FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

TESINA PRESENTADA PARA OBTENER
EL GRADO ACADÉMICO DE
INGENIERO EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE

“Caracterización Hidrogeológica del Valle Argentino,
Sector General Acha – El Carancho.”

José María Galea
SANTA ROSA (LA PAMPA)
ARGENTINA

2017

PREFACIO

Esta Tesina es presentada como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Ingeniero en Recursos Naturales y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de La Pampa y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad ni en otra Institución Académica. Se llevó a cabo durante el período comprendido entre Agosto del 2016 y Abril del 2017, bajo la dirección del Dr. Carlos J. Schulz.

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _	_ _ _ _ _ _ _ _ _ _
Fecha	Firma

DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

Agradecimientos

Cuando llega el momento de agradecer vienen a mi memoria todas aquellas personas e instituciones que colaboraron en mi formación para llevar a cabo este trabajo.

En primer lugar quiero agradecer a mi director Dr. Carlos Schulz y codirector Dr. Rodolfo García por haber aceptado dirigirme, por su compromiso y apoyo científico, por su calidad humana y paciencia. Su confianza ha sido clave en mi crecimiento durante el desarrollo del presente trabajo.

A la Universidad Nacional de La Pampa, en especial a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales que por medio de sus autoridades me facilitaron los medios académicos y financieros para la realización de esta Tesina.

Al jurado, Dr. Eduardo Mariño y Lic. Carlos Camiletti por sus aportes y correcciones.

Lic. Jorge Tullio por sus valiosos aportes para mejorar este trabajo y brindarme información y sus conocimientos personales.

Al personal del Laboratorio de Aguas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, especialmente al Lic. German Morazzo.

A la Administración Provincial del Agua, en particular a Raúl Rossi y la Lic. Carina Arroyo.

A Lic. Gabriela Dalmaso por las charlas compartidas y los consejos dados.

Lic. Daniel Cardin por ayudarme en la realización de algunas figuras del presente trabajo.

A todo el equipo de docentes y no docentes de la Universidad Nacional de La Pampa.

A mis amigos de la vida Juanpy, Cappe, Fede, Meli.

A todos los ciudadanos Argentinos que con sus impuestos me permitieron formarme

Y por último a las personas que siempre me acompañan: mis padres: Hugo y Susana por estar siempre presentes. Mis tres hermanos María Verónica Galea, Martin Horacio y María José. Clarisa Dietrich por el apoyo incondicional. A todos mis sobrinos: Yami, Maca, Joaco, Cata, Tomy, Coni, José, Lola, Salva y Pepo. A mi cuñada Lourdes y cuñados Claudio y German.

Índice de contenido

1. **Resumen** ……. **7**

2. **Introducción** ……... **9**

3. **Objetivo** ……... **10**

3.1. Objetivo Específico……... **10**

4. **Antecedentes** ……. **11**

4.1. Geología y Geomorfología …….. **11**

4.2. Hidrogeología …… **12**

4.3. Estudios Geofísicos …….. **13**

5. **Área de Estudio** ……. **15**

5.1. Información General ……. **15**

5.2. Información Climatológica ……... **16**

5.2.1. Precipitaciones …….. **16**

5.2.2. Temperatura …….. **18**

5.2.3. Evapotranspiración ……... **18**

5.2.4. Vientos …… **20**

5.3. Geología y Geomorfología …….. **22**

5.4. Estratigrafía …… **24**

5.5. Hidrogeología …… **28**

5.6. Edafología …….. **30**

5.7. Vegetación ……. **31**

6. **Metodología** …… **34**

6.1. Recopilación bibliográfica …… **34**

6.2. Trabajo de campo ……. **34**

6.3. Análisis de laboratorio …….. **35**

6.4. Procesamiento de datos …….. **35**

7. **Resultados** ……. **36**

7.1. Topografía……..…….. **36**

7.2. Piezometría …… **37**

7.3. Perforaciones ……... **41**

7.3.1. Perforaciones El Carancho …… **41**

7.3.2. Perforaciones General Acha ……. **41**

7.4. Clasificación Hidroquímica……. **42**

7.5. Calidad del agua subterránea…… **45**

7.5.1. Calidad del agua para consumo humano …… **45**

7.5.2. Calidad del agua para consumo ganadero ……. **47**

7.5.3. Calidad del agua para riego …….. **48**

8. Discusión y Conclusiones …….. **50**

9. Referencias Bibliográficas ……... **52**

10. Anexo I ……..... **58**

11. Anexo II ……..... **61**

1. Resumen

El objetivo del presente trabajo fue la caracterización geológica e hidroquímica de la formación acuífera en un sector del Valle Argentino comprendido entre la localidad de General Acha y el paraje El Carancho. El Valle Argentino es una unidad geomorfológica que se extiende en la Provincia de La Pampa, desde Chacharramendi hasta la provincia de Buenos Aires, alcanzando una longitud de aproximadamente 250 km en sentido Este-Oeste. Esta geoforma está conformada por un valle disectado en una planicie regional formada por sedimentos terciarios depositados sobre un basamento cristalino aflorante, fundamentalmente en el extremo Oeste. La región central del valle es ocupada por una capa de arena de espesor variable de hasta 24 metros, con existencia de dos depresiones marginales con cierta continuidad y salitrales intercalados. La pendiente general es Oeste-Este y registra al menos tres importantes variaciones en su inclinación. Las mismas, están relacionadas con fracturas del basamento subyacente, de forma tal que el espesor del relleno sedimentario varía comitentemente desde el Oeste al Este. Registra una potencia de 0 a menos de 10 metros en la primera sección, aproximadamente entre 10 y 20 metros en la segunda y en la tercera sección supera los 30 metros, y alcanza los 170 metros en General Acha. La franja arenosa central es el área de recarga más importante y está caracterizada por agua de muy baja salinidad, apta para consumo humano, condición que contrasta con lo que ocurre en las depresiones marginales y en la planicie, como se observa en perforaciones realizadas en General Acha para otros usos. En El Carancho ocurre algo similar ya que se encuentra agua no potable en las zonas de basamento desprovistas de la cobertura arenosa.

Abstract:

The purpose of the present study was the geological and hydrochemical characterization of the aquifer formation in a sector of the Valle Argentino, which lies between the locality of General Acha and the place El Carancho.The Valle Argentino is a geomorphological unit that extends in the Province of La Pampa, from Chacharramendi to the province of Buenos Aires, reaching a length of approximately 250 km in the East-West direction. This geoform is conformed by a valley elaborated in a regional plain of tertiary terrains deposited over a crystalline basement, outcropping fundamentally in the West end. The central region of the valley is occupied by a layer of sand of varying thickness of up to 24 meters, with the existence of two marginal depressions with certain continuity and interspersed saline water bodies. The general slope is deeping from West-East, at least three significant variations in thinnkness. They are related to fractures of the underlying basement, and thus, the thickness of the filling varies commensurately from the West to the East. It registers from 0 to less than 10 meters in the first section, approximately between 10 and 20 meters in the second,and in the third section, it exceeds 30 meters and reaches 170 meters in General Acha. The central sandy strip is the most important recharge area. It acts as a recharge zone characterized by water of very low salinity, suitable for human consumption. Such circumstance varies as it sits on the plain like it can be observed in the perforations made for general services of General Acha, different from human consumption. In El Carancho, something similar happens since we find poor quality water in the basement areas devoided of sandy coverage.

2. Introducción

El agua es un recurso natural renovable esencial para el desarrollo tanto de la vida animal como la vegetal. Este recurso natural insustituible forma parte de los bienes materiales escasos, fundamentales para el desarrollo socioeconómico, así como para preservar la salud de los ecosistemas (Schulz, 1999).

La provincia de La Pampa tiene escasos recursos hídricos superficiales, es por ello que toman gran importancia los recursos hídricos subterráneos que se convierten prácticamente en la única fuente de abastecimiento humano. A partir del año 2005, especialmente el Este y el Sureste de la Provincia y la ciudad capital, dicho abastecimiento es complementado por el acueducto del río Colorado. En el centro y centro este de la provincia se hallan las áreas que presentan mayores posibilidades de explotación, coincidentemente con la ubicación de ambientes medanosos. En ellas encontramos los principales reservorios de agua ya que las características de estos sedimentos permeables facilitan la infiltración del agua de lluvia, lo que se conoce como recarga de los acuíferos, y su posterior acumulación (Mariño y Schulz, 2008).

La calidad del agua subterránea está mayormente regulada por la composición de las formaciones geológicas por las que ha transitado y transita, en las cuales se aloja, además de la recarga y el funcionamiento hidráulico. Por lo referido anteriormente, es importante aclarar que, este recurso puede adquirir elevados valores de sales totales o de elementos como el flúor o arsénico limitantes para el consumo especialmente humano. (Custodio, 1976).

Los sistemas urbanos y rurales deben disponer de suficiente volumen y calidad de agua para subvenir sus necesidades y así contribuir al desarrollo socioeconómico. Para ellos es de vital importancia contar con una planificación y gestión adecuada de los recursos hídricos que prolongue su existencia temporal, dado que puede convertirse en una limitante para el desarrollo (Schulz, 1999).

La región centro oeste del Valle Argentino reúne un conjunto de particularidades geomorfológicas, geoquímicas, hidrológicas y ecológicas únicas

en el contexto de toda la región (Schulz, 2004). La misma se destaca por la calidad del recurso hídrico pero su potencial se conoce solo parcialmente.

El uso indiscriminado de este recurso, ya sea para abastecimiento de los distintos puestos de la región, fundamentalmente para uso ganadero, o la implementación de regadíos, podría conllevar algunos efectos no deseados, como ser descensos de los niveles freáticos, su salinización o problemas de contaminación ya manifestados en otras regiones del territorio provincial. Se debe considerar que la importancia y magnitud de estos efectos depende no solo de las actividades antrópicas sino también de las características geológicas e hidrológicas de la zona. Por este motivo resulta evidente la necesidad de abordar, de manera sistemática y profunda, el estudio regional de la dinámica del flujo subterráneo y de la calidad química de sus aguas.

3. Objetivo del Trabajo

El objetivo general del presente trabajo fue la caracterización geológica e hidroquímica de la formación acuífera comprendida entre General Acha y el Carancho, ubicado en el centro oeste del departamento de Utracán provincia de La Pampa.

3.1 Objetivos específicos:

- Caracterizar la red de flujo del área de estudio;
- Determinar los tipos de agua existentes;
- Conocer la aptitud para consumo humano, ganadero y para riego.

4. Antecedentes:

Diversos autores han realizado aportes en relación a los aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos e hidroquímicos de la zona de estudio. A continuación se citan los trabajos que por sus características se juzgan más relevantes.

4.1. Geología y Geomorfología:

Las primeras descripciones geológicas de la Provincia de La Pampa, de carácter general, fueron realizadas Doering en el año 1882. Otros autores realizaron descripciones parciales hasta que en 1975, Lambias lleva acabo el estudio sistemático geológico de la Provincia de La Pampa. En 1980 Linares *et al.*, amplían el trabajo realizado anteriormente al cual publican como "La Geología de la Provincia de La Pampa y la geocronología de sus rocas metamórficas y eruptivas". Tullio en 1981 realiza un informe sobre el cuaternario en la Provincia de La Pampa haciendo referencia al origen del valle Argentino, a las unidades geológicas presentes y características de los acuíferos.
En 1996 Calmels realiza el Bosquejo geomorfológico de la Provincia de La Pampa. Describe la misma según ocho grandes unidades geomorfológicas, una de ellas denominada el sistema de los valles transversales, que toma el centro y centro este de la provincia donde se ubica el área de estudio de Elorriaga *et al*. (2006) analizaron los perfiles topográficos en el "Sistema Valle Argentino – Gral. Acha y Utracán". Estos autores en el mismo año caracterizaron el sistema de los Valles de Utracán y General Acha y un año después realizaron aportes de la tectónica del sistema a partir de datos recolectados en el campo junto a imágenes satelitales y análisis morfológicos.

4.2. Hidrogeología

Cordini en el año 1948 llevó a cabo un estudio detallado de los cuerpos salinos de la fosa de Utracán-Acha. Este investigador vincula los valles a las

fracturas y a su vez menciona que la fosa alargada (Valle Argentino) ha sido fracturada en escalones por fallas transversales. En otro escrito (1967) sostiene que todas las salinas y sulfateras de la Provincia están ubicadas en accidentes tectónicos que modelaron sus cuencas e hicieron posible el ascenso de las aguas portadoras de sales.

Bojanich (1964) realizó, a pedido del Consejo Federal de Inversiones (C.F.I), una evaluación del recurso hídrico en el área que media entre Padre Buodo y 10 km al oeste de General Acha con fines de riego.

Salso (1965) informa acerca de una perforación de exploración de General Acha. Larrechea, en el mismo año informa sobre las aptitudes para el riego de dos muestras de agua procedentes de General Acha. Salso en el año 1969 hace referencia a las condiciones geológicas, morfológicas y climatológicas del Valle Argentino destinadas al establecimiento del origen de las aguas superficiales y subterráneas. Concluye que el único recurso hídrico es el agua subterránea, cuya salinidad aumenta con la profundidad. Durante 1971 realiza un levantamiento parcial geológico e hidrogeológico de la Hoja N° 32 de General Acha (IGM) en el que sostiene que la búsqueda de agua subterránea debe efectuarse en profundidad. En 1972 resume sus estudios regionales a través de la publicación en Mundo Geológico de los Rasgos hidrogeológicos de la provincia de La Pampa. En dicha publicación hace hincapié sobre el balance hídrico negativo y el descenso anual de la superficie piezométrica suponiendo un origen alóctono para las aguas subterráneas de gran parte de la provincia. Giai (1972) realizó un estudio hidrogeológico con el fin de obtener fuentes de aprovisionamiento de agua subterránea, para la utilización en la pavimentación de la ruta provincial N° 21 entre El Carancho y Chacharramendi.

La Hoja “Caranchos” fue relevada por Terraza y Bazán en 1982, quienes concluyeron que en la parte norte de la misma el agua es apta para consumo ganadero, no así en la zona sur. También mencionan que los caudales a extraer son en general pobres y que la piezometría refleja claramente las áreas de recarga, conducción y descarga. Cavalié (1985) ejecutó el Estudio Hidrogeológico de la Hoja General Acha.

Schulz y colaboradores realizaron en 1997 un estudio de planificación y gestión de los recursos hídricos del Valle Argentino. Por el mismo proponen realizar un modelo conceptual y una modelación matemática del acuífero, como así también elaborar un modelo de gestión. Schulz *et al*., 1999, realizan una evaluación preliminar de la calidad del agua subterránea de dicho Valle. En el año 2004 el mismo autor elabora un modelo conceptual del sistema compuesto por el suelo, las zonas no saturada y saturada, basado en la recopilación de datos existentes, nuevos datos y su interpretación. Posteriormente basado en investigaciones anteriores, formula una propuesta de gestión de los recursos hídricos que tenga en cuenta las demandas, las disponibilidades de agua y la factibilidad económica en la porción central del valle. Tullio en 1987 realizó una serie de perfiles, un mapa geológico preliminar y cartas piezométrica y de salinidad del Valle Argentino.

Con los datos geológicos e hidrogeológicos preexistentes el equipo de trabajo de la Universidad de Ben Gurion elaboró un informe sobre las posibilidades de realizar riego y otros usos de la región comprendida entre Padre Buodo y Chacharramendi. Este Estudio de Planificación Regional Integral del Valle Argentino fue realizado durante los año 1997/98.

4.3 Estudios Geofísicos:

En 1978, Herrero Ducloux elaboró el Informe de prospección geofísica en la región comprendida entre el paralelo 36º y 37º 20’ de latitud sur y los meridianos 64º y 66º oeste de Greenwich. En dicho trabajo definió un fallamiento general en tres direcciones, noroeste, norte-sur y noreste que da origen a una estructura de bloques donde posteriormente, por encima de ésta, se depositan los limos del Mioceno (Formación Cerro Azul). Hacia el oeste estos limos se adelgazan aflorando el basamento en el Carancho.

Ruiz y Schulz en el año 1980 llevaron a cabo 20 sondeos eléctricos verticales en un tramo de aproximadamente 40 km sobre la vera de la Ruta Nacional Nº 152, que recorre la parte sur del Valle Argentino, al pie del cordón

medanoso. De Elorriaga (1998) reinterpretó la información generada por los autores antes citados y concluyó que el basamento cristalino se profundiza hacia el Este, con un relleno sedimentario homogéneo. Señala la ubicación de 3 fallas, transversales al valle, que son de gran importancia para su caracterización hidrogeológica, las mismas se ubican unos kilómetros al este de El Carancho. Al profundizar el basamento, se incrementa el reservorio subterráneo, hacia el Este.

En el año 2006, Castro y Miglianelli realizaron para la Comisión Provincial de Aprovechamiento Hídrico (CO.P.A.Hi) 14 sondeos geoléctricos verticales (SEV) ubicados en el área circundantes al paraje El Carancho. Esta prospección tuvo como objetivo evaluar la calidad y las reservas de agua subterráneas con miras de abastecer el Consorcio del Acueducto Ganadero El Carancho; formado por productores del suroeste que rodean el paraje homónimo, área que por sus características geológicas e hidrogeológicas, en general carece de posibilidades de captar aguas subterránea. Castro realizó un estudio geoléctrico en el área circundante al Este de General Acha, como así también sobre la ruta 11.

En el año 2014 el Establecimiento Los dos Hermanos situado en la región occidental del Valle Argentino, pidió un Estudio Hidrogeológico con el fin de dotar de agua al mismo para lo cual se efectuaron 8 SEV en lotes del sector comprendido al norte de la Ruta Nacional 152, más precisamente en el sector medanoso.

5. Área de Estudio:

Se localiza en el centro-oeste de la provincia de La Pampa, en el departamento de Utracán. Tiene una longitud aproximada de 50 km en sentido E-O y 6 km en sentido N-S. Las hojas IGM escala 1:50.000 corresponden a “General Acha”, mientras tanto la hoja el “Carancho” ha sido relevada a escala 1:100.000. El área de estudio es atravesada por la Ruta Nacional N° 152, y el límite Este es la ciudad de General Acha (Fig. 1).

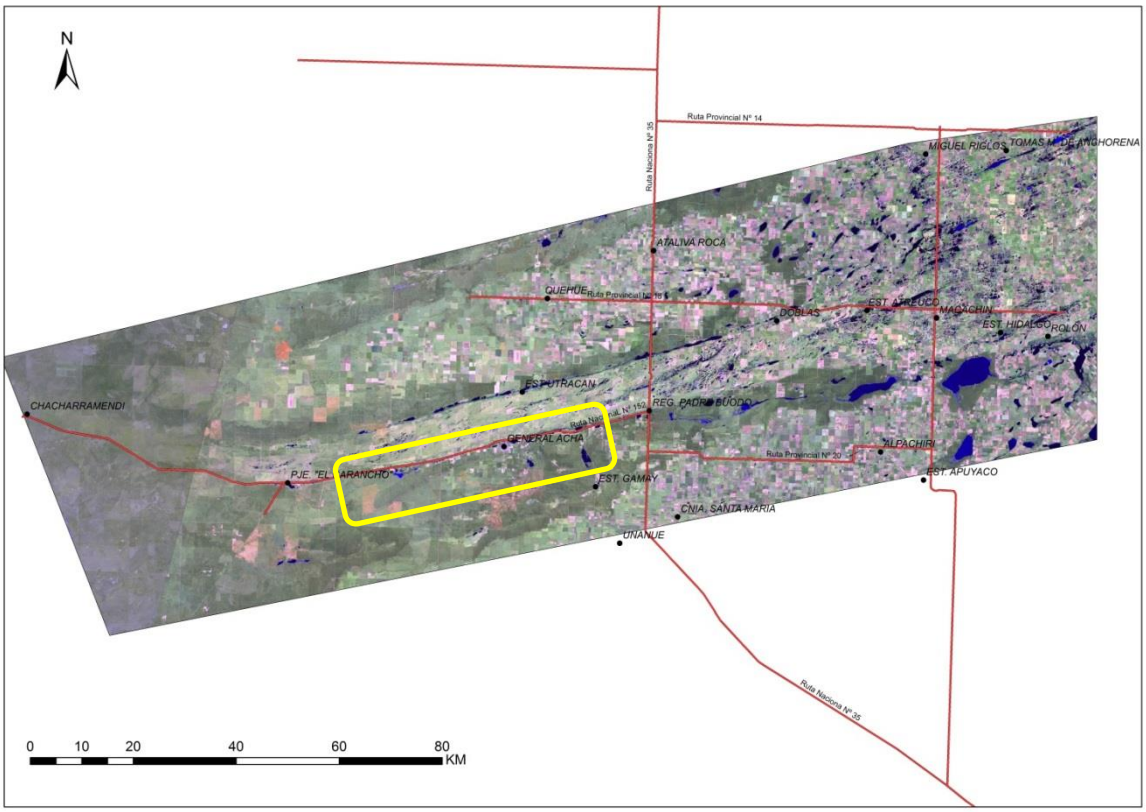

Fig. 1: Ubicación del área de estudio circunscripta en el rectángulo amarillo

5.1. Información General:

Según el último censo efectuado en el año 2010 por el INDEC, la población residente en la ciudad de General Acha es de 12.583 habitantes, lo cual representa 85% del total del departamento de Utracán. El centro urbano más próximo es General Acha (tercer municipio en importancia de la provincia de La Pampa) que se halla a 29 km del oeste de Padre Buodo y 50 km al este de El

Carancho. En esta localidad el abastecimiento de agua potable es un servicio brindado por la Cooperativa de Servicios Públicos de General Acha Ltda. (Co.Se.Ga). Cabe destacar que no toda la población está conectada a dicho servicio, por esta razón parte de la misma se abastece a través de pozos de agua para distintos fines o necesidades.

5.2. Información Climatológica:

La región del Valle Argentino, se caracteriza por poseer un clima subhúmedo a semiárido del tipo templado, con temperaturas medias anuales de 14° C para el periodo 1976/1995, oscilando entre los 23,9 º C en el período estival y los 6,1 º C en invierno, es decir una oscilación anual de casi 18 º C; con un promedio de 17 heladas anuales en la zona (Servicio Meteorológico Nacional). Los vientos preferenciales pertenecen al sector N-NE y S-SO. La pluviometría anual, para el periodo 1898-2016, en General Acha es de 542,78 mm/año, donde julio el mes más seco y marzo el mes más lluvioso. La evapotranspiración potencial estimada según los diversos métodos, varía entre 700 y 900 mm, con máximas de 150 mm/mes entre los meses de diciembre y marzo, con mínimas entre los meses de junio a agosto de 50 mm/mes. La evapotranspiración real oscila de 546,6 y 725 mm/año. 5.2.1

Precipitaciones:

Los datos pluviométricos fueron suministrados por Administración Provincial del Agua (APA) y el Ferrocarril Sur. En la figura 2 se observan las precipitaciones anuales ocurridas en la localidad de General Acha desde el año 1898 al año 2016. La precipitación media es de 542,78 mm/año, periodo que comprende 118 años, donde 67 años las precipitaciones estuvieron por debajo de la media, mientras que 51 años, estuvieron por encima.

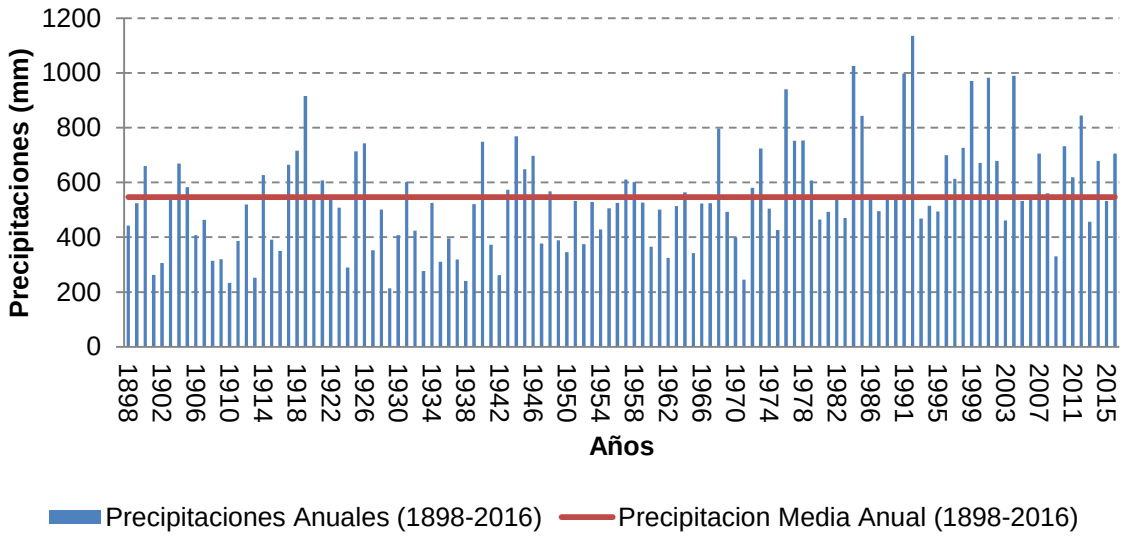

Fig. 2: Precipitación Anual en General Acha–La Pampa (1898-2016)

En la figura 3 se presenta el histograma de precipitaciones medias mensuales de la ciudad de General Acha. En él se diferencian claramente la ocurrencia de inviernos secos y veranos húmedos, siendo marzo el mes con mayores precipitaciones (71,70 mm), y julio el mes más seco (15,28 mm).

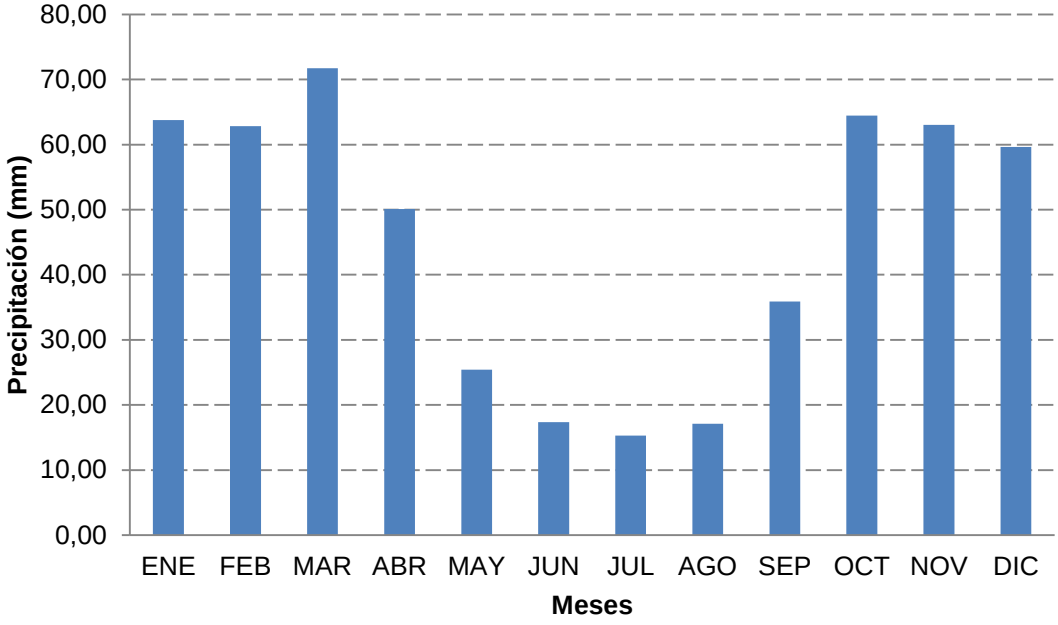

Fig. 3: Precipitación media mensual de General Acha – La Pampa (1898-2016)

5.2.2. Temperatura

Para el periodo 1976-1995 la temperatura media anual para General Acha es de 14 º C, con una media máxima de 22 º C que corresponde al mes de enero y una media mínima mensual de 6 º C en julio. En la figura 4 se representan gráficamente las temperaturas medias mensuales correspondientes a la serie anteriormente mencionada. Considerando el régimen de precipitaciones y temperaturas, la localidad cuenta con inviernos secos y fríos y veranos algo húmedos y calurosos.

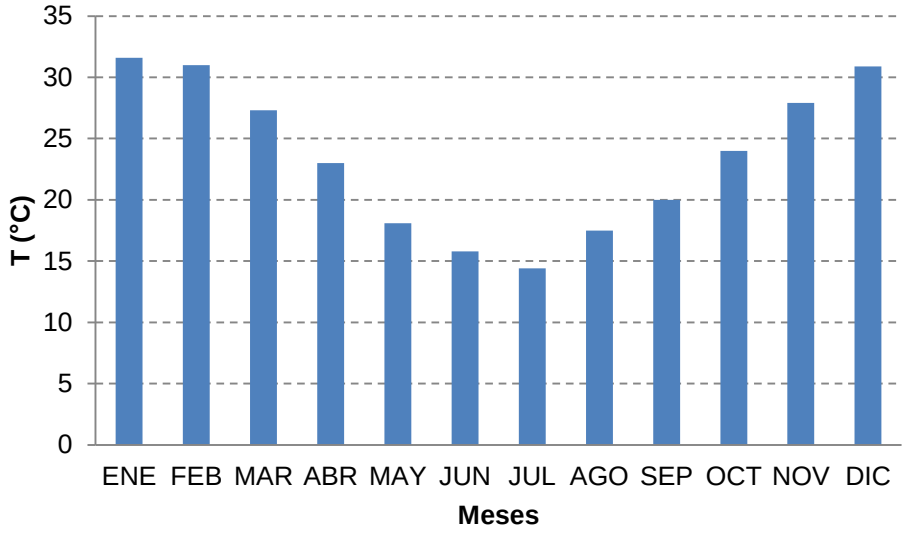

Fig. 4: Temperaturas medias mensuales de General Acha – La Pampa (1976-1995)

5.2.3. Evapotranspiración:

Según el Inventario de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa la evapotranspiración potencial para el área de estudio mediante el método de Thornthwaite a partir de los datos de temperatura media mensual de General Acha (1941 – 1960) y del índice de calor anual que es función de la latitud, la evapotranspiración potencial climática oscila en el entorno de los 786 mm/año, la máxima ocurre en los meses de diciembre y enero con valores de 130 y 142

mm/mes respectivamente, mientras que la mínima se presenta en los meses de junio y julio con 14 y 13 mm/mes (Tabla 1).

Tabla 1. Evapotranspiración Potencial y Real media en mm. (1941/1960)

Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
ETP	142	110	86	48	26	14	13	20	36	65	96	130	786
ETR	54	41	67	48	24	14	13	12	34	53	60	56	476

Cufre, (2001) empleado la misma metodología mencionada anteriormente, calculó la evapotranspiración para el área con datos provenientes de la estación del INTA General Acha para el periodo 1976-1995 y los resultados muestran que en el mes de enero ocurre la máxima con un valor de 149 mm/mes, mientras que el mes de julio presenta la mínima (14 mm/mes). Los resultados obtenidos para dicho periodo son los que se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Evapotranspiración Potencial y Real media en mm. (1976/1995)

Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
ETP	149	113	94	54	29	15	14	24	39	69	98	139	837
ETR	109	78	92	52	30	14	20	22	34	61	77	81	670

En el Inventario de los Recursos Naturales de La Pampa para analizar el régimen hídrico de la región se realizó un balance hídrico de la localidad de General Acha que comprende el periodo (1941-1960). Fig. 5.

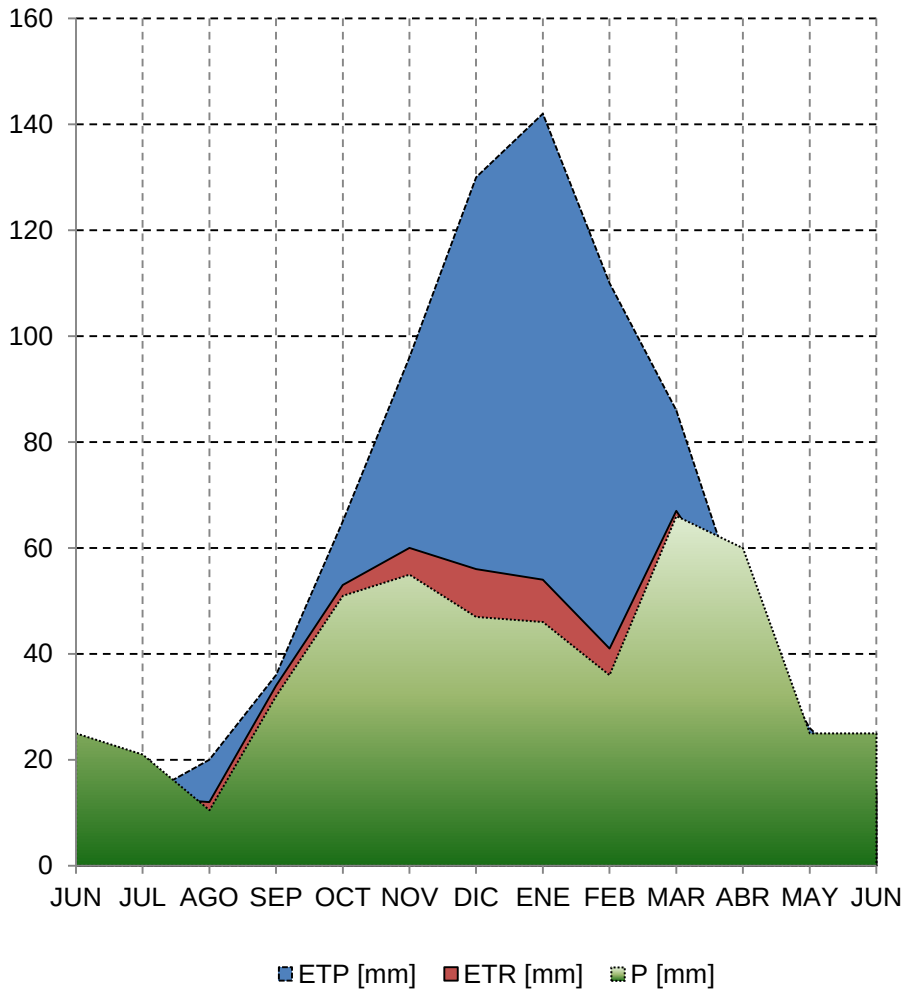

Fig. 5: Balance Hídrico mensual para General Acha (1941-1960)

5.2.4. Vientos:

Según Schulz (2004), los vientos poseen cierta uniformidad en cuanto a la velocidad, oscilando entre 9 km/h y 18 km/h, con una velocidad promedio de 10 a 11 km/h. Las frecuencias de dirección presentan una dominancia SO y NE en concordancia con la orientación del Valle. Considerando la serie de datos de la estación situada 10 km al oeste de General Acha, en el establecimiento A Puro Campo, se aprecia una dominancia de los vientos NO y SE. Esta tendencia discordante con lo mencionado anteriormente (Fig. 6 y 7) puede deberse tanto al cambio de lugar de observación, ya que la otra serie corresponde a un observatorio ubicado a las afueras de General Acha, como también a que es una

serie muy corta, por lo que puede no ser representativa. Los vientos son un importante agente de erosión y formación de relieve, generando geoformas típicas. En el Valle Argentino el relieve actual de la región central se debe a la acción de los mismos. Pueden apreciarse geoformas de al menos dos edades, antiguas y modernas. Estas últimas representadas por “medallones” desprovistos de vegetación. Es probable que las mismas se deban a la combinación de la acción antrópica y eólica, alcanzando mayor importancia entre los meses de agosto y diciembre, periodo que generalmente se incrementa la deficiencia hídrica producto del aumento de la evapotranspiración.

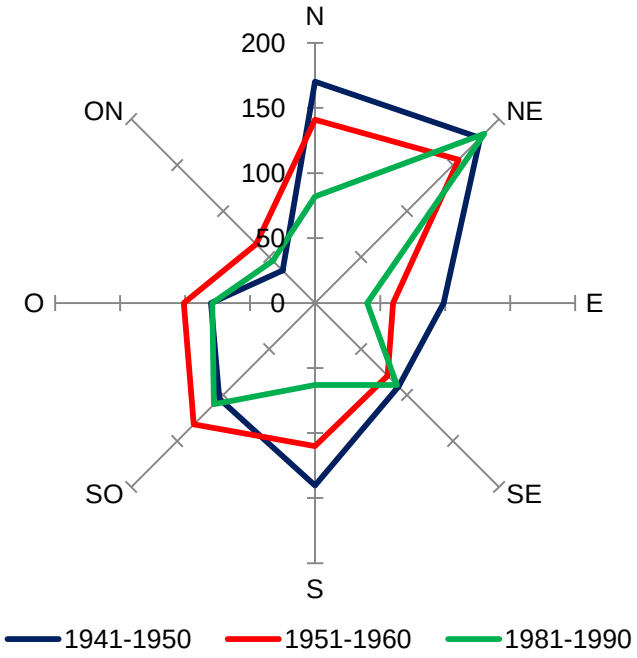

Fig. 6: Dirección de los vientos predominantes en General Acha 1941-1990

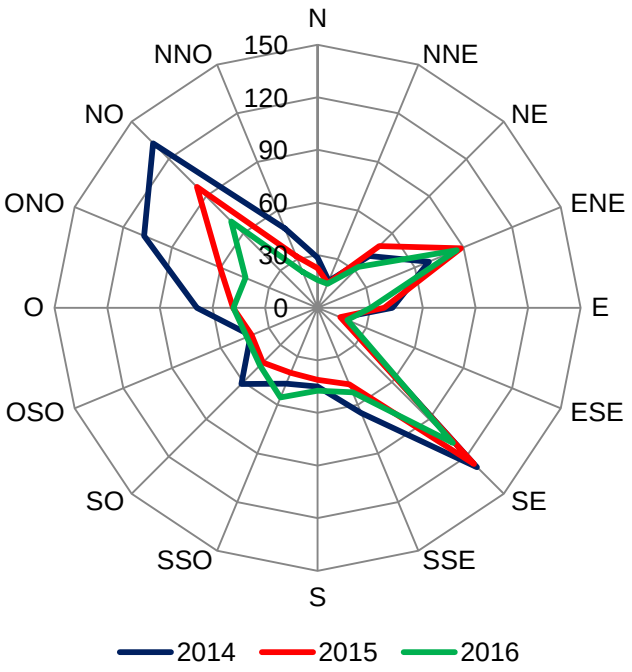

Fig. 7: Dirección de los vientos predominantes en General Acha 2014-2016

5.3. Geomorfología y Geología:

El Valle Argentino es una unidad geomorfológica que se extiende en la provincia de La Pampa, desde aproximadamente Chacharramendi en el occidente, internándose en la Provincia de Buenos Aires hacia el Este. Se trata de una artesa cuyo ancho inicial varía entre tres y cinco km hasta la altura del paraje El Carancho que pasa a tener unos 8 km, y alcanza un ancho máximo de aproximadamente de 18 Km en las proximidades de la localidad de Doblas.(Giai y Tullio, 1998)

En el Inventario Integrado de los Recursos Naturales (1980), el área de estudio queda emplazada dentro de la Región Oriental, Subregión de las mesetas y valles. Según Calmels (1996) el área de estudio se encuentra situada dentro de la unidad geomorfológicade “El Sistema de los Valles Transversales” (Fig. 8), la cual corresponde a una planicie estructural con presencia de cerros testigos, y algunos relictos de meseta que han resistido a la erosión hídrica que modeló la

planicie. La acción eólica complementó el modelado de la superficie sobre la cual se identifican una serie de valles (Nerecó, Utracán, Argentino, Maracó Chico, Maracó Grande o Epu Pel y Hucal).

El Valle Argentino sufrió al menos cuatro procesos morfogenéticos. Primero actuaron procesos hídricos elaborando la artesa y produciendo los depósitos fluviales de arenas y otros materiales sedimentarios. Posteriormente en un periodo seco a muy seco actuó la erosión eólica, elaborando formas propias como ser médanos longitudinales O-SE y E–NE, que luego son fijados en un periodo subhúmedo. Posteriormente, la acción eólica actúa generando nuevas geoformas eólicas, que se reconocen en general por la dispersa presencia de vegetación o su ausencia y su forma peculiar. Por último, las acciones hídricas han generado lagunas y salitrales, mucho más abundantes en la depresión de Utracán, fuera del área de estudio. (Tullio, 2017 comunicación personal)

El relieve de esta subregión comprende mesetas, pendientes, valles cordones medanosos con una orientación poco pronunciada de SO a NE y lagunas en general temporarias, inclusive El Carancho que desaparece en sequias prolongadas. Las mesetas son planas a suavemente onduladas, encontrándose en algunas de ellas pequeñas depresiones de origen eólico o mixto. Las pendientes más abruptas poseen inclinaciones de 1,75% a 2,5% y en ellas se distinguen escalones que probablemente corresponderían a antiguos niveles de terrazas. Las planicies que enmarcan el Valle están coronadas por una capa de carbonato de calcio sumamente dura, que debido a su resistencia a los procesos erosivos ha permitido modelar este tipo de relieve, además se encuentra cubiertas por un fino manto arenoso. Es de destacar las distintas características de las paredes laterales del valle. Por una lado la sur presenta mayores irregularidades, probablemente a raíz de una menor resistencia de los mantos de tosca que permitieron una mayor erosión que se transformó en cañadones o incisiones orientados hacia los niveles más bajos del Valle, dando lugar a la formación de lagunas, salitrales o cursos de agua temporarios a lo largo de la longitudinal del Valle. Por otro lado, se ubica el cordón medanoso central, de gran importancia

desde el punto de vista hidrogeológico, por constituirse en la principal recarga del acuífero.

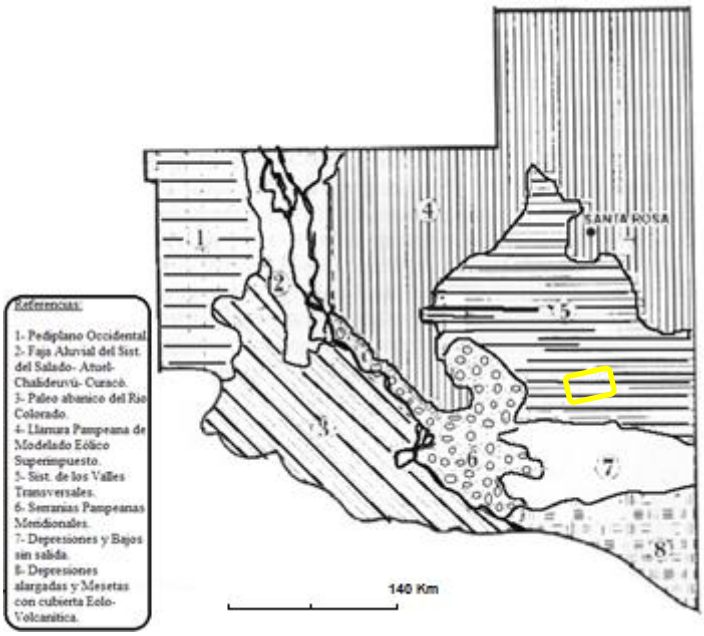

Figura 8. Las grandes unidades geomorfológicas de La Pampa. En amarillo se señala el área de Estudio, tomado de Calmels, 1996.

5.4. Estratigrafía

En el ambiente del valle se reconocen las siguientes unidades que se resumen en la tabla n° 3 y se representan en un corte longitudinal del Valle (Fig.9).

Basamento:

Constituido principalmente por rocas metamórficas como esquito anfibolitas y gneises de composición granítica, con una cohorte menor que incluye pegmatitas cuarzosas y otras rocas. La mayoría de las pegmatitas están constituidas esencialmente por cuarzo, feldespato alcalino y minerales accesorios como turmalina. Según Llambías (1975) es frecuente la asociación de estas rocas con granitos y pegmatitas datadas como devónicas (Paleozoico inferior – medio). El basamento incrementa su profundidad de oeste a este encontrándoselo a menos de 10 metros en la estancia El Carancho, estancia La Chita, estancia Los

Dos Hermanos, Quiñi Malal, los altos del sur y a menos de 30 metros hasta la ruta 11 (reconocido por perforaciones), a partir de donde se profundiza. En la localidad de General Acha se localiza entre 150 y 170 metros.

Formación Cerro Azul:

Constituida por depósitos continentales compuestos por limos y limos arenosos de coloración pardo rojiza y pardo amarillentas con escasas intercalaciones arcillosa. Puede haber intercalaciones calcáreas en distintos niveles superiores. En algunos casos afloran en forma insignificante producto de la erosión del cordón medanoso. A esta Formación se le asigna edad pliocena media por Llambías (1975), pero estudios posteriores Visconti, *et al.* determina su edad como miocena. Esta formación fue denominada La Pampa por Giai(1975).

Formación Padre Buodo:

Constituida por arenas eólicas, sin estratificación visible que se apoyan sobre el pampeano (Formación Cerro Azul). Estos sedimentos están compuestos por granos de cuarzo subredondeados, en ocasiones con indicios de modelado por el viento, clastos volcánicos y escasos mafitos. Su color es pardo rojizo y, se cree que primeramente estos materiales experimentaron un transporte y selección por medio de cursos de agua, siendo posteriormente removidos por el viento. Tienen espesor variable, alcanzando en ocasiones los 20 metros. A esta formación Terraza (1982) le adjudica escasa importancia estratigráfica.

Formación Junín:

La unidad fue definida por De Salvo *et al.* (1969), para los materiales que Tapia (1935) designó como “médano invasor”, integrado por arenas finas, de carácter suelto, con notable variaciones entre su piso y su techo con predominio de vidrio volcánico sobre el feldespato potásico y el cuarzo; entre los componentes

livianos, mientras que entre los minerales pesados se destaca la hornblenda y los opacos. En el área de estudio se la reconoce en la “Planicie Pampeana”, a ella le pertenecen las arenas inconsolidadas, masivas que se ubican por encima de la tosca y por debajo de la cubierta de suelo. Se la considera reciente.

Formación Valle de Maracó:

Tullio y Martínez (1979) designan así a camadas de areniscas grises producto de la erosión de las márgenes superiores de los valles y sobre todo la meseta o planicie pampeana. Han sido transportados en primer lugar por pequeños torrentes y posteriormente por el viento depositándose en las pendientes de los valles, adelgazándose hacia las márgenes y cambiando el carácter de los materiales. En general se trata de perfiles homogéneos de lentes de grava y gravilla con carbonatos irregularmente distribuidos. También se encuentran clastos aislados de carbonato de calcio que, hacia el borde del valle pasan a formar conglomerados. En algunas fracciones es atravesada por cárcavas en funcionamiento de variado desarrollo, posee un techo edafizado y está cubierta por vegetación. En algunos sectores sus materiales constituyen parcialmente el sustrato de lagunas o salinas o la degradación de pendientes anteriores a la época actual. Por estos motivos se considera a la misma como Holoceno medio a superior.

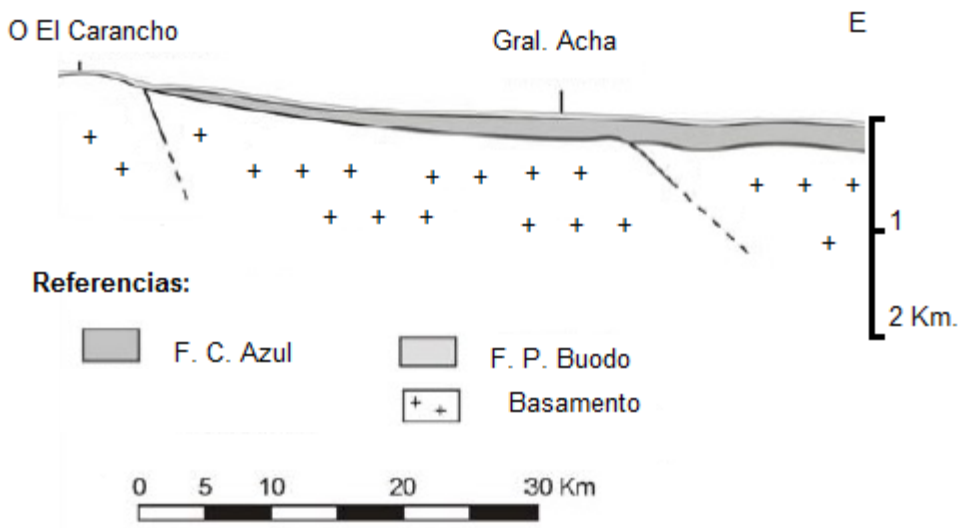

Fig. 9. Corte longitudinal del Valle Argentino (Modificado de Schulz, 2004).

Tabla 3: Descripción de las unidades estratigráficas

Edad	**Unidad Estratigráficas**	
	Sector Occidental	Descripción
Reciente		Eólicos por remoción, fluviales palustres y salitrales, suelos
Holoceno superior	Formación Valle de Maracó	Areniscas grises con presencia $CaCO_3$
Pleistoceno inferior	Formación Junín	Arenas finas, predominio de vidrio volcánico y otros, hornblenda y opacos
Pleistoceno inferior	Formación Padre Buodo	Arenas eólicas sin estratificación visibles. Cuarzo, clastos volcánicos y escasos mafitos. Pardo Rojiza
Mioceno	Formación Cerro Azul (Formación Pampa)	Limos arenosos, arenas limosas, pardos rosados a rojizos
Precámbrico - Paleozoico Inf.	Basamento	Esquistos, gneises y anfibolitas, pegmatitas y granitos

5.5. Hidrogeología

El área estudio se sitúa en la región de los valles transversales (Hernández Bocquet, 2009). Principalmente en esta zona el origen del agua subterránea es la infiltración de las precipitaciones en las áreas medanosas y en las depresiones de la planicie pampeana (Fig. 10).

Desde el nivel freático hasta el basamento se encuentra un único acuífero multicapa. Hacia el oeste de El Carancho se manifiestan discontinuidades en las líneas isofreáticas, como consecuencia del cambio en el carácter petrológico de las rocas que alojan el acuífero (basamento cristalino en superficie o a poca profundidad). Se evidencia un escurrimiento regional hacia el este, sur este y noreste, con eje en el cordón medanoso central, área sobre la cual se verifica la recarga regional. Esta recarga retorna a la atmósfera por medio de la evaporación desde los salitrales y lagunas que se encuentran en las depresiones marginales y de algunos cuerpos de agua situados entre los médanos. Los caudales característicos del acuífero han sido determinados en dos regiones, una en los pozos de abastecimiento de General Acha con valores entre 0,27 y 0,68 $m^3/h/m$ y otra con perforaciones efectuados en las inmediaciones del Carancho donde los valores fluctúan entre 2,5 y 5,7 $m^3/h/m$.

Las estimaciones de la tasa de recarga anual para la zona de estudio (Schulz, 2004), resultando aproximadamente para General Acha en el 5% de las precipitaciones y, para el área de El Carancho 3,5%.

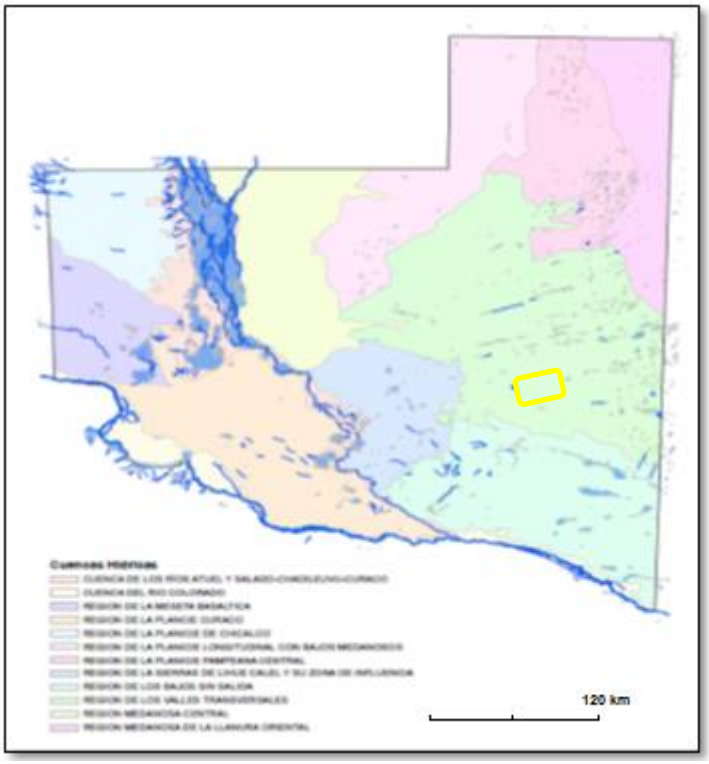

Figura 10. Cuencas y regiones hídricas de La Pampa. En amarillo se señala el área de Estudio. Tomado de Giraut, M; et al. 2006.

Las obras de captación que se encuentran en el área de estudio son, perforaciones, pozos cavados y trincheras. Los sistemas de extracción son en mayor parte molinos a viento, ocasionalmente bombas sumergibles. Las trincheras actualmente no se encuentran en uso.

De los levantamiento hidrogeológicos realizados por el APA se cuenta con información hidroquímica que permite caracterizar la zona. Los elementos determinados en las muestras colectadas fueron pH, residuo seco, conductividad, alcalinidad, dureza, sulfato, cloruro, carbonato, bicarbonato, magnesio, calcio, nitrato, fluoruro, arsénico, sodio y potasio. Las perforaciones que abastecen a la ciudad de General Acha en general cuentan con un monitoreo periódico (trimestral/cuatrimestral).

En la zona en estudio se pueden diferenciar tres subsistemas hidrogeológicos con particularidades propias.

Planicies elevadas: La capa de tosca que se encuentra en el techo de la Formación Cerro Azul, cumple un rol muy importante en este subsistema, impide la erosión de la superficie y los bordes del valle. En estas áreas en general las capas acuíferas se encuentran entre los 70 y 100 metros de profundidad. Las aguas no son de una calidad óptima, pero en general son aptas para consumo del ganado, y en algunas pequeñas áreas para consumo humano.

Cordón medanoso central: Es el área más trascendente del Valle, no solo por la extensión y amplitud, sino también por la calidad de sus aguas. Los acuíferos son de excelente calidad para todo uso incluyendo el suministro a poblaciones como por ejemplo a General Acha. La alta permeabilidad del medio hace que el agua de lluvia se infiltre rápidamente por lo cual su evaporación es casi nula.

Depresiones o sectores de descarga: A los laterales del cordón medanoso central se aprecian cuerpos de agua en general con alto tenor salino, aunque variable, como por ejemplo la laguna El Carancho y la de General Acha. Estas depresiones de amplitud variable tienen como principal aporte el recurso hídrico subterráneo y ocasionalmente las precipitaciones. En la margen sur correspondiente al cordón medanoso suele presentarse surgentes, como en el caso de estancia Quiñi-Malal.

5.6. Edafología

Según el “Inventario Integrado de Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa” (Cano *et al.*, 1980) se distinguen 6 unidades cartográficas, de las cuales las siguientes se corresponden con el área de estudio:

Cordones medanosos: Suelos que poseen poco espesor y presentan un perfil simple C1-C2, libre de calcáreo, excesivamente drenado y susceptible a la erosión eólica, pero en determinadas zonas se puede identificar un incipiente horizonte A, con menos del 1% de materia orgánica. El régimen de humedad es ústico, la clase texturales arenosa a arenosa franca y con una estructura débil, dando lugar

a un Torripsamente ústico, familia silícea, térmica. Estos suelos no se cultivan y son utilizados para el pastoreo.

Valles: suelos con buen contenido de materia orgánica, dentro de los 0,25 m y a continuación aparece un horizonte con alto contenido calcáreo secundario en concreciones y en la masa. Poseen una permeabilidad excesiva y son susceptibles a la erosión eólica. La capa freática se encuentra entre los 3 y 7 metros. En los valles se encuentran principalmente Calcisustoles arídicos, de la familia arenosa, sílicea, térmica. Otros suelos menores son los Haplustoles énticos situados en los planos del Valle, Torripsamentes ústicos próximos a las pendientes y los Haplustoles arídicos en fase salina cuando se encuentran próximos a las lagunas. La principal labor que se desarrollan en ellos son las pasturas.

Áreas influenciadas por lagunas: Estas áreas tienen suelos Salortides acuólicos, familia arenosa, silícica, térmica. El nivel freático se halla cercano al nivel de la superficie y el agua es de elevada salinidad, no aprovechable por la vegetación. Otro tipo de suelo muy similar al anterior pero más seco, son los Salortides típicos, que poseen el nivel freático por debajo del metro. Estos suelos se usan para la ganadería extensiva.

5.7. Vegetación:

Según Cano *et. al*. (1980), los tipos fisonómicos de vegetación presentes en la subregión son:

Cultivos de granos y forrajes. Se desarrollan en la planicie y hacia el Este. En el sector occidental los cultivos de grano son esporádicos, siendo más frecuente los forrajes. En algunas zonas desmontadas del caldenal se cultivan forrajes como fuente de alimentación de la hacienda. En los médanos se ha cultivado alfalfa y pasto llorón.

Bosques caducifolios_*de Prosopis caldenia* con pastizal. En general se encuentra en depresiones amplias, bajos y pendientes bajas. Estas formaciones leñosas están dominadas por *Prosopis caldenia* acompañadas de *Condalia microphylla, Lycium chilense, Lycium gilliesianum, Schinus fasciculatus, Ephedra triandra.* En el graminoso y herbáceo se puede mencionar *Stipa gyneroide, Piptochaetium napostaense, Stipa tenuis, Glandularia hookeriana.*

La margen sur del valle se encuentra cubierta por el bosque de caldén, el cual está invadiendo la región de los médanos especialmente al norte de la estancia Quiñi Malal y hacia el oeste. En la región occidental, se evidencia la invasión del bosque sobre el área medanosa, que probablemente afectara la recarga, dado que el bosque intercepta la precipitaciones y representa un elevado consumo de agua, por ende originara una depresión del nivel freático. Esta consecuencia, ya fue reportada por Tullio (2006) en toda el área correspondiente al bosque de Caldén en la Provincia de La Pampa.

Pastizal de gramíneas bajas con arbustos situados en pequeñas depresiones o planos ondulados en los cuales existe un estrato bajo de renuevos de *Prosopis caldenia, Discaria longispina, Condalia microphylla, Prosopidastrum globosum*. El estrato graminoso se encuentra compuesto por S*tipa tenuis, Stipa tenuissima, Stipa gynerioides, Arsitida subulata*, *Erodium cicutarium, Sporobolus cryptandrus y Bacharis ulicina.*

Pastizales sammófilos_ se trata de pajonales en los sectores medanosos, donde la comunidad está dominada por *Elyonurus mutica* y *Hyalis argénte* acompañdas de *Stipa tenuis, Arisitda spegazzinii, Poa laniginosa, Panicum urvilleanum* entre otras.

Arbustal compuesto ocasionalmente por *Prosopis flexuosa* y *P.caldenia*, pero dominado por *Larrea divaricata, Chuquiraga erinacea* y *Condalia microphila*. Entre las gramíneas podemos identificar a *Piptochaetium napostaese, Stipa tenuis, Stipa tenuissima, Stipa gynerioides, Arsitida subulata* entre otras. Las

herbáceas ocasionales son *Bacharis ulicina*, *Cereus aethiops.* En el área de estudio esta formación alcanzó un desarrollo distintivo en los alrededores de El Carancho.

Vegetación halófila situada en los alrededores de los cuerpos de aguas, depresiones y salitrales. En dichas áreas se desarrollan las especies del tipo halófilas. Las especies que se pueden reconocer son: *Distichlis scoparia*, *Distichlis spicata*, *Atriplex undulata* y *Salicornia ambigua*. En estas zonas también se pueden reconocer matas aislada de *Cortaderia selloana*.

6. Metodología

La metodología de estudio empleada es la aplicada clásicamente para caracterizar hidrológicamente un área determinada. En el presente trabajo se pueden diferenciar las siguientes etapas:

6.1 Recopilación bibliográfica

La descripción del área de estudio fue realizada a partir de una selección de la documentación existente, que pudo recopilarse. La misma se refiere a la climatología, geomorfología, geología e hidrogeología del área.

Esta información y los datos elaborados por diferentes autores e instituciones se emplearon para llevar esta tesina. Para caracterizar hidroquimicamente el agua se utilizaron diferentes análisis realizados por el laboratorio de la Administración Provincial de Agua (APA). Con todos los datos recogidos se elaboró un mapa base donde se volcaron todos los puntos de agua muestreados en la zona.

Con los datos piezómétricos tomados por el APA se elaboraron gráficos de respuestas a las precipitaciones a lo largo del tiempo.

6.2 Trabajo de campo

Se realizó un reconocimiento del área de estudio para corroborar y desarrollar los distintos aspectos volcados en el presente trabajo.

Las distintas aguadas muestreadas en los establecimientos rurales fueron ubicadas por medio de un GPS Garmin Etrex. Las tareas de campo además comprendieron la medición del nivel estático mediante una sonda piezométrica Solinst Water Level Meter Model 101 de 50 metros y la toma de algunas muestras para sus análisis físico-químicos. Las mismas se envasaron en botellas de vidrio de 1 litro con cierre hermético, previo enjuague con el agua a colectar, para lo cual se dejó correr el agua para que la muestra tomada fuera lo más representativa

posible. Se las traslado en una conservadora con hielo y se entregaron al laboratorio para su posterior análisis.

Las labores antes referidas se complementaron con observaciones de campo respecto de la geología y geomorfología.

6.3 Análisis de laboratorio

Las muestras de agua subterránea obtenidas en el campo fueron analizadas físico-químicamente por el laboratorio de aguas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN). La determinación incluyó los siguientes parámetros: conductividad eléctrica, residuo seco, pH, dureza, alcalinidad, cloruro, sulfato, carbonato, bicarbonato, calcio, magnesio, sodio, potasio, nitrato y fluoruro.

6.4 Procesamiento de datos

El análisis estadístico de la información meteorología se realizó mediante el software Microsoft Office 2007. Con este mismo se realizaron las gráficas correspondientes a las fluctuaciones piezométrica.

Se construyó un diagrama de Piper empleando el programa Easy-quim.

El mapa topográfico fue construido mediante imágenes satélites SRTM y ASTER GDEM procesada con el software ArcGis 10.1 (ESRI Inc, 2012).

Con la información lograda mediante las distintas vías se elaboró un mapa topográfico, un mapa piezómétrico y un mapa de residuo seco.

7. Resultados

7.1. Topografía

En el mapa topográfico (Fig. 11) se puede apreciar el basamento cristalino aflorante fundamentalmente en el extremo Oeste, mientras que la región central del valle es ocupada por una capa de arena de espesor variable y en los laterales existen dos depresiones con cierta continuidad. La pendiente general es O-E y registra al menos tres importantes variaciones en su inclinación, relacionadas con la fracturas del basamento subyacente, así el espesor del relleno aumenta desde el Oeste al Este.

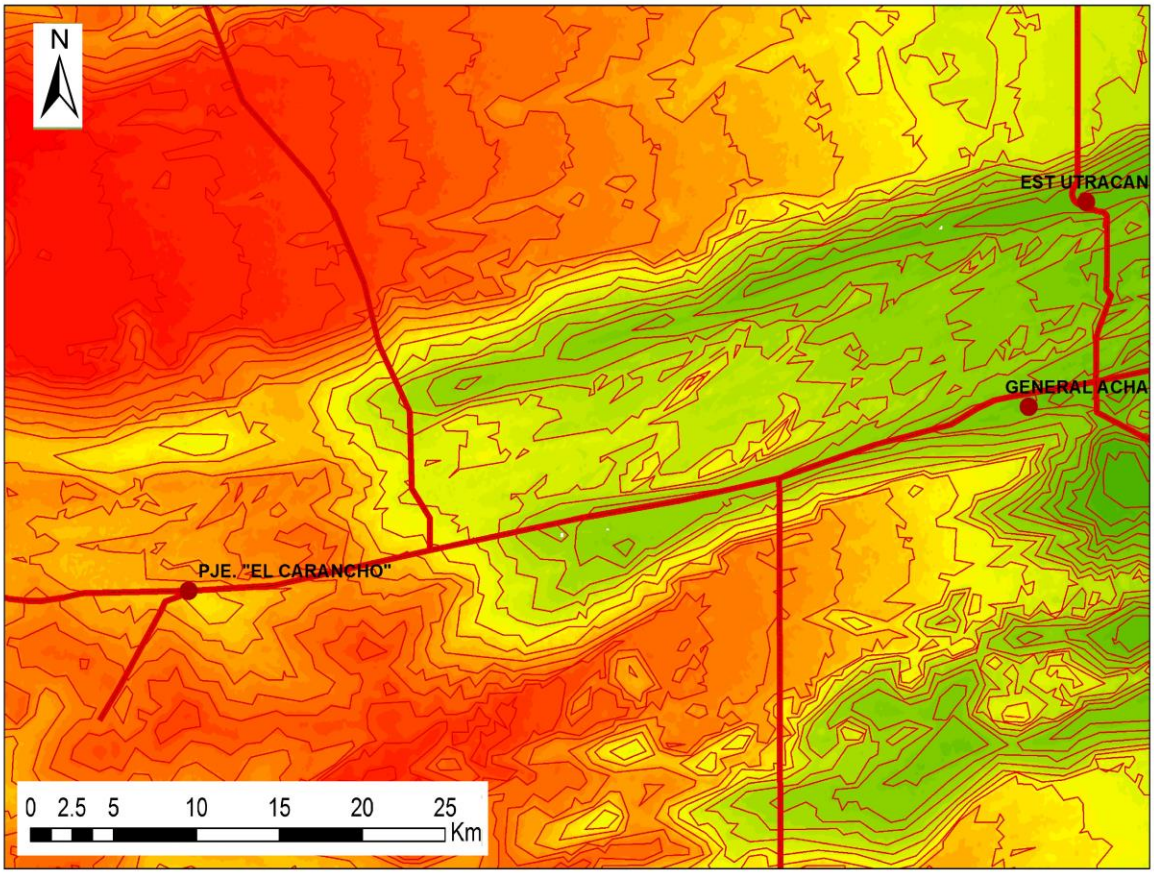

Fig. 11 Mapa topográfico del área de estudio con curvas de nivel equidistantes a 10 m.

El perfil A-A´ (Fig. 12) está situado cerca de General Acha y los datos para realizarlo fueron obtenidos de perforaciones de 150 a 180 metros de profundidad, realizadas por la Administración Provincial del Agua. En este perfil se puede apreciar la formación compuesta por varios metros de arena calcárea y arena limosa que se denominan Formación Cerro Azul. También se visualizan algunas lagunas producto de la descarga el agua subterránea.

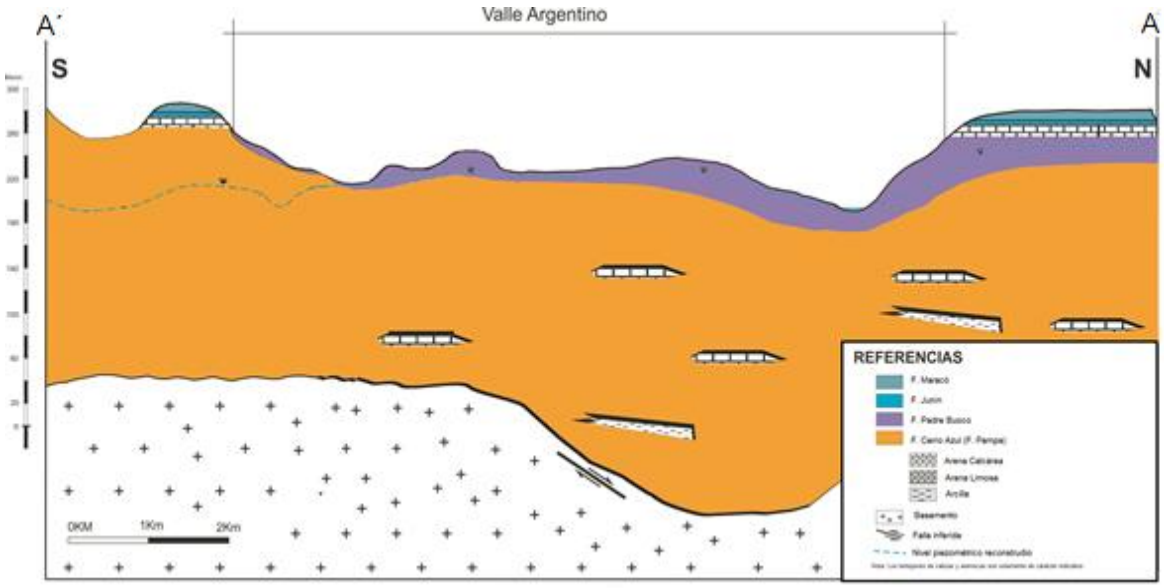

Fig. 12 Perfil Geológico del Valle Argentino.

7.2. Piezometria

En el área de estudio existen dos líneas para observaciones piezométricas, la primera inmediatamente al Este de General Acha con 5 piezómetros transversales a todo el Valle Argentino y la segunda, en la zona de El Carancho, con tres pozos inmediatamente al Norte y tres al Este (Fig.13). Debe indicarse que los puntos de observación N° 4; N° 5; N° 6 y N° 7 se disponen paralelamente a la extensión del acuífero, por lo que no son tan representativos de la dinámica del mismo.

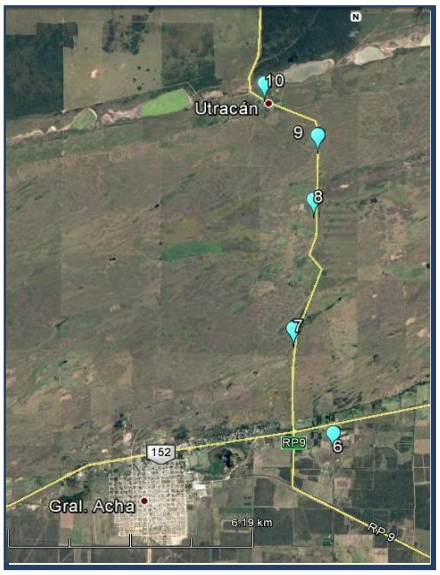

Fig. 13: Ubicación de las líneas piezométrica de General Acha y El Carancho

En la Fig. 14 se muestra el comportamiento temporal de los niveles piezométricos, para el periodo considerado (1981-2016),en los 5 piezómetros ubicados de manera transversal al valle.

Debe señalarse que, de acuerdo al análisis de las precipitaciones de la ciudad de General Acha, presentado en el punto 5.2.1, estos piezómetros son representativos del ciclo más húmedo. El primero se extiende desde el inicio de las observaciones hasta el año aproximada el año 1964, reuniéndose allí 45 años por debajo de la media general y 22 por encima. En el otro periodo de 28 años se encuentran por encima de la media y 22 por debajo. Los piezómetros N° 7 y N° 9, que se encuentran en plena zona de recarga manifiestan una notoria respuestas a

los eventos de precipitaciones. No ocurre lo mismo con el N° 8 que se localiza en una zona de recarga y transición mientras que el N° 10, que se localiza en la zona de transición, y el N° 6, en una zona de descarga.

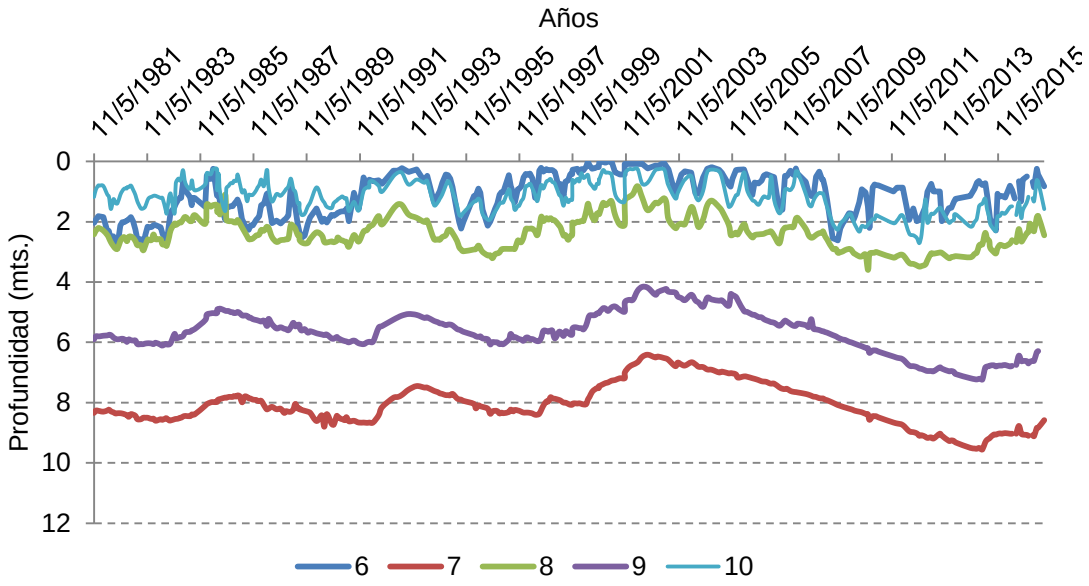

Fig. 14: Registro de los datos de los 5 piezómetros ubicados a este de General Acha durante el periodo 1981-2016.

La siguiente gráfica (Fig. 15) representa el comportamiento temporal de los niveles piezométricos en El Carancho, para el periodo 2012-2016. Los piezómetros N° 1, N° 2, N° 3 y N° 4 son los más representativos, ya que el N° 5 y N° 6 por diferentes motivos tienen un registro discontinuo. En el intervalo considerado se pueden reconocer dos periodos. Uno que va desde el comienzo de las observaciones hasta mayo de 2014, mientras que el otro periodo se extiende de esa fecha hasta octubre del 2016. Estas fluctuaciones mencionadas anteriormente a partir del año 2014, probablemente sean como consecuencia de que las precipitaciones registradas fueron superiores al valor medio (542,78 mm) y el efecto de la intensificación de los bombeo locales, incluso unos de los piezómetros (N°6) se equipó y puso en producción.

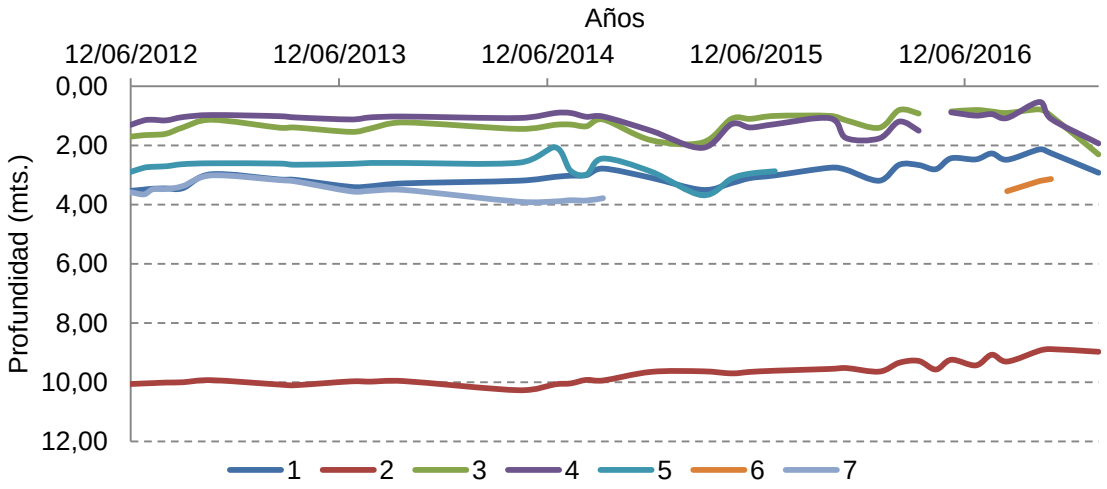

Fig. 15: Registro de los datos de los 7 piezómetros ubicados en El Carancho para el periodo 2012 - 2016.

En el mapa piezométrico (Fig. 16) se aprecian dos sectores de recarga al Este y al norte de El Carancho. En la región central del valle (cordón medanoso) se distingue un domo descargando lateralmente hacia los bajos dando origen a lagunas, salitrales y bajos salinos.

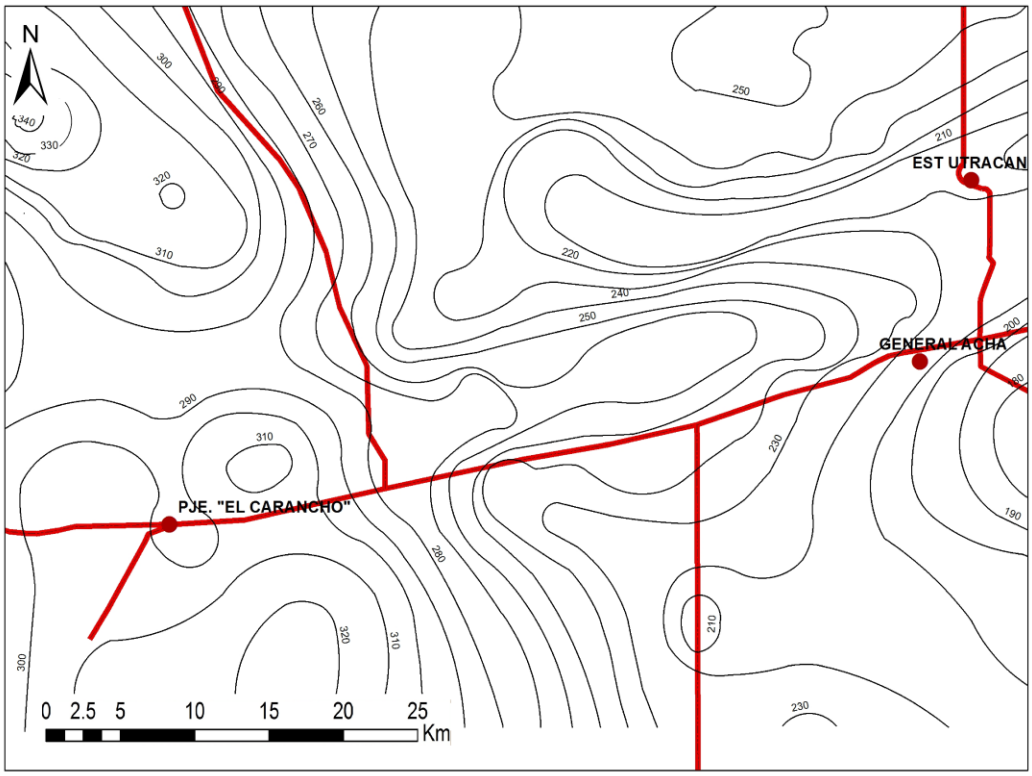

Fig. 16: Mapa piezométrico del área de estudio (Valores en msnm)

7.3. Perforaciones

Dentro de la zona se reconocen dos ambientes con perforaciones de exploración y explotación. La primera es la batería de pozos situada al noroeste de General Acha que abastece a la misma y la otra es la situada inmediatamente al Este y al noreste del paraje de El Carancho.

7.3.1 Perforaciones de El Carancho

En este paraje se pueden reconocer una antigua trinchera, un pozo cavado y 6 perforaciones. De estas, tres tienen carácter exploratorio y las restantes, de explotación. Esta ultimas tienen profundidad mínima de 6,30 metros mientas que la máxima alcanza a los 16 metros. La profundidad del nivel estático varía según la ubicación de la perforación y el relieve, siendo el mínimo 0,45 metro y el máximo 5,75 metros. Los caudales característicos fluctúan entre 2,55 m^3/h/m y 5,71 m^3/h/m, mientras que la transmisividad tiene valores entre 86,57 m^2/día y 752,78 m^2/día (Silleta, 2009).

7.3.2 Perforaciones de General Acha

Las primeras perforaciones de exploración se realizaron en la década de 1960 por la Dirección Nacional de Geología y Minería. Esta perforación alcanzó el basamento alrededor de los 170 metros bbp. En función de la información generada por esta obra se diseñó y llevó a la práctica la batería inicial de abastecimiento de 5 pozo en el año 1975 y su ampliación hasta la actualidad que cuenta con 23 fuentes de abastecimiento en funcionamiento y dos en proceso de conexión. En total se recolectó la información correspondiente a 46 perforaciones perteneciente a General Acha y sus alrededores. La profundidad mínima alcanzada es de 30 metros y la máxima de 180 metros. La profundidad del nivel estático en los pozos varía entre 2,30 metros y 72,41 m. Con respecto a los caudales característicos puede referirse que los mismos toman valores de 0,173 y 1,81 m^3/h/m. La transmisividad registra valores de 15 y 42 m^2/día.

7.4 Clasificación Hidroquimíca

La caracterización de la zona de estudio se realizó a partir de 38 obras de captación de agua subterránea (Fig. 17). En la tabla N° 4 se presentan los valores medios y extremos de las diferentes variables.

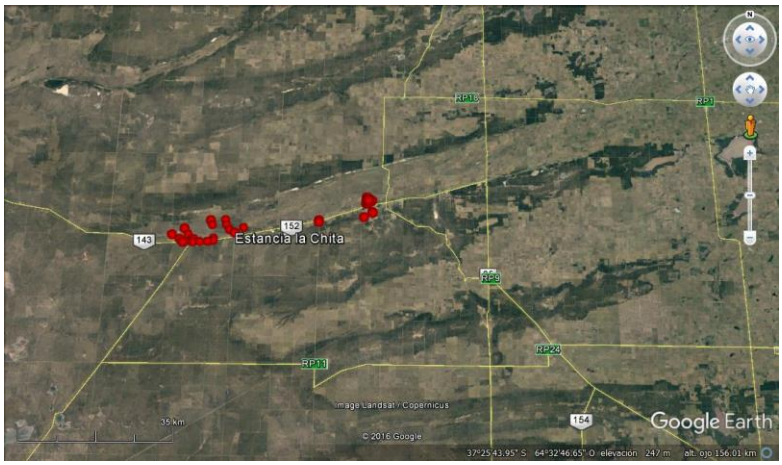

Fig. 17: Ubicación de las obras de captación con análisis químicos que se utilizaron para caracterizar el agua del sector comprendido entre General Acha y El Carancho

Tabla N° 4: Valores medios y extremos de las variables de los análisis físico-químicos.

	MEDIA	MAX	MIN	DE
Conductividad uS/cm)	1541,3243	7550	255	1894,1464
pH	7,5870	9,88	7	1,3240
Alcalinidad Total (mg/l)	318,3028	920,86	120	183,5896
Dureza Total (mg/l)	325,6666	1060	76	284,7298
Residuo Seco (mg/l)	1309,8973	5508	100,1	1573,8304
$CO3H^{=}$ (mg/l)	318,3028	920,86	120	183,5896
$SO4^{-}$ (mg/l)	325,6684	1854,4	7	510,1459
Cl^{-} (mg/l)	264,1868	1780	8	443,9803
$No3^{-}$ (mg/l)	26,7621	382,3	0	62,0185
Na^{+} (mg/l)	318,9342	1403	8	404,4125
K^{+} (mg/l)	9,5763	32	1,25	7,4747
Ca^{++} (mg/l)	49,7323	321	11	59,4130
Mg^{++} (mg/l)	49,9447	194	5,8	49,9075
$No2^{-}$ (mg/l)	0,0046	0,021	0	0,0073
F^{-} (mg/l)	1,5828	9	0,1	1,5407
As^{-} (mg/l)	0,0606	0,2	0,003	0,0397

La caracterización hidroquímica del agua subterránea para el sector de General Acha en el diagrama de Piper (Fig. 18) permite identificar aguas bicarbonatadas sódicas que predominan en la zona de recarga, es decir donde está situada la batería de pozos de abastecimiento para la población. Estos resultados concuerdan con lo mencionado por Mariño *et. al.* (2002).

En las muestras que proceden de las obras de captación situadas en la planicie predominan aguas de tipo cloruradas y/o sulfatadas sódicas. Esta configuración hidroquímica es producto del prolongado tiempo de residencia en el acuífero.

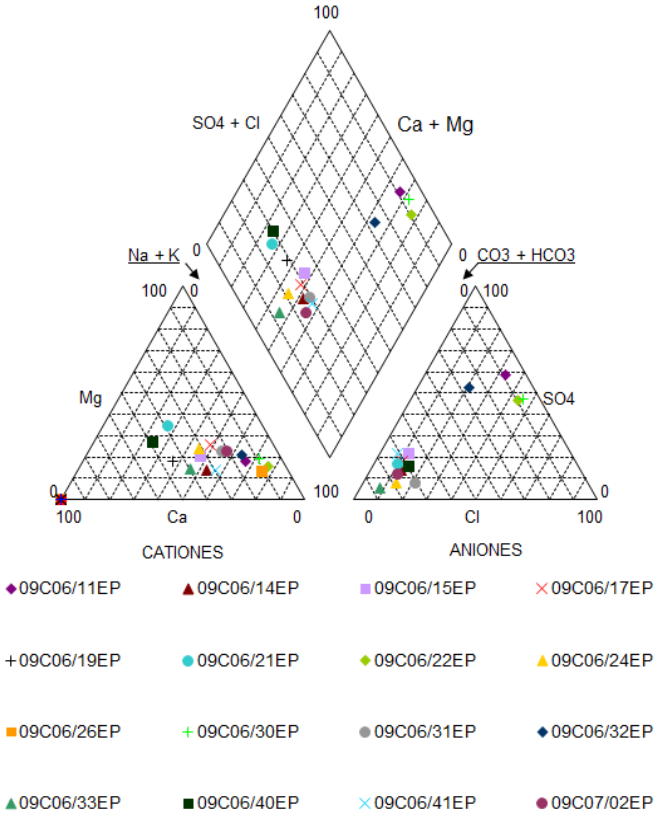

Fig. 18: Diagrama de Piper de 16 muestras de aguas subterráneas proveniente de General Acha y sus alrededores.

La caracterización hidroquímica de 21 muestras para la zona de El Carancho indica que el 9 muestras son bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas,

mientras que 7 son cloruradas y/o sulfatadas sódicas, las restantes son bicarbonatadas sódicas. (Fig. 19)

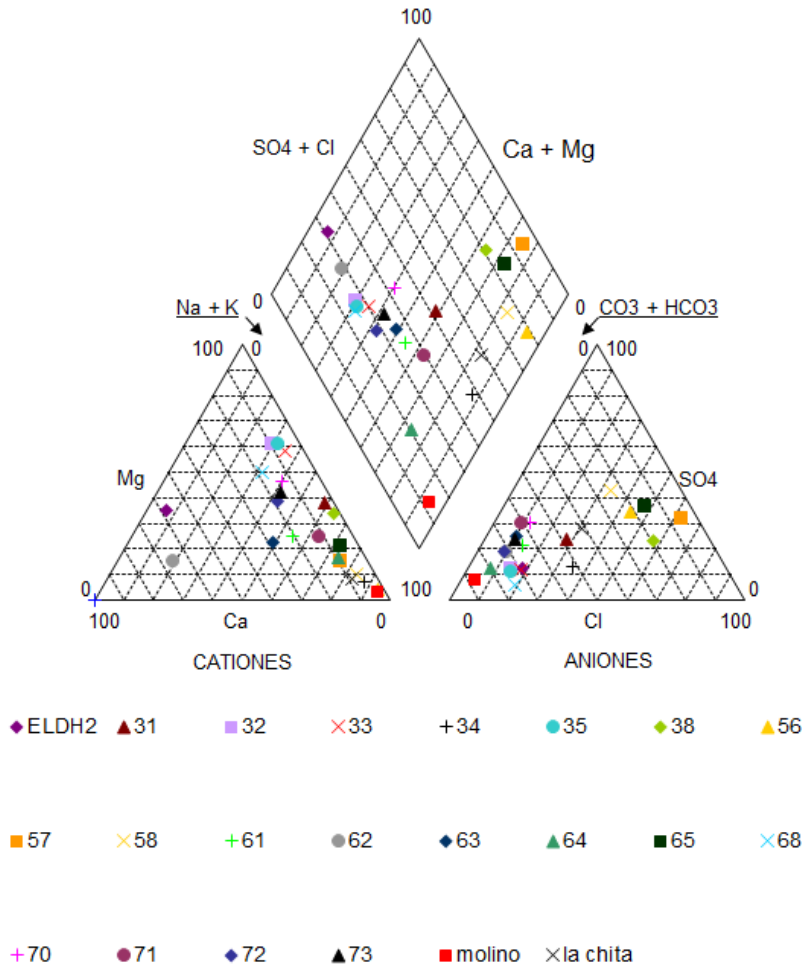

Fig. 19: Diagrama de Piper de 22 muestras de aguas subterráneas proveniente de la zona de El Carancho y sus alrededores.

En el mapa de residuo seco o TDS (Fig. 20) se puede apreciar que el residuo seco es inferior a 1000 mg/l en la zona central, área comprendida entre General Acha y el Carancho, incrementándose hacia el Norte y notablemente hacia el sur-oeste.

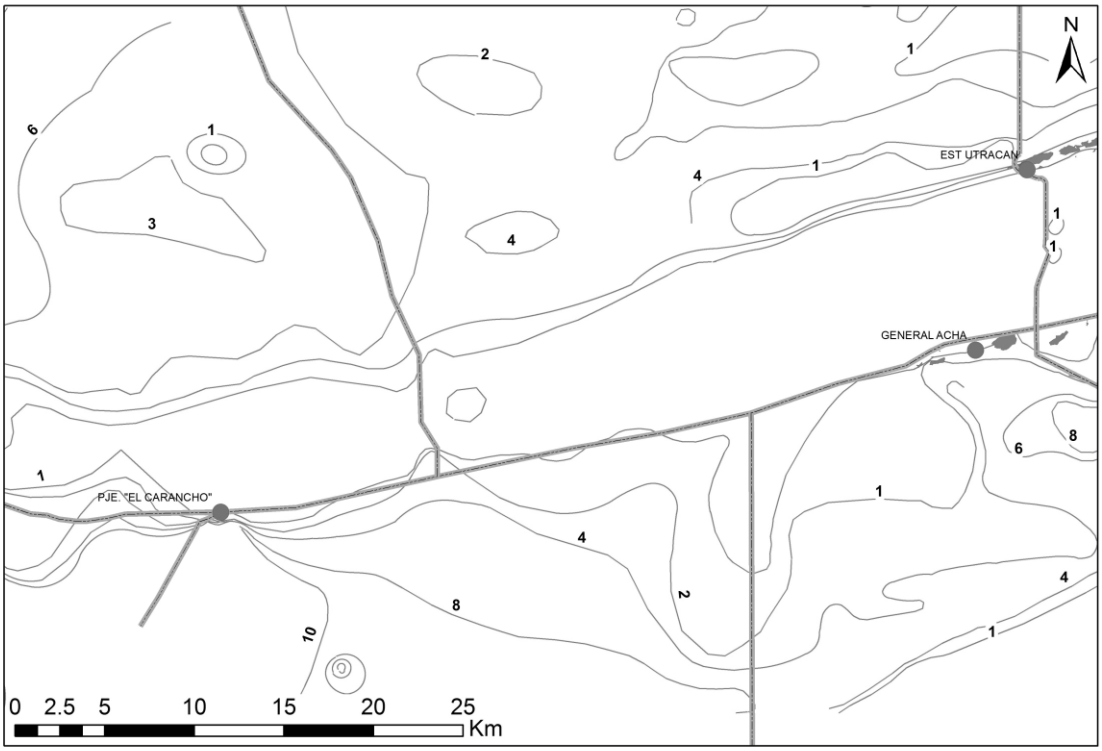

Fig. 20: Mapa TDS para el área comprendida entre General Acha y el Carancho

7.5 Calidad del agua subterránea

La calidad del agua subterránea es tan importante como la cantidad, porque puede llegar a decidir si es apta o no, para un determinado uso. Los datos obtenidos fueron clasificados respecto a su aptitud para consumo humano, ganadero y riego.

7.5.1. Calidad del agua para consumo humano.

En esta clasificación se consideraron los valores de potabilidad para consumo humano según el Código Alimentario Argentino (ANMAT, 2007) y los umbrales establecidos en la Ley Provincial N° 1027/80 (Decreto Reglamentario 193/81). En general, el Código Alimentario presenta valores guía menores que la legislación provincial, a excepción de el sulfato y dureza los cuales son más estrictos en la provincial. (Tabla N° 5)

Tabla 5: Valores guía de la calidad de agua para consumo humano según Código Alimentario Argentino (CAA) y la Ley 1207/80 y Dec. 193/81.

Parámetro	Ley 1027 Dec. 193/81 L.P.	C.A.A.
Residuo Seco (mg/L)	2000	1500
Cloruro (mg/L)	700	350
Sulfato (mg/L)	300	400
Bicarbonato (mg/L)	30 – 400	-
Dureza Total (mg/L)	200	400
Nitrato (mg/L)	45	45
Flúor (mg/L)	1,2-1,8	1,2
Arsénico (mg/L)	0,15 – 0,18	0,01

En relación al residuo seco, 11 de las 38 muestras tienen valores superiores a los permitidos por el CCA. Con respecto a la dureza 8 muestras superan la concentración máxima permitida. Con respecto al cloruro y sulfato, 11 muestras sobrepasan los valores máximos. El nitrato sobrepasa las concentraciones máximas tolerables en 5 muestras. En cuanto a la concentración de flúor, 10 muestras sobrepasan el máximo admitido.

7.5.2 Calidad del agua para uso ganadero

La clasificación para uso ganadero se realizó de acuerdo a las clases propuestas por Bavera (2011). Los parámetros considerados fueron el contenido de sales totales y sulfato. Es importante destacar que cualquier límite que se adopte no puede considerarse como absoluto por la combinación de factores (variación estacional, forraje, adaptación al agua) que tienen efecto en el agua consumida por los animales. (Tabla N°6)

Tabla 6: Valores guía de la calidad de agua para consumo ganadero (Bavera, 2011)

Sistemas		Sales Totales o RST (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	ClNa (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)
Cría	Invernada Tambo				
Deficiente	Deficiente	< 1000	-	-	-
Muy Buena	Buena	Menor 2000	1000	1200	250
Buena	Aceptable	2000-4000	1500	2400	300
Aceptable	Mala	4000-8000	2500	4200	400
Mala		8000-12000	4000	6600	500
Condicionada		Mayor 12000	7000	10000	600

Según la clasificación considerada el 66 % de las muestras resultan ser deficientes para la cría de bovinos como así también para invernada o tambo. El 11% son muy buenas mientras que el 24 % restante se distribuyen en buenas y aceptables. Datos similares fueron publicados por el informe del INTA (2008).

Tabla 7: Clasificación de la calidad de agua para consumo ganadero según Bavera para 33 muestras provenientes del área comprendida entre General Acha – Carancho.

Sistemas		Sales Totales	Sulfatos	Magnesio
Cría	Invernada Tambo			
Deficiente	Deficiente	25	-	-
Muy Buena	Buena	4	33	38
Buena	Aceptable	5	2	-
Aceptable	Mala	4	3	-

7.5.2 Calidad del agua para Riego

Los análisis disponibles han sido evaluados en su aptitud para riego mediante la conductividad eléctrica y la “relación de adsorción de sodio (RAS)”. Esta metodología propuesta por Richards (1954) para el laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos combina cuatro niveles de riesgo para cada uno de los elementos anteriormente mencionados. Como se puede observar en la tabla 7, la mayoría (65 %) son de buena calidad para riego (se corresponden con las C1-S1 – C2-S1 – C1-S2), mientras que el porcentaje restante (35 por ciento) son aguas utilizables para el riego pero con ciertas precauciones o aguas no aptas para riego por su peligrosidad salina de alta a muy alta y sódica de media a muy alta. En la tabla 8, que sintetiza muestras correspondientes a la zona de El Carancho, se aprecia que el 57 % son aguas aptas para riego, el 19 % son aguas regulares del tipo C2-S2, C3-S2 y C3-S3, mientras que el 24 por ciento restante son aguas no aptas a los fines considerados. De utilizar un agua de calidad regular para esta actividad se deberán requerir suelos permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes de agua en exceso para lavar las sales del suelo y utilizar especies tolerantes a la salinidad.

Tabla 8: Clasificación de las muestras para uso como agua de riego para General Acha.

Peligro de sodificación	Clase	S1	S2	S3	S4
	N° de muestras	11	2	1	3
Peligro de salinización	Clase	C1	C2	C3	C4
	N° de muestras	2	9	1	5

Tabla 9: Clasificación de las muestras para uso como agua de riego para El Carancho

Peligro de sodificación	Clase	S1	S2	S3	S4
	N° de muestras	12	1	3	5
Peligro de salinización	Clase	C1	C2	C3	C4
	N° de muestras	-	12	4	5

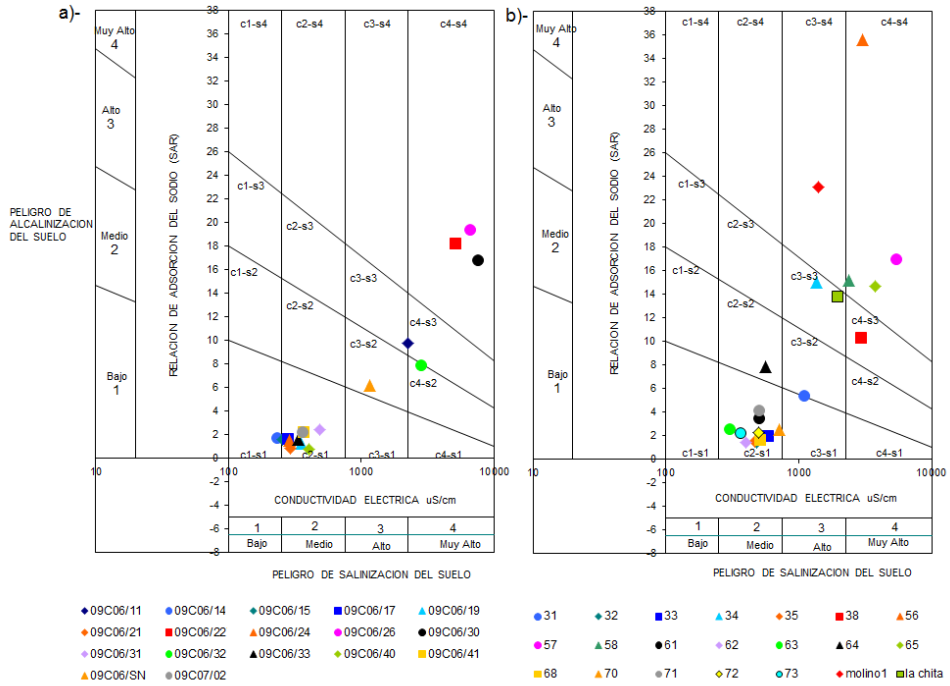

Fig. 21: Diagrama de clasificación de aguas subterráneas proveniente de la zona del Carancho y sus alrededores para riego

8. Discusión y Conclusión

La caracterización hidrogeológica de la zona de estudio se realizó considerando al ambiente hidrogeológico como un modelo conceptual de las condiciones geomorfológicas, geológicas y climáticas, que condicionan el funcionamiento de una unidad hidrogeológica. Por ello la caracterización hidrogeológica incluye un conjunto de factores externos e internos, que gobiernan la existencia del agua subterránea y las características hidráulicas de los acuíferos y los aspectos hidroquímicos.

Esta tesina se considera un nuevo aporte al conocimiento hidrogeológico de una región en la que la información existente referida al área es amplia y cubrió satisfactoriamente las necesidades para realizar el informe que se corresponde con esta tesina. Además de lo señalado se comprobó que la misma responde fehacientemente a las diferentes propiedades evaluadas en la región.

Los perfiles geoeléctricos reflejan las características geológicas e hidrogeológicas del terreno. Las unidades geológicas más relevantes en el área de estudio son las arenas, el “pampeano” (F. Cerro Azul) y el basamento cristalino.

El relieve se compone por dos elementos esenciales que son la planicie pampeana y el cordón medanoso central, y accesoriamente las depresiones marginales.

Las perforaciones situadas en las áreas circundantes del paraje El Carancho son en general poco profundas y de reducido espesor acuífero, debido a la presencia del basamento que está a menos de 10 metros fuera del área medanosa. En cuanto a la profundidad del basamento los trabajos de geoeléctrica y las perforaciones muestran que se profundiza desde el Carancho hacia General Acha, en al menos tres escalones. El primero se ubica a 8 km del este de El Carancho, el segundo a unos 12 km al oeste de General Acha y el tercero aproximadamente a unos 5 km en la misma dirección.

Los caudales brindados por los pozos de El Carancho, en general, son comparativamente superiores a los erogados por los pozos de General Acha y por ende comparativamente también lo son caudales específicos. En General Acha los

rendimientos disminuyen hacia el sur a medida que se asciende a la planicie pampeana, descendiendo los rendimientos y el nivel freático y aumentando la salinidad.

Los registros de los freatímetros correspondiente a la línea General Acha y Utracán se puede decir que abarcan según el análisis pluviométrico el ciclo donde las precipitaciones superan la media. Los niveles responden a la dinámica de las precipitaciones, respondiendo rápidamente a los periodos de exceso pluviométrico. En cuanto a la serie de observaciones pluviométricas correspondientes al área de El Carancho, puede señalarse que la misma es corta ya que son apenas 5 años (2012-2016), pueden apreciarse dos ciclos, uno reflejado en la aparente estabilidad del nivel freático y otro posterior al 2015 donde se aprecian tanto ascensos como descensos, respondiendo a los periodos de lluvias y sequias. Lo mencionado anteriormente coincide con Custodio *et. al.* (1993) en el sentido que en las zonas subhúmedas, la recarga producida en ciclos húmedos consigue generalmente alcanzar al acuífero y por ello se aprecian ciclos anuales o semi-anuales.

Se establece un sistema simple de flujo, donde existirían tres áreas interconectadas: de recarga, de descarga y de transferencia. En la primera de ellas el flujo se comportaría de forma vertical descendente, en la segunda una componente vertical ascendente y en la última, conectando las dos anteriores, el flujo es casi horizontal.

Los resultados expuestos en la sección de hidroquímica muestran tres tipos de agua (Bicarbonatadas Sódicas - Cloruradas y/o Sulfatadas sódicas) posible utilizar la misma en distintas actividades según los requerimientos específicos de cada una de ellas. Cabe destacar que para desarrollar la actividad ganadera es muy factible el requerimiento de suplementos minerales.

9. Bibliografía

- Administración Provincial del Agua (APA) 2014. Registros de lluvias de la estación General Acha 1955-2016. http://www.apa.lapampa.gov.ar/metereologias/19-meteorologia/42-datos-historicos-de-lluvia.html. Consultada el día 15 de enero de 2017.
- Bavera, G. A. 2011. Aguas y aguadas para el ganado. Edicion del Autor. Río Cuarto, 2011. ISBN 978-98727332-2-3. 500 pág. Cuarta edición.
- Bojanich, E.1964. Evaluación de los recursos hidráulicos subterráneos. Estudio para un aprovechamiento integral del Valle Argentino (Departamento Utracán, provincia de La Pampa). Ministerio de Economía y Asuntos Agrarios, Informe Inédito. Santa Rosa.
- Calmels, A. P. 1996. "Bosquejo Geomorfológico de La Provincia de La Pampa". Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa. Santa Rosa. La Pampa; 110 pp.
- Cámara de Diputados de la Provincia de La Pampa. 2004. Digesto Ambiental.Agua.http://www.camaradediputados.lapampa.gov.ar/images/Archivos/Varios/DigestoAmbiental/Agua/Agua.htm. Consultada el 3 de marzo del 2017.
- Cano, E. G.; Casagrande, H. A.;Conti, B.; Fernández, R.; Hevia, J. C.; Lea Plaza, D.; Maldonado Pinedo, H.; Martínez, M. A.; Montes y Peña Zubiate, C. A.1980. Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa. I.N.T.A, Provincia de La Pampa y UNLPam. Buenos Aires.
- Castro, E. C. y Miglianelli, C. H. (2004). Estudio Hidrogeológico para aprovechamiento ganadero en el "Paraje el Carancho" Sec. IX – Frac. D – Lotes 6 y 15 Fracción C. Lotes 10 y 11. Administración Provincial del Agua. Informe Inédito 30 pp.
- Castro, E. C. y Miglianelli, C. H. 2006 Estudio Hidrogeológico para aprovechamiento ganadero en el "Paraje el Carancho". Primer Congreso Pampeano del Agua; "...el agua un tema de todos…" Pp.: 195 – 204. Santa Rosa

- Cavalié, C. 1985. “Estudio Hidrogeológico Hoja General Acha”. Revista Pampa Geológica, Publicación especial, Santa Rosa. p 64-80.
- Código Alimentario Argentino (CAA). Articulo 982 (Resolución conjunta SPRyRS y SAGPyA 68/2007 y 196/2007) Capitulo XII. Agua potable, bebida hídrica, agua y agua gasificada.
- Cordini, I.H.; de Pandolfi, C. L.; Rubio, E. F. y Creixell, I. J. 1948. Cuerpos salinos de la Fosa Utracan-Acha. (Territorio Nacional de La Pampa). Trabajo de Laboratorio de sedimentología. Buenos Aires. 90pp.
- Cordini, I. H. 1967. Reservas Salinas de La Argentina. Ministerio de Economía y Trabajo. Secretaria de Estado de Energía y Minería. Subsecretaria de Minería y combustibles. Instituto Nacional de Geología y Minería.
- Cufre, A. C. 2011. Evaluación de la contaminación del agua subterránea en una zona urbana y periurbana a General Acha, La Pampa. Tesis de grado. Inédito. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de La Pampa. 66 pp.
- Custodio, E.y E. Díaz, 1976. Calidad del agua subterránea. En Custodio, E. y Llamas, M. R. (Eds.): Hidrología Subterránea, Tomo II: 1979-1896, Ed. Omega, Barcelona.
- Doering, A.1882. Geología. Informe Oficial de la Comisión científica agregada al Estado Mayor General de la expedición al Rio Negro (Patagonia), realizadas en los meses de abril, mayo y junio 1789, bajo las órdenes del General D. Julio A. Roca. Entrega: III:295 – 530. Buenos Aires
- de Elorriaga, E.E., 1998. Perfil Geoeléctrico - Geológico en el Valle Argentino (Departamento Utracán, Provincia de La Pampa). 5º Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses Actas II: 151- 159, Mar del Plata.
- de Elorriaga E.E., Malán, J.M. y Castro, M., 2006. Análisis y descripción comparativa de perfiles topográficos en el Sistema Valle Argentino-Gral. Acha y Utracán”. 9º Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales. Resúmenes: 62. Santa Rosa.

- de Elorriaga, E.E., Malán, J.M. y Castro M., 2006. Características morfoestructurales del sistema de los valles de Utracán y Gral. Acha-Argentino, provincia de La Pampa. 13º Reunión de Tectónica. San Luis.
- de Elorriaga, E.E. y Malán, J.M., 2007. Aportes al conocimiento de la tectónica del sistema de valles Utracán y General Acha-Argentino, provincia de La Pampa a partir de herramientas de análisis morfológico. 6º Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses. Resúmenes: 110. Mar del Plata.
- EASY-QUIM.4 (2002). Software para hidroquímica. (GHS-UPC, CIHS) www.oocities.org/es/carles_fernandez/descarregues/EASY_QUIM.4.xls.
- Ferrocarril Sud. Estación General Acha. Datos de precipitaciones periodo 1898-1955.
- Giai, S. B. 1972. Estudio hidrogeológico de la traza de la ruta provincial N° 21, tramo El Carancho-Chacharramendi (Provincia de La Pampa). Informe inédito, 7 p. Biblioteca de la Administración del Agua.
- Giai, S. y Tullio J. O. 1998. Características de los principales acuíferos de la Provincia de La Pampa. Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Medio Ambiente, Buenos Aires. p 51-68.
- Giraut, M., Lupano, C., Schulz, C., y Rey, C.2006. Cartografía hídrica superficial de la Provincia de La Pampa.Tercer Congreso de la Ciencia Cartográfica. X Semana Nacional de Cartografía. 26-29 de junio de 2006, Buenos Aires, Argentina.
- Herrero Ducloux, J.J. 1978. Informe de prospección geofísica en la región comprendida entre el paralelo 36º y 37º 20’ de latitud sur y los meridianos 64º y 66º oeste de Greenwich. Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas, Centro de Hidrología Aplicada. Buenos Aires.
- INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010.
- Llambías, E. J. 1975. Geologia de la provincia de La Pampa y sus aspectos minero. Dir. Min. Prov. de La Pampa, Inf. Inédito. Santa Rosa

- Larrechea, C. J.1965. Informe sobre las aptitudes para el riego de dos muestras de agua procedentes de Gral. Acha. Administración Provincial del Agua, Santa Rosa.
- Linares, E.; Llambías, E.J. y Latorre, C. O. 1980. “Geología de la provincia de La Pampa, República Argentina y geocronología de sus rocas metamórficas y eruptivas”. Revista de la Asociación Geológica Argentina, XXXV (1): 87-146.
- Mariño, E.; Schulz, C. J.; Fernandez A.; Castro, E. C. y Dalmaso, G. 2002. Hidroquímica subterránea del sector oriental del Valle Argentino. VIII Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales. COPROCNA. Santa Rosa, La Pampa. Actas: 139 - 141.
- Mariño, E. y Schulz, C. J. 2008. Importancia de los acuíferos en ambiente medanoso en la región semiárida pampeana. Revista Huellas N° 12. ISSN 0329-0573.P.113-127.Universidad Nacional de La Pampa.
- Roberto, Z.; Tulllio, J. O. y Malán, J. M. 2008. Cartografía del agua subterránea para uso ganadero en La Pampa. INTA. Publicación Técnica N° 73. ISSN 0325-2132
- Ruiz E. y Schulz, C.J. 1980. Planillas y curvas de campo correspondientes a la medición de 20 sondeos eléctricos verticales en el Valle Argentino. Información inédita. Dirección de Aguas de la provincia de La Pampa. Santa Rosa.
- Salso, J. 1965. Perforaciones de exploración en General Acha. Consejo Provincial del Agua, Informe Inédito. 2p. Santa Rosa.
- Salso, J. 1966.La cuenca de Macachín, provincia de La Pampa. Asociación Geológica Argentina, Revista, XXI (2): 107-117 Salso, J., 1966. La cuenca de Macachín, provincia de La Pampa. Asociación Geológica Argentina, Revista, XXI (2): 107-117.
- Salso, J. 1969. Origen del agua en la Región central de La Pampa. Trabajo presentado al IV congreso Nacional del Agua. Comahue – Serie Neuquén, Tomo II. Dirección Nacional de Geología y Minería. Informe inédito. Carpeta N° 487. Bs AS.

- Salso, J., 1971. Estudio hidrogeológico de General Acha - hoja 32-j. Secretaría de Estado de Minería. Inédito
- Salso, J. 1972. Rasgos hidrogeológicos de la provincia de La Pampa. Mundo geológico, (15):11-15. Bs As.
- Schulz, C.; Bonorino, G.; Vives, L. y Dornes, P. (1997). “Estudio de planificación y gestión de los recursos hídricos del Valle Argentino, provincia de La Pampa”. En Congreso Nacional de Hidrogeología, Actas. Bahía Blanca: 403-414.
- Schulz, C. 1999. Curso “Agua y Medio Ambiente”. Cooperativa de Obras, Servicios Públicos, Crédito y Provisión de Quemú Quemú Limitada. Quemú Quemú, La Pampa. 190 pp.
- Schulz, C. J.; Mariño, E.; Castro, E.; Dalmaso, M. G.; Fernández, A. y Dornes, P. 1999. “Evaluación preliminar de la calidad del agua subterránea en un sector del valle argentino, provincia de La Pampa”. VII Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales, Santa Rosa COPROCNA. Actas: 289-296.
- Schulz, C. J. 2004. “Estudio hidrogeológico del área central del valle argentino, La Pampa, Argentina”. Elaboración de una propuesta de gestión de los recursos hídricos. Tesis doctoral. Inédito. Universidad Nacional de Córdoba, 141 p.
- Schulz, C. J. y Weinzettel, P. Estudio Hidrogeológico Establecimiento rural los Dos Hermanos. Inédito. 62 pp.
- Silleta, R. 2009. Informe preliminar sobre Carancho. Informe Inédito.
- Tapia, A. 1935.Pilcomayo. Contribución al conocimiento de las llanuras argentinas. Dirección de Minas y Geología, Boletín 40: 124 pp., Buenos Aires
- Terraza, J. C. y Bazán, S. B. 1982. Relevamiento Hidrogeológico de la Hoja Caranchos, Provincia de La Pampa. Inédito. Dirección de Aguas de la provincia de La Pampa. Santa Rosa. 166 pp.
- Tullio, J.O. 1981. Informe preliminar sobre el Cuaternario de la provincia de La Pampa y características de los acuíferos de la región.

Administración Provincial del Agua, Informe inédito, 22 páginas. Santa Rosa.

- Tullio, J. O. y H. M. Martinez, 1979. Informe preliminar sobre el levantamiento de la hoja I.G.M. "Estancia El Lucero", escala 1: 100.000. M.O.P., Gobierno de la provincia de La Pampa. Plan EASSE, A.P.A. Informeinédito. Santa rosa.
- Tullio, J. O. y Castro, E. 1987.Perfiles hidrogeológicos del Valle Argentino. Inédito.
- Tullio, J. O. 2006.El agua subterránea y el caldenal. Administración Provincial del Agua (M. O. S. P.). Inédito Dirección de Aguas de la provincia de La Pampa. Santa Rosa. 14pp.
- Universidad de Ben Gurion del Negeb. 1998. Valle Argentino. Planificación Regional Integral. Informe Final. Parte I. 151pp.
- Visconti, G.; Montalvo, C. I.; Cardonatto, M. C y Pugener L.A. 1996. Análisis sedimentológico e interpretación paleoambiental de la Formación Cerro Azul (Mioceno tardío) en el valle Argentino, provincia de La Pampa. IV Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales, Comunicaciones: 86-88, Santa Rosa.

ANEXO I

Tabla 10: Precipitación media mensual de General Acha – La Pampa (1898-2016)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
1898	26,2	105,4	44,7	28,5	18	69,2	7,6	8,4	0	10,4	60,2	64,4	443
1899	52,5	94,6	51	13,4	6,1	44,9	21,1	48,3	52,1	15,2	81,1	43,9	524,2
1900	90,3	129,7	67,1	25,8	51,8	74	33,3	61,2	52,6	52,1	0	22	659,9
1901	21	7	97	22,8	10,2	14,3	0	2	20,8	20,8	47	0	262,9
1902	57,3	6,7	20	30,1	80,9	39,3	11,8	0	21,4	9,3	14,1	14,7	305,6
1903	75,9	27,1	20,6	154,6	24,5	21,8	10,3	0,9	46,7	72,1	13,4	84	551,9
1904	139,4	56,6	176,9	53,4	6,7	9,5	20,4	27,1	51,4	21,9	38,8	67	669,1
1905	2,1	64,4	291,9	8,8	51	3	16	5	7	22	23	88,5	582,7
1906	103	76,1	13	9	1	4	41,5	8	9	84,5	59	0	408,1
1907	57,1	33,7	54	114	0	2	2	2	76,5	48	60	14	463,3
1908	9	0	18	40	48	0	4	1	41	58	18	77	314
1909	19	9	0	83	3	0	0	0	67	73	63,5	2	319,5
1910	14	45	22	80	0	0	0	0	16	21	19	17	234
1911	29	52	17	29	41	0	2	11	87	33	69	17	387
1912	56	178	17	106	0	26	0	34	33	22	0	48	520
1913	6	32	19	26	12	0	14	13	33	18	28	51	252
1914	42	27	47	164	61	5	19	16	46	112	11	77	627
1915	53	26	105	37	6	6	2	0	10	76	23	47	391
1916	63	32	72	37,5	0	8	5	55	17	7	16,5	37	350
1917	38	181	63	117	16	9	32	4	63	34	55	53	665
1918	119	44	85	3	12	6	0	26	15	151	181	74	716
1919	22	214	129	186	118	33	59	0	20	41	75	19	916
1920	49	111	34	49	2	3	5	30	13	62	124	70	552
1921	52	94	96	6	10	0	0	1	94	149	25	80	607
1922	83	62	25	25	73	41	4	0	46	68	76	36	539
1923	0	64	14	0	6	49	5	67	42	95	68	98	508
1924	22	5	90	32	0	19	5	7	41	34	7	28	290
1925	28	192	115	0	76	0	24	6	29	22	91	131	714
1926	54	107	148	77	26	14	33	80	8	55	71	70	743
1927	20	28	103	0	0	0	5	4	4	109	67	13	353
1928	18	10	63	41	40	6	8	12	12	54	181	56	501
1929	19	34	0	7	28	14	0	13	2	89	8	0	214
1930	34	44	34	5	17	17	0	12	0	71	56	118	408
1931	238	114	25	24	0	0	25	11	11	49	25	80	602
1932	28	13	46	4	39	1	7	64	66	105	15	36	424
1933	25	11	57	18	60	1	0	7	33	40	2	23	277
1934	65	1	46	4	19	3	0	17	72	130	76	92	525
1935	61	14	60	0	4	0	16	0	0	92	12	51	310
1936	21	97	6	61	23	10	8	5	2	46	30	87	396
1937	6	8	100	42	26	15	14	13	1	57	29	8	319
1938	15	26	31	84	28	4	1	16	2	5	27	2	241
1939	36	135	34	2	41	33	9	10	82	61	2	76	521

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
1940	15	153	43	29	15	121	27	32	11	94	67	142	749
1941	8	44	103	38	2	5	16	29	0	16	65	46	372
1942	49	47	19	19	11	7	9	15	8	21	30	26	261
1943	3	13	63	48	16	60	90	9	43	155	53	21	574
1944	163	65	29	186	54	7	1	6	32	140	10	75	768
1945	69	110	83	76	12	0	6	31	43	92	60	66	648
1946	55	17	81	173	69	66	52	0	34	72	32	46	697
1947	13	67	124	41	10	13	1	8	5	31	56	8	377
1948	120	1	91	44	115	1	7	29	69	28	24	38	567
1949	65	44	32	1	17	1	1	51	52	0	91	34	389
1950	3	8	59	45	52	0	6	2	84	15	65	7	346
1951	89	71	24	3	43	8	25	1	2	21	27	219	533
1952	18	21	54	1	5	86	7	14	3	115	18	33	375
1953	34	44	102	35	16	11	14	3	27	99	74	70	529
1954	21	22	5	163	26	50	7	4	23	38	51	18	428
1955	45	72	87	41	10	13	64	1	3	34	107	29	506
1956	46	19	147	107	2	2	1	22	38	48	84	9	525
1957	60	8	115	77	37	74	6	2	20	23	53	136	611
1958	41	38	62	74	19	10	108	7	125	12	46	59	601
1959	81	31	60	40	11	74	11	14	5	87	102	11	527
1960	67	57	54	2	4	43	6	0	64	32	12	24	365
1961	63	30	5	67	46	10	37	18	19	75	67	64	501
1962	17	29	16	12	3	0	1	8	41	78	53	67	325
1963	41	89	97	47	2	26	0	17	67	48	40	40	514
1964	39	75	85	75	0	0	0	12	58	9	123	88	564
1965	47	39	28	35	6	12	7	4	0	17	99	48	342
1966	55	8	72	88	0	18	32	3	20	10	169	48	523
1967	41	24	55	15	37	5	8	0	32	228	40	39	524
1968	52	26	211	0	0	16	17	55	83	74	192	71	797
1969	9	53	164	10	2	20	0	5	34	16	114	66	493
1970	128	96	43	11	0	0	0	0	64	25	25	7	399
1971	10	10	4	1	10	5	6	35	59	52	32	21	245
1972	35	16	76	87	2	24	13	10	68	60	156	33	580
1973	127	88	103	56	3	74	5	4	15	202	12	35	724
1974	44	37	146	17	100	5	0	0	11	41	28	75	504
1975	32	95	65	71	14	25	0	8	39	25	52	0	426
1976	62	128	67	50	6	0	2	79	0	100	345	101	940
1977	155	141	70	55	0	70	20	16	0	131	25	69	752
1978	85	162	160	9	11	0	36	0	94	21	113	62	753
1979	173	26	152	0	16	0	0	5	9	118,5	43	65	607,5
1980	31	110	56	74	7	4	23	0	2	56	88	14	465

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
1981	66,5	94	17	109	51	30	0	9	0	49	36	31	492,5
1982	116	36	6	134	44	4,5	25	0	54	45	42	34	540,5
1983	128	19	78	84	0	0	0	30	19	30	9	74	471
1984	34	234	182	78	40	20	14	31	92	39	209	53	1026
1985	268	75	29	30	11	3	139,3	0	41	144	63	40,5	843,8
1986	174	7	18	84	15	18	0	0	12	65	17	129	539
1988	0	75,1	132	0	0	2	11	55	139,5	21	32	27	494,6
1989	46	13	100	0	80	27,7	39,5	52,5	32	17	49,7	94	551,4
1990	124	49	149	0	46	0	0	12	24	75	16	55	550
1991	251	70	76	63	84	61	8	41,5	38	18	104	183,5	998
1992	185,5	67	205,5	37,7	52,5	2,5	0	39,2	68	66	83,9	327	1134,8
1993	34,4	61	101,7	47,5	23	0	0	0	13	67,2	0	120	467,8
1994	42,4	59,5	65,5	45	65	22	54,4	45,7	0	33,7	27	55	515,2
1995	70,9	41,5	86	80	28	7	0	6,2	15,2	64,2	95,5	0	494,5
1996	60	70	38	40,5	16	6	27	42,5	21	10	82,8	286,2	700
1997	55,5	72,5	129,8	4	4	50	77	9,5	30,5	76	43	61	612,8
1998	206,5	197	20	59,5	21	7	0	9	15,5	15	110,5	66	727
1999	116	36	165,5	144	23,5	23	11,5	2	72	73	174	130	970,5
2000	63	134	94	21	110,5	11	7	44	14	140,5	21	12	672
2001	102	59	218	86	28	28	18,5	31,5	115	133,5	101,5	61,5	982,5
2002	34,5	75	30	76	59	4	3,5	61	27	157,5	35	116	678,5
2003	21,5	53	58,5	34	29	0	1	41	8,5	117	82	16	461,5
2004	98,5	72	153	120	12	0	89	33,5	10	52	137	212,5	989,5
2005	105	50	29,5	0	27,5	26,5	21	12,5	75	59	36	90	532
2006	55	119	85	0	0	5	34	0	45	114,5	3,5	89,5	550,5
2007	97	130	166	36	0	11	2	12	117	70,5	47	16,5	705
2008	160	113	0	2	27,5	34,5	5	26	49	43	30	70	560
2009	0	48	30	9	39	0	8	0	39	18	53,5	86	330,5
2010	142,5	174	168	27	1	7	7	0	51	61,5	40	53	732
2011	146	56	77,5	62	30	27	5	3	4	98	91	19,5	619
2012	0	0	30	17,5	11	0	0	62	0,5	127	46	106	400
2013	58,00	103,00	0	64,00	0,00	0,00	3,00	0,00	74,00	75,50	47,50	31,50	456,5
2014	23	35,5	21	157,5	58	15	33	48	75,5	155,5	39	17,5	678,5
2015	27	56	30	171	4	0	0	3	30	117	44	51	533
2016	131	15	2	117	64,5	27	17	0	61	202	52	17	705,5
Promedio	63,75	62,83	71,70	50,11	25,43	17,38	15,28	17,11	35,88	64,45	59,25	59,61	542,78
Maximo	268,00	234,00	291,90	186,00	118,00	121,00	139,30	80,00	139,50	228,00	345,00	327,00	1134,80

ANEXO II

Tabla 11: Análisis físico-químico de las muestras de agua subterránea.

	Conductividad	pH	Alcalinidad Total	Dureza Total	Residuo Seco	CO3H=	SO4-	Cl-	No3-	Na+	K+	Ca++	Mg++	F-	As-
09C06/11EP	2250	7,8	204	596	2529	204	1054	440	15,5	552	11,7	110	78	2,2	0,05
09C06/14EP	232	7,33	120	68	216	120	18	12	6,4	34,5	2	19	4,86	0,73	< 0,04
09C06/15EP	255	7,33	120	84	237	120	31	12	3,8	34,5	2	21	7,78	0,73	< 0,04
09C06/17EP	276	7,73	132	80	256	132	26	12	7,6	34,5	3,9	16	9,72	0,84	< 0,04
09C06/19EP	352	7,49	164	128	327	164	31	16	23,6	34,5	7,8	37	8,75	0,57	< 0,04
09C06/21EP	291	7,55	164	136	270	164	30	12	3	23	3,9	29	15,6	0,57	< 0,04
09C06/22EP	5040	7,74	360	750	4244	360	1442	1010	1,2	1150	18,65	96	123	2,2	0,056
09C06/24EP	287	7,64	156	92	267	156	12	16	8	34,5	3,9	21	9,72	0,71	< 0,04
09C06/26EP	6570	7,53	376	980	4801	376	1727	1180	S/D	1403	15,6	176	131,22	2,19	0,069
09C06/30EP	7550	7,33	342	1060	5088	342	1854,4	1330	2,8	1265	15,6	136	175	2,29	0,08
09C06/31EP	490	8,07	184	104	333	184	16,2	32	10,1	57,5	3,9	21	12,64	1,16	< 0,04
09C06/32EP	2810	7,57	376	516	1932	376	588,6	176	382,3	414	11,7	88	71,93	0,43	< 0,04
09C06/33EP	337	S/D	144	84	231	144	7	8	17,2	34,5	25,6	25,6	5,8	1,16	< 0,04
09C06/40EP	402	7,67	160	156	297	160	27,9	20	2,3	23	3,9	40	13,6	0,1	-
09C06/41EP	362	8,04	136	76	229	136	32,9	8	3,5	46	3,9	20,8	5,8	0,95	-
09C07/02EP	356	8,12	152	76	207	152	19,3	14	3,2	46	7,8	14,4	9,7	0,76	< 0,04
ELDH2	-	9,88	204	146	360	204	29,4	32,25	7,8	8	1,25	58,45	21,3	1,52	0,003
31	1090	7,4	476	364	1155	476	186	160	51	239	32	11	82	2,4	-
32	480	7,1	348	308	509	348	47	40	54	59	7	16	65	1	-
33	585	7	412	340	620	412	54	64	0	85	7	14	74	1,4	-
34	1350	7,3	816	112	1631	816	158	324	0	368	25	19	16	1,4	-
35	465	7,1	308	264	493	308	37	36	71	55	6	11	57	1,4	-
38	2900	7,7	540	852	3074	540	518	940	59	699	23	22	194	1,4	-
56	3000	8,1	580	264	3060	580	737	688	16	966	14	21	21	1,2	-
57	5400	7,6	276	860	5508	276	1246	1780	11	1104	17	120	120	1	-
58	2400	7,7	432	376	2448	432	606	348	22	524	8	34	34	3,8	-
61	500	7,4	288	212	475	288	76	36	28	117	5	38	28	9	-
62	400	7,5	260	268	380	260	55	20	9	106	6	321	46	0,4	0,05
63	300	7,5	180	188	285	180	55	16	15	83	6	42	20	0,6	0,05
64	560	7,6	384	192	532	384	48	22	4	250	10	27	30	2,2	-
65	3800	7,9	472	780	3876	472	871	830	30	947	17	72	146	3	0,2
68	510	7	268	248	484	268	16	40	46	70	7	35	58	1	-
70	720	7,2	328	340	684	328	136	40	28	106	6	30	64	0,8	0,05
71	500	7,1	280	144	475	280	109	24	3	115	7	18	24	0,8	0,05
72	500	7,1	280	232	475	280	59	20	19	80	5	30	38	0,8	0,05
73	360	7,2	220	248	342	220	62	20	9	83	5	27	44	0,8	-
molino	1401	7,77	920,86	-	100,1	920,86	67,2	26,06	2	414	2,4	11,45	7,8	2,52	-
la chita	1948	7,63	532,65	-	1346	532,65	285,5	234,79	14,9	455	5,4	41,13	24,68	4,12	-