.

Conductividad eléctrica	Promedio	Máximo	Mínimo
	3511 $\mu\text{S}/\text{cm}$	4761 $\mu\text{S}/\text{cm}$	2664 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Tabla 9.5 Rangos de conductividad eléctrica.

## 9.6 25 de Mayo-Medanito

El yacimiento petrolífero 25 de Mayo-Medanito, está ubicado en el cuadrante noroeste de la Provincia y el cuadrante sudoeste de la Provincia de la Pampa (departamento de Puelen), a lo largo de los terraplenes del Río Colorado.

Al área se puede acceder por la Ruta Nacional N° 151, viniendo tanto de Colonia Catriel como de la ciudad de Cipolletti.

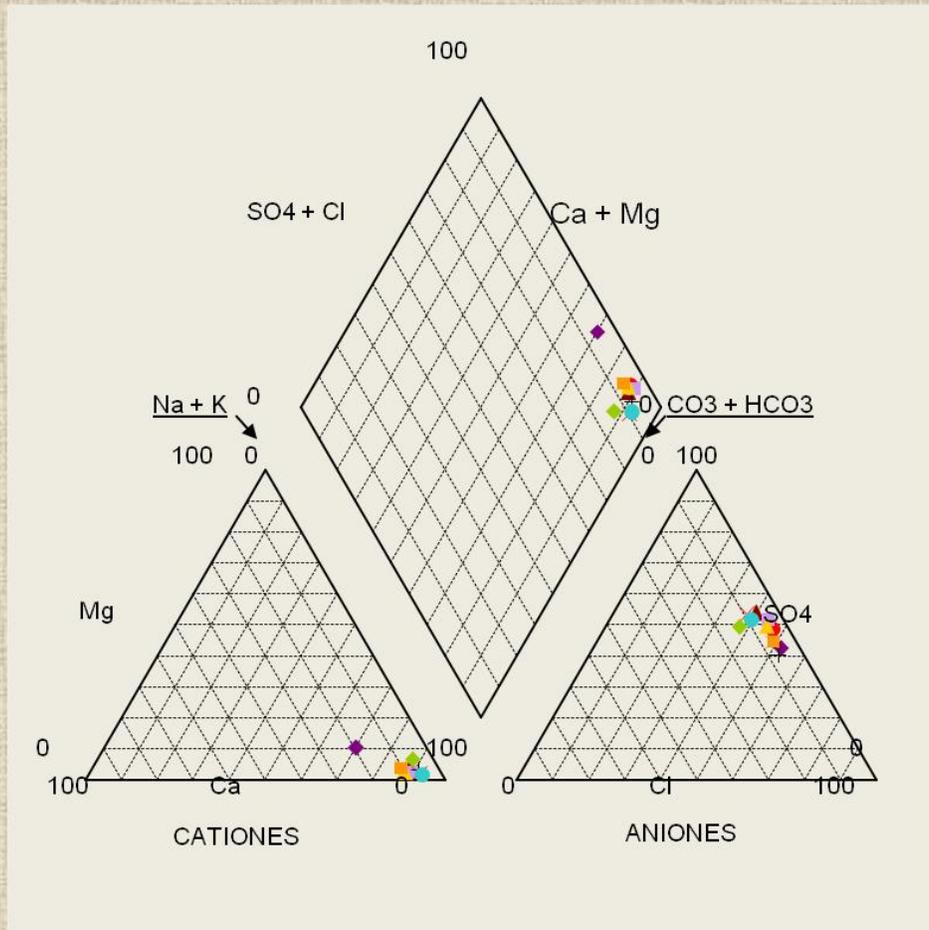
Presenta un pozo de captación de Agua del Grupo Neuquén (RN 100), utilizado para recuperación secundaria y consumo humano (Fig. 9.17).

El agua de captación se encuentra dentro del grupo de cloruradas y/o sulfatadas sódicas (Fig. 9.18). El diagrama de Schöeller nos permite una clasificación más precisa donde se observa que el agua es del tipo sulfatada sódica (Fig. 9.17).



# DIAGRAMA DE PIPER

25 DE MAYO-MEDANITO



- |          |          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| ● Nov.96 | ◆ Ago.97 | ▲ Jul.98 | ■ Ago.00 | × Jun.01 |
| + Jun.02 | ● Jul.03 | ◆ Jul.04 | ▲ Ago.05 | ■ Jul.06 |

Figura 9.18 Diagrama de Piper de muestras de agua subterránea del área 25 de Mayo- Medanito.

La conductividad eléctrica en el yacimiento 25 de Mayo-Medanito se mantiene de forma uniforme a lo largo de los años analizados (Fig. 9.19). Por encima de la media se encuentra un valor máximo de 5310  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el año 2005 y por debajo de la media en valor mínimo es de 3520  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para el año 2001 (Tabla 9.6).

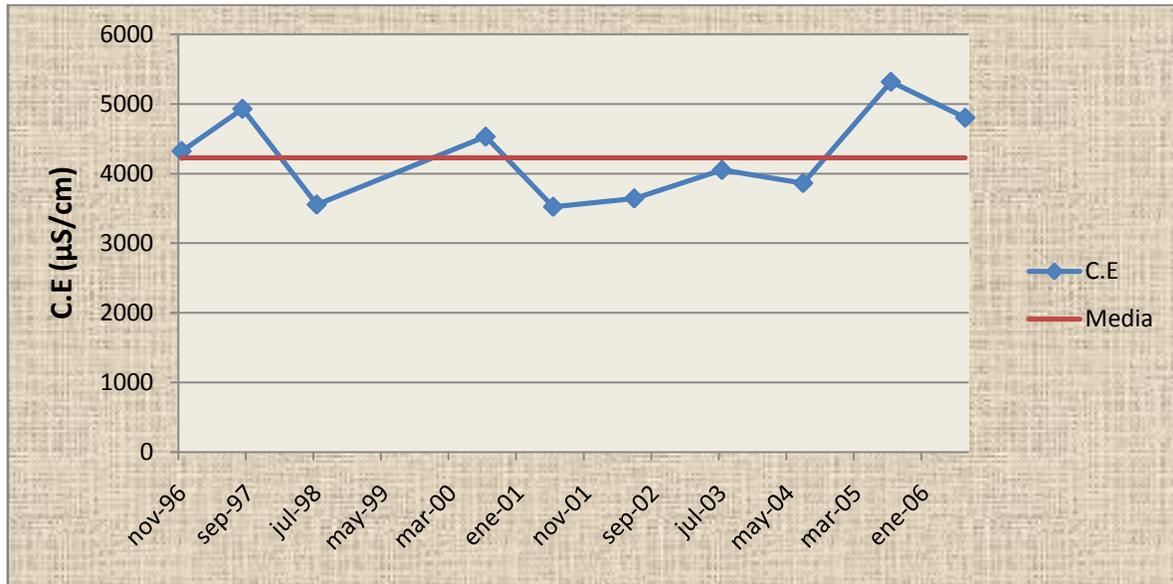


Figura 9.19 Diagrama de conductividad eléctrica (C.E) del agua subterránea del área 25 de Mayo-Medanito.

Conductividad eléctrica	Promedio	Máximo	Mínimo
	4251 $\mu\text{S}/\text{cm}$	5310 $\mu\text{S}/\text{cm}$	3520 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Tabla 9.6 Rangos de conductividad eléctrica.

## 9.7 El Santiagueño

El área de estudio, actualmente presenta dos yacimientos en actividad: El Santiagueño y Los Ramblones que están separados por una distancia de 11 Km.

El Yacimiento el Santiagueño está ubicado en el sector centro meridional del área, mientras que el yacimiento Los Ramblones se localiza en el sector sudoriental. El acceso a ambos se realiza a partir de la Ruta Nacional N° 151 que une la ciudad de Neuquén con la localidad de Catriel.

Las empresas operadoras declaran un pozo de captación de Agua del Grupo Neuquén (ES 02), siendo utilizados para Tratamiento de Crudo y remoción de sales (Fig. 9.20).

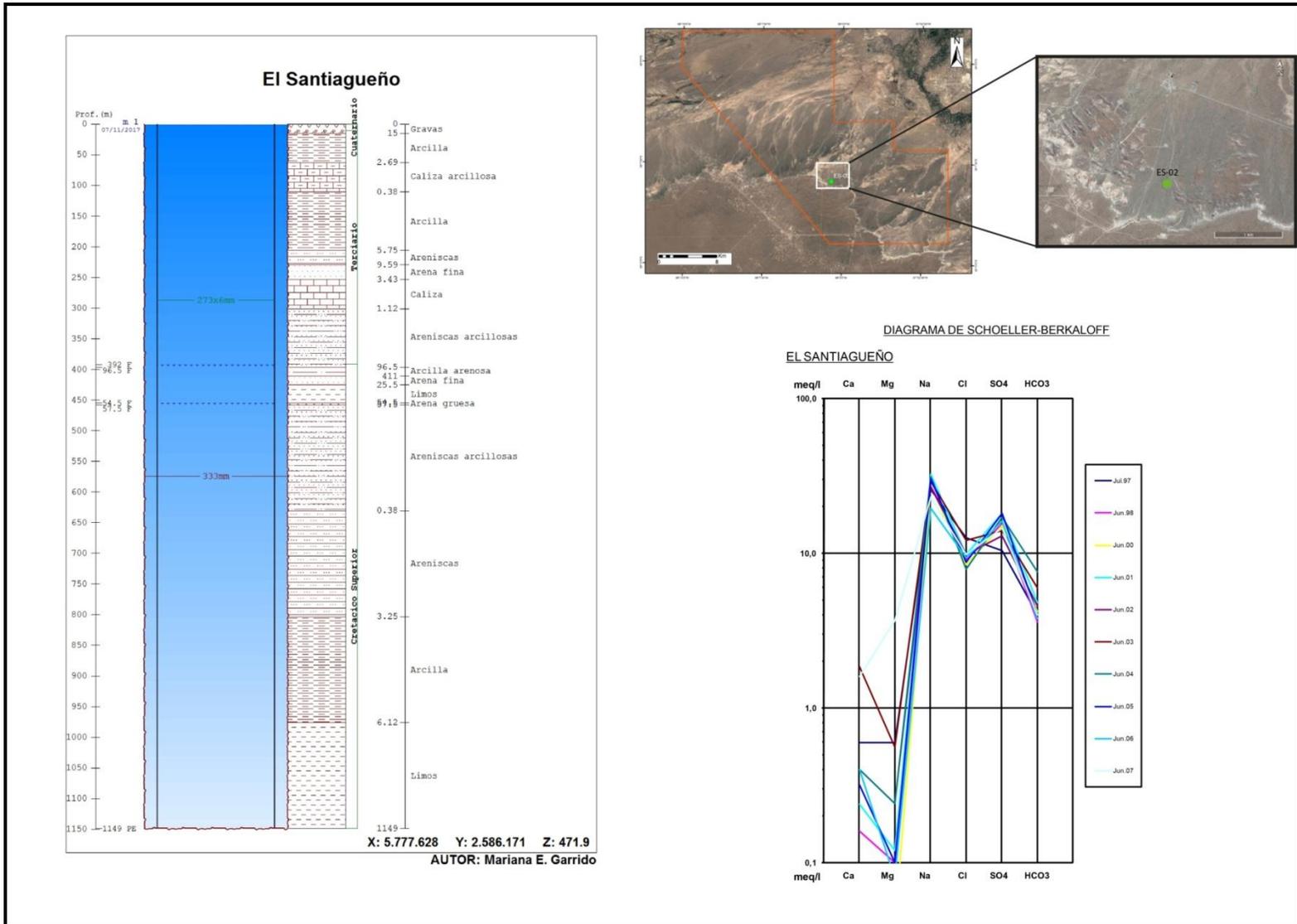


Figura 9.20 Croquis del pozo ES-02, mapas de ubicación y diagrama de Schöeller.

El agua de captación según el diagrama de Piper (Fig. 9.21), se encuentra en el grupo de las cloruradas y/o sulfatadas sódicas. El diagrama de Schöeller (Fig. 9.20) nos muestra un agua sulfatada sódica.

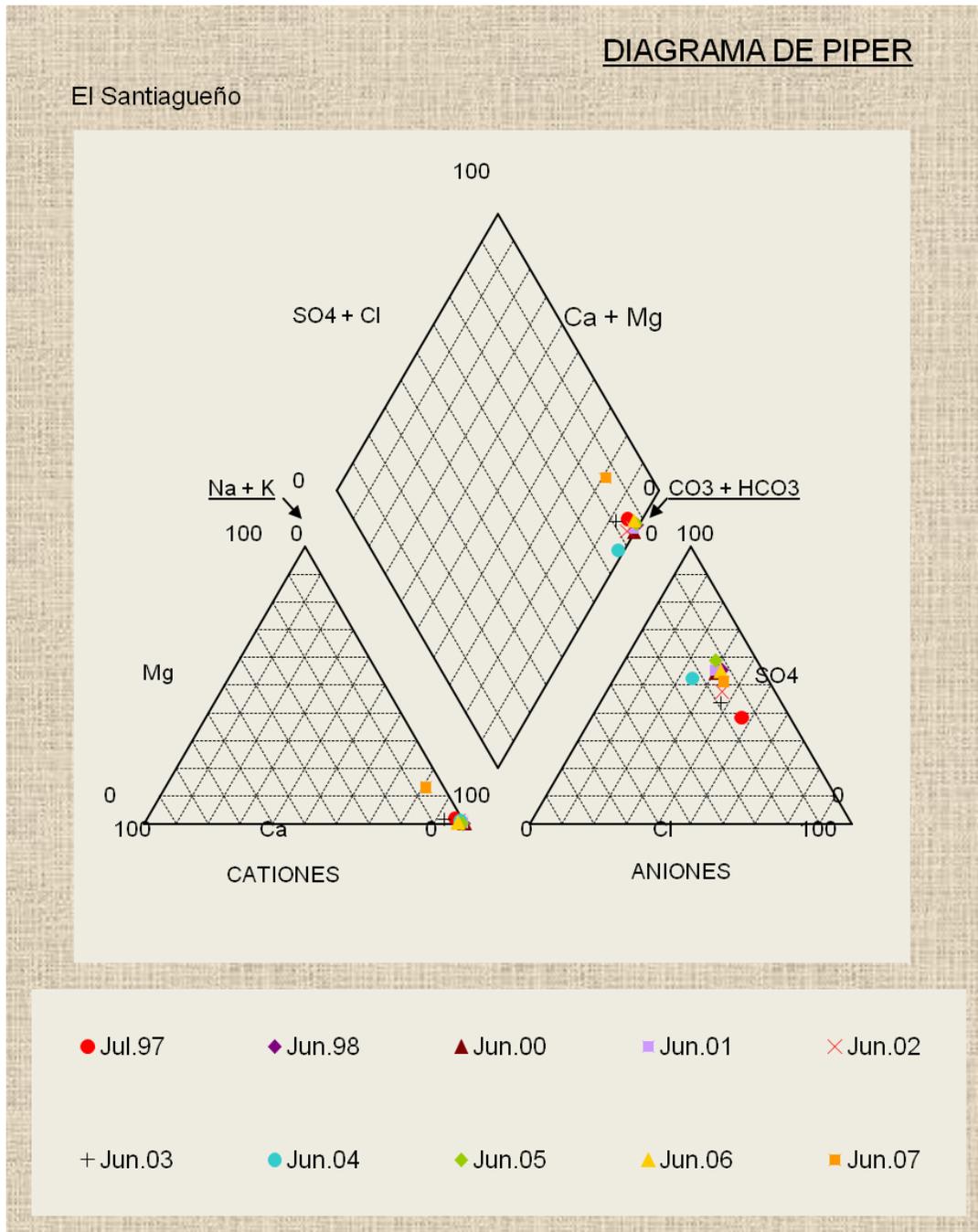


Figura 9.21 Diagrama de Piper de muestras de agua subterránea del yacimiento El Santiagueño.

La conductividad eléctrica del yacimiento El Santiagueño presenta en los primeros años analizados un comportamiento uniforme por debajo de la media hasta el año 2005 (Fig. 9.22), luego comienza a tener variaciones más marcadas hasta presentar un pico máximo de 7133  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el año 2012 (Tabla 9.7).

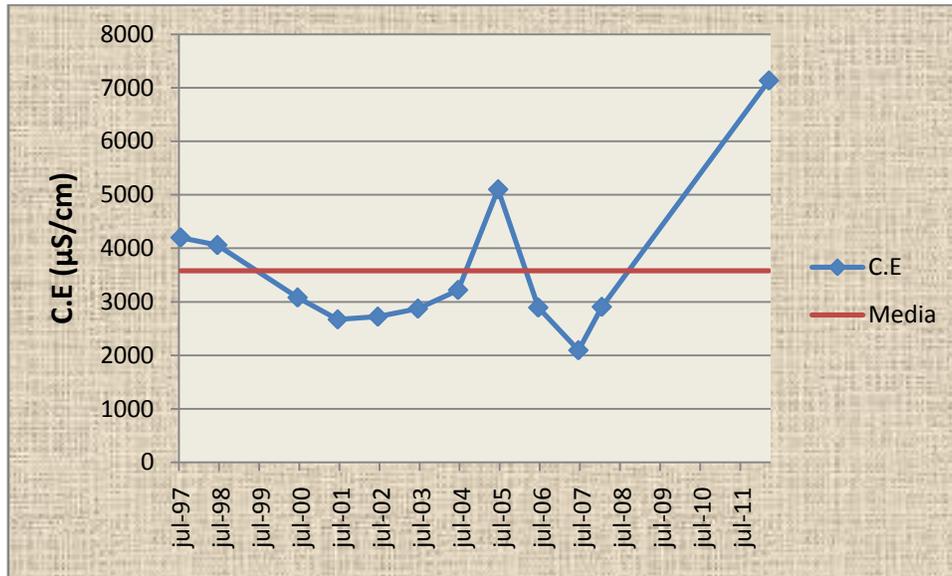


Figura 9.22 Diagrama de conductividad eléctrica (C.E) del agua subterránea del área El Santiagueño.

Conductividad eléctrica	Promedio	Máximo	Mínimo
	3579 $\mu\text{S}/\text{cm}$	7133 $\mu\text{S}/\text{cm}$	2094 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Tabla 9.7 Rangos de conductividad eléctrica.

## 9.8 Entre Lomas

Yacimiento Entre Lomas, se encuentra emplazado sobre el límite entre las Provincias de Neuquén y Rio Negro. Ocupa principalmente los departamentos de Añelo y Pehuenches en la Provincia de Neuquén y el departamento de General Roca en la Provincia de Rio Negro.

El acceso puede realizarse a través de la Ruta Nacional N° 151 desde la ciudad de Neuquén.

El área está constituida por los siguientes yacimientos:

- Yacimiento Charco Bayo
- Yacimiento Piedras Blancas
- Yacimiento Entre Lomas
- Yacimiento Lomas de Ocampo
- Yacimiento El Caracol

Se declaran 6 pozos de captación del Grupo Neuquén (4A, 6A, 9A, 10 A, 11A, 12A) (Fig. 9.23). Se tomaron registros de estos pozos de los años 1996 al 2008.

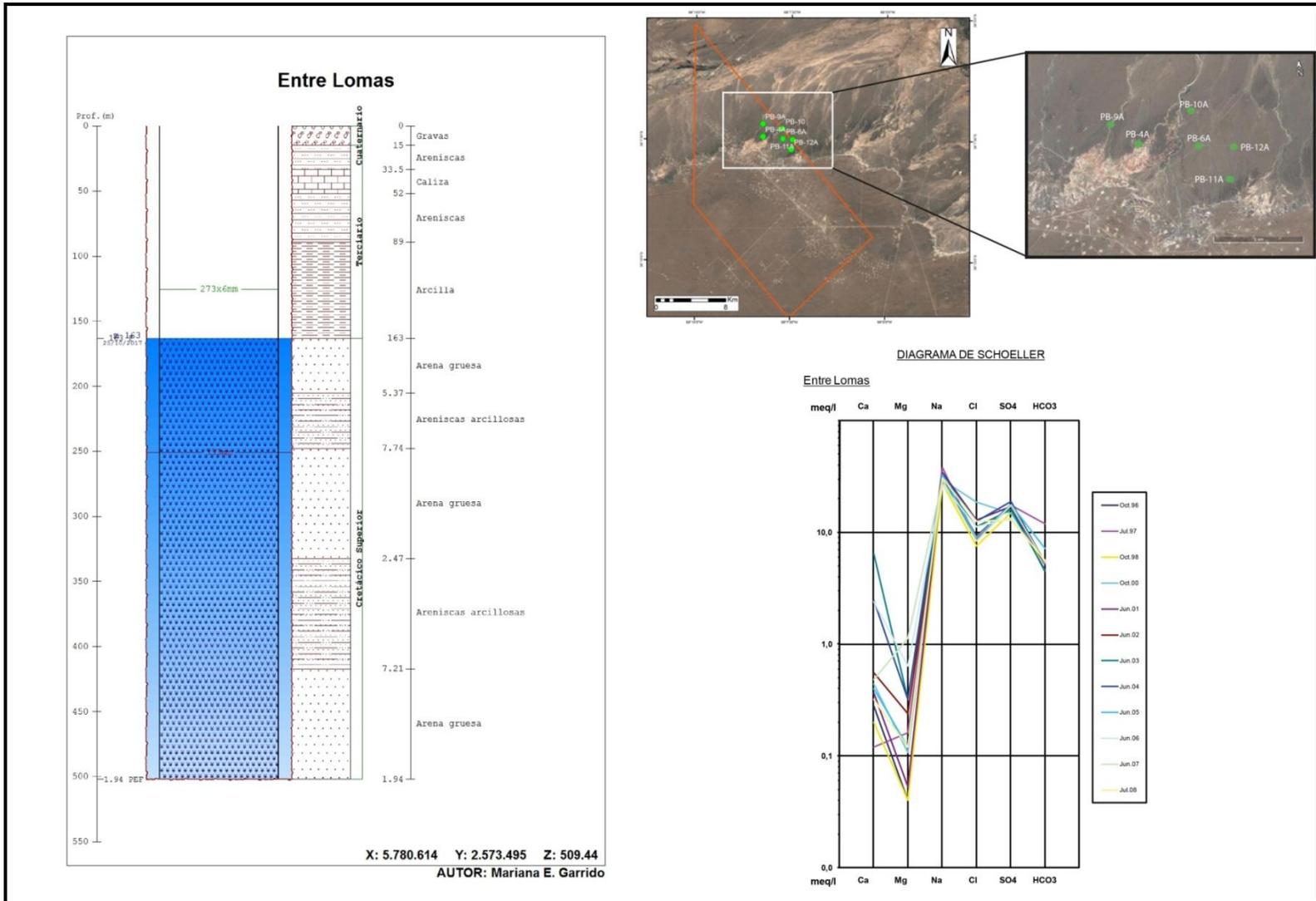


Figura 9.23 Croquis del pozo PB-4A, mapas de ubicación y diagrama de Schöeller.

El agua de captación de este yacimiento se clasifica dentro del grupo cloruradas y/o sulfatadas sódicas (Fig. 9.24). El diagrama de Schöeller (Fig. 9.23) muestra un agua sulfatada sódica.

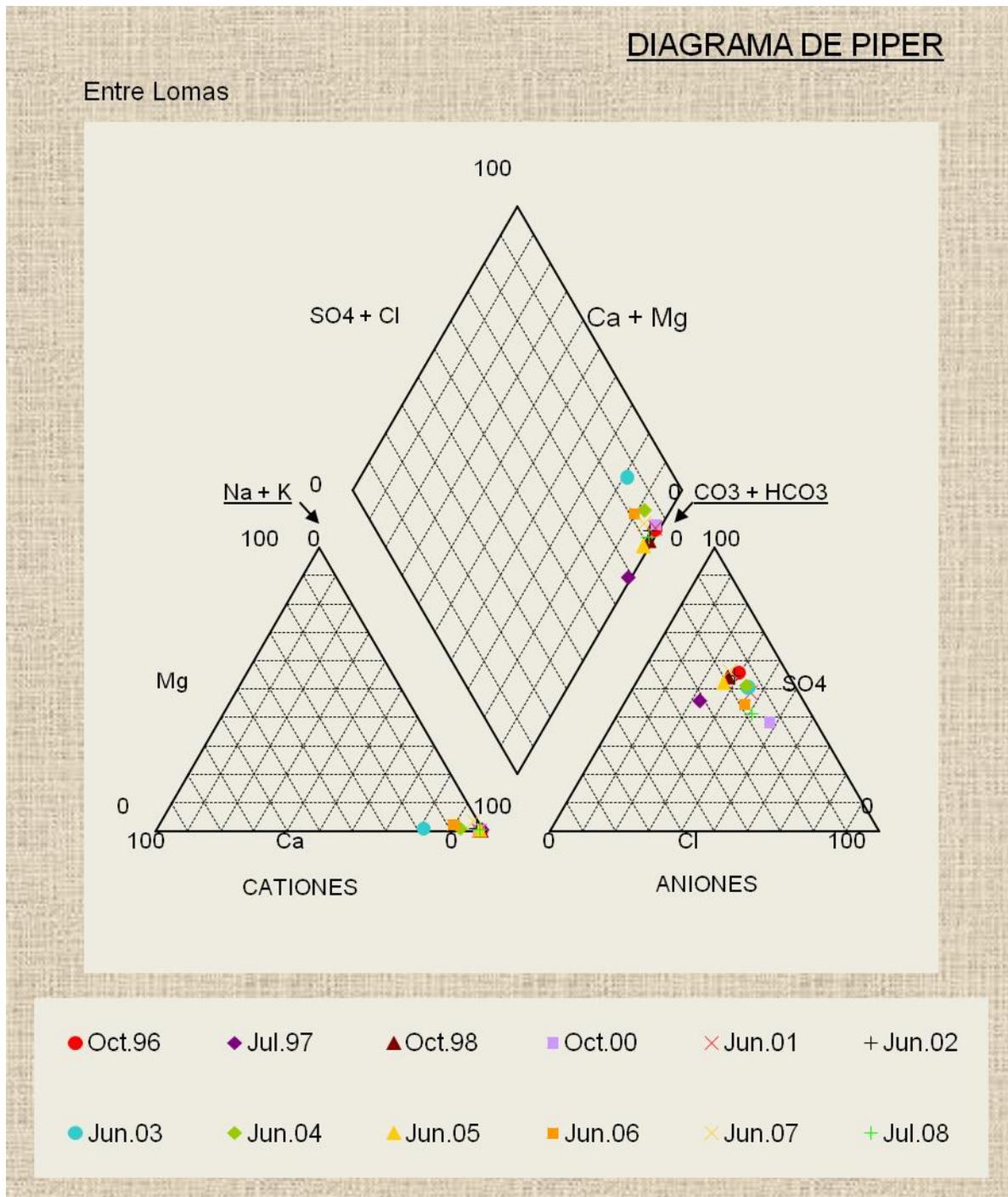


Figura 9.24 Diagrama de Piper de muestras de agua subterránea del yacimiento Entre Lomas.

La conductividad eléctrica en el yacimiento Entre Lomas presenta dos picos máximos bien marcados, el primero en el año 2004 de 5850  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y el segundo de 6454  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el año 2012 (Tabla 9.8). El resto de los años, la conductividad eléctrica se mantiene cerca de la media (Fig. 9.25).

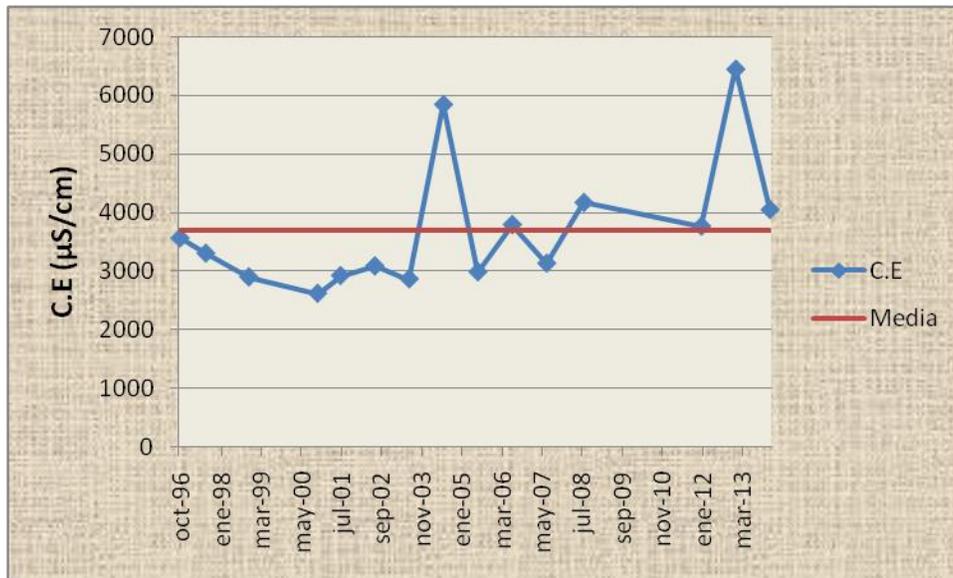


Figura 9.25 Diagrama de conductividad eléctrica (C.E) del agua subterránea del yacimiento Entre Lomas.

Conductividad eléctrica	Promedio	Máximo	Mínimo
	3694 $\mu\text{S}/\text{cm}$	6454 $\mu\text{S}/\text{cm}$	2612 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Tabla 9.8 Rangos de conductividad eléctrica.

## 9.9 Agua Salada

El área Agua Salada presenta cuatro accesos, ubicados todos a la vera de la Ruta Nacional N° 151. Tres accesos sobre su margen este y uno sobre la margen oeste. El acceso principal se localiza a la altura del km 76,5 de la mencionada ruta, hacia el este y conduce a la Base Operativa, a través de 12 km por un camino consolidado.

Se declara un pozo de captación de agua del Grupo Neuquén (Fig. 9.26). A partir de 2007 ponen en producción 4 pozos más (TPT RN LBA-1, TPT RN LBA-2, TPT RN LJA-3, TPT RN LJA-4).

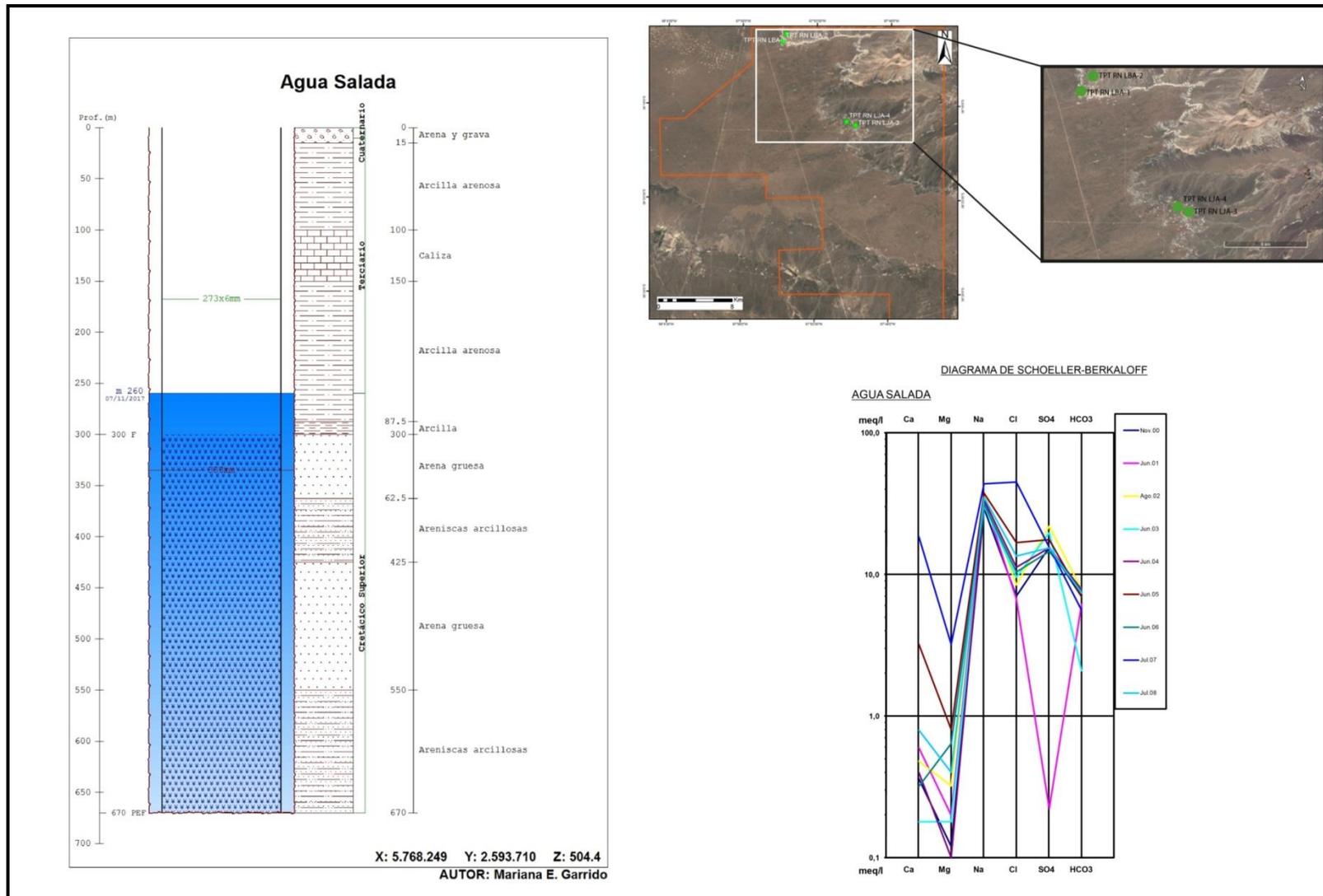


Figura 9.26 Croquis del pozo TPT RN LBA-1, mapas de ubicación y diagrama de Schöeller.

Representando en el diagrama de Piper (Fig. 9.27) los datos químicos podemos clasificarlos dentro del grupo de las aguas cloruradas y/o sulfatadas sódica. Con el diagrama de Schöeller (Fig. 9.26) se especifica un agua sulfatada sódica.

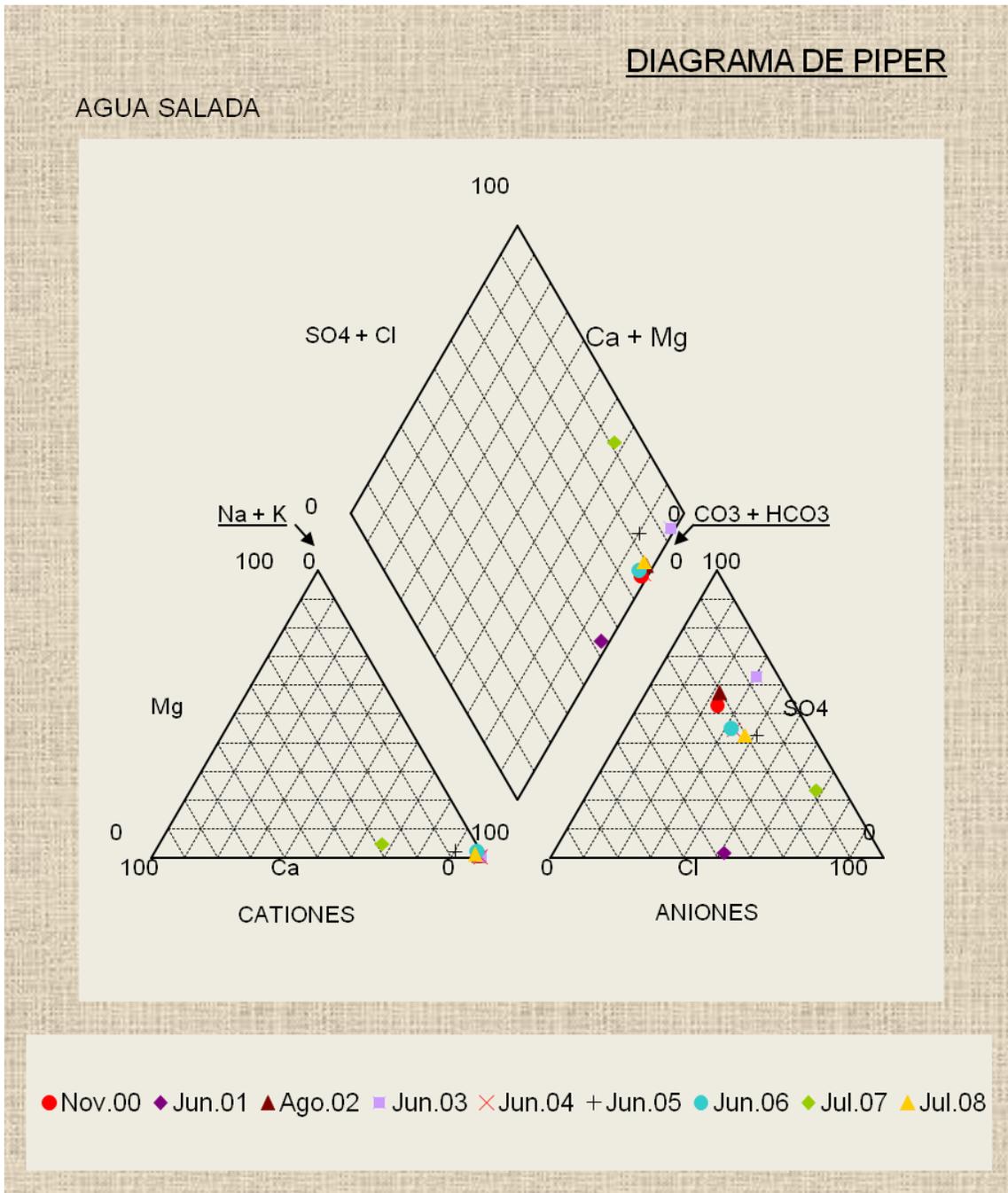


Figura 9.27 Diagrama de Piper de muestras de agua subterránea del yacimiento Agua Salada.

La conductividad eléctrica en el yacimiento Agua Salada se mantiene de forma uniforme hasta el año 2007 (Fig. 9.28), donde presenta un pico máximo de 5600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . El mínimo registrado es de 2746  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en el año 2000 (Tabla 9.9).

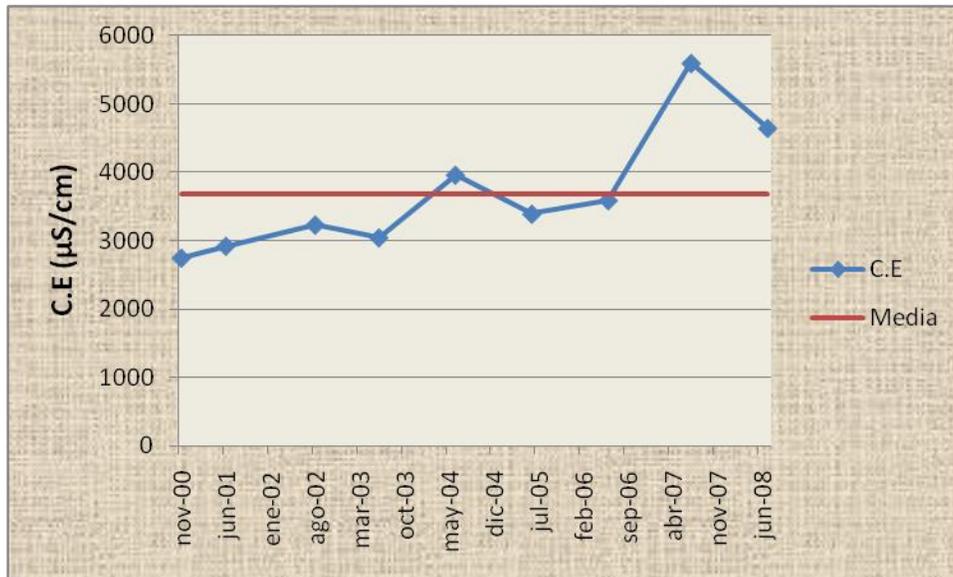


Figura 9.28 Diagrama de conductividad eléctrica (C.E) del agua subterránea del yacimiento Agua Salada.

Conductividad eléctrica	Promedio	Máximo	Mínimo
	3681 $\mu\text{S}/\text{cm}$	5600 $\mu\text{S}/\text{cm}$	2746 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Tabla 9.9 Rangos de conductividad eléctrica.

## 9.10 Estancia Vieja

El yacimiento Estancia Vieja se encuentra en el centro este del departamento General Roca. El acceso al mismo se realiza desde la ciudad de Neuquén por la Ruta Nacional N° 22 en sentido este, hasta llegar a la rotonda del cruce con la Ruta Provincial N° 6, próxima a la ciudad de General Roca.

Desde la rotonda se debe continuar por la Ruta Provincial N° 6, en dirección norte, 37 Km hasta el acceso a los Lotes de Explotación Puesto Flores y Estancia Vieja, señalizados con carteles a la vera de la ruta.

Por el camino principal (camino de tierra consolidado) a los 1,8 Km, se ingresa al área de explotación Puesto Flores. Transitando 24 Km se ingresa al yacimiento Estancia Vieja.

El área presenta 4 pozos de captación de agua de Grupo Neuquén (WW1, WW2, WW3A y WW4) (Fig. 9.29). Los mismos son utilizados para lavado de petróleo, sistema contra incendio, servicios auxiliares, alimentación de caldera de vapor, perforación y abastecimiento permanente de un bebedero de animales lugareños.

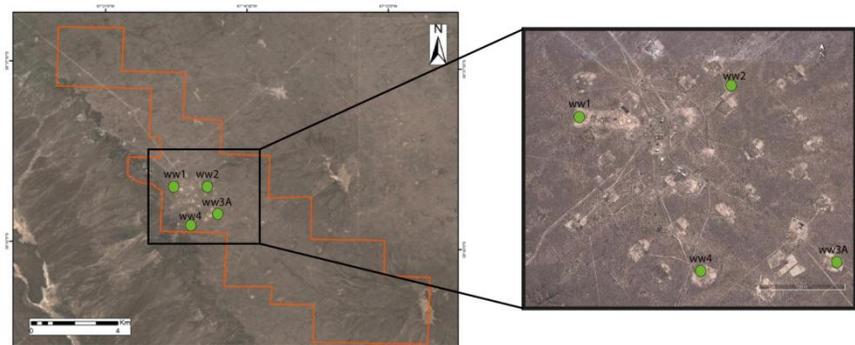
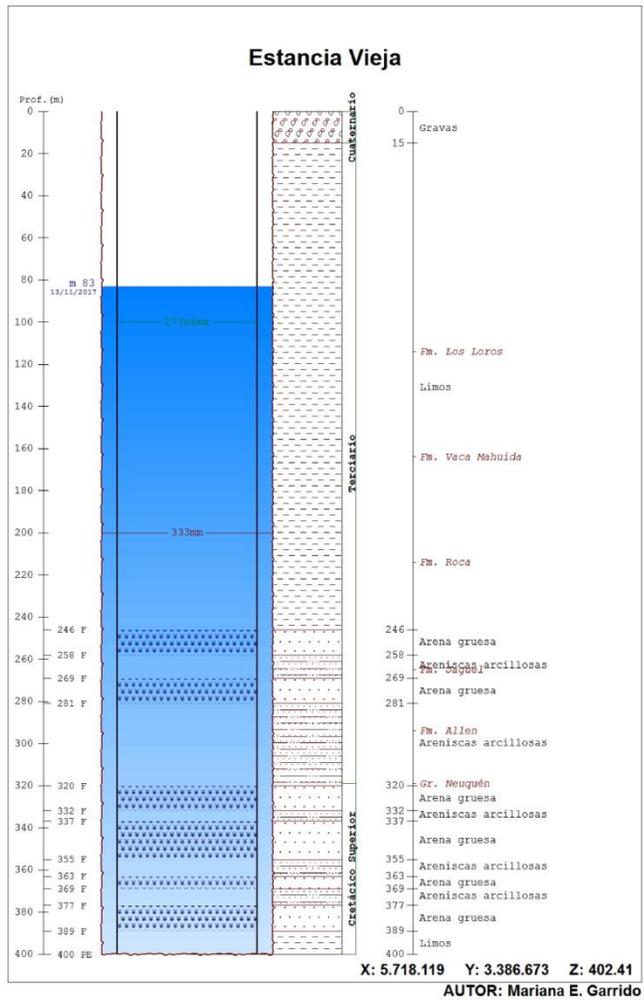


DIAGRAMA DE SCHOELLER-BERKALOFF

ESTANCIA VIEJA

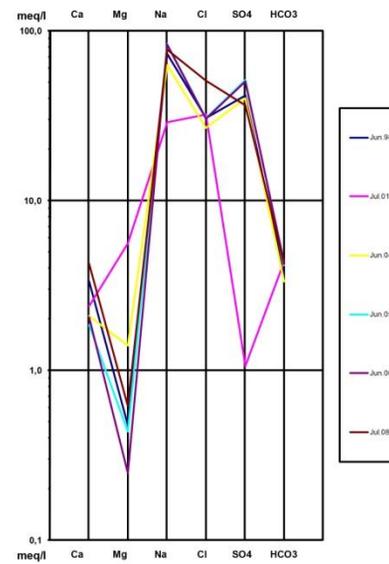


Figura 9.29 Croquis del pozo WW1, mapas de ubicación y diagrama de Schöeller.

El patrón químico del agua de captación observado en el diagrama de Piper se encuentra en el grupo de las cloruradas y/o sulfatadas sódicas (Fig. 9.30). Más específicamente se puede determinar un agua sulfatada sódica, de acuerdo a lo observado en el diagrama de Schöeller (Fig. 9.29).

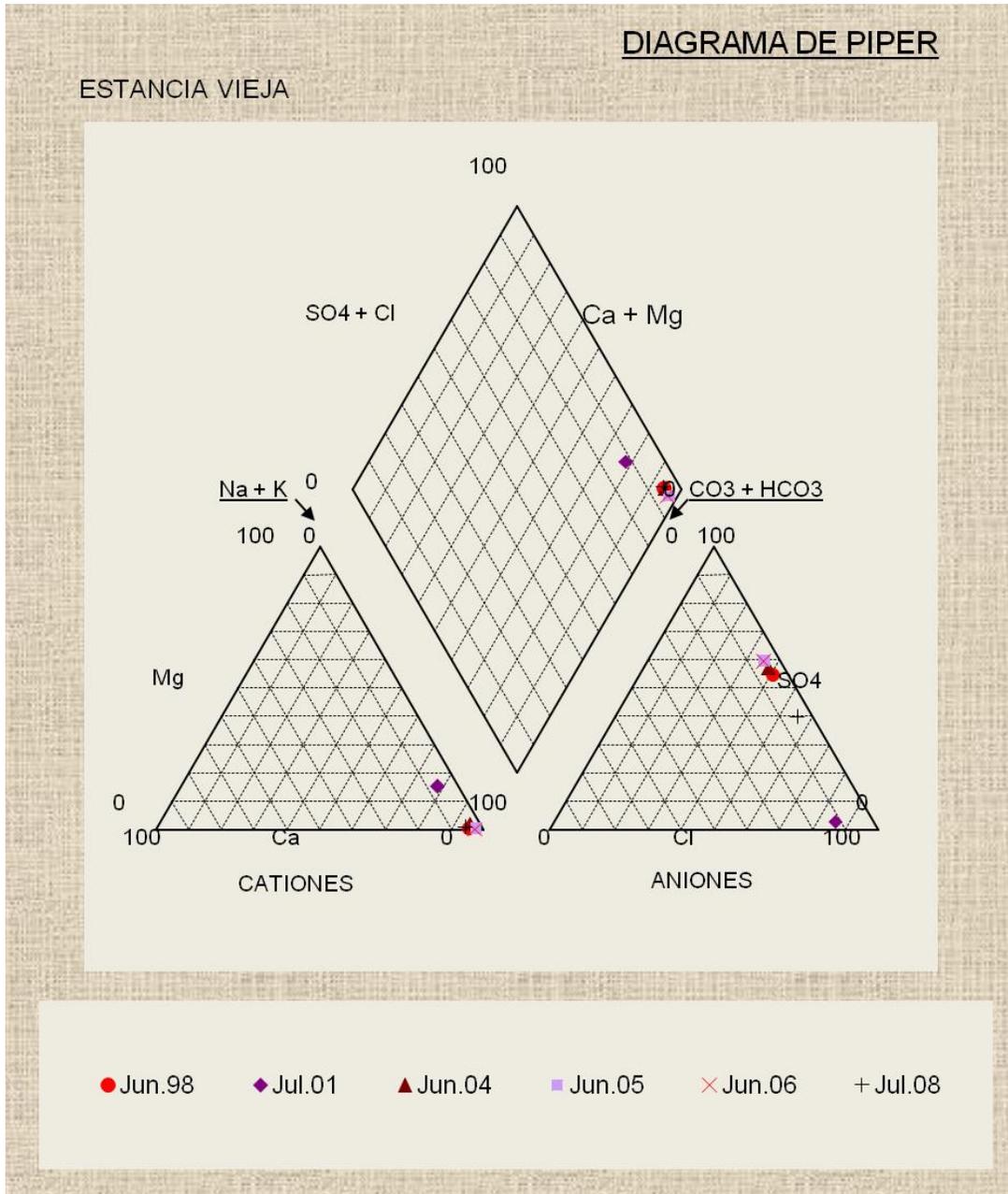


Figura 9.30 Diagrama de Piper de muestras de agua subterránea del área Estancia Vieja.

La conductividad eléctrica en el yacimiento Estancia Vieja presenta un valor máximo en el año 1998 de 7850  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y al siguiente año (1999) presenta el valor mínimo 4000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Tabla 9.10). En este yacimiento la conductividad eléctrica no mantiene un patrón homogéneo a lo largo de los años (Fig. 9.31).

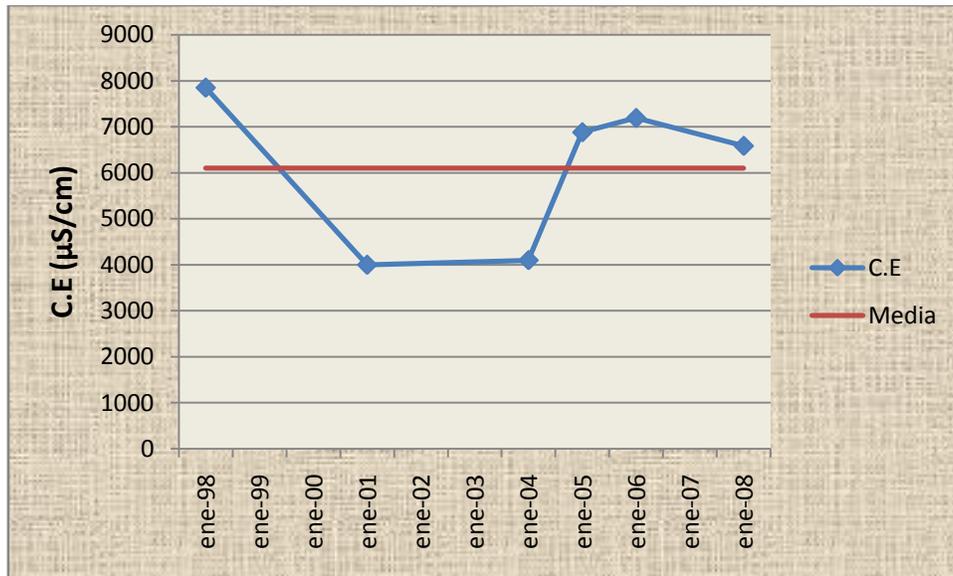


Figura 9.31 Diagrama de conductividad eléctrica (C.E) del agua subterránea del yacimiento Estancia Vieja.

Conductividad eléctrica	Promedio	Máximo	Mínimo
	6101 $\mu\text{S}/\text{cm}$	7850 $\mu\text{S}/\text{cm}$	4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Tabla 9.10 Rangos de conductividad eléctrica.

## **10. DISTRIBUCIÓN DE FACIES HIDROQUÍMICAS**

Los diagramas de Stiff nos permiten visualizar claramente diferentes tipos de agua (cada una con una configuración particular). Se pueden apreciar los valores de las relaciones iónicas con respecto a la unidad y la variación de las relaciones entre cationes y aniones de una muestra. La representación en un mapa nos permite visualizar rápidamente la variación espacial de las facies hidroquímicas del agua en el acuífero (Fig. 10.1).

Como se menciona anteriormente las muestras corresponden predominantemente a aguas de tipo cloruradas y/o sulfatadas sódicas, es decir, hidroquímicamente evolucionadas y típicas de áreas de descarga.

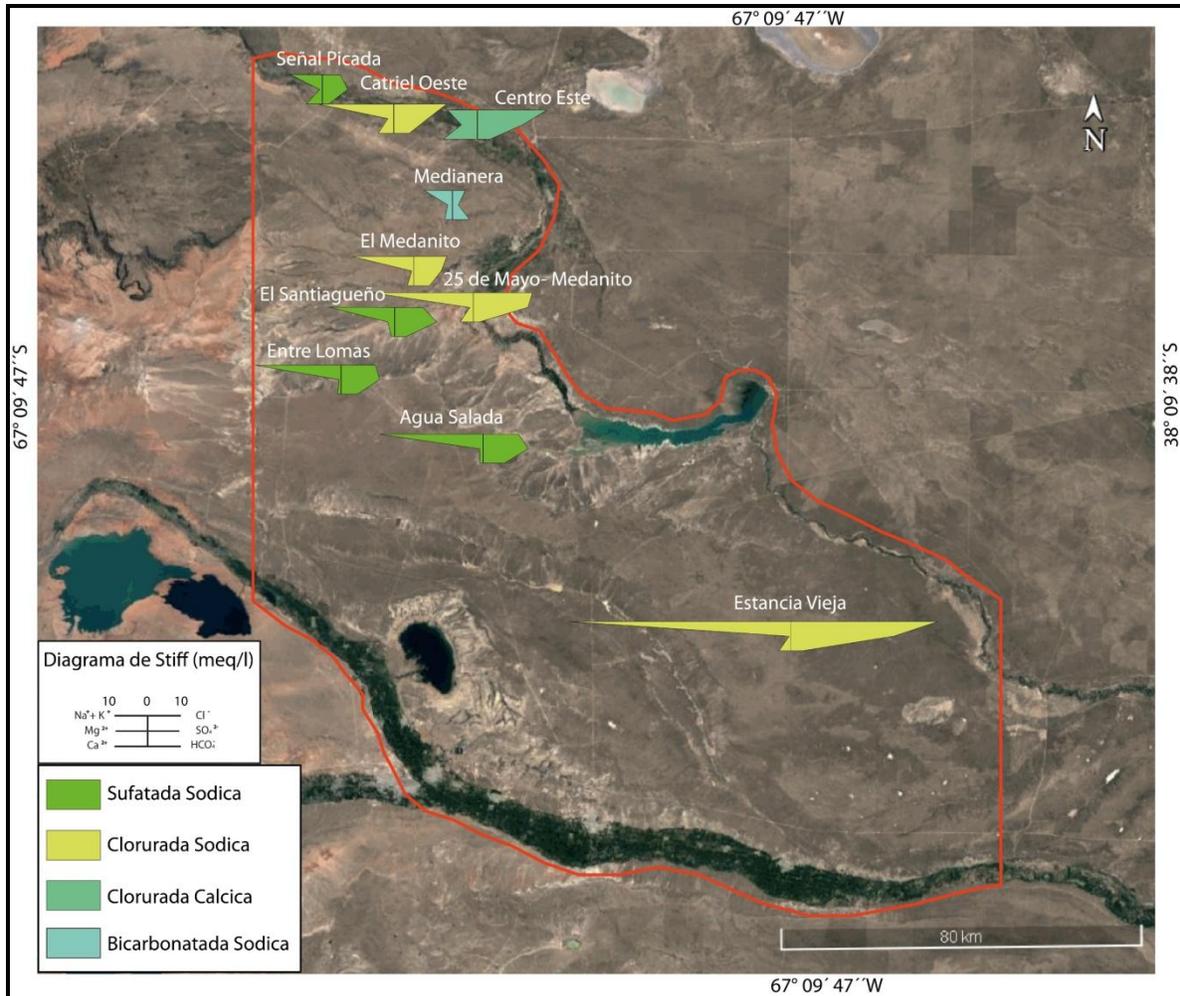


Figura 10.1 Distribución de diagramas de Stiff para el área de estudio.

En la figura 10.2 se representa la distribución de las distintas conductividades eléctricas del agua subterránea dentro del área de estudio. El mapa evidencia, que hacia el norte se encuentran las áreas con menor conductividad eléctrica (Señal Picada, Medianera) y cerca del área de Valles, las muestras con mayor conductividad eléctrica (Estancia Vieja).

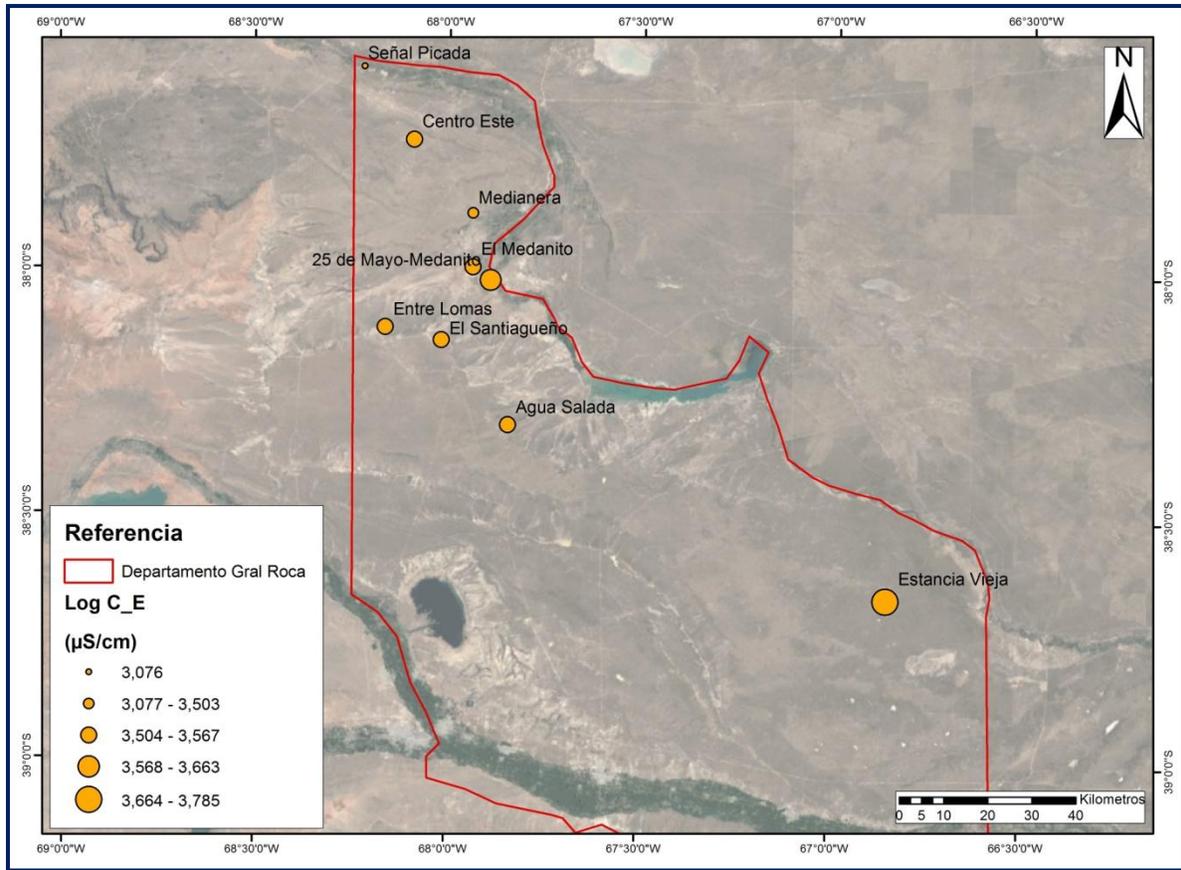


Figura 10.2 Mapa de conductividad eléctrica en las distintas áreas de estudio.

# 11. CALIDAD DEL AGUA

El uso que hoy se le da al agua explotada del acuífero confinado de Grupo Neuquén, tiene una utilidad principalmente industrial. No se descarta que en un futuro el acuífero pueda ser visto como recurso para otro tipo de abastecimiento.

Estos acuíferos son de gran importancia debido fundamentalmente a dos aspectos: por su extensión regional y por constituir la única reserva de agua dulce o salobre de la región (Olivares, 2015). Debido a esto es importante tener un control sobre el mismo.

La tabla 9.1 presenta datos de cada yacimiento comparados con parámetros físico-químicos para consumo humano establecidos en el Código Alimentario Argentino (CAA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS). En la tabla se puede observar que la mayoría de los yacimientos presenta valores por encima de los parámetros físico-químicos.

En la tabla 9.2 se presentan los promedios de los valores de metales pesados e hidrocarburos de cada yacimiento. Se puede observar que los valores no son significativos y en su mayoría no se encuentran presentes.

## Calidad para consumo humano.

	CAA	OMS	Señal Picada	Catriel Oeste	Centro Este	Medianera	El Medanito	25 de Mayo-N	El Santiagueñ	Entre Lomas	Agua Salada	Estancia Vieja
Residuo seco	1500	1000	1210.00	3608.00	3604.00	3226.00	2770.00	4800.00	2094.00	4170.00	4648.00	6584.00
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dureza	400	>100-<200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cloruro	350	300	210.08	650.26	860.34	380.15	430.17	712.28	350.14	448.18	480.19	1815.00
Sulfato	400	250	342.72	605.00	750.00	565.00	450.00	875.00	700.00	616.25	745.00	1750.00
Fluoruro	7-1.2(17.7°C)	1.5	0.09	0.50	0.20	0.40	0.11	0.11	0.34	0.03	0.13	0.50
Arsenico	0.05*	0.01 (P)**	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Nitratos	45	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*Figura 11.1 Tabla con los parámetros físico-químicos establecidos en el Código Alimentario Argentino (CAA) y por la organización Mundial de la Salud (OMS). Datos de las locaciones tomados de un año representativo. Las unidades están dadas en mg/l.*

## Metales pesados e hidrocarburos.

	Señal Picada	Catriel Oeste	Centro Este	Medianera	El Medanito	25 de Mayo-N	El Santiagueño	Entre Lomas	Agua Salada	Estancia Vieja
Arsenico (As)	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
Cadmio (Cd)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cobalto (Co)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cromo (Cr)	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Cobre (Cu)	0.02	0.03	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00
Mercurio (Hg)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Niquel (Ni)	0.01	0.02	0.03	0.01	0.03	0.16	0.05	0.02	0.10	0.00
Plomo (Pb)	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Estaño (Sn)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cinc (Zn)	0.07	0.04	0.29	0.41	0.37	0.06	0.06	0.08	0.17	0.02
Hidrocarburos	0.00	0.75	0.05	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	3.92

*Figura 11.2 Tabla con los valores promedio de metales pesados e hidrocarburos, en cada yacimiento de estudio.*

Las figuras 11.1, 11.2 y 11.3 fueron tomadas como las más representativas. En estos diagramas de clasificación de las aguas para riego se observa que tanto la alcalinización del suelo como la conductividad eléctrica son muy elevadas. Esto se debe en el caso de la alcalinización del suelo, a los valores elevados de sodio y el valor de la conductividad eléctrica es influenciado por la concentración y composición de las sales disueltas. Por lo observado se puede inferir que el agua no es apta para riego de plantas tradicionales, solo se puede utilizar en plantas halófitas y riego de calles.

## CLASIFICACION DE LAS AGUAS PARA RIEGO

### CENTRO ESTE

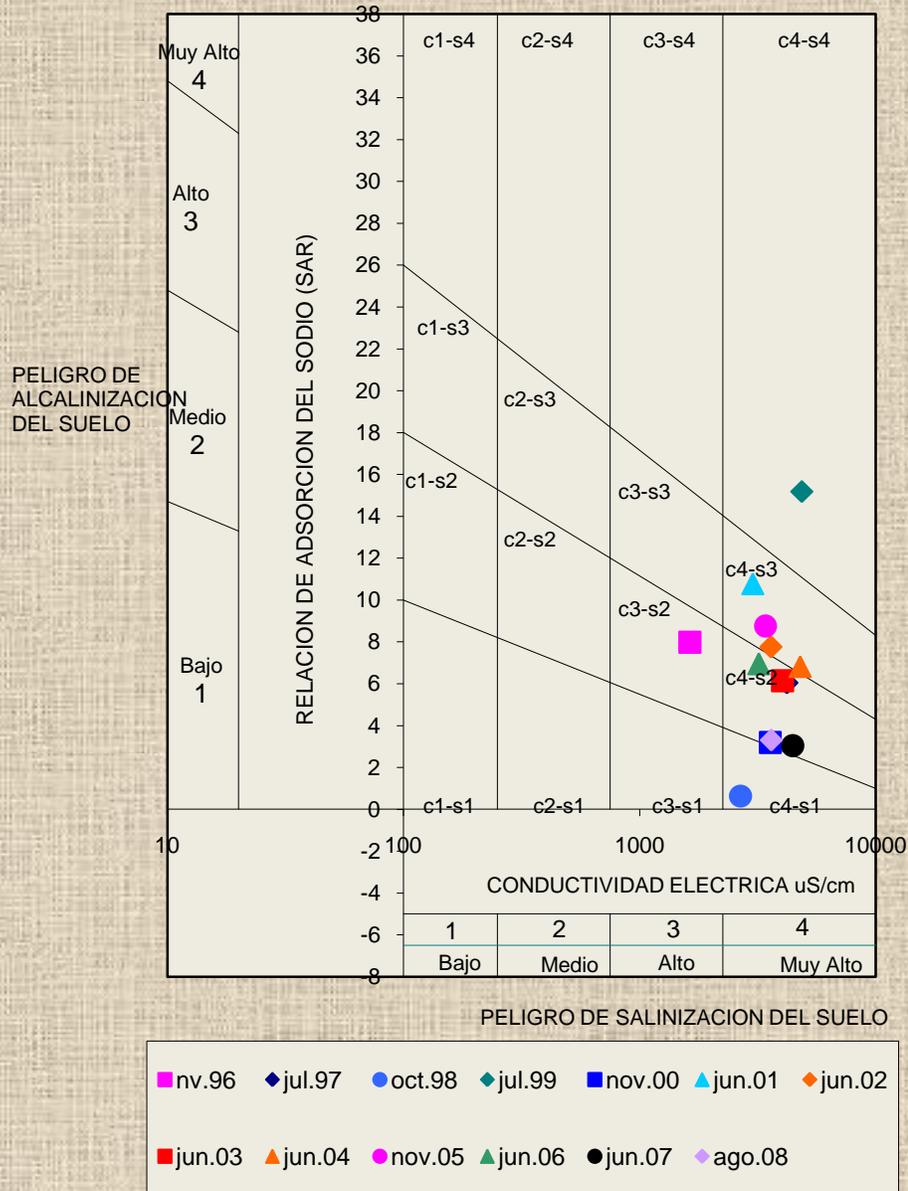


Figura 11.1 Diagrama de clasificación de las aguas para riego en el yacimiento Centro Este.

## CLASIFICACION DE LAS AGUAS PARA RIEGO

### EL MEDANITO

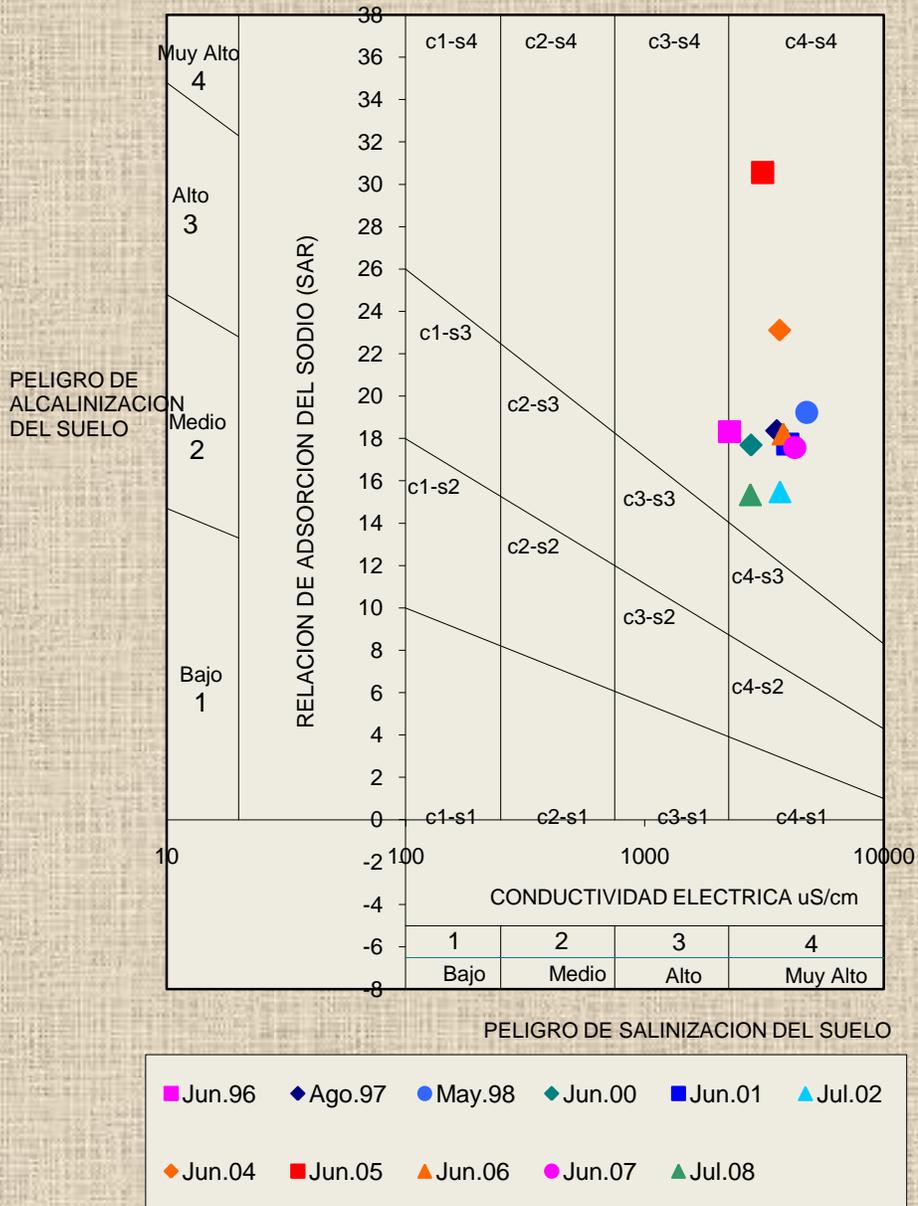


Figura 11.2 Diagrama de clasificación del agua para riego en el yacimiento El Medanito.

## CLASIFICACION DE LAS AGUAS PARA RIEGO

25 de Mayo-Medanito

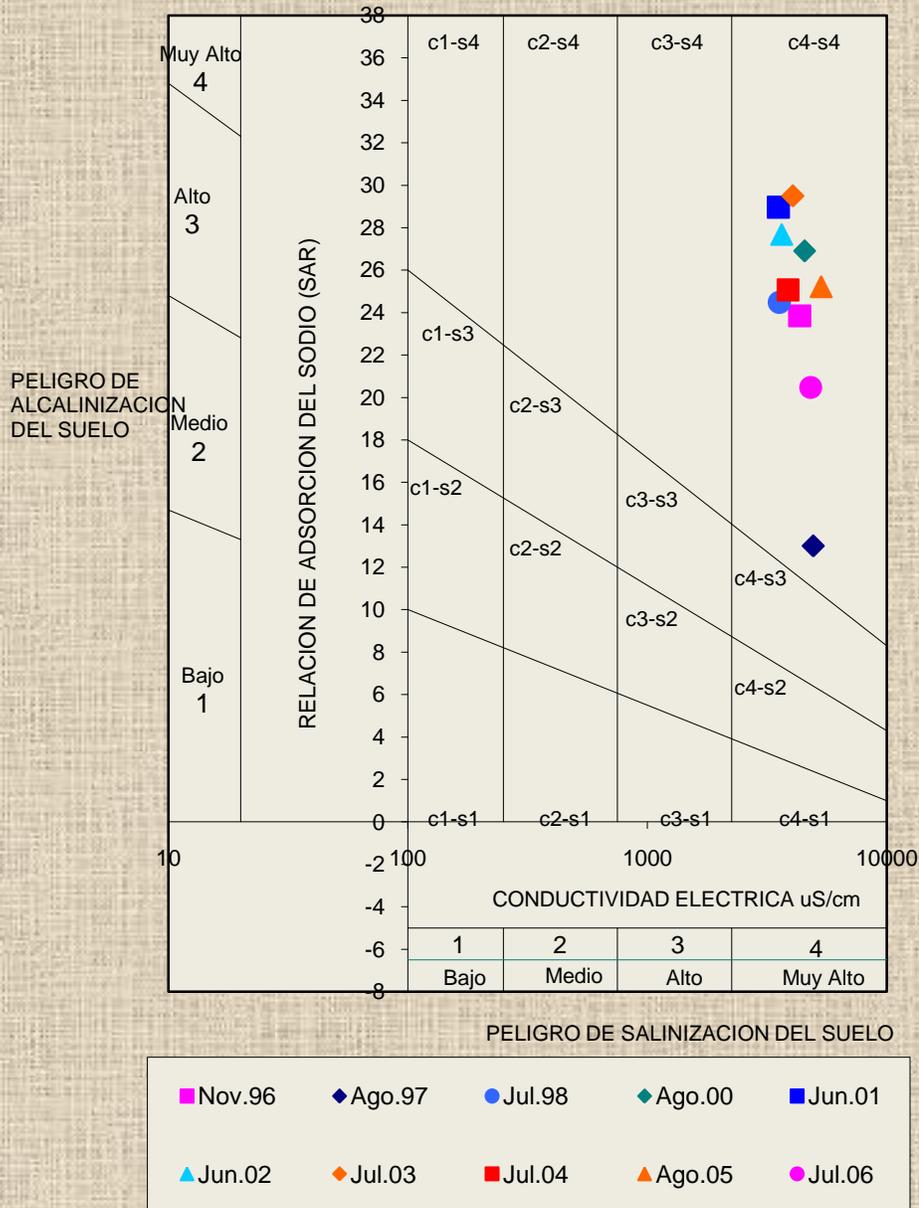


Figura 11.3 Diagrama de clasificación de las aguas para riego en el yacimiento 25 de Mayo-Medanito.

## 12. CONCLUSIONES

La interpretación de los datos químicos aportados por el Departamento Provincial de Aguas de la provincia de Río Negro, sumado a la caracterización litológica e hidrogeológica, permite concluir:

- a) Durante el periodo en el cual se desarrolló la investigación, las aguas se clasifican como cloruradas y/o sulfatadas sódicas. Con los diagramas de Schöeller se puede especificar la configuración hidroquímica que presenta cada yacimiento, donde tienden a predominar aguas sulfatadas sódicas. En los casos en donde se observa una composición más clorurada, se puede deber al mayor grado de evolución hidroquímica y/o a un aporte de agua de formación o de pozos abandonados cerca del lugar de muestreo.
- b) La conductividad eléctrica nos muestra una diferenciación entre las locaciones que se encuentran más hacia el norte del Departamento General Roca (área de Catriel) que las que se encuentran en el Alto Valle. Hacia el norte la conductividad eléctrica presenta, en promedio, valores entre 3000-4000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Pocos casos, supera los 4000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Por el contrario, en la locación más cercana al Alto Valle la conductividad eléctrica se encuentra en promedio en los 6000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Esta diferencia podría atribuirse a la salinización del agua durante la circulación, aunque para confirmarlo se debería contar con mayor información hidrodinámica.
- c) Con los croquis realizados y los datos litológicos se observa que la unidad hidrogeológica de Grupo Neuquén presenta una porosidad media y permeabilidad baja. Los espesores explotados son más potentes en el sector central, en los yacimientos Entre Lomas y Agua Salada.

d) No se observaron niveles significativos de hidrocarburos y metales pesados en las muestras analizadas. Estos acuíferos son casi exclusivamente explotados por la actividad petrolera. El agua captada es utilizada para: recuperación secundaria, remoción de sales en el tratamiento del petróleo y riego. Para este último se analizó el agua y se observa que tiene un contenido de salinidad y sodio muy elevado. Si bien la salinidad es un fenómeno indeseable ya que afecta el crecimiento de las plantas de varias maneras, el agua en estos yacimientos es utilizada para riego de calles y en algunos casos plantas halófitas.

e) Los parámetros utilizados para evaluar la calidad de agua para consumo humano, exceden los límites establecidos. Con estos resultados se entiende que si se desea utilizar el agua para consumo humano debe ser previo tratamiento del agua con los avances tecnológicos pertinentes.

f) Con los datos trabajados se lograron los objetivos planteados, pero aún la información es insuficiente como para lograr evaluar la hidrogeología del Grupo Neuquén con mayor certeza y precisiones que las hasta aquí enunciadas.

Por lo expuesto se considera necesario continuar y avanzar en el conocimiento de estos niveles acuíferos.

Con metodologías más avanzadas y estudios específicos sería importante poder definir su dinámica hidrogeológica para una correcta explotación.

También es importante seguir con los programas de monitoreo para su protección y conservación.

### 13. BIBLIOGRAFÍA

- Código Alimentario Argentino  
[http://www.cdaguas.com.ar/pdf/aguas/24\\_Normas\\_oficiales.pdf](http://www.cdaguas.com.ar/pdf/aguas/24_Normas_oficiales.pdf)
- FAO. 2015. Documento de Trabajo N° 1. Características económicas, sociales e institucionales de la provincia de Río Negro.
- FAO. 2015. Documento de Trabajo N° 2. Disponibilidad de Recursos y condiciones Agroclimáticas de la Provincia de Río Negro.
- FAO. 2015. Documento de Trabajo N° 8 Infraestructura de Riego en la Provincia de Río Negro.
- Gonzales Díaz E. y Malagnino E. 1984. Geomorfología. . Relatorio del IX Congreso Geológico Argentino, capítulo I-13. 347-364 p. San Carlos de Bariloche.
- Garrido A. 2011. El Grupo Neuquén (Cretácico Tardío) en la Cuenca Neuquina. XVIII Congreso Geológico Argentino, 231-244, Neuquén.
- Godagnone, R., Bran Donaldo, E. 2009. Inventario integrado de los recursos naturales de la Provincia de Río Negro: Geología, Hidrogeología, Geomorfología, Suelos, Clima, Vegetación y Fauna. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Provincia de Río Negro.
- Hernández, V. 2010. Agua y Petróleo: cuando las cuencas se juntan. Cuenca del río Colorado – Cuenca Hidrocarburífera Neuquina en la zona Norte de la provincia de Río Negro (Informe Interno del Departamento Provincial de Aguas).
- [http://cfi.org.ar/wp-content/uploads/1999/07/rio\\_negro\\_sintesis.pdf](http://cfi.org.ar/wp-content/uploads/1999/07/rio_negro_sintesis.pdf)
- <http://www.aguaysig.com/2011/01/los-diagramas-mas-usados-para-la.html>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010.

[https://www.indec.gov.ar/censos\\_Provinciales.asp?id\\_tema\\_1=2&id\\_tema\\_2=41&id\\_tema\\_3=135&p=62&d=999&t=0&s=0&c=2010](https://www.indec.gov.ar/censos_Provinciales.asp?id_tema_1=2&id_tema_2=41&id_tema_3=135&p=62&d=999&t=0&s=0&c=2010)

- Montagna, A., Marteau, M., Buhler, M. 2012. De la roca al registro eléctrico de pozos. Escuela Petrofísica de Campo. Programa y guía teórica. Neuquén.
- Olivares, G., 2015. Recopilación de antecedentes del acuífero del Grupo Neuquén, sector oriental de la cuenca Neuquina (provincia de Río Negro) (Informe interno del Departamento Provincial de Aguas).
- Organización Mundial de la Salud  
[http://www.sunass.gob.pe/doc/normas%20legales/legisla%20web\(cambio\)/normas/calidad%20de%20agua/Oficio%20677.pdf](http://www.sunass.gob.pe/doc/normas%20legales/legisla%20web(cambio)/normas/calidad%20de%20agua/Oficio%20677.pdf)
- Ponce, J., Montagna, A., Carmona, N. 2015. Geología de la Cuenca Neuquina y sus sistemas petroleros: Una mirada integradora desde los afloramientos al subsuelo. Estratigrafía de la Cuenca Neuquina: 8-21 p. Editado por Fundación YPF. Buenos Aires.
- Ramos, V.A., 1999. Las provincias geológicas del territorio argentino. Caminos, R. (Ed.), Geología Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Buenos Aires.
- Ramos, V. Mosquera, A. Folguera, A. Morabito, E. 2011. Evolución Tectónica de los Andes y del Engolfamiento Neuquino adyacente. XVIII Congreso Geológico Argentino, 231-244, Neuquén.
- Rodríguez, M. Leanza, H. Salvarredy Aranguren, M. 2007. Hoja Geológica 3969-II, Neuquén. Provincias del Neuquén, Río Negro y La Pampa. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín N° 370. Buenos Aires
- Román, A. y Sisul, A. 1984. Recursos Hídricos Subterráneos. Relatorio del IX Congreso Geológico Argentino, capítulo III- 565-582 p. San Carlos de Bariloche.

