



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

TESINA PRESENTADA PARA OBTENER
EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO EN GEOLOGÍA

“ANÁLISIS DE LA SOSTENIBILIDAD DEL ACUÍFERO QUE PROVEE DE AGUA
POTABLE A LAS POBLACIONES DE INTENDENTE ALVEAR Y CEBALLOS, LA
PAMPA”.

Fernando Antonio SOTO

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

2015

PREFACIO

Esta Tesina es presentada como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Licenciado en Geología, 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 en Gabinete, dependiente del Departamento de Geología, durante el período comprendido entre el 27 de Septiembre de 2013 (fecha de aceptación del Proyecto de Tesina) y el 11 de Noviembre de 2015 (fecha de presentación de la Tesina), bajo la dirección de Castro, Eduardo Carlos.

Se agradece al Director, a la Administración Provincial del Agua, al INTA Anguil, a la Cooperativa de servicios de Intendente Alvear, a Mónica Castro y a mi familia, por su colaboración, guía en el trabajo a realizar, su apoyo y por la información brindada.

11 de Noviembre de 2015

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como propósito fundamental cuantificar, a través de un análisis detallado del periodo comprendido entre 1992 y 2013, las fluctuaciones de las reservas del acuífero que provee de agua a las poblaciones de Ceballos e Intendente Alvear, La Pampa.

Para ello, se analizarán los aportes proporcionados por las precipitaciones, el uso antrópico de este recurso y la influencia de ambos en las reservas del acuífero. Dicho análisis se realizará a través de la aplicación de un balance hídrico seriado de paso diario y un balance de agua en el suelo de Thornthwaite y Mather, 1955, complementario de paso mensual; del cálculo de las diferencias volumétricas interanuales entre la superficie freática de cada año y el sucesivo; del índice de estado del sistema hidrogeológico (IES) formado por un índice de disminución del almacenamiento (IDA) y un índice de evolución hidroquímica (IEH). (Abt et. al., 2010).

Se utilizarán como fuentes de información las medidas de las precipitaciones, de los piezómetros y la ubicación de estos, junto con datos químicos, brindados por la Administración Provincial del Agua; y los datos de explotación del recurso y cantidad de usuarios del servicio de agua potable, aportados por la Cooperativa de Electricidad y Otros Servicios Públicos de Intendente Alvear (COSERIA), La Pampa, dado que posee la concesión del recurso.

Dicha información permitirá confeccionar mapas piezométricos para enero de cada año (o en su defecto, los de la fecha más cercana en donde se obtuvieron mediciones).

ABSTRACT

The present research has, as its main purpose, to quantify, through a detailed analysis of the period between 1993 and 2012, fluctuations in the aquifer reservoir that provides water to the population in Ceballos and Intendente Alvear, in the province of La Pampa.

For this purpose, we shall analyze the inputs provided by rainfall, the anthropic use of this resource, and their influence in aquifer reservoir. This analysis is done through the application of a daily serial water balance and a Thornthwaite and Mather water balance on the soil, 1955, complemented on a monthly basis; the calculation of the annual volumetric differences between the phreatic surface each year and the following; the hydrogeological system status rate (IES), which consists of a storage reduction rate (IDA) and a hydrochemical evolution rate (IEH). (Abt et. Al., 2010).

Precipitation measurements, piezometers and their location, along with chemical data, provided by the Provincial Water Administration, will be used as sources of information; as well as data on exploitation of the resource and users of drinking water, provided by the Cooperative of Electricity and Other Utilities Butler (COSERIA), La Pampa, since it has the concession of the resource.

This information will allow for the creation of piezometric maps for January each year (or, if not available, the nearest date on which measurements were obtained).

INTRODUCCIÓN

El agua, junto con el aire, la tierra y la energía, conforma los cuatro componentes básicos en que se apoya el desarrollo de la humanidad. Por lo tanto, constituye uno de los recursos naturales indispensables para la vida.

Es considerada uno de los compuestos más abundantes en la naturaleza, ya que cubre tres cuartas partes de la superficie terrestre. Sin embargo, el 97,5% de la misma corresponde a océanos y otras masas salinas; y del restante 2,5%, aproximadamente el 1,74% se encuentra en estado sólido, formando el hielo de los glaciares, prácticamente inaccesible para su aprovechamiento como recurso. Siguiendo la distribución porcentual, sólo el 0,76% del agua del planeta se encuentra en ríos, lagos y acuíferos; cantidad sorprendentemente escasa y distribuida en forma irregular. (Datos extraídos del cuarto Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el mundo, 2012).

A lo largo de la historia se han otorgado diversos usos a este importante recurso: consumo, higiene, comercio, para nombrar los más importantes. Entre ellos se destaca el que se le ha dado al agua subterránea, marcando un importante cambio en el modo de vida de los hombres, ya que permitió diversificar la agricultura producida hasta ese momento, principalmente en áreas donde es la única fuente disponible del recurso, a la vez que comenzó a formar parte esencial de la inmensa mayoría de las actividades económicas (Castro, 2011).

Pero la importancia del agua no es sólo pasada y presente, la gran relevancia está en su disponibilidad para las generaciones futuras, dado que el aumento de la población conlleva implícita una proporcionalidad directa con el aumento de su consumo y la excesiva utilización de este vital recurso; que en muchos de los casos experimenta una inadecuada explotación.

Estos problemas, relacionados básicamente a la cantidad y calidad del agua, se enfocan (Custodio y Llamas, 1983) desde dos puntos de vista:

- a) Ecológico.
- b) Aquel que considera al agua como un recurso o bien económico.

Pero más allá de la valoración y perspectiva que cada componente social le otorgue a cada uno de estos aspectos, lo cierto es que la preocupación debe acentuarse en la importancia ambiental que reviste, y la acción del hombre debe enfocarse en la preservación del recurso, basado principalmente en la escasez y deterioro del mismo. Es aquí donde hay que dejar constancia de la importancia del desarrollo sostenible, que es aquel que permite compatibilizar el uso de los recursos con la conservación de los ecosistemas y sus reservas.

Las condiciones para un desarrollo sostenible son las siguientes: (Arguello, 2010):

1. Ningún recurso renovable deberá ser usado a un ritmo superior al de su generación.
2. Ningún contaminante deberá producirse a un ritmo mayor al que pueda ser reciclado, neutralizado o, en su defecto, absorbido por el medio ambiente.
3. Ningún recurso no renovable deberá ser aprovechado a una mayor velocidad de la necesaria para sustituirlo por un recurso renovable utilizado de manera sostenible.

En cuanto a la hidrología, los cursos de agua existentes en la provincia de La Pampa, tanto subterráneos como superficiales, son de escasa magnitud en comparación con la extensión territorial. Por esa misma razón es que las actividades productivas deben adaptarse a la disponibilidad de agua en base a las precipitaciones.

Cabe mencionar que la zona bajo estudio es subhúmeda, presentando un carácter estacional de lluvias. (Casagrande et. al., 2000). Dada la indisponibilidad de otras fuentes de agua, la subterránea es un recurso imprescindible en gran parte del territorio pampeano, siendo una fuente vital para las poblaciones de esas zonas, para su subsistencia y desarrollo socioeconómico.

Con la presente contribución se busca aplicar técnicas nuevas, para atender cuestiones tan importantes como la calidad del agua para abastecer a las poblaciones de las localidades cercanas al acuífero y cuantificar las reservas que pueden ser utilizadas sin correr riesgo de deteriorar su

composición ni sobreexplotación, se busca con esto realizar un aporte al manejo futuro del reservorio subterráneo.

CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES

Centrándonos en el área de estudio, es necesario establecer algunas descripciones generales de la misma. Como se mencionó en la introducción, desde tiempos inmemorables el hombre ha transformado y adaptado el entorno en el que se encuentra a sus necesidades, generando efectos que directa o indirectamente modifican a los recursos hídricos. Uno de estos recursos, denominado acuífero consiste en Formaciones geológicas que permiten la circulación de agua por sus poros intersticiales o grietas. (Custodio y Llamas, 1983).

En nuestra provincia, estos acuíferos se encuentran alojados en ambientes medanosos y constituyen la principal fuente de abastecimiento de agua para las poblaciones del norte pampeano, ya que los médanos actúan de receptores y filtros naturales, y permiten que las aguas de lluvia infiltradas puedan ser captadas.

1.1 Ubicación y caracterización

La zona de estudio se encuentra ubicada en el margen nor-noreste de la provincia de La Pampa (República Argentina), entre las coordenadas 63°23' y 63°56' de longitud oeste y 35°06' y 35°24' de latitud sur, comprendiendo las localidades de Intendente Alvear y Ceballos. Se encuentra en un área de gran relevancia por ser la más favorable de la provincia para la producción agrícola-ganadera, dadas las condiciones climáticas favorables para ello.



Figura 1.1: Ubicación del departamento bajo estudio. Elaboración propia en base a fuentes cartográficas de páginas de internet (Wikipedia).



Figura 1.2: Ubicación del área de estudio. Elaboración propia a partir de mapa extraído de Google Earth.

En los últimos años, la tendencia histórica de un lento crecimiento demográfico, se ha revertido para las localidades de Intendente Alvear y Ceballos. En este sentido, la primera ha incrementado su población en un 30,19% respecto al censo anterior (superando las proyecciones estadísticas), y la segunda tuvo un ascenso del 29.9%, alcanzando en

conjunto más de 9000 habitantes para el año 2010 (INDEC, Censo Nacional de Hogares 2010).

En el acuífero que atañe al trabajo, el agua está albergada en la parte superior de la Formación Pampeano, compuesta por médanos arenoso-limosos, con caudales específicos altos, cuyos valores van desde 1,5 m³/hm hasta los 6 m³/hm.

Cabe mencionar que las dimensiones relativamente menores del cuerpo de agua subterránea, sumado a una zona no saturada poco potente, provocan que el acuífero sea vulnerable a variaciones cuali-cuantitativas, y a fuentes contaminantes. (Castro y Tullio, 1996).

1.2 Características climáticas

Se puede caracterizar al área de estudio según la clasificación Climática de Thornthwaite (1948) que parte de los balances de agua en el suelo. En tal sentido, puede afirmarse que el clima de la zona corresponde a Húmedo B2, Mesotérmico o mesotermal, con poca o ninguna deficiencia de agua (r) y una concentración estival de la eficacia térmica de 24% (Tipo a'). (Castro, 2013).

1.2.1 Precipitaciones

Dada la indisponibilidad de otras fuentes de agua para la zona, las lluvias son el único aporte, por lo tanto, tienen una influencia directa en la sociedad de la comarca y en su economía, al regir directa o indirectamente, el tipo y distribución de las producciones ganaderas y agrícolas. Esta situación determina la importancia de las precipitaciones para el presente trabajo, convirtiéndolas en un punto muy relevante para la investigación, que se desarrollará detalladamente en el capítulo 3.

1.2.2 Viento

Se toman como puntos de referencia los meses de Enero y Julio, dado que representan las condiciones extremas correlacionables con la circulación de masas atmosféricas.

Las direcciones preponderantes son del N-NE y S-SO, y están regidas por dos anticiclones que ocurren en los meses de verano. La mayor intensidad de vientos acontece en primavera, aumentando su velocidad hacia el norte.

Se trata de un área muy susceptible a la erosión eólica, dado que se utiliza principalmente la agricultura basada en cultivos de secano. (Salazar Lea Plaza, et al., 1980).

1.2.3 Suelo

El área de análisis se encuentra en la región fisiográfica oriental en la provincia de La Pampa. Subregión cartográfica de las planicies medanosas, definida por Salazar Lea Plaza, et al., (1980) como planicies medanosas, que integran el “Mar de Arena Pampeano” definido por Iriundo y Kröhling, (1996); donde se reconocen dunas longitudinales compuestas del Pleistoceno, con distinto grado de conservación, y formas medanosas más recientes.

La litología está compuesta por sedimento arenoso, cuyo espesor promedio varía de 3 a 6 metros, con mínimos que se hallan al Oeste (1 metro), y se van incrementando en sentido Oeste-Este, llegando en el Este a los 9 metros. Es común encontrar horizontes con niveles de cenizas volcánicas, suelos enterrados y paleohorizontes. (Salazar Lea Plaza, et al., 1980)

Desde el punto de vista edáfico, los suelos de esta zona conforman una asociación, que se clasifica como Hue2 en planicies medanosas con cubetas, Hapludol éntico, franca gruesa, mixta, térmica; He1 + Utl en planicies medanosas onduladas, Haplustol éntico (60% de la superficie de la unidad), arenosa, silíceo, térmica, y Ustipsamente típico, silíceo, térmica; y (He1 + Utl) fE3 en planicies medanosas con médanos vivos. Haplustol éntico, arenosa, silíceo, térmica; en fase severamente erosionada. Ustipsamente típico, silíceo, térmica; en fase severamente erosionada. (Castro, 2013).

1.2.4 Estratigrafía

Formación Puesto Marsiglio (Castro, et al., 1989)

Areniscas medias, los que componen los médanos vivos, son los sedimentos actuales, producto del retrabajo eólico de los mismos, se encuentran coexistiendo con los depósitos lagunares.

Formación Valle Maracó (Tullio, et al., 1979)

Areniscas grises, de granulometría gruesa, las que forman cuerpos tabulares, son el resultado de la erosión. Principalmente eólicas, contienen carbonatos cálcicos. En sectores forman parte de la base de lagunas.

Formación Junín (CFI, 1975)

Miembro Superior

Areniscas cuyo tamaño de grano es variable, con mala selección, con intercalaciones limosas, se presentan sueltas, presenta paquetes de calcrete, algunos de importante grosor. Sobre estos sedimentos, se suprayacen normalmente los suelos.

Miembro basal

Arenas de granulometría gruesa hasta fina, matriz limosa y en ocasiones limoarenosas, son de composición cuarzosa, con vidrio como accesorio, escasos máficos y feldespatos. Su consolidación es variable, pudiendo hallarse desde consolidadas a sueltas. Se puede observar al carbonato cálcico en forma de talco. Su espesor es importante.

Formación Cerro Azul (Linares et al., 1980)

Intercalación de estratos limoarenosos y arcillosos, cuyos colores varían del castaño claro al castaño rojizo claro, consolidados, con carbonato de calcio pulverulento, en ocasiones cementante. Formación denominada por otros autores como Pampeano.

Formación Paraná (Yrigoyen, 1975)

Arcillas color verde, de origen marino, ubicadas superando los 190 metros de profundidad, las que poseen inclusiones de yeso en forma tabular.

1.2.5 Geomorfología

En este apartado, se describirá una de las variables más importantes de esta investigación, situación por la cual se diferenciará el comportamiento regional del local.

1.2.5.1 Comportamiento regional

Como se podrá observar en el capítulo destinado al análisis, tanto en la tendencia regional como en la local las curvas piezométricas acompañan a la geomorfología; al igual que la freática acompaña a la topografía. En las áreas elevadas, el agua ingresa al sistema de las precipitaciones, única fuente de incorporación de la misma en la zona Noreste de la provincia, siendo las áreas intermedias de tránsito para la misma, con componentes predominantemente horizontal; y las áreas bajas o deprimidas son de acumulación, con lapsos temporarios para la misma.

La región nororiental pertenece al “Mar de Arena Pampeano” nombre dado por Iriondo y Kröhling, (1996). Subregión de Planicies medanosas (Cano, et al., 1980). En dicha región, se reconocen cordones de dunas longitudinales con orientación predominante Norte-Sur, y geoformas medanosas, intercaladas por bajos, que pueden ser llanuras arenosas o bajos en los que suelen formarse lagunas temporales. (Cano, et al., 1980).

1.2.5.2 Geomorfología local

Se distinguen tres tipos de geoformas arenosas, siendo las principales áreas de recarga del sistema acuífero:

- Planicies arenosas: zonas de transferencia predominantemente lateral de los flujos de agua, de no más de 50 centímetros de altura ubicadas en zonas de entre lomas. Se forman suelos arenosos o franco arenosos. Poseen cobertura vegetal natural. Son los de mayor distribución en el área de estudio. Por sus características composicionales, son de buen drenaje, aunque por su altura baja relativa, pueden acumularse lagunas temporales o salitrales.
- Planicies medanosas: son las que se ubican entre dunas y se comportan como áreas de conducción del flujo subterráneo. Se dan en ellas los suelos arenosos. Se encuentran cultivados en ocasiones. A pesar de esto, tienen muy buen drenaje.
- Médanos: forman cordones longitudinales, llegan a formar dunas en ocasiones, las recargas en estas zonas son altas. Estos cuerpos pueden estar vegetados o no, definiéndose así los médanos fijos o vivos, según su respuesta a los agentes erosivos, siendo

inmovilizados los primeros por la flora local, o móviles al no tener presencia de la misma. Son las mejores zonas de infiltración.

A este conjunto de geoformas se pueden sumar las cubetas de deflación, siendo las mismas producidas por el accionar erosivo de viento, que en ocasiones rellena las mismas. Al ser áreas bajas, tienen una tendencia vertical ascendente de los flujos de agua.

1.3 Uso del recurso en la zona de estudio

En el área donde se encuentran las dos localidades bajo estudio, son dos los principales usos de la tierra que determinan también las actividades económicas.

1.3.1 Agrícola

En los sectores en los que predomina la agricultura, la producción de secano es el fuerte, este recurso ocupa la mayor parte del área de la investigación, y tiene una dependencia directa de las precipitaciones en la zona.

Las gramíneas son los principales cultivos: cereales (trigo y maíz); y forrajes o pasturas (sorgo, alfalfa, centeno, tréboles y cebada); seguidos por las oleaginosas (girasol y soja), esta última, cuya producción ha aumentado en los últimos años.

1.3.2 Ganadero

La producción se centra en ganado bovino de cría y de invernada. Se ha calculado que el consumo animal de agua subterránea en este área es de 4,591 Hm³/año (Castro, 2013), el cual tiene un uso per cápita de 60 litros/día. Esto es aún y cuando la cantidad de ganado fluctúa ampliamente y de que la ingesta tiene una dependencia directa de las condiciones meteorológicas.

1.4 Hipótesis

Considerando los ritmos actuales de consumo de agua potable, y teniendo en cuenta el importante crecimiento demográfico en el área de estudio en los últimos años, y las precipitaciones acaecidas durante el periodo de análisis; los niveles de recuperación del acuífero resultarían escasos para mantener su sostenibilidad a largo plazo, de mantenerse las condiciones presentes.

1.5 Motivo del trabajo

El presente trabajo de investigación tiene como propósito fundamental cuantificar, a través de un análisis detallado del periodo comprendido entre 1993 y 2012, las fluctuaciones de las reservas del acuífero que provee de agua a las poblaciones de Ceballos e Intendente Alvear, La Pampa.

CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS

Para establecer el cálculo de balance hídrico, en este trabajo se utilizarán la clasificación climática establecida por Thornthwaite (1948), junto a la metodología para tal fin desarrollada por el mismo autor (Thornthwaite y Mather, 1955).

De las mediciones piezométricas, se calculará la variación entre la profundidad del nivel freático, de cada año y el siguiente. Para tal fin se utilizará la variación piezométrica interanual, con la que se determinarán las evoluciones volumétricas del almacenamiento en el acuífero de las diferencias entre las superficies freáticas final e inicial entre un año y el otro.

Con dicha técnica se calcularán las alturas piezométricas, mediante resta de la profundidad del nivel freático, a la cota en boca de pozo, en cada punto de medición. A partir de las alturas obtenidas y sus coordenadas convertidas en coordenadas geográficas en U.T.M. (para así poder calcular distancias métricas), se elaborarán los mapas piezométricos del área de estudio para cada período de análisis.

En cuanto al método a emplear para conocer la evolución temporal del acuífero en el intervalo a considerar, se aplicará el índice de estado del sistema hidrogeológico o IES (Abt et. al., 2010), cuya conformación proviene de la ecuación:

$$IES = 1 - ((IDA+IEH)/2).$$

Este indicador del estado del sistema está compuesto por dos índices cuyas fórmulas fueron elaboradas por Pernía y Corral, 2000/2001 y Lambán y Pernía, 2004a/2004b: el de disminución del almacenamiento (IDA), y el de evolución hidroquímica (IEH); incorporándole a este último sumatoria a la ecuación original en cada pozo en los que se realizaron las mediciones químicas, y dividiéndolo por el número de perforaciones aforadas, en la que IDA toma su fórmula del índice propuesto por Pernía y Corral, 2000/2001.

$$IDA = \frac{NF_i - NF_{mín}}{NF_{máx} - NF_{mín}}$$

NF_i: Profundidad del nivel freático en el intervalo a considerar,

NF_{mín}: Mayor profundidad de la capa freática del período a analizar,

NFmáx: Menor profundidad del nivel freático del lapso a estimar.

Su valor varía entre 0 y 1, indicando respectivamente que el nivel freático se encuentra en la posición más somera (sin disminución de reserva) o más profunda (máxima disminución de reserva) del período considerado.).

El IEH indica la concentración de uno o más parámetros, determinados al final del intervalo de evaluación. En caso que los datos provengan de dos o más puntos de muestreo, se utilizará el promedio de ellos. Su formulación fue adaptada del índice aplicado por Lambán y Pernía, 2004a/2004b.

$$IEH = \frac{\sum ([P]_i - [P]_{\text{mín}})}{[P]_{\text{máx}} - [P]_{\text{mín}}} / n$$

[P]_i: Concentración del parámetro P en el intervalo a analizar,

[P]_{mín}: Menor concentración del parámetro P del período seleccionado,

[P]_{máx}: Mayor concentración del parámetro P del lapso a considerar.

La decisión de aplicar estas metodologías en la presente contribución, se basa en las similitudes presentadas por ambas áreas objeto de estudio, y por poseer el mismo tipo de datos, aportados para esta investigación por la Administración Provincial del Agua (A.P.A.). Dichos datos, junto con los brindados por la Cooperativa de Electricidad y Otros Servicios Públicos de Intendente Alvear (COSERIA), constituyen la principal fuente de información del trabajo actual.

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS

Este capítulo, central para la investigación, da cuenta del trabajo realizado a partir de los datos obtenidos o recolectados. Cristaliza los resultados de los índices y cálculos aplicados para poder determinar la sustentabilidad del acuífero en estudio.

3.1 Precipitaciones

Como se mencionó en el capítulo de aspectos generales, las precipitaciones constituyen un dato de gran relevancia para este escrito/tesina y se trabajarán en detalle en este apartado. Por tal motivo, a continuación se podrá observar un gráfico de las precipitaciones acumuladas durante todo el periodo de estudio, y más adelante (apartado Asociaciones de pozos por cercanía) la misma información desglosada de acuerdo a las asociaciones que se diagramaron.



Gráfico 3.1: Precipitaciones anuales, serie 1993-2013. Elaboración propia a partir de datos brindados por la Dirección de Estadística y Censos de la Provincia de La Pampa.

Del gráfico precedente, se puede observar que las precipitaciones exhiben constantes fluctuaciones a lo largo del periodo de análisis. En su mayoría, pueden ubicarse en el rango de los 420 ml a 1200 ml. Sin embargo, si consideramos la tendencia general,

desde el año 2008 en adelante (salvo en el caso de 2012) el promedio de precipitaciones descendió notablemente, ubicándose aproximadamente entre los 420 y 600 ml anuales. Teniendo el año 2013 la particularidad de ser el que menor cantidad de precipitaciones registró de todo el periodo; y 1997 el año donde mayor registro, con 1456 mm. La media de precipitaciones entonces es de 920,6 mm.

Tomando como valor umbral para la recarga 750 mm/año (Castro, 2013), se puede afirmar que las variaciones entre años hídricos ricos y pobres registradas en los primeros 15 años del periodo, se transforman en años predominantemente pobres, con bajas reservas, a partir del 2008 (con la excepción de 2012), permitiendo inferir que el acuífero en estudio está recibiendo menos recarga por parte de este tan importante recurso natural.

3.2 Freatimetrías

Se calcularon las freatimetrías anuales durante el periodo estudiado. Con el fin de conocer la profundidad del agua medida desde boca de pozo, para los 16 freatímetros considerados.

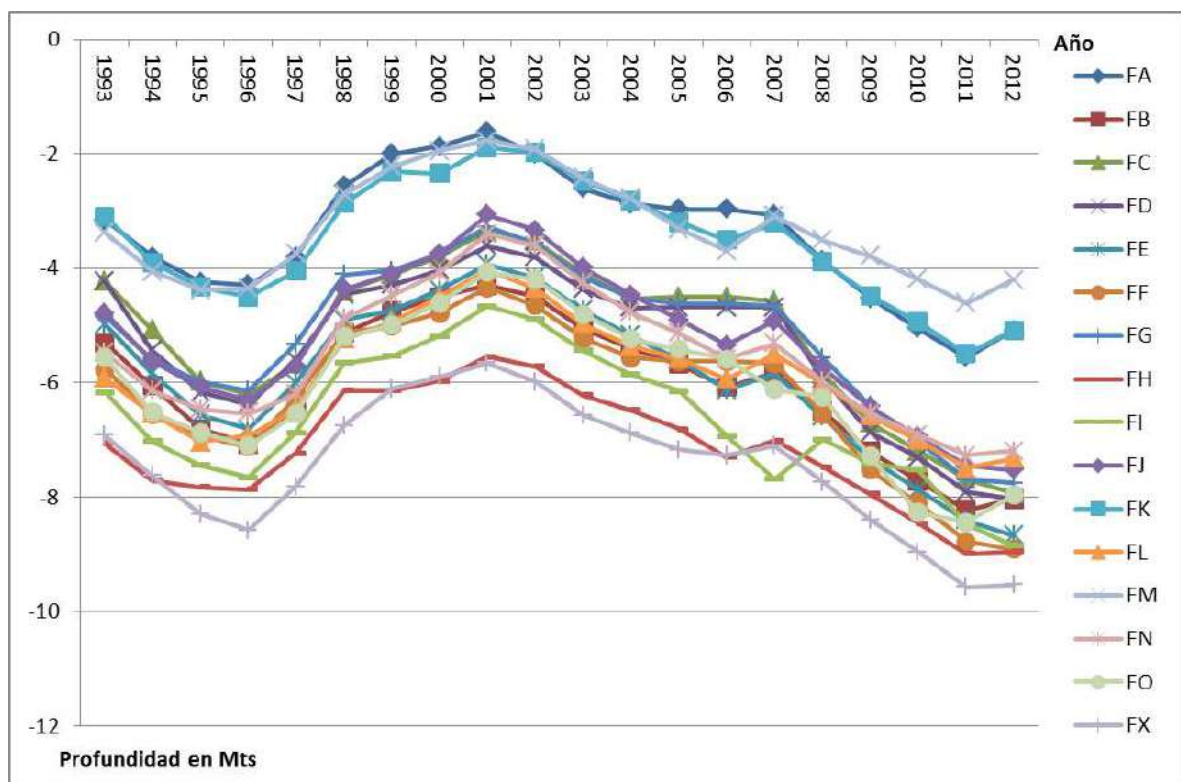


Gráfico 3.2: Niveles de freatimetrías para el periodo de análisis. Elaboración propia a partir de datos brindados por la Dirección de Estadística y Censos de la provincia de La Pampa.

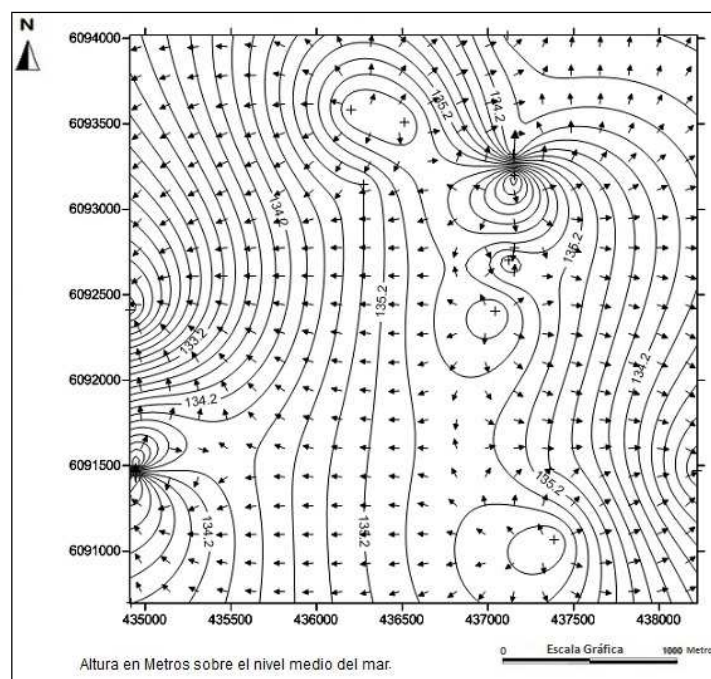
De la gráfica precedente se puede observar, en términos generales, que las reservas son medias a bajas entre 1993 y 1997, más aún en 1995 y 1996, en los que la profundidad del pelo de agua se halla por debajo de los 4 mts en FA, FM y FX y por debajo de 5-6 mts. en los restantes. En el lapso de 1998 a 2001 se observan importantes incrementos en el almacenamiento, que van aumentando progresivamente hasta el último mencionado.

Desde 2002 y hasta el término de la serie considerada, se advierte que las reservas tienen una tendencia negativa, exceptuando al año 2012, que muestra una leve mejoría. Basándose en los datos pluviométricos, se podría inferir que en 2013 la tendencia negativa continúa, con disminuciones en el almacenamiento.

3.3 Curvas piezométricas

Definidas como el lugar geométrico de los puntos que indican la altura piezométrica en cada punto del acuífero para una determinada profundidad, las superficies piezométricas indican el nivel del agua medido desde boca de pozo, permitiendo establecer a lo largo del tiempo la recarga o no del mismo.

3.3.1 Mapa piezométrico con dirección de flujo



Mapa 3.1: Curvas de nivel para los pozos considerados y direcciones de flujo. Elaboración propia a partir de los datos piezométricos aportados con el APA con el uso del programa Surfer.

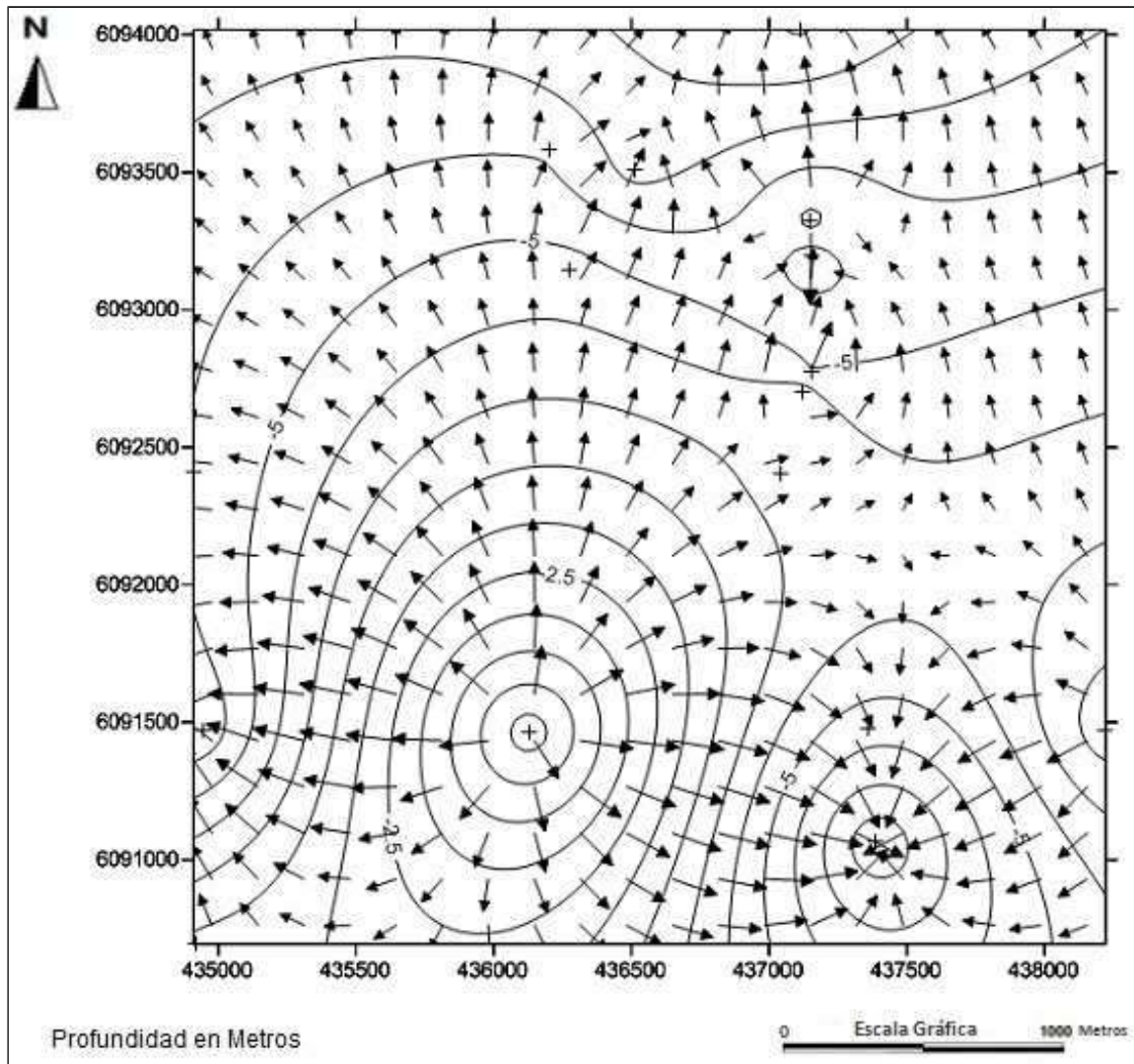
En este caso, las trayectorias de flujos presentan un comportamiento radial a partir de un cordón medanoso longitudinal que supera los 135 msnm. Dicho cordón actúa como zona de recarga, con una orientación predominante NNO-SSE, y constituyéndose como verdaderas divisorias de aguas en esta zona específica.

Puede distinguirse que prevalecen las tendencias en las direcciones Este y Oeste, no pudiéndose apreciar, por la escala local de la información utilizada para el diseño de las curvas, los caminos preferenciales NNO-SSE de los filetes, ni las direcciones regionales hacia el NNE y SSE, descritos por Castro (2013).

3.3.2 Distribución piezométrica anual con el uso del programa Surfer

En términos generales se puede sostener que desde el inicio del periodo analizado, los freatrímetros del centro y sur oeste, y del sur este del acuífero, tienen una tendencia a comportarse como altos piezométricos; en tanto que los ubicados en la posición centro oeste, con una disposición norte sur, se comportan como bajos.

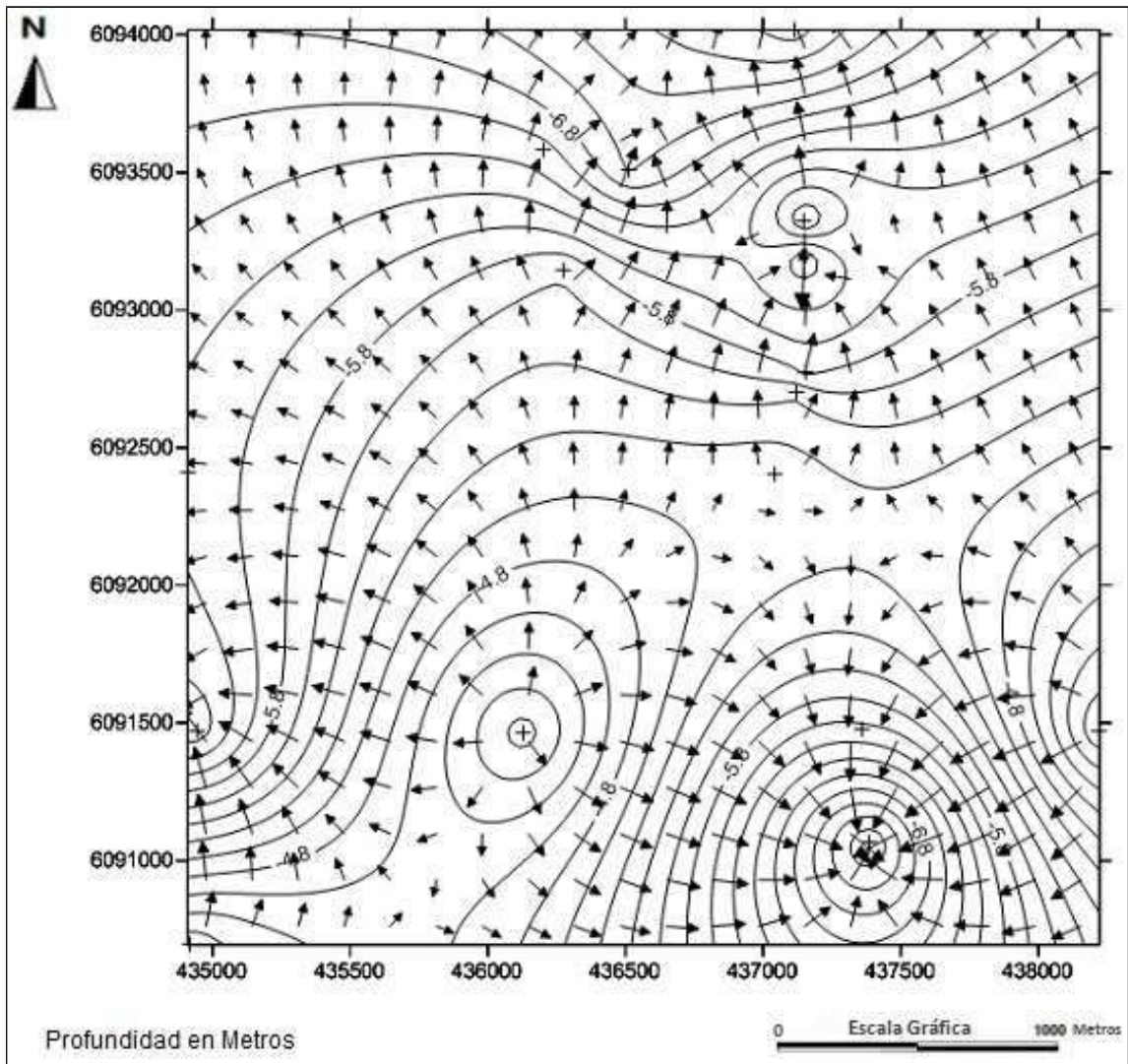
Año 1993



Mapa 3.2: Curvas piezométricas y direcciones de flujo para el año 1993. Elaboración propia a partir de los datos piezométricos aportados por el APA con el uso del programa Surfer.

Es el año con las piezometrías más elevadas. Presenta un alto piezométrico en la zona SSO, y uno de menor magnitud en el ESE. A su vez, se puede ver un bajo en el SSE y uno minúsculo en el centro-NNE, mostrando una tendencia general del flujo predominante hacia el Norte, con direcciones secundarias hacia el Este.

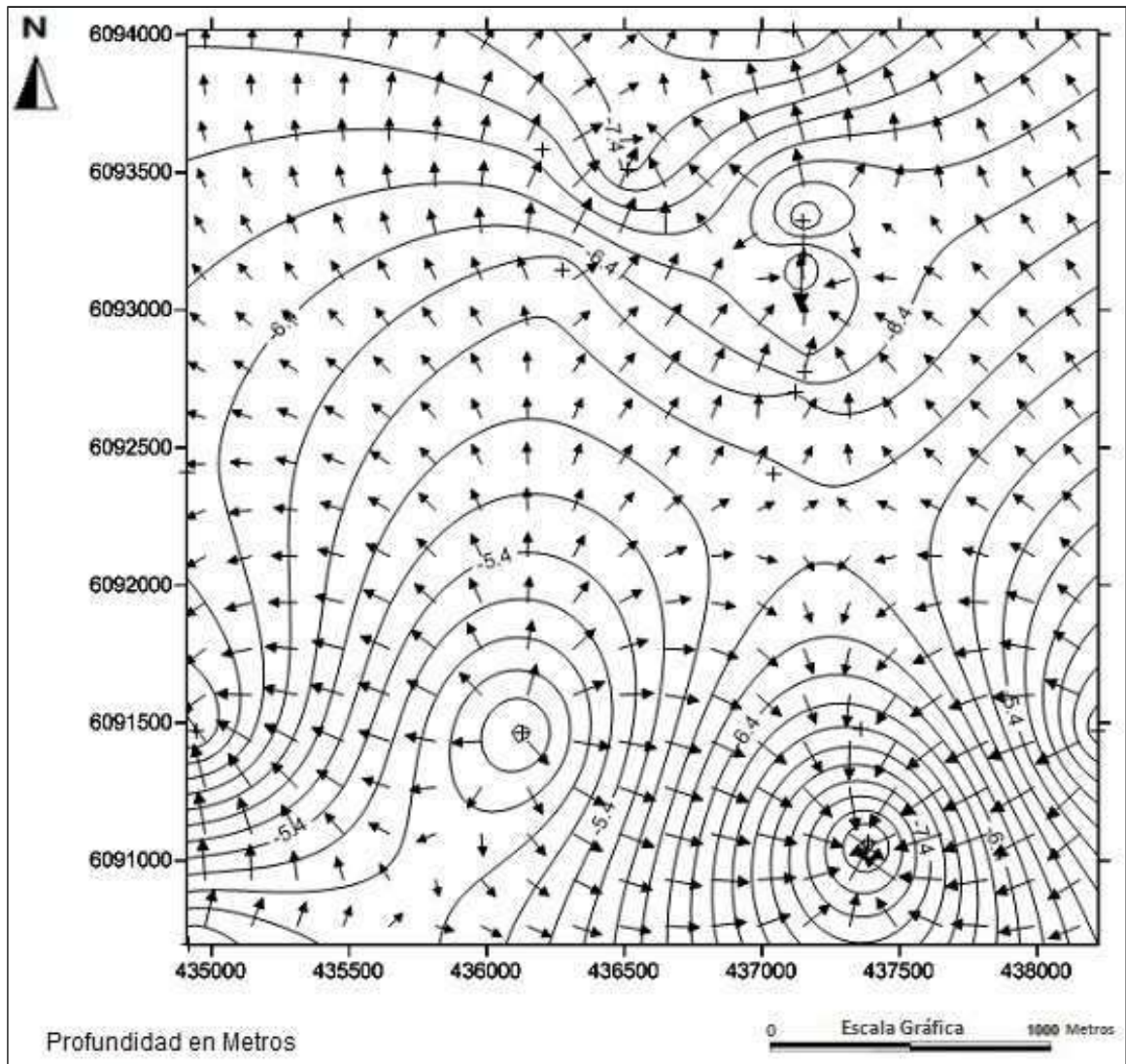
Año 1994



Mapa 3.3: Curvas piezométricas y direcciones de flujo para el año 1994. Elaboración propia a partir de los datos piezométricos aportados por el APA con el uso del programa Surfer.

Se puede visualizar que las piezometrías generales son más profundas, el alto piezométrico en la zona SSO se concentra y el del ESE aumenta su área; en tanto que el bajo en el SSE incrementa sus descensos. A su vez el bajo del centro-NNE, junto a un minúsculo alto, forman una figura de “S”, mostrando en conjunto la tendencia predominante del flujo hacia el Norte, y secundariamente hacia el Este.

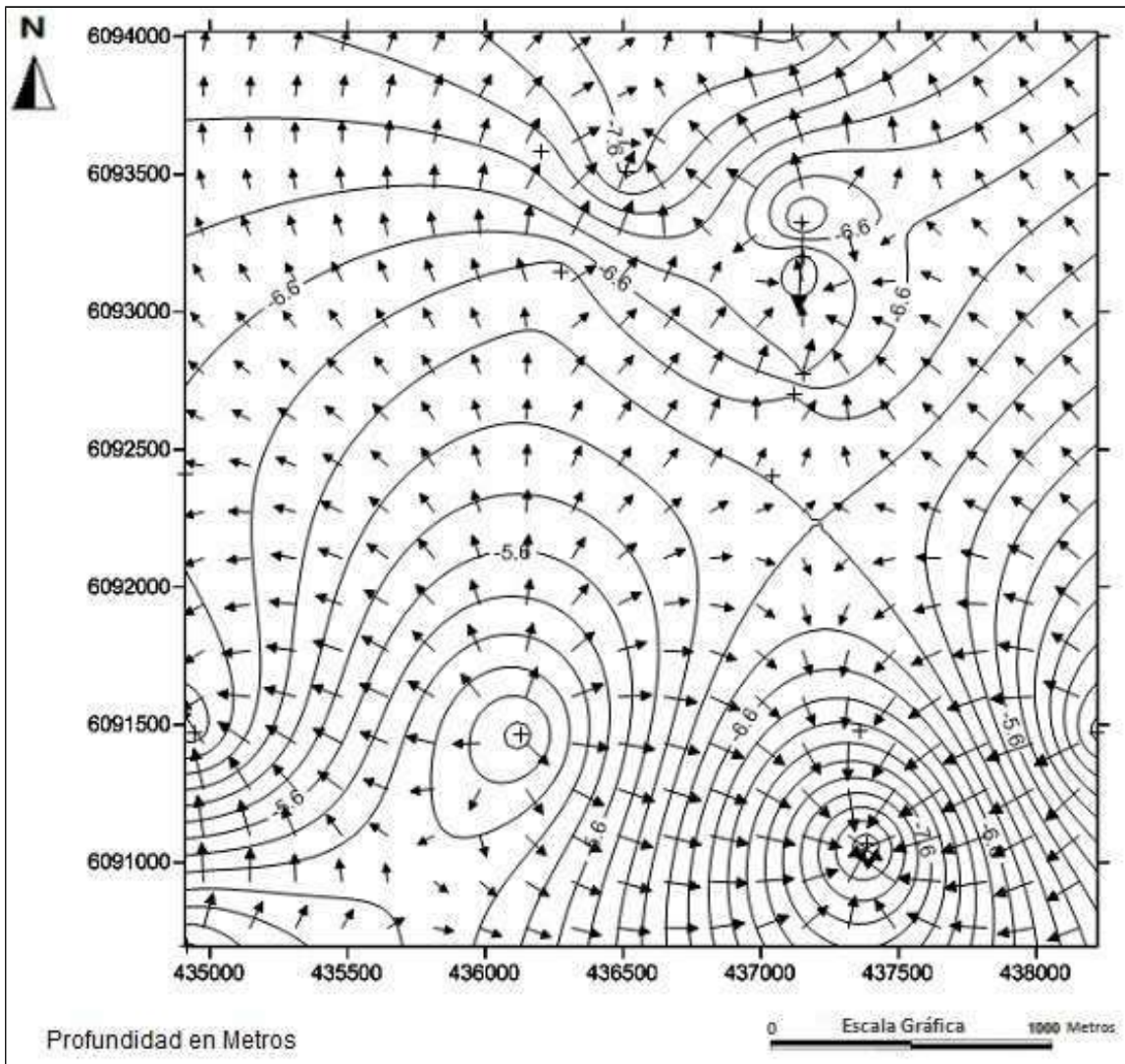
Año 1995



Mapa 3.4: Curvas piezométricas y direcciones de flujo para el año 1995. Elaboración propia a partir de los datos piezométricos aportados por el APA con el uso del programa Surfer.

Se observa un bajo en el área Norte, acompañando la tendencia dominante del flujo, además de una disminución de las piezometrías generales. La zona central-Este se puede notar que actúa como divisoria de aguas, recibiendo aportes laterales y cediéndolos en sentido N-S.

En cuanto a la “S” del centro-NNE, continúa presente, a la vez que el bajo al SSE se profundiza junto al alto al SSO.

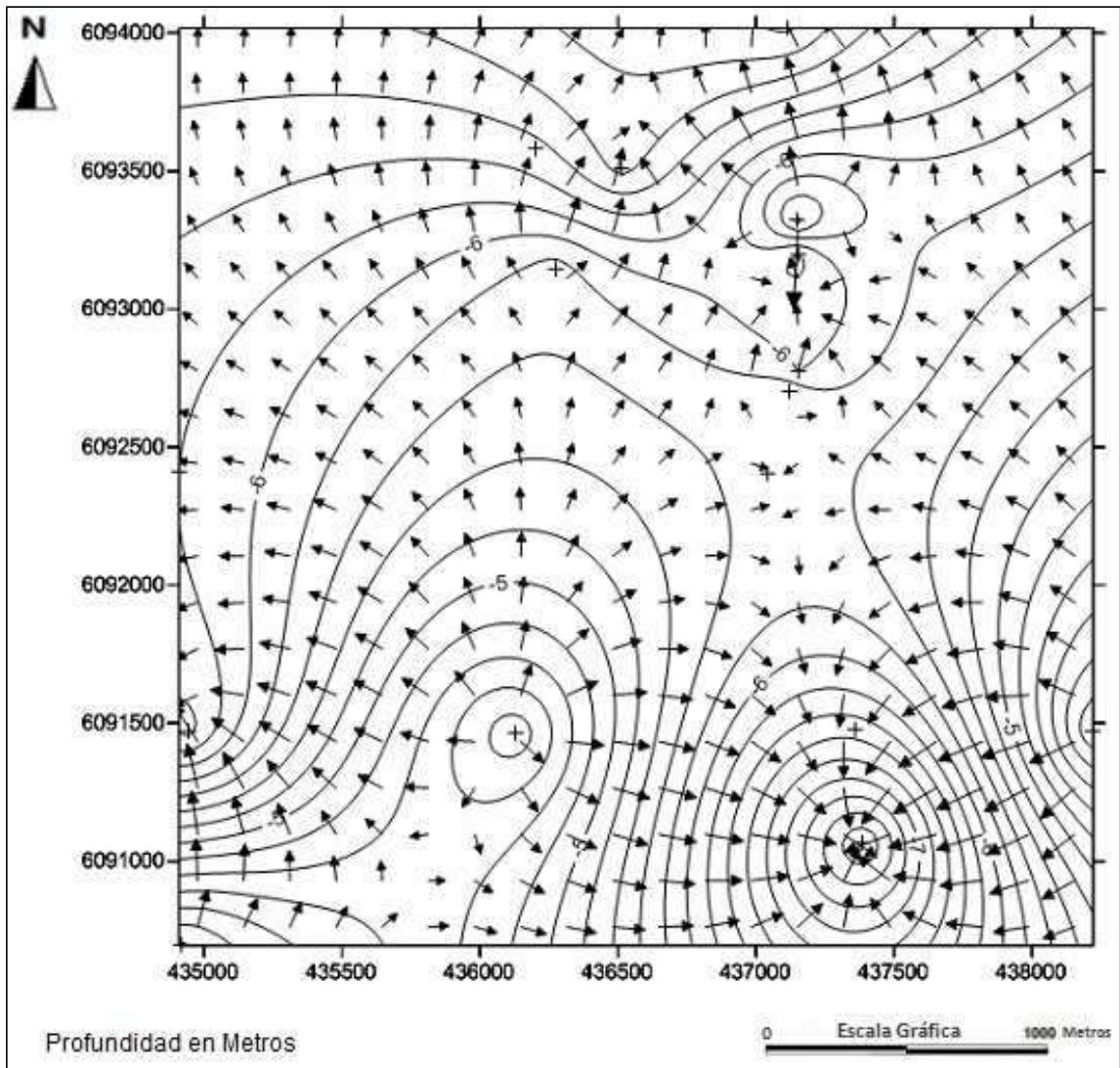


Mapa 3.5: Curvas piezométricas y direcciones de flujo para el año 1996. Elaboración propia a partir de los datos piezométricos aportados por el APA con el uso del programa Surfer.

Las piezometrías generales son más bajas, el alto piezométrico en la zona SSO se reduce en magnitud y profundiza levemente, al igual que el del ESE. En tanto que el bajo piezométrico en el SSE incrementa sus descensos.

La figura de “S” del centro-NNE, aumenta su magnitud y la divisoria de aguas en el centro-Este se presenta más marcada. A pesar de algunas direcciones opuestas, la tendencia predominante del flujo hacia el Norte, sigue prevaleciendo, al igual que las del Este en segundo término.

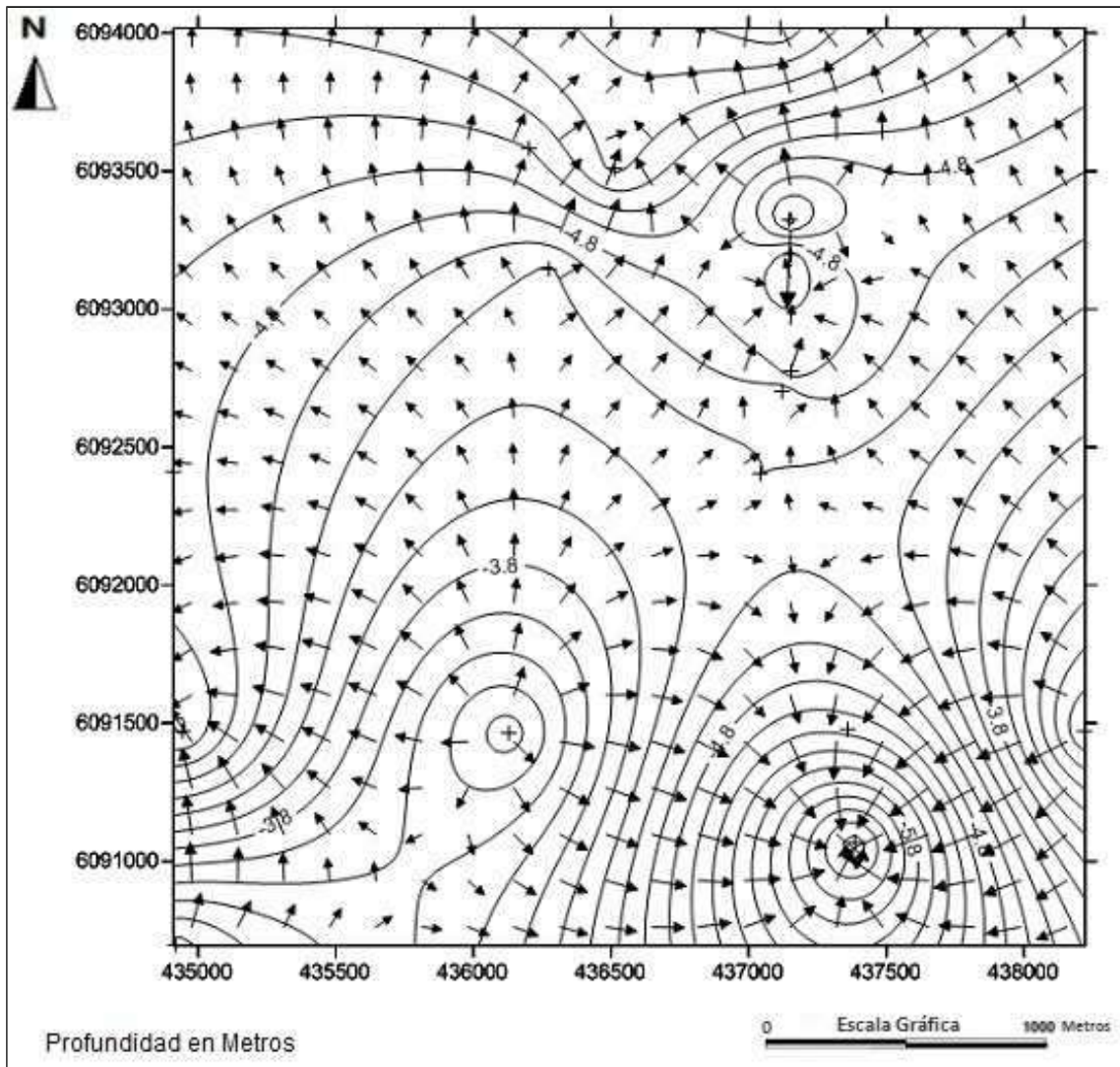
Año 1997



Mapa 3.6: Curvas piezométricas y direcciones de flujo para el año 1997. Elaboración propia a partir de los datos piezométricos aportados por el APA con el uso del programa Surfer.

Las piezometrías generales se somerizan, mostrando una mejoría en las RAUs, manteniéndose las mismas geometrías precedentes, a excepción de la divisoria de aguas en el centro-Este, que se desdibuja en parte.

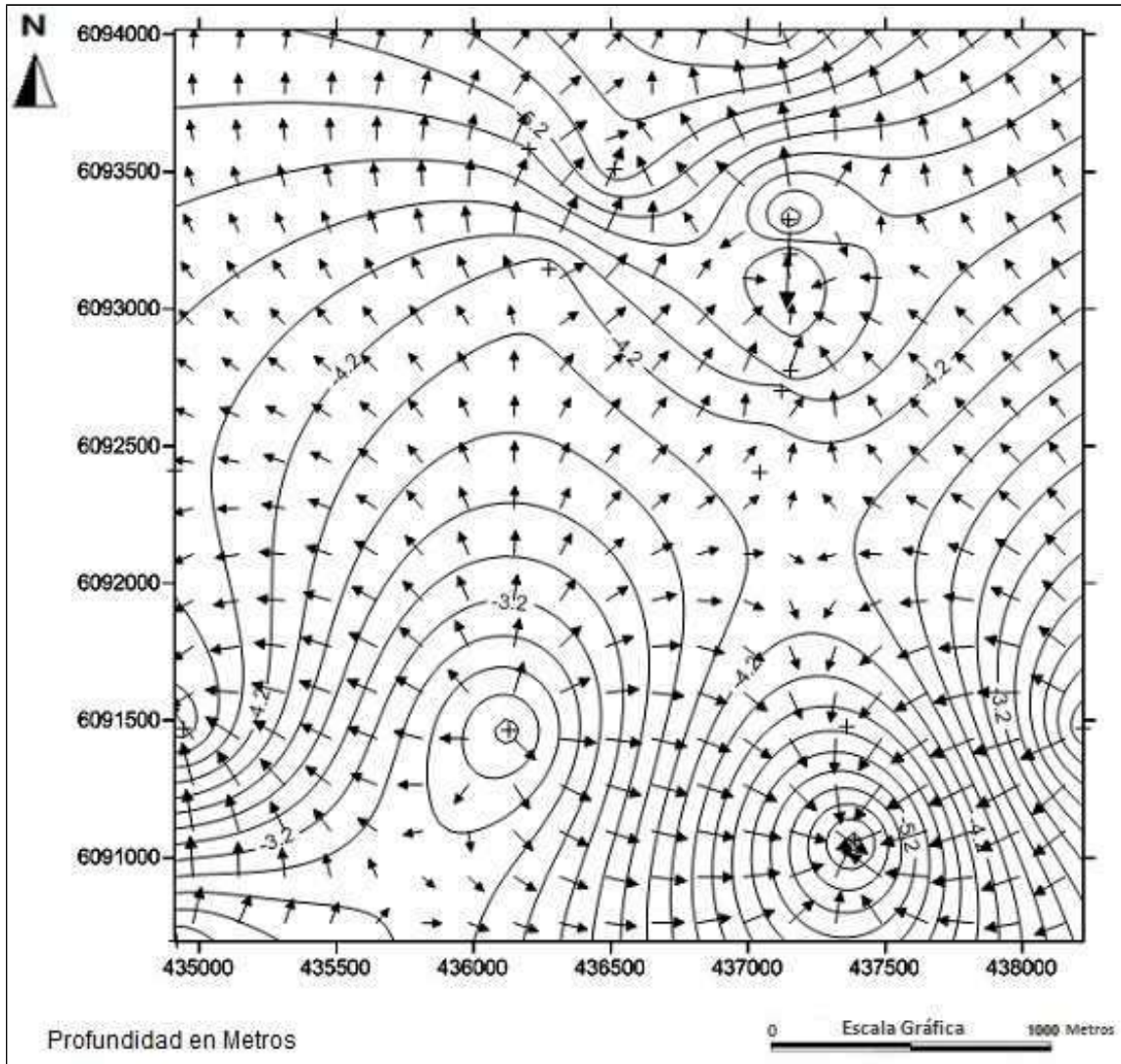
Año 1998



Mapa 3.7: Curvas piezométricas y direcciones de flujo para el año 1998. Elaboración propia a partir de los datos piezométricos aportados por el APA con el uso del programa Surfer.

Se reiteran las geometrías y tendencias del año anterior, observándose una mayor somerización general, y mostrando recargas en el sistema.

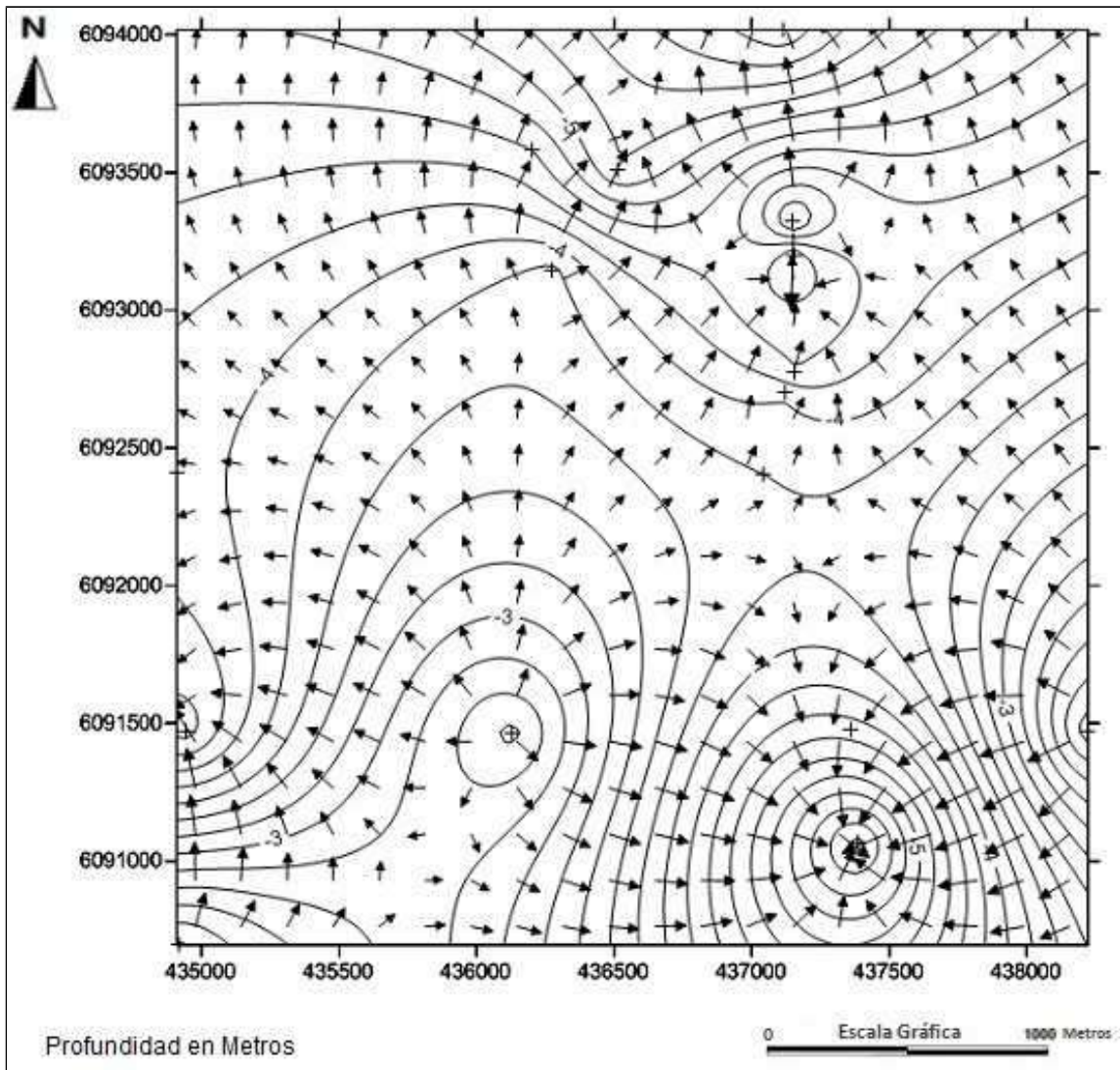
Año 1999



Mapa 3.8: Curvas piezométricas y direcciones de flujo para el año 1999. Elaboración propia a partir de los datos piezométricos aportados por el APA con el uso del programa Surfer.

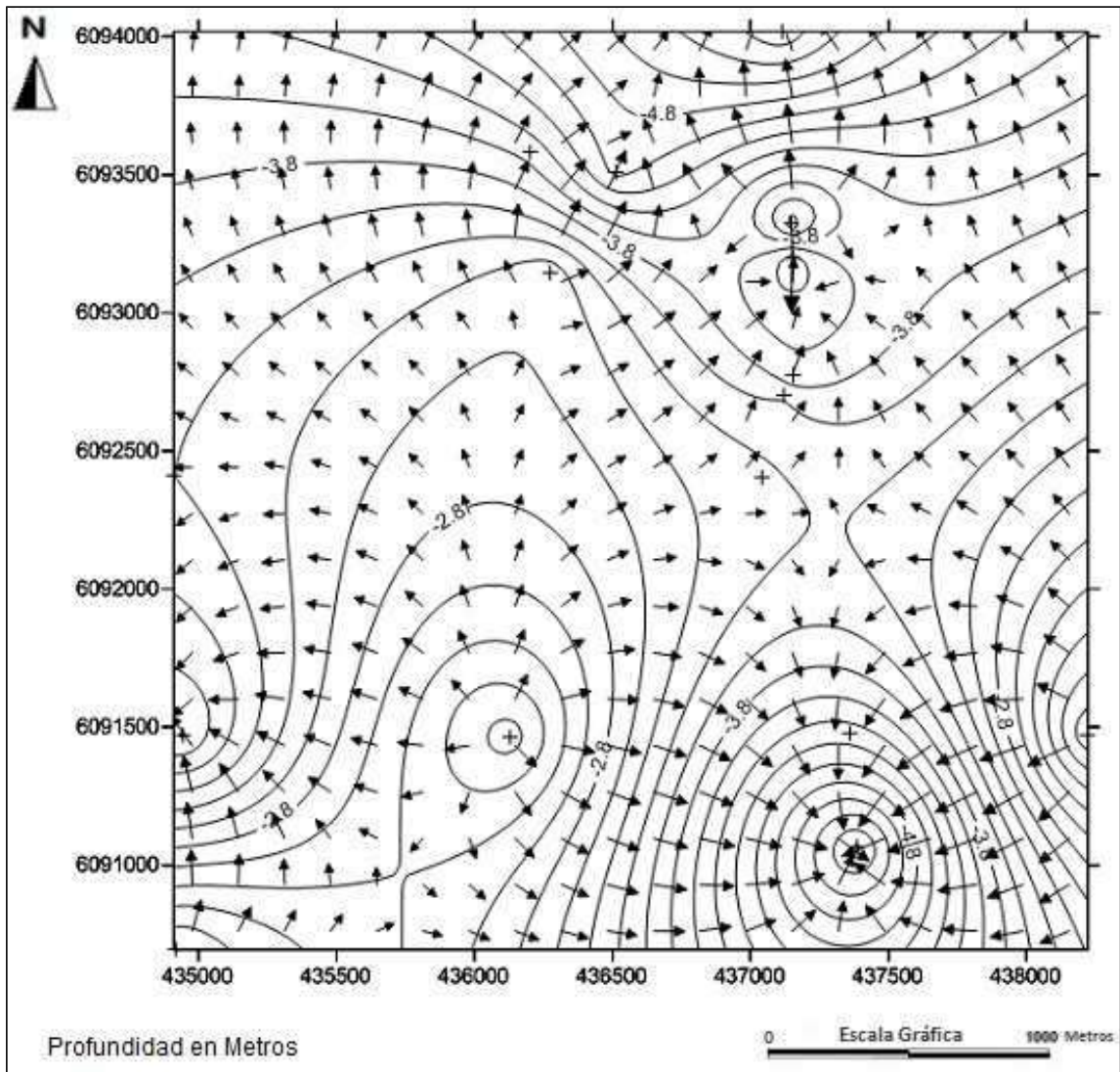
La tendencia de somerización observada en los años anteriores continúa, denotando un crecimiento en el almacenamiento, y conservando las formas y direcciones de flujos predominantes.

Año 2000



Mapa 3.9: Curvas piezométricas y direcciones de flujo para el año 2000. Elaboración propia a partir de los datos piezométricos aportados por el APA con el uso del programa Surfer.

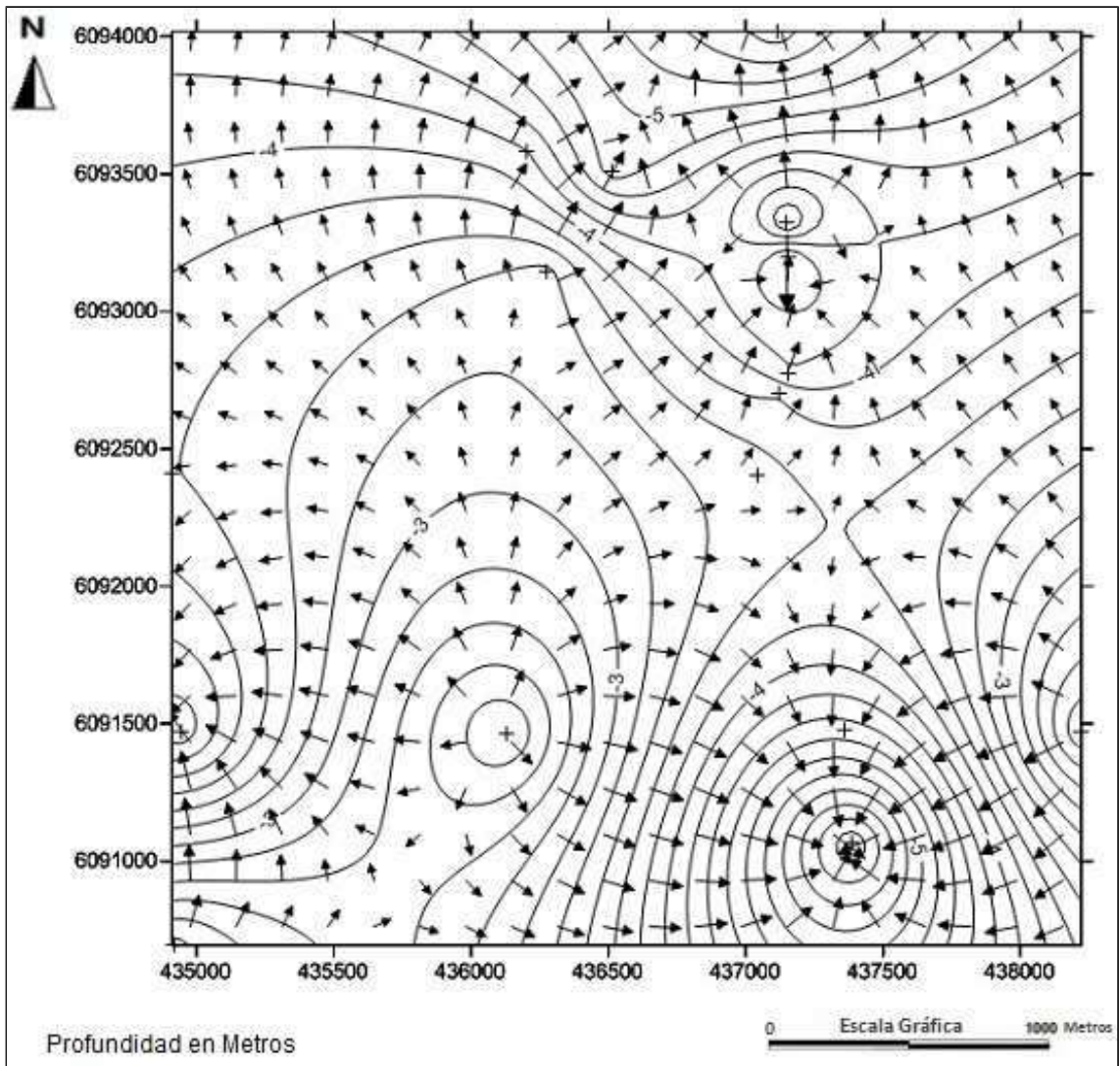
Se extiende la somerización general, marcando aumentos continuos en las reservas. La tendencia predominante en los filetes es en sentido Norte.



Mapa 3.10: Curvas piezométricas y direcciones de flujo para el año 2001. Elaboración propia a partir de los datos piezométricos aportados por el APA con el uso del programa Surfer.

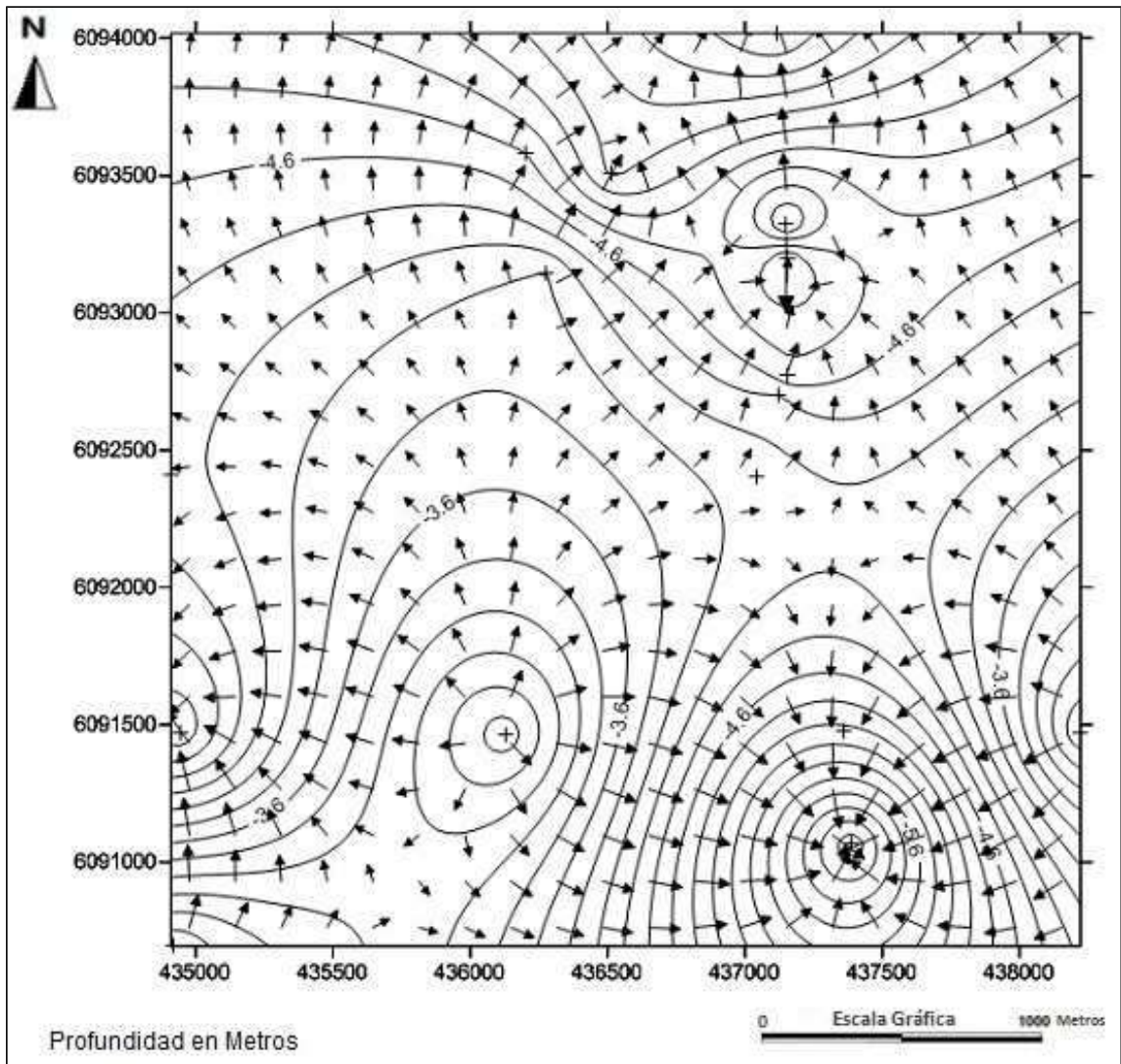
Las piezometrías continúan con tendencia ascendente marcando una constancia en las recargas de las reservas. Las geometrías y direcciones dominantes se mantienen.

Se pueden apreciar leves modificaciones en las figuras, volviendo a marcarse la divisoria de agua en la parte central-Este y cambiando la forma en “S” de la zona centro-NNE a un “8”.



Mapa 3.11: Curvas piezométricas y direcciones de flujo para el año 2002. Elaboración propia a partir de los datos piezométricos aportados por el APA con el uso del programa Surfer.

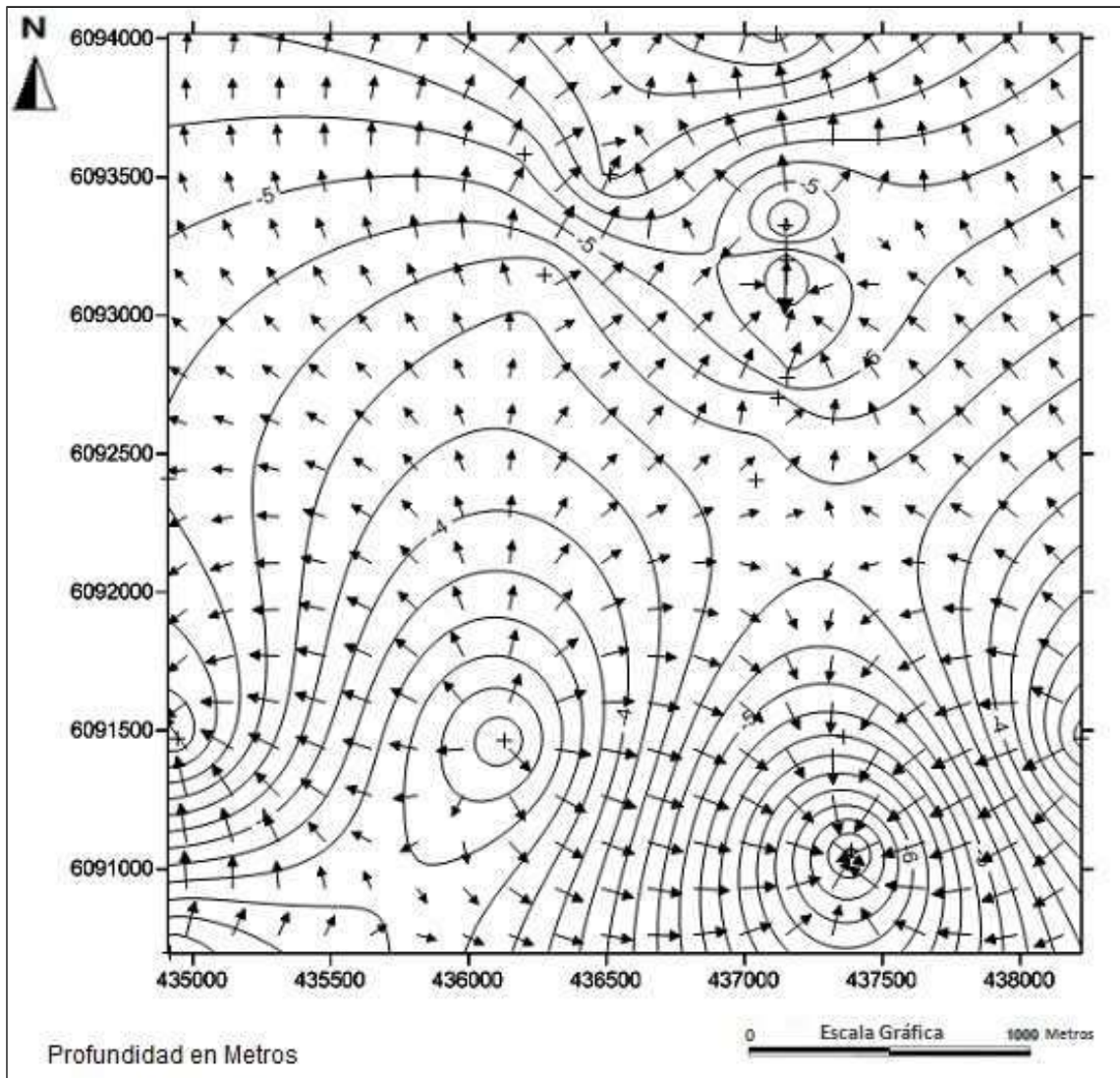
Se interrumpe la tendencia somerizante, con leves incrementos en las profundidades colectivas. Las figuras generales se mantienen, modificándose la geometría en el centro-NNE de “8”, con aumento en el alto piezométrico y disminución en el bajo.



Mapa 3.12: Curvas piezométricas y direcciones de flujo para el año 2003. Elaboración propia a partir de los datos piezométricos aportados por el APA con el uso del programa Surfer.

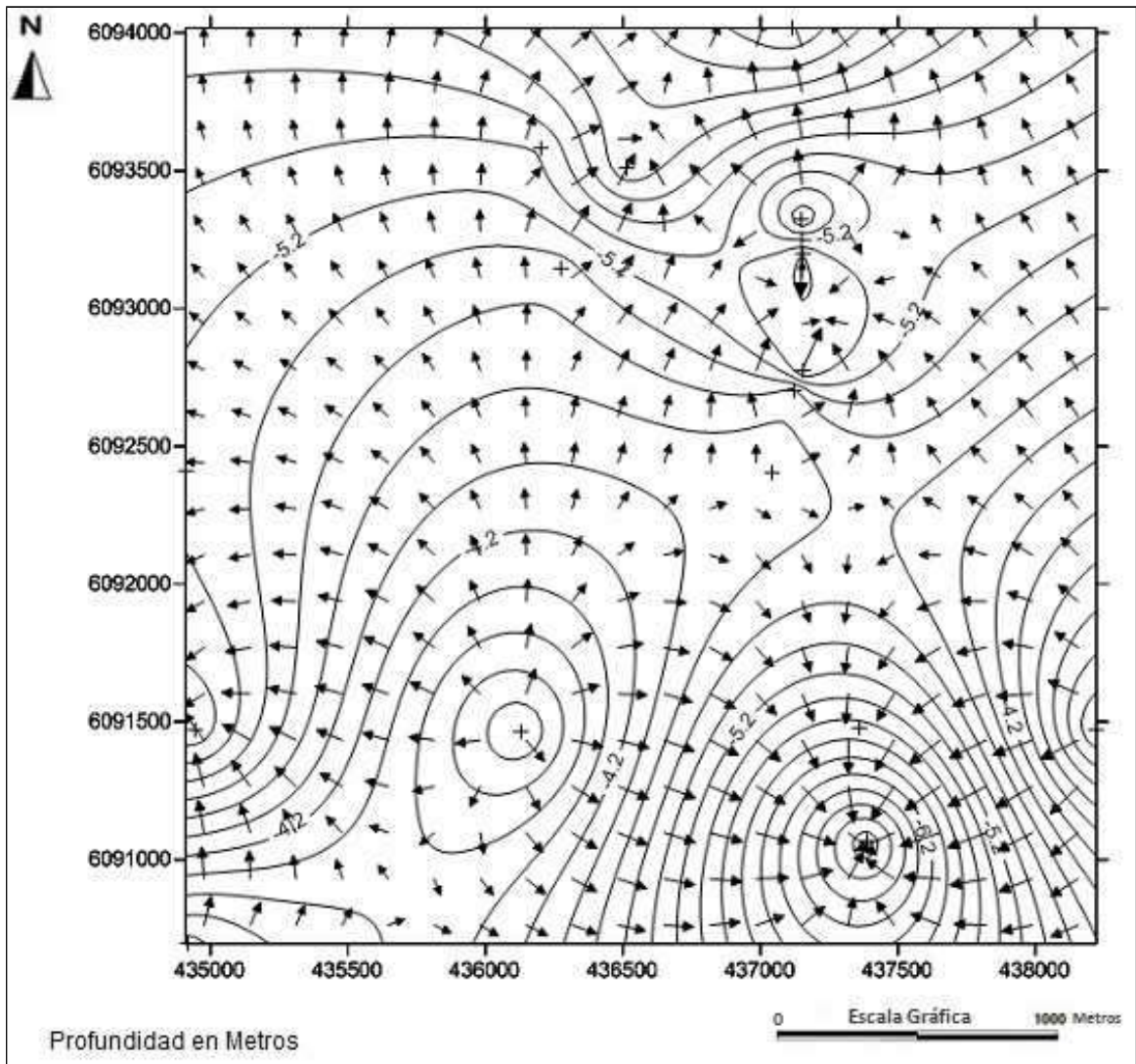
En concordancia con el año pretérito, la tendencia de profundización continúa, manteniéndose las mismas figuras precedentes, y recuperándose la geometría en el centro-NNE de “S”. La tendencia predominante del flujo hacia el Norte, sigue prevaleciendo, al igual que las del Este en segundo término.

Año 2004



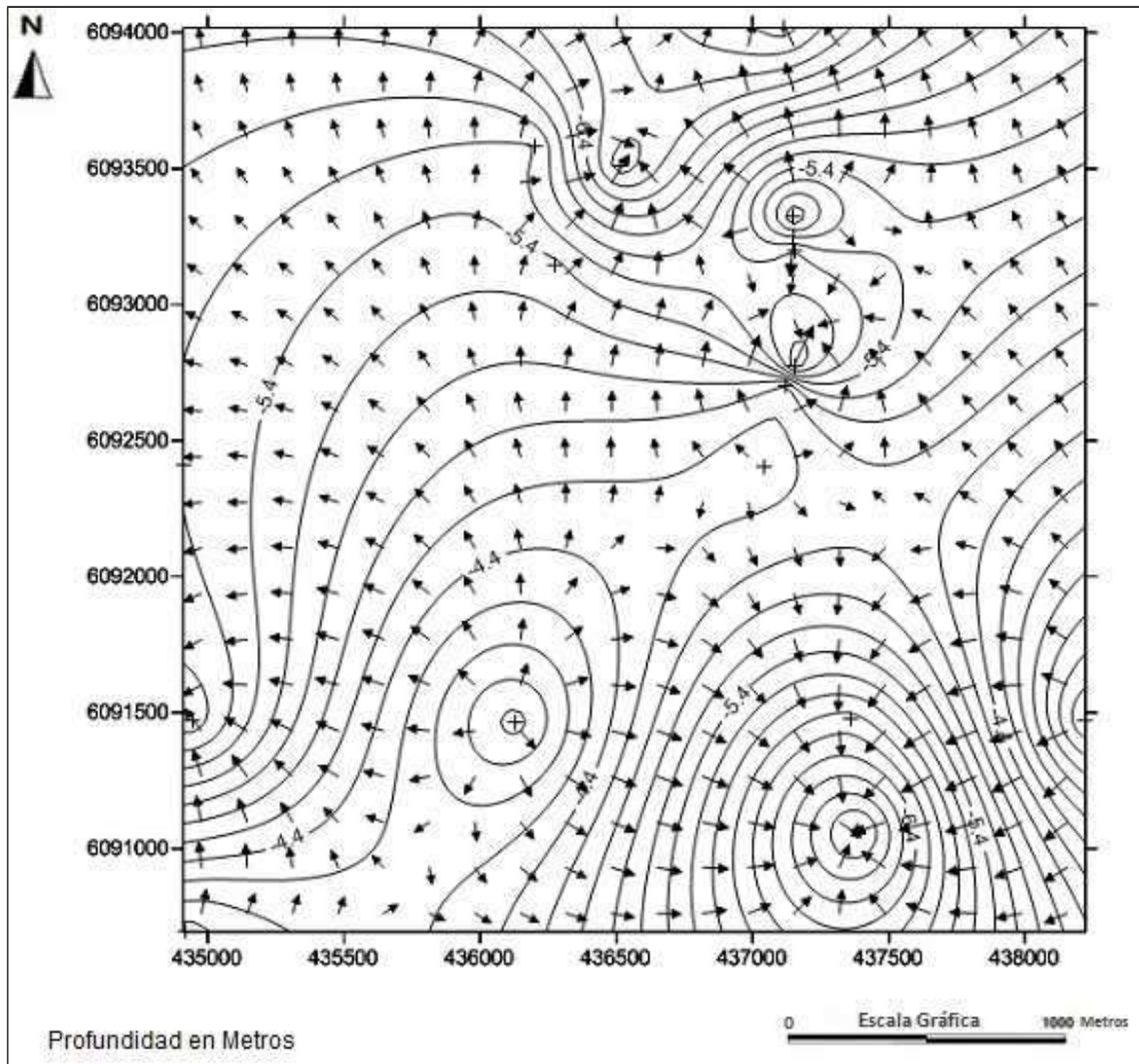
Mapa 3.12: Curvas piezométricas y direcciones de flujo para el año 2004. Elaboración propia a partir de los datos piezométricos aportados por el APA con el uso del programa Surfer.

Continúa la baja colectiva de las piezometrías, marcando también una baja en las reservas. Las geometrías y direcciones dominantes se mantienen, a la vez que se observan leves modificaciones en las figuras, volviendo a formarse en la zona centro-NNE a un “8”, con disminución en el bajo piezométrico.



Mapa 3.13: Curvas piezométricas y direcciones de flujo para el año 2005. Elaboración propia a partir de los datos piezométricos aportados por el APA con el uso del programa Surfer.

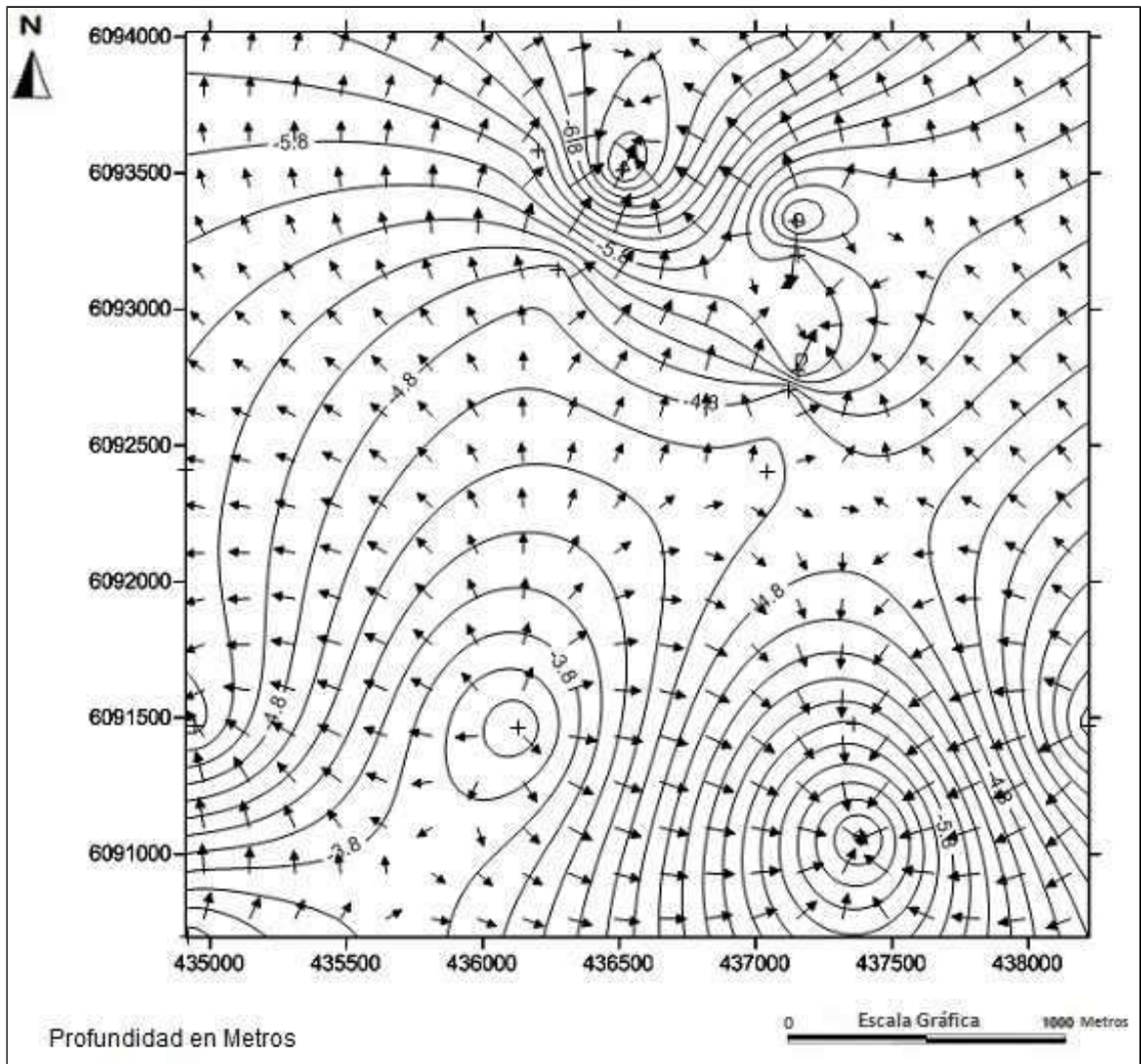
Continúa la disminución en los valores generales, marcando un decrecimiento en las RAUs. Las figuras que crean los altos y bajos piezométricos mantienen sus tendencias, prevaleciendo las direcciones de flujo dominantes.



Mapa 3.14: Curvas piezométricas y direcciones de flujo para el año 2006. Elaboración propia a partir de los datos piezométricos aportados por el APA con el uso del programa Surfer.

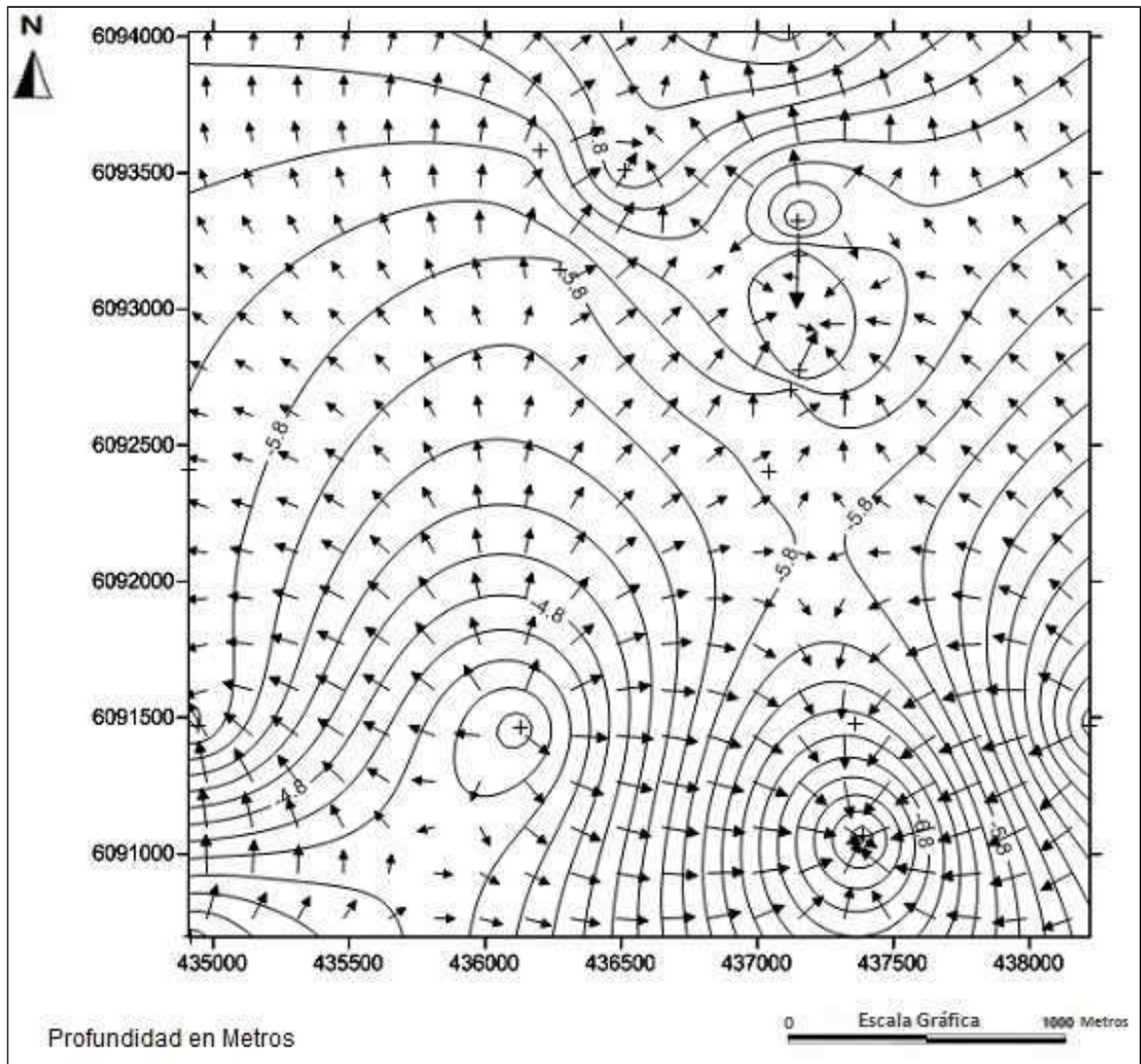
En concordancia con el año anterior, la tendencia de profundización continúa. Las geometrías y direcciones predominantes se conservan, salvo la figura de “8” en el centro-NNE, que vuelve a tomar forma de “S”, y la aparición de un bajo en el centro-Norte.

El alto en el SSO se afina en la parte central, con orientación ONO, creando un pequeño alto en el área central.



Mapa 3.15: Curvas piezométricas y direcciones de flujo para el año 2007. Elaboración propia a partir de los datos piezométricos aportados por el APA con el uso del programa Surfer.

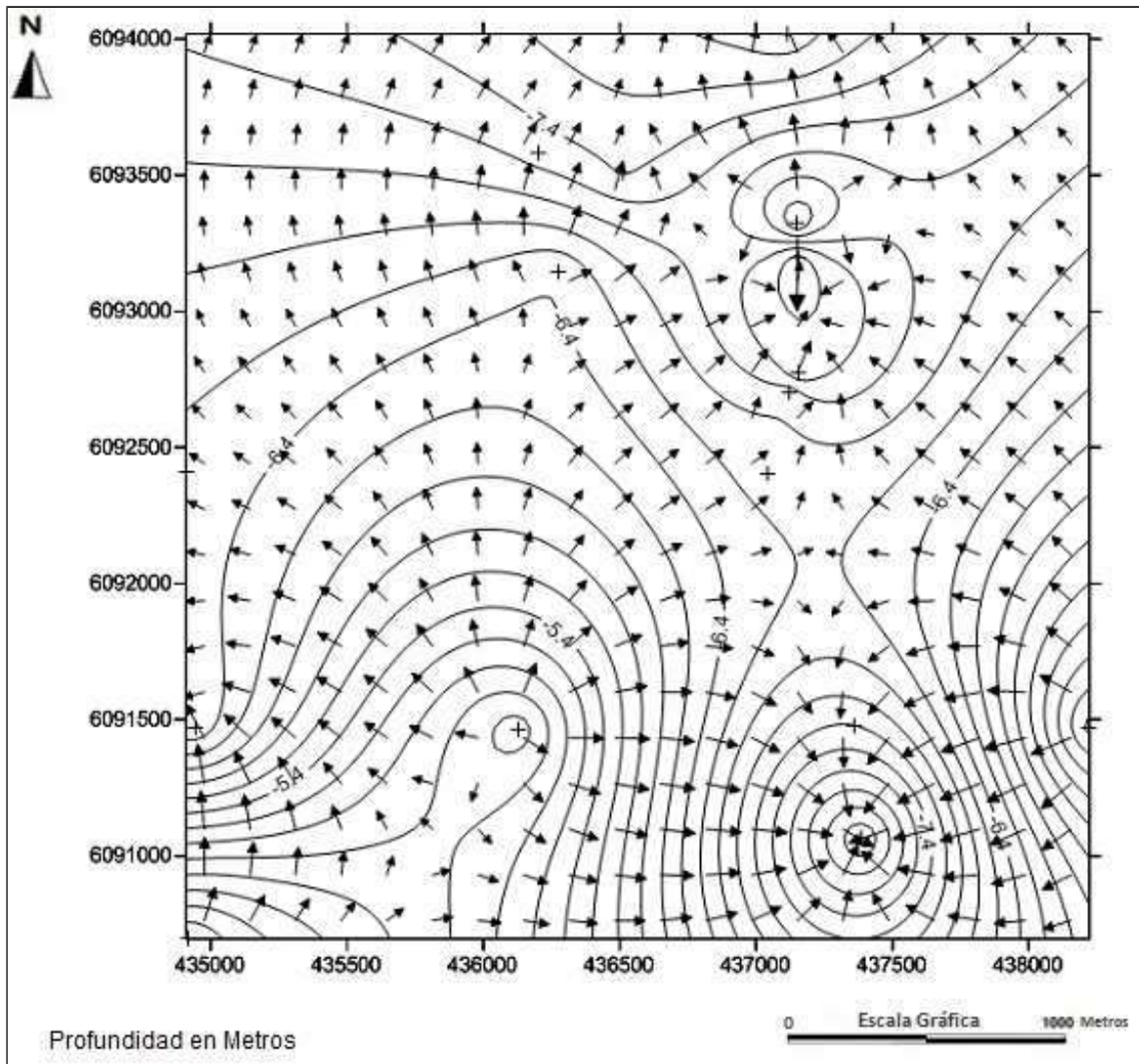
Se observa una leve somerización general, señalando una mejora en la recarga del sistema, manteniéndose las mismas figuras precedentes. La profundidad del bajo en el Norte aumenta; mientras que la tendencia predominante del flujo hacia el mismo sigue prevaleciendo, al igual que las del Este en segundo término.



Mapa 3.16: Curvas piezométricas y direcciones de flujo para el año 2008. Elaboración propia a partir de los datos piezométricos aportados por el APA con el uso del programa Surfer.

Se observa una disminución en los valores generales, marcando un decrecimiento en las RAUs. Las figuras que crean los altos y bajos piezométricos mantienen sus tendencias, prevaleciendo las direcciones de flujo dominantes, a excepción de la divisoria de aguas en el centro-Este, que vuelve a contrastar.

El alto del SSO se expande hacia el Norte y centro.

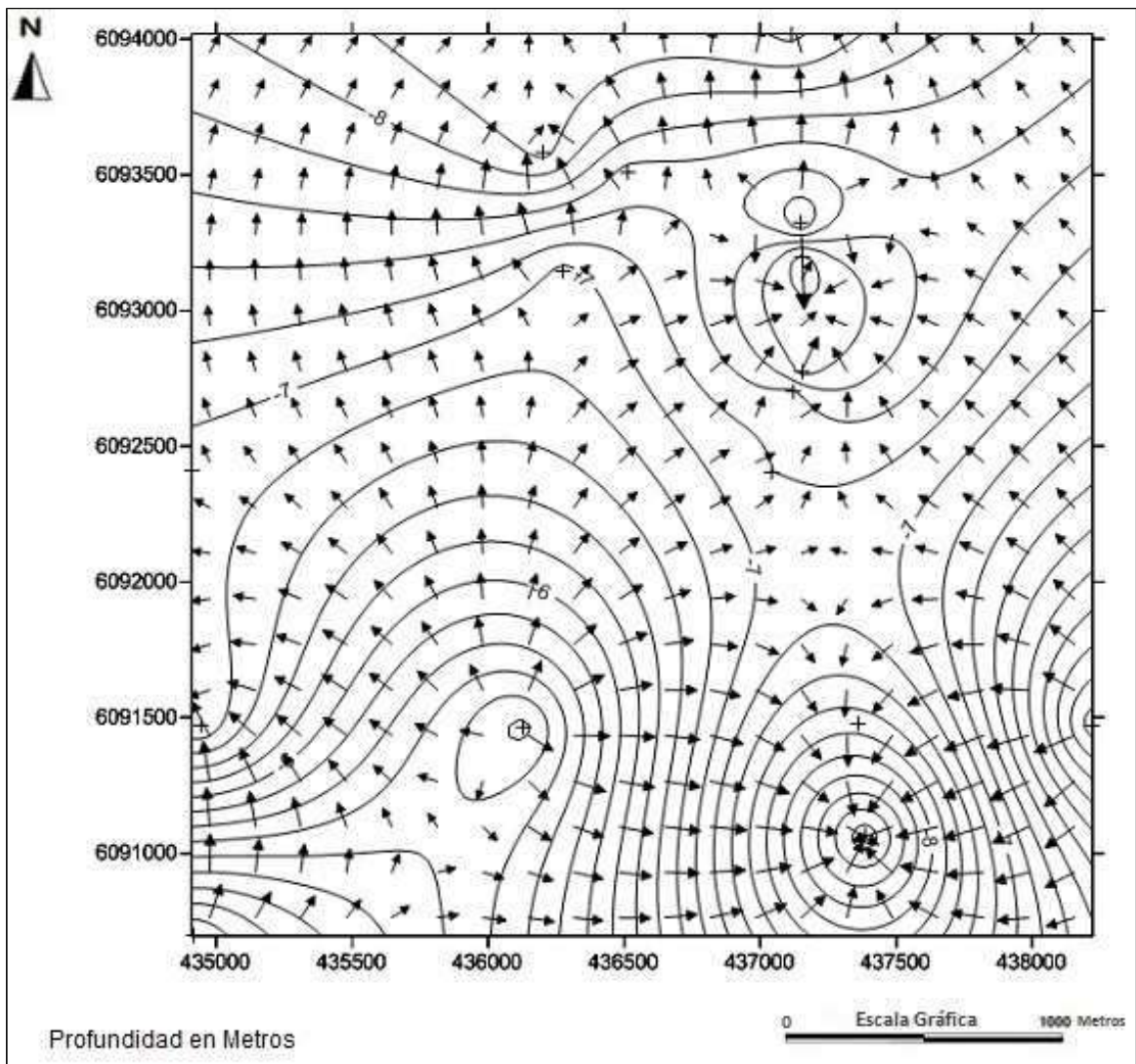


Mapa 3.17: Curvas piezométricas y direcciones de flujo para el año 2009. Elaboración propia a partir de los datos piezométricos aportados por el APA con el uso del programa Surfer.

Continúa la tendencia de profundización general, conservándose los flujos predominantes; a la vez la figura de “S” del centro-NNE aumenta su magnitud. La divisoria de aguas en el centro-Este se presenta más marcada, y el bajo en el Norte se hace más uniforme, expandiéndose hacia los laterales.

El alto piezométrico del SSO sigue expandiéndose hacia el Norte.

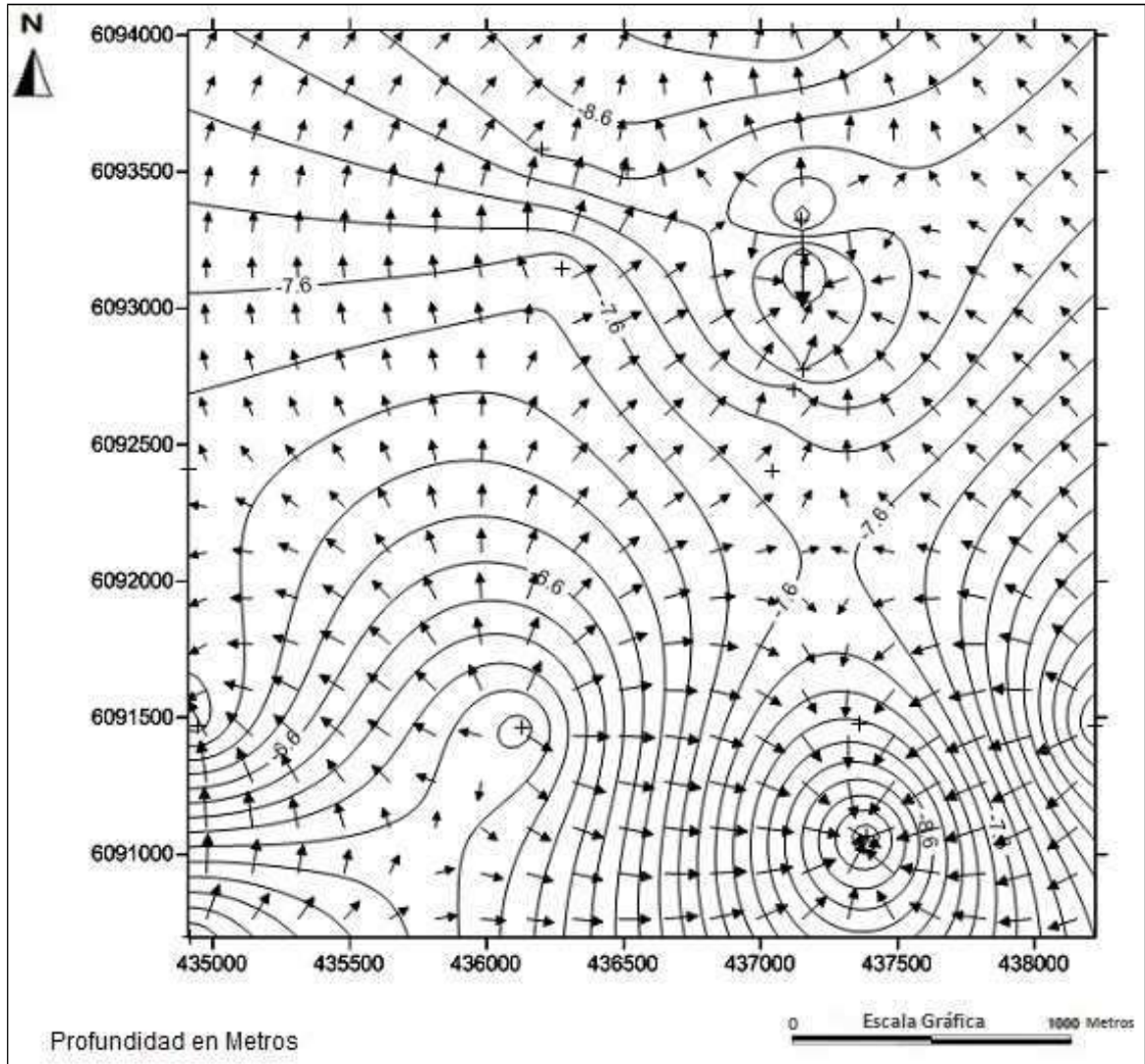
Año 2010



Mapa 3.18: Curvas piezométricas y direcciones de flujo para el año 2010. Elaboración propia a partir de los datos piezométricos aportados por el APA con el uso del programa Surfer.

Se puede advertir una baja general en las piezometrías, manteniéndose las direcciones de flujo dominantes hacia el Norte y secundarias hacia el Este. Las geometrías predominantes se conservan, y la figura en “S” del centro-NNE se desdibuja, formando nuevamente un “8”.

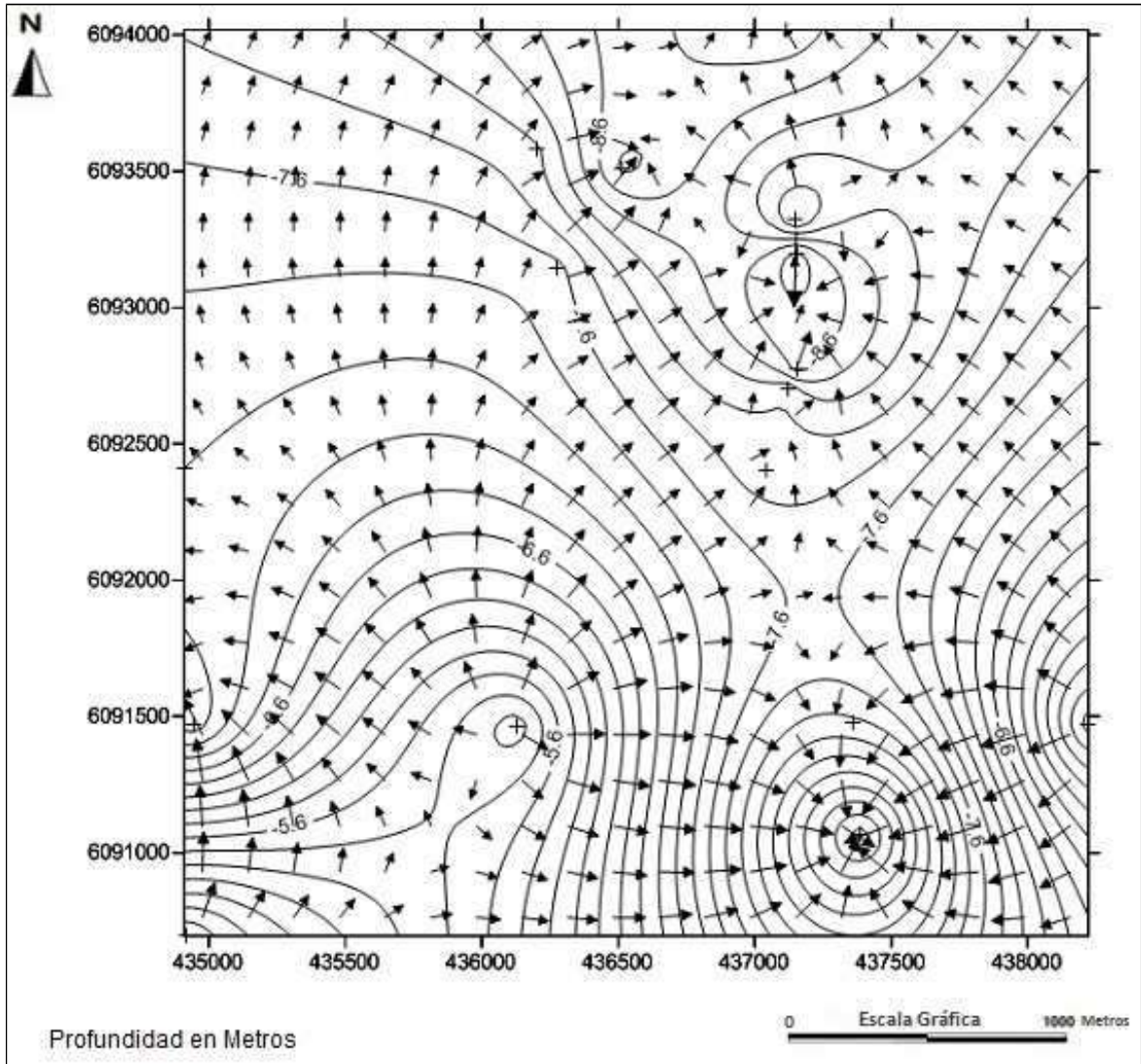
Año 2011



Mapa 3.19: Curvas piezométricas y direcciones de flujo para el año 2011. Elaboración propia a partir de los datos piezométricos aportados por el APA con el uso del programa Surfer.

Se observa una continuidad en la tendencia de profundización general, exponiendo una baja constante en las reservas, con conservación de los flujos predominantes. A su vez vuelve la figura de “S” del centro-NNE, y el bajo en el Norte se hace más uniforme, prolongándose hacia los laterales.

El alto piezométrico del SSO sigue expandiéndose hacia el Norte.



Mapa 3.20: Curvas piezométricas y direcciones de flujo para el año 2012. Elaboración propia a partir de los datos piezométricos aportados por el APA con el uso del programa Surfer.

La reservan mejoran, notándose una somerización general. El alto piezométrico en la zona SSO aumenta en magnitud y llega más al Norte, en tanto que la figura de “8” del centro-NNE, retoma una forma de “S”. A pesar de algunas direcciones opuestas, la tendencia predominante del flujo hacia el Norte sigue prevaleciendo, al igual que las del Este en segundo término.

3.3.3 Variaciones piezométricas interanuales (VPI) y promedio freatimétrico

Año	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
VPI	-0,51	-0,15	0,62	1,21	0,30	0,27	0,43	-0,23	-0,48	-0,47	-0,25	-0,27	0,09	-0,63	-0,69	-0,50	-0,54	0,06
Prom	-6,34	-6,49	-5,87	-4,66	-4,36	-4,09	-3,66	-3,89	-4,37	-4,84	-5,09	-5,36	-5,27	-5,90	-6,59	-7,09	-7,63	-7,57

Tabla 3.1: Variaciones piezométricas interanuales y promedio freatimétrico anuales del 1995-2012.
Elaboración propia.

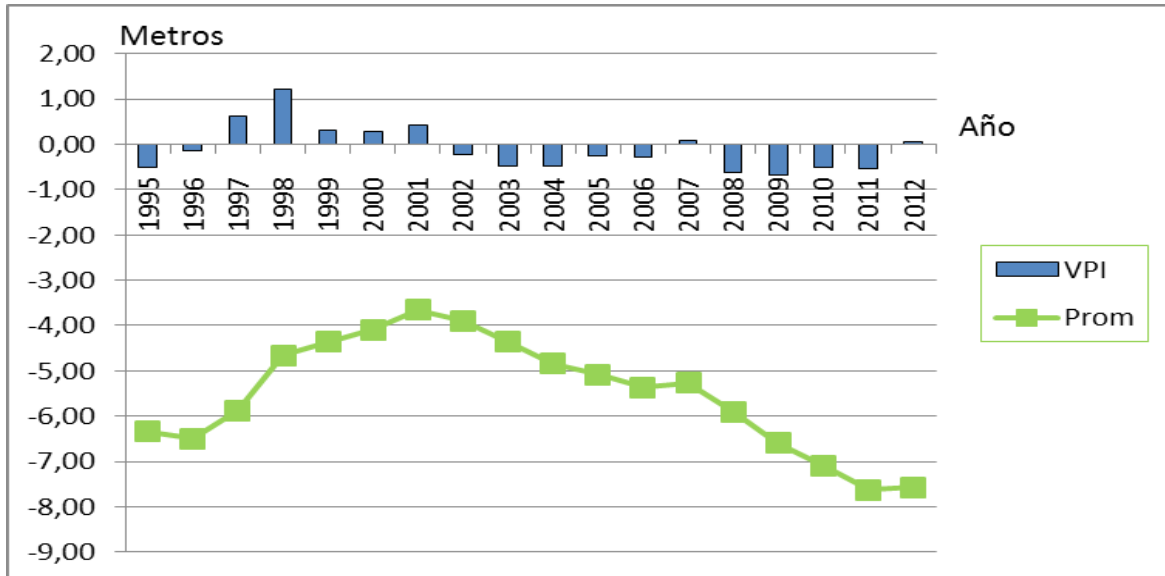


Gráfico 3.3: Variaciones piezométricas interanuales y promedio freatimétrico anuales del 1995-2012.
Elaboración propia.

De los datos aportados por APA, se calcularon las variaciones piezométricas interanuales a partir de la diferencia de nivel promedio anual con su año próximo anterior, denotando las tendencias positivas, aumentos en el almacenamiento.

En relación a las freatimetrías anuales, se puede inferir que el periodo analizado, comprendido entre 1995 y 2012, presenta seis etapas en relación a las variaciones piezométricas anuales:

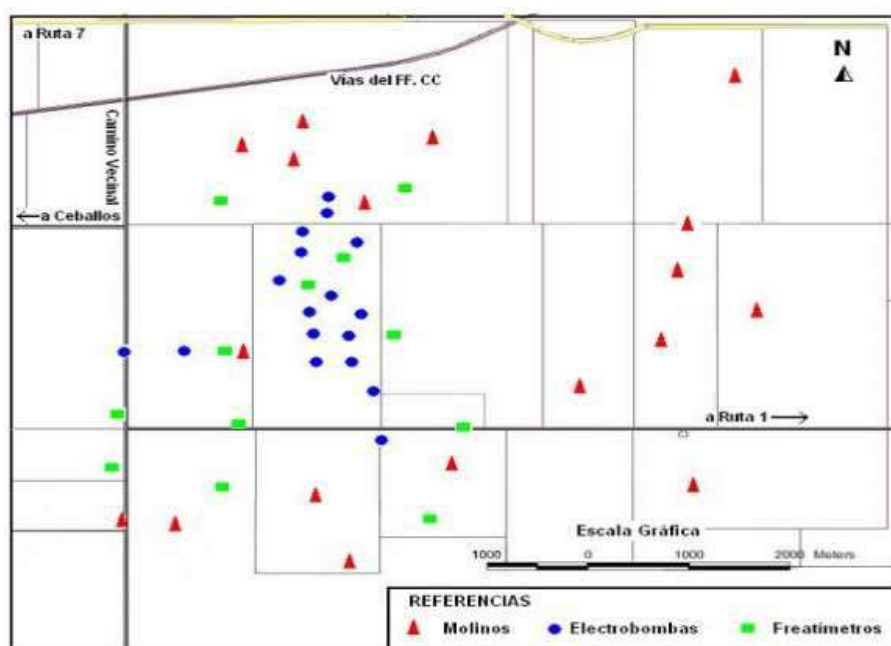
1. Leve descenso entre 1995 y 1996; donde los niveles de reserva disminuyen 0,15 m.
2. Etapa de crecimiento ininterrumpido hasta 2001. En los 5 años que dura esta etapa, las reservas aumentan 2,83 m; sobre el final del mismo, año 2001 las reservas llegan a su punto máximo durante el periodo estudiado. A partir de allí, salvo entre 2006-2007, el descenso de las reservas es sostenido.
3. Periodo de constantes descensos entre 2001 y 2006 en donde las reservas descienden 1,71 m.
4. Año de pequeño aumento (2006-2007), solo 0,09 m.

5. Periodo de continuo descenso a partir de 2008. En estos cuatro años, las reservas descendieron abruptamente: 2,35 m, marcando los niveles más bajos de todo el periodo analizado.
6. Sutil incremento de 0,06 m entre 2011 y 2012. Sin embargo, se podría esperar (en base a los datos pluviométricos) que el nivel comience a descender nuevamente para 2013.

Surge de esto, que sólo 6 años de los 16 seleccionados, corresponden a aumentos, siendo más importantes los descensos, y pudiendo dividirse a estos últimos en dos etapas: una al inicio del periodo y otra que va desde 2002 a 2010, con alzas y bajas, excluyendo 2007 y 2012; los ascensos se concentran entre 1997 y 2001.

3.4 Datos químicos

La información brindada por los datos químicos, permite conocer la calidad del agua del acuífero. En nuestra provincia, la Administración Provincial del Agua, releva los niveles de 20 parámetros; para el uso de la metodología empleada en esta investigación, se eligieron los elementos más nocivos: el flúor y el arsénico. Es por esta razón que serán analizados en este apartado, luego de establecer la ubicación y clasificación de los pozos en el área de estudio.



Mapa 3.21: Ubicación y clasificación de los pozos en el área de estudio. Castro 2013

Para la presente investigación, se seleccionaron dos elementos químicos: **F** (Flúor) y **As** (Arsénico). Dichos componentes, a pesar de ser oligoelementos, se han priorizado en relación a los mayoritarios, por su nocividad para la salud en el ser humano. A continuación, se describirán las principales particularidades de cada índice, y de cada elemento considerado.

3.4.1 Flúor

Según el Código Alimentario Argentino, la dosis de Flúor aceptada en agua para beber -según la temperatura media anual de 17,49°C- es de 1,3 mg/l. Para la Organización Mundial de la Salud, el exceso de flúor en el organismo, o su absorción con demasiada frecuencia puede producir problemas en la dentadura, y enfermedades como osteoclerosis asintomática, osteoporosis, fluorosis anquilosante, calcificación de ligamentos vertebrales, entre otras, situación que se agrava con el tiempo de ingestión.

3.4.2 Arsénico

Retomando las mismas fuentes que se utilizaron para el flúor, la cantidad máxima de arsénico en agua para consumo humano es de 0,01 mg/l. Se considera que hay una relación directa entre la concentración de arsénico y la alcalinidad del agua.

Como se mencionó anteriormente, el flúor y el arsénico son dos componentes nocivos para la salud, y están presentes en las fuentes de agua subterránea. Por dicha razón, se analizarán los niveles presentes en cada pozo, en base a una asociación de los mismos realizada por cercanía.

A continuación, se transcribirán los gráficos obtenidos a partir de los niveles de flúor y arsénico que contiene cada uno de los pozos.

Pozo N° 1 Ceballos

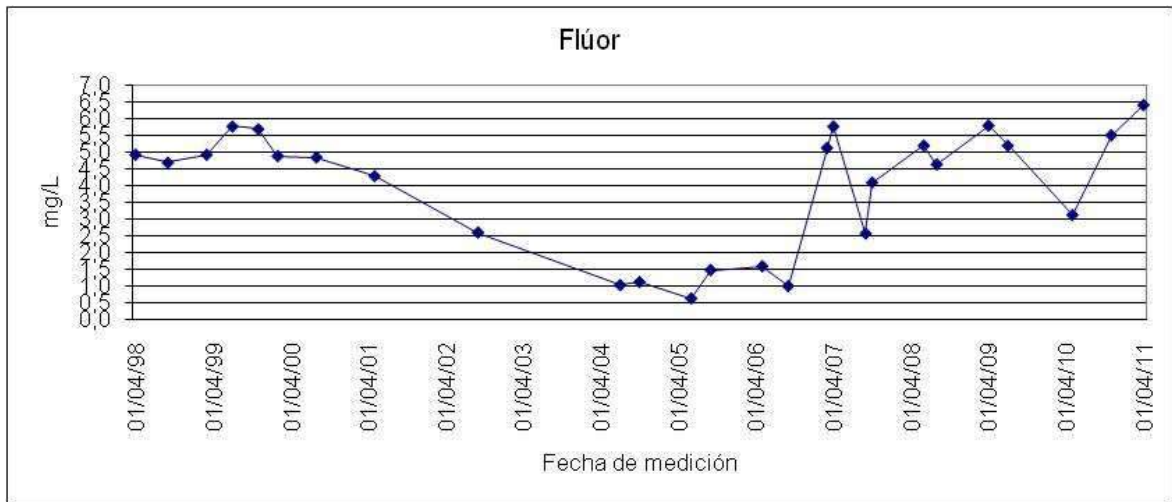


Gráfico 3.4: Valor de flúor presente en el pozo N° 1 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

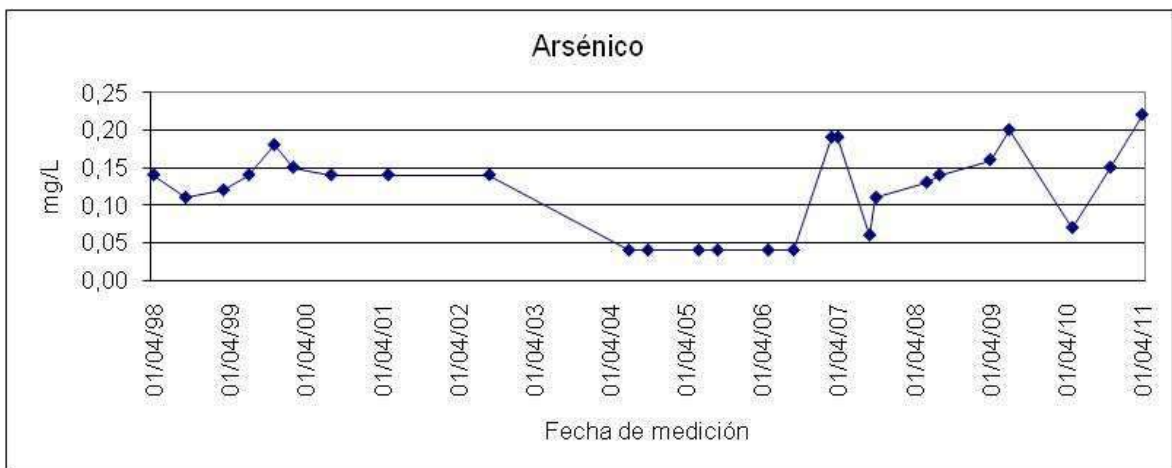


Gráfico 3.5: Valor de arsénico presente en el pozo N° 1 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

En este caso, sólo 4 mediciones de flúor marcaron por debajo del límite, tres de ellas en los años 2004 y 2005; coincidiendo con los valores más bajos de arsénico también entre los años 2004 y 2006. Aunque en este último las mediciones siempre estuvieron por encima del valor permitido.

Pozo N°2 Ceballos

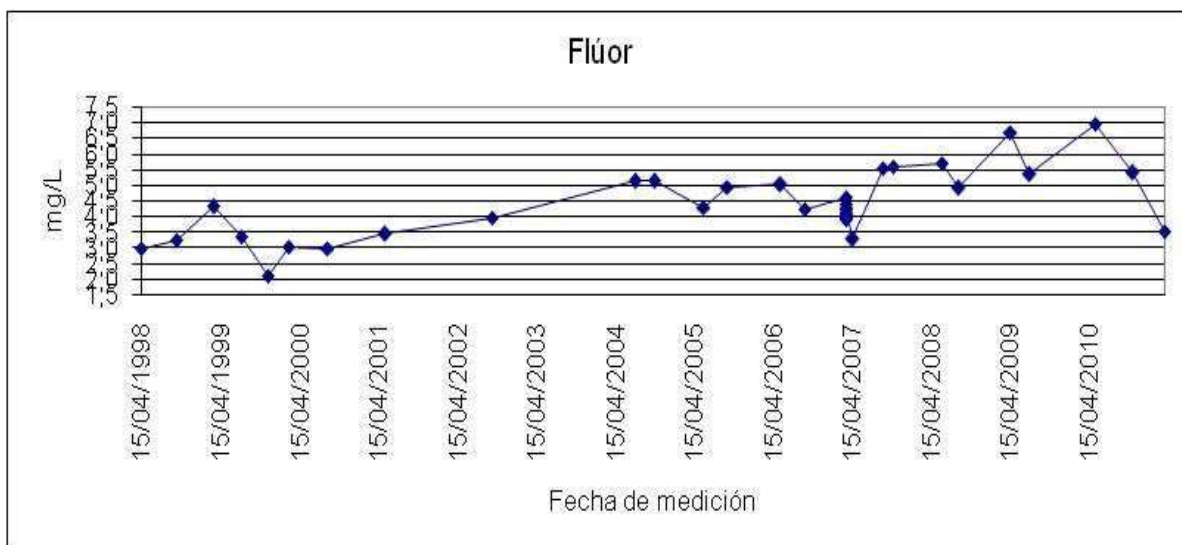


Gráfico 3.6: Valor de flúor presente en el pozo N° 2 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

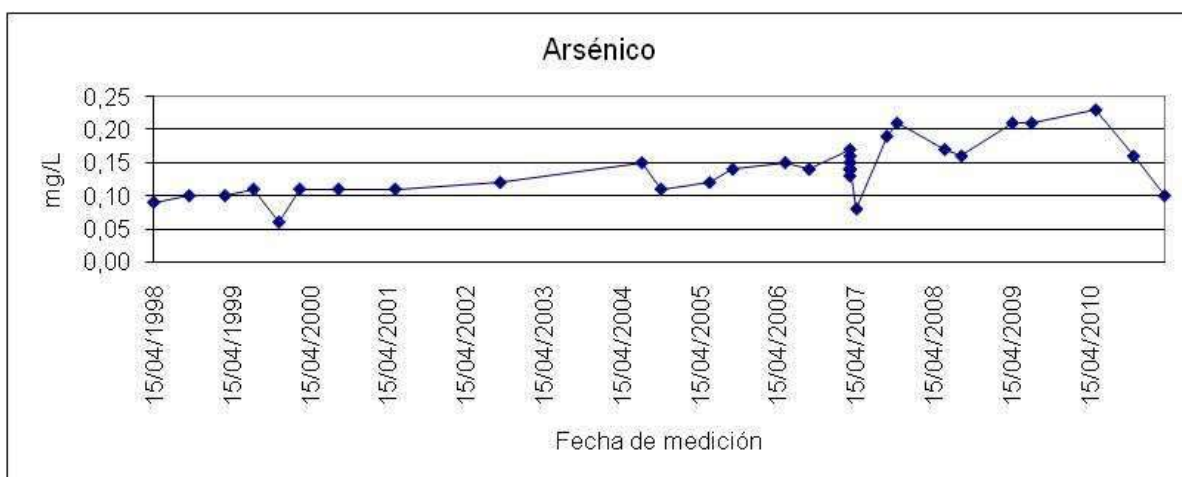


Gráfico 3.7: Valor de arsénico presente en el pozo N° 2 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

En este pozo, todos los valores de ambos elementos se encuentran por encima del valor máximo permitido, presentando picos siete (Flúor) o más veces superior (Arsénico).

Pozo N° 3 Ceballos

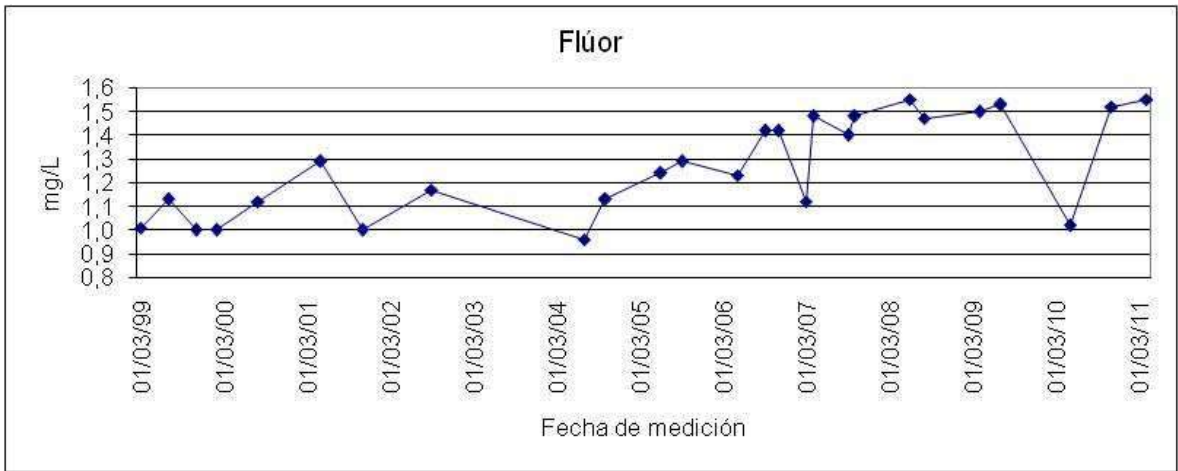


Gráfico 3.8: Valor de flúor presente en el pozo N° 3 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

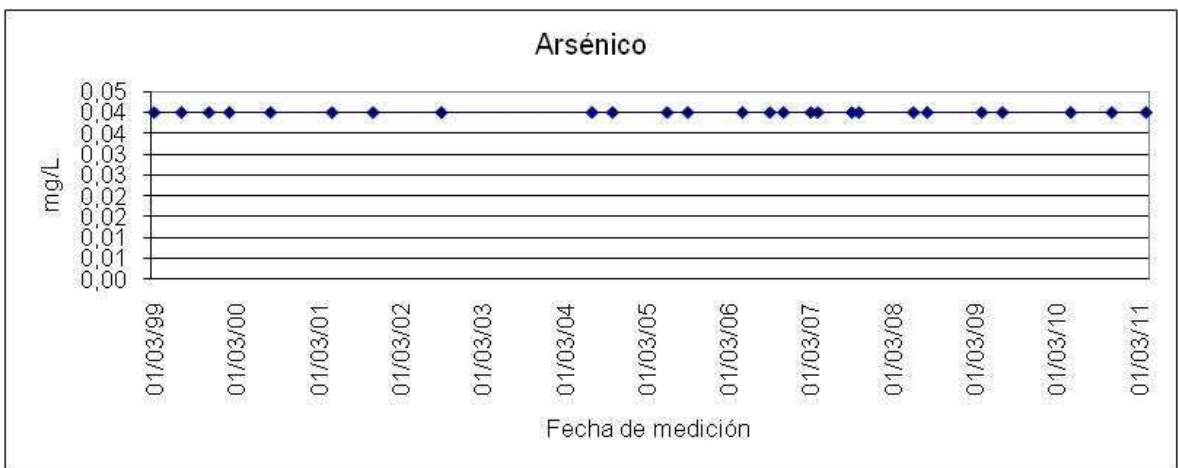


Gráfico 3.9: Valor de arsénico presente en el pozo N° 3 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

En este caso, los elementos presentan nuevamente comportamientos disímiles. Los valores de Flúor varían entre 0,9 y 1,5, presentando periodos tanto por debajo como por encima del valor permitido. Tiene la particularidad que desde el año 2007, -salvo la excepción de 2010-, todas las mediciones están por encima de los 1,3 mg/l, marcando una tendencia creciente. Por su parte, el Arsénico, se mantiene constante en un valor por encima de 0,01 mg/l.

Pozo N° 4 Ceballos

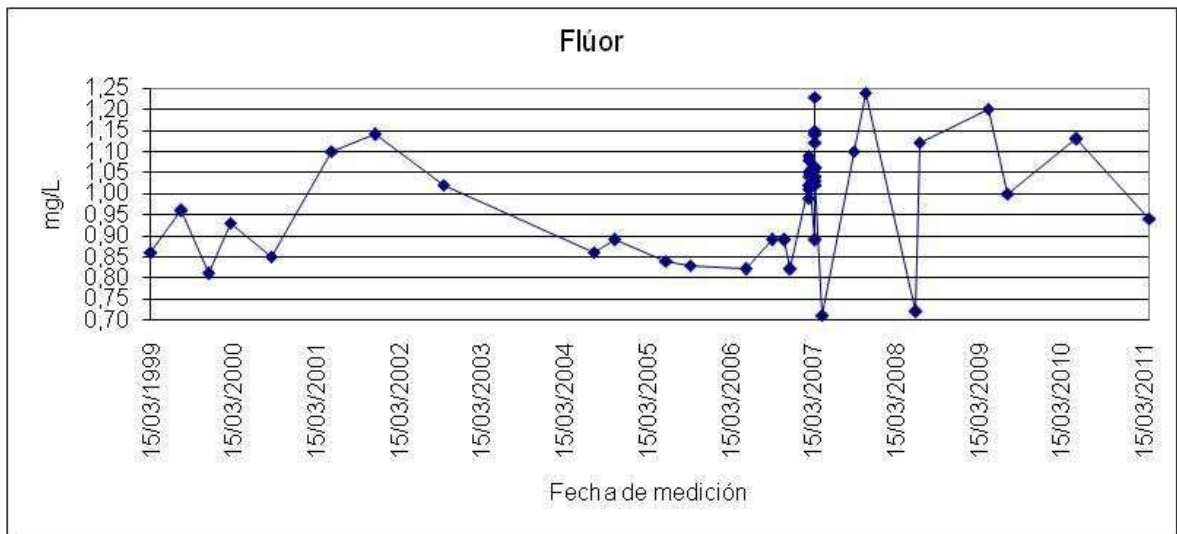


Gráfico 3.10: Valor de flúor presente en el pozo N° 4 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

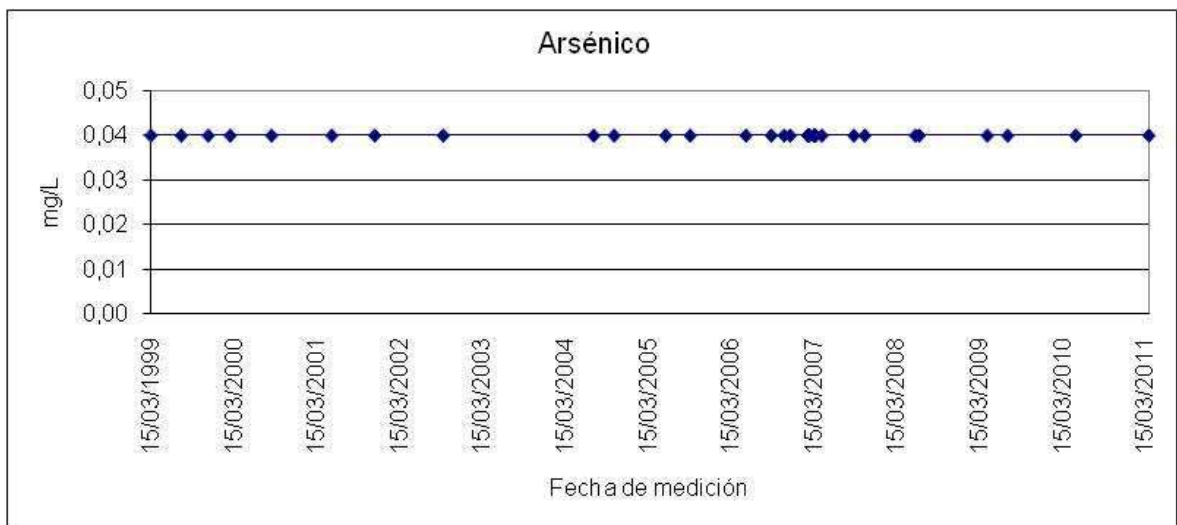


Gráfico 3.11: Valor de arsénico presente en el pozo N° 4 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

En este pozo, los elementos analizados tienen un comportamiento dispar. Mientras que los valores de flúor oscilan entre 0,7 mg/l y 1,25; los de arsénico se mantienen constantes en 0,04 mg/l. Esto significa que los valores de flúor son aceptables, pero los de arsénico están por encima del valor permitido (0,01 mg/l).

Bomba N°1 Intendente Alvear

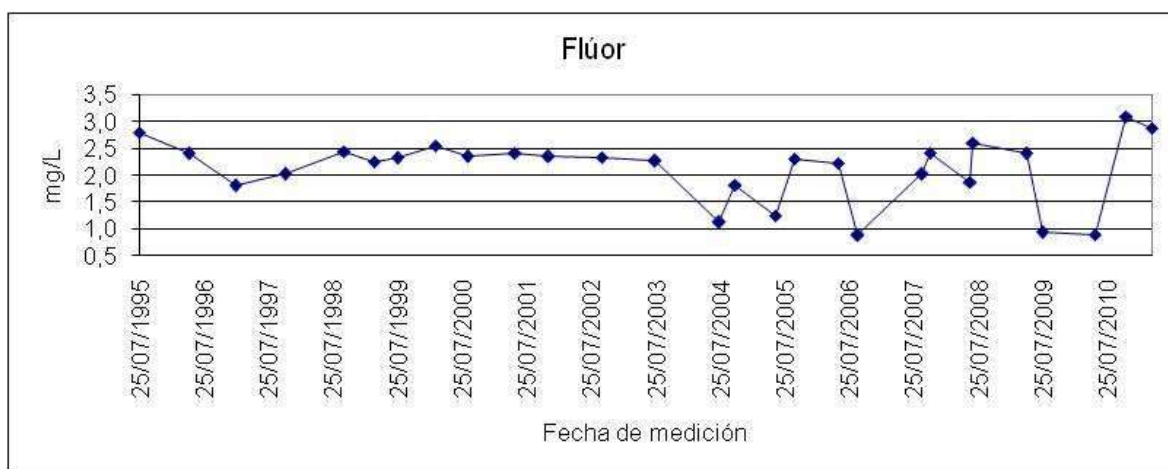


Gráfico 3.12: Valor de flúor presente en la bomba N°1 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

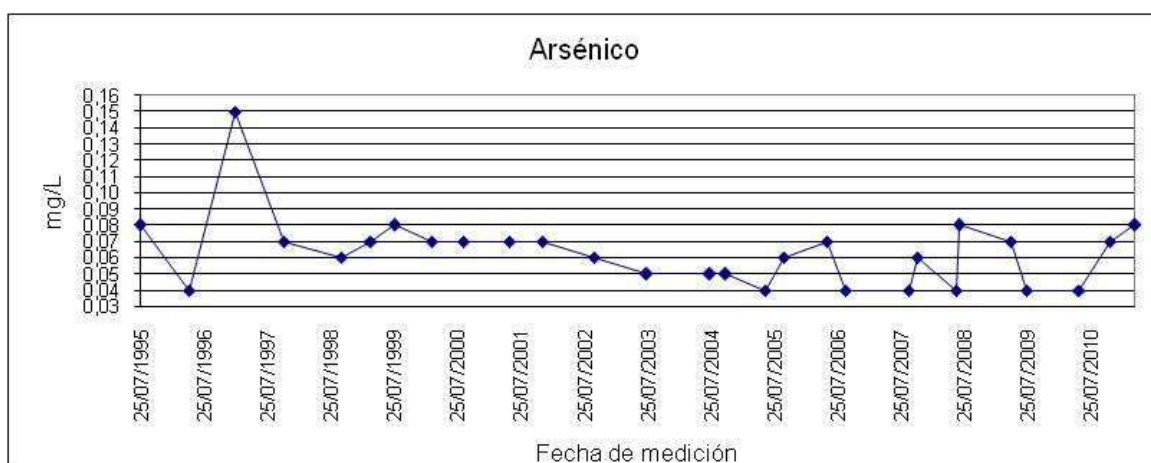


Gráfico 3.13: Valor de arsénico presente en la bomba N° 1 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

En este pozo también se observan comportamientos diferenciados: mientras que el Flúor presenta valores entre 0,8 y 3; el Arsénico varía entre 0,04 y 0,15. Se podría decir que en el primero de los elementos se observan dos etapas con un punto de inflexión en 2003, año a partir del cual las fluctuaciones son más amplias, registrando valores por debajo del máximo permitido (entre 1995 y 2002 las mediciones siempre arrojaron valores superiores a 1,3 mg/l); pudiendo inferir una tendencia decreciente.

El arsénico, por su parte, siempre registró valores por encima del máximo permitido, cristalizando un incremento en sus mediciones a partir del 2010.

Bomba N°2 Intendente Alvear

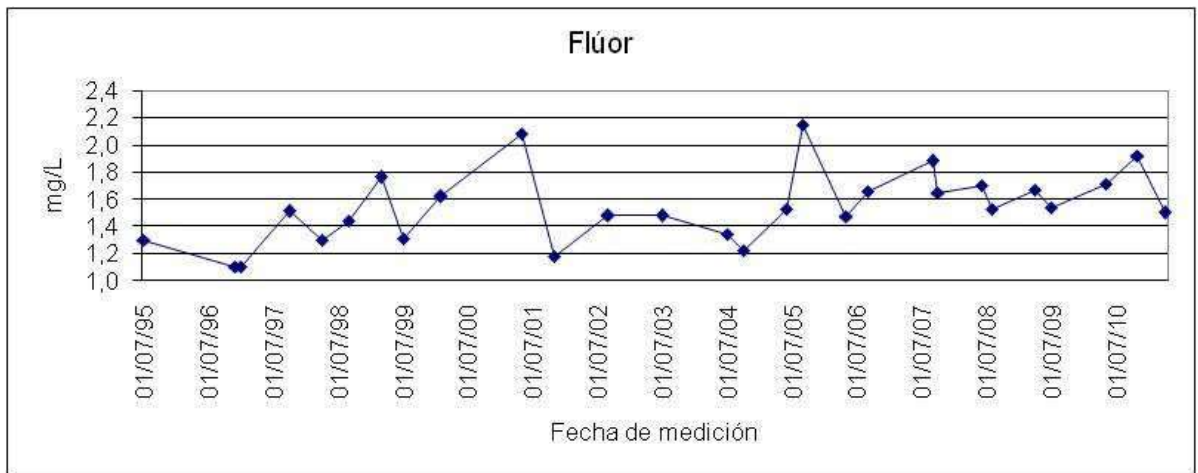


Gráfico 3.14: Valor de flúor presente en la bomba N°2 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

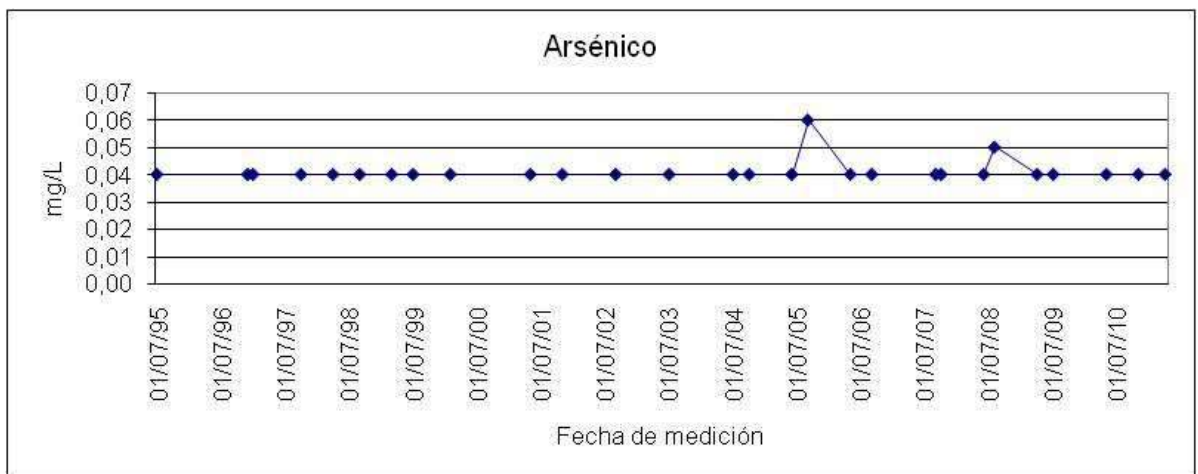


Gráfico 3.15: Valor de arsénico presente en la bomba N° 2 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

En este pozo, el Flúor registra muy pocas mediciones por debajo de 1,3 mg/l; mientras que el Arsénico –en todos los casos- supera en amplio margen el valor de 0,01 mg/l.

Si bien en la última medición, el Flúor marcó un pequeño descenso, la tendencia general es creciente.

Bomba N° 3 Intendente Alvear

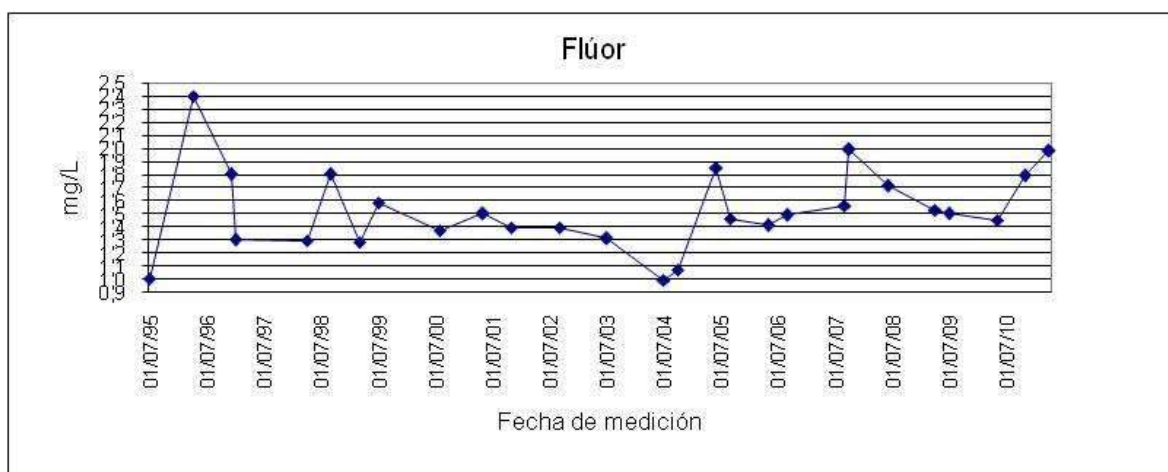


Gráfico 3.16: Valor de flúor presente en la bomba N°3 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

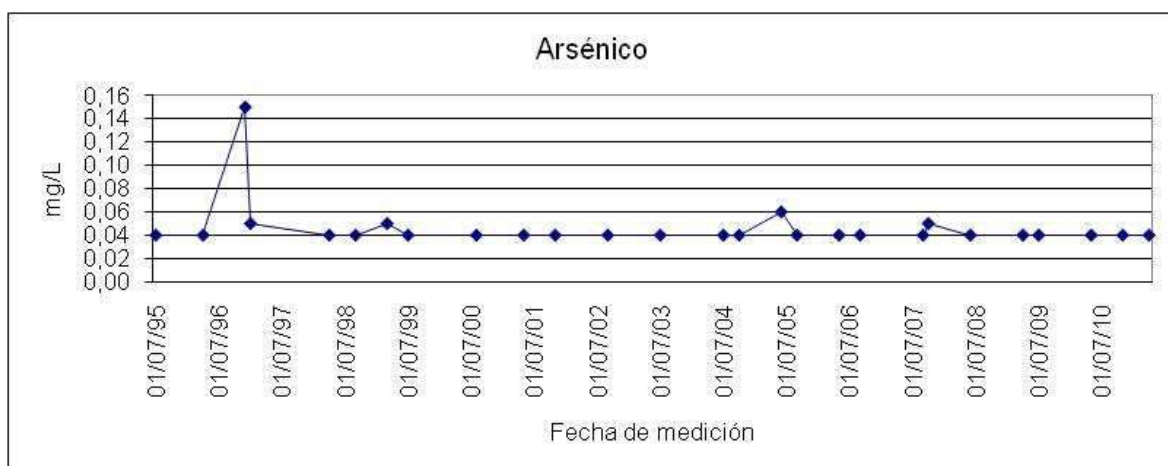


Gráfico 3.17: Valor de arsénico presente en la bomba N°3 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

Como en muchos de los casos, aquí el Flúor presenta mediciones dentro del rango permitido, y muchas otras que lo superan. Desde 2004, aunque desciende en algunos años, la tendencia general es creciente.

Por otro lado, el Arsénico vuelve a mantenerse prácticamente constante en un valor de 0,04 mg/l.

Bomba N° 4 Intendente Alvear

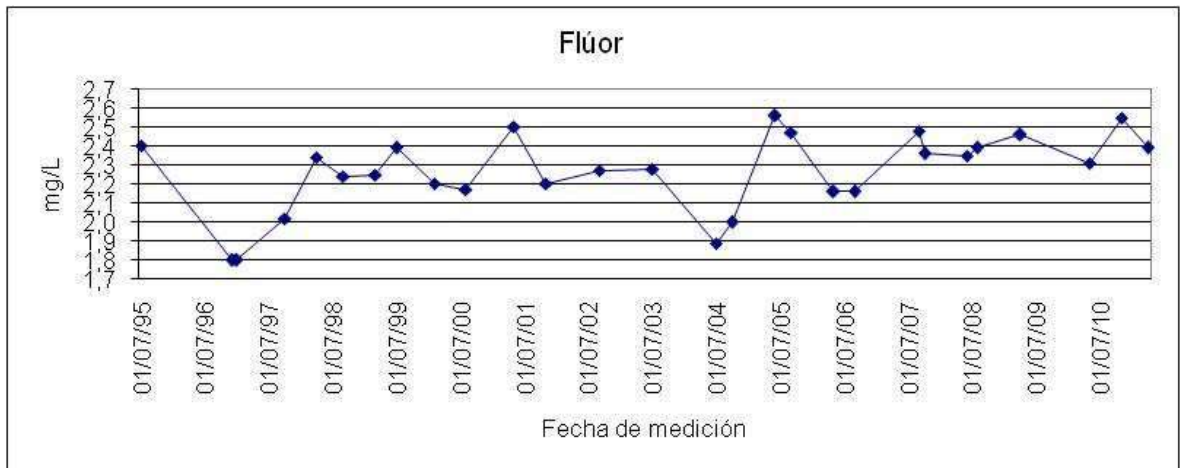


Gráfico 3.18: Valor de flúor presente en la bomba N° 4 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.



Gráfico 3.19: Valor de arsénico presente en la bomba N° 4 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

Este pozo tiene la particularidad de presentar valores muy por encima de los permitidos, en ambos elementos: el valor mínimo que registra el Flúor es de 1,8 mg/l con un pico máximo de 2,6 mg/l; mientras que el Arsénico fluctúa entre 0,04 mg/l y 0,09 mg/l.

Bomba N° 5 Intendente Alvear

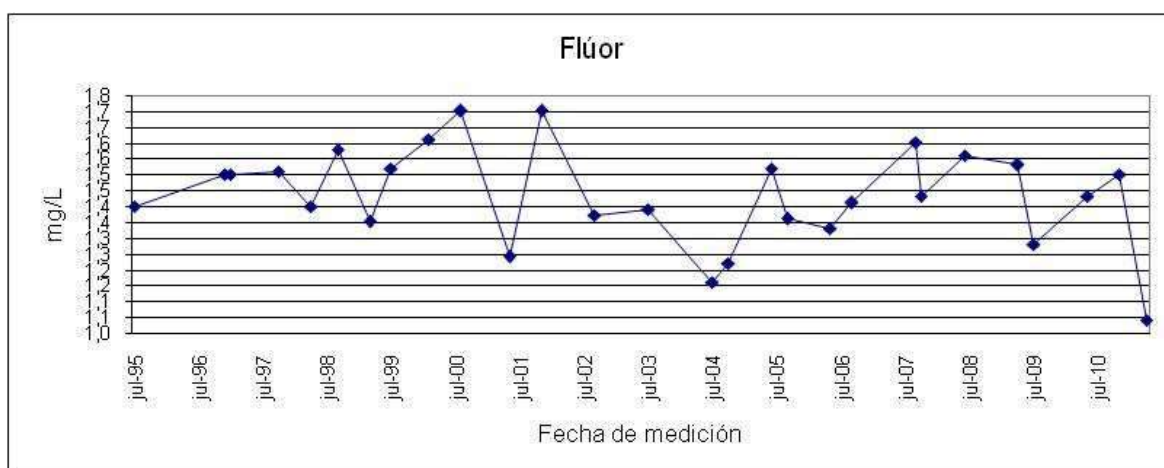


Gráfico 3.20: Valor de flúor presente en la bomba N° 5 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.



Gráfico 3.21: Valor de arsénico presente en la bomba N° 5 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

Con grandes fluctuaciones, los valores de Flúor de este pozo en su gran mayoría se encuentran entre 1,4 y 1,7 mg/l. El Arsénico, nuevamente tiene prácticamente todos sus valores en 0,04 mg/l.

Bomba N° 6 Intendente Alvear

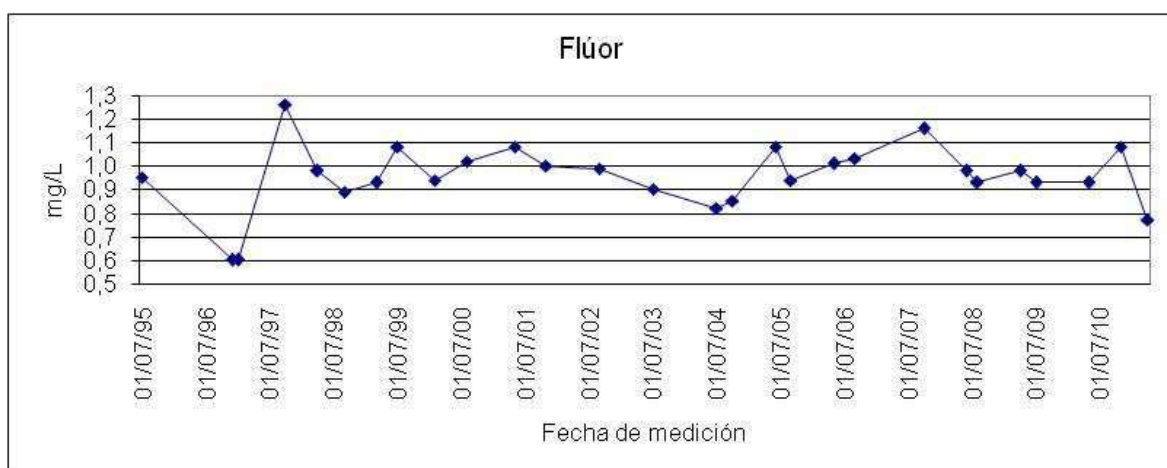


Gráfico 3.22: Valor de flúor presente en la bomba N° 6 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

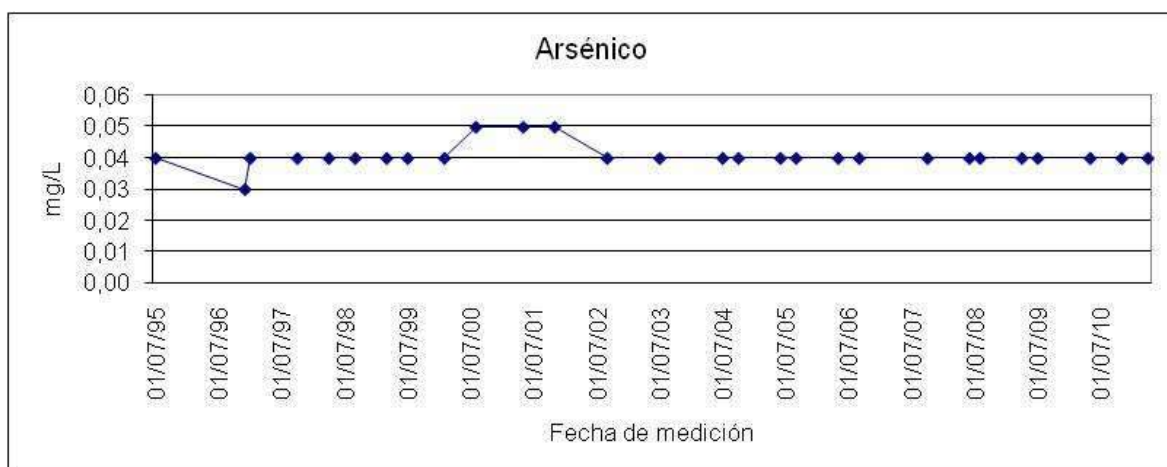


Gráfico 3.23: Valor de arsénico presente en la bomba N° 6 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

En este pozo se puede diferenciar a los elementos, ya que uno de ellos, el Flúor, tiene todas sus mediciones dentro de los parámetros permitidos; en su gran mayoría con valores entre 0,8 mg/l y 1,2 mg/l. Por el contrario, el Arsénico tiene todos su valores por encima del máximo permitido.

Bomba N° 7 Intendente Alvear

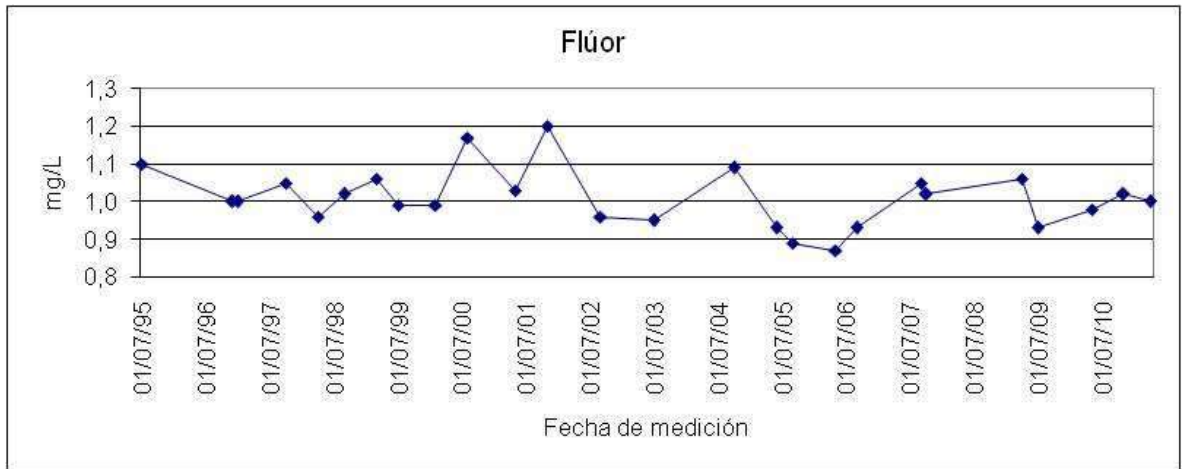


Gráfico 3.24: Valor de flúor presente en la bomba N° 7 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

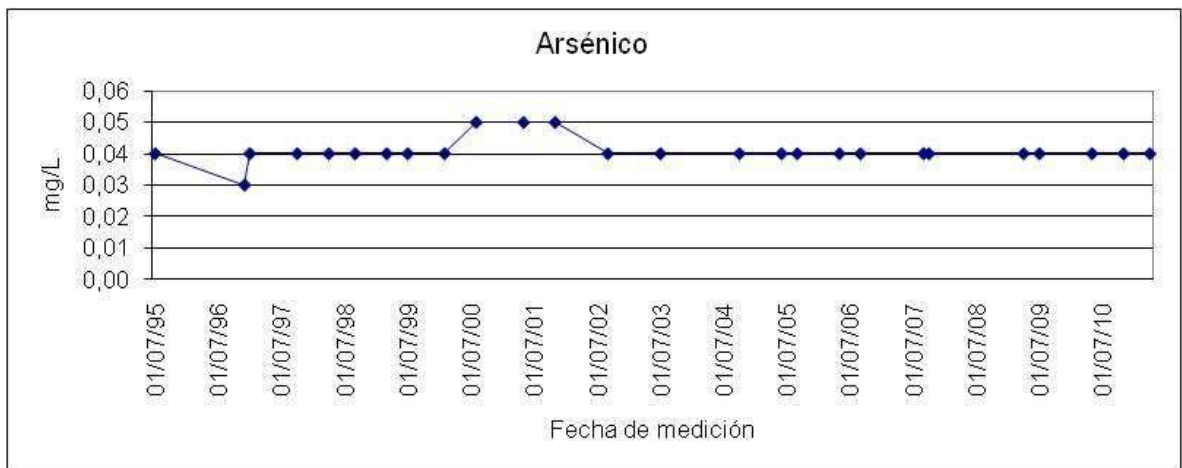


Gráfico 3.25: Valor de arsénico presente en la bomba N° 7 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

Con características similares al pozo anterior, en este caso los niveles de Flúor están dentro de los valores permitidos. El Arsénico también presenta un comportamiento semejante al pozo anterior, con sus niveles entre 0,03 y 0,05 mg/l.

Bomba N° 8 Intendente Alvear

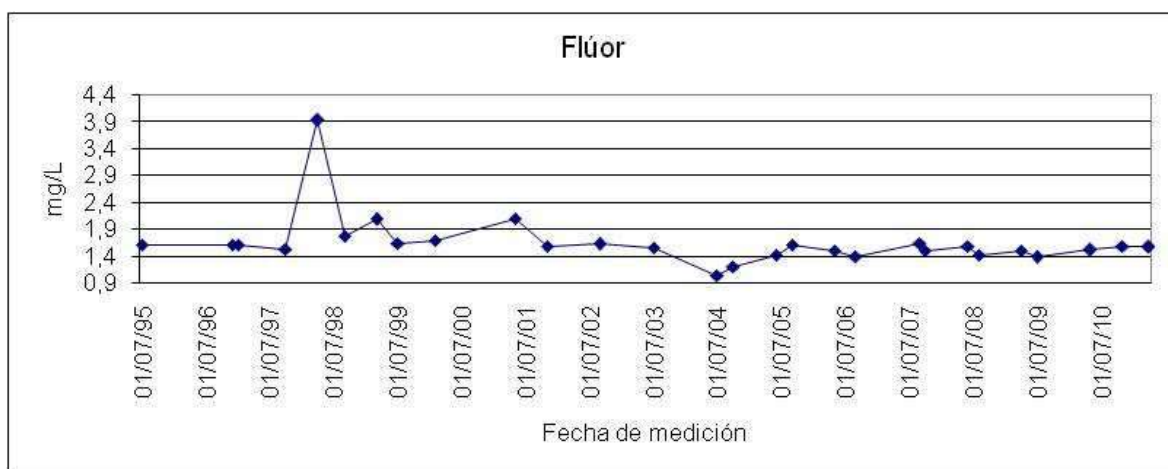


Gráfico 3.26: Valor de flúor presente en la bomba N° 8 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

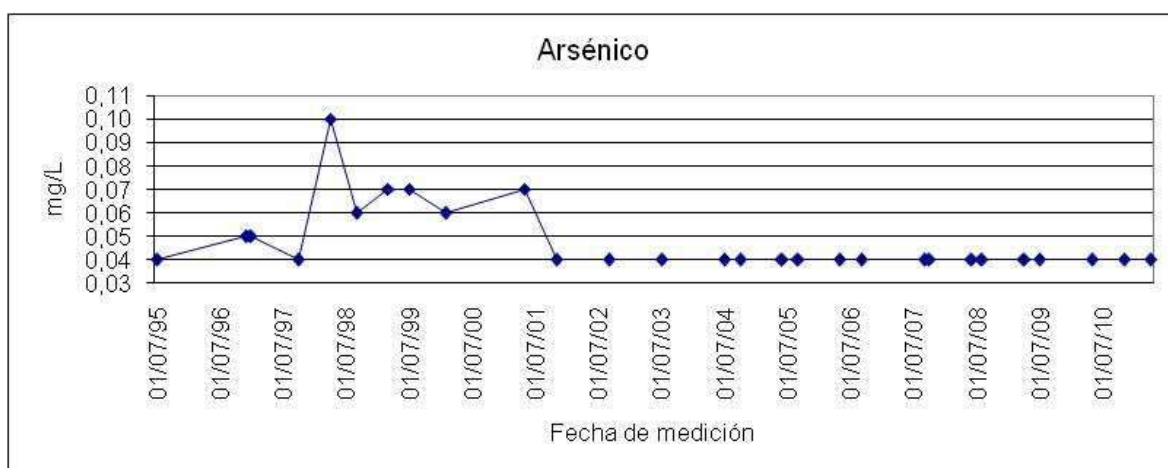


Gráfico 3.27: Valor de arsénico presente en la bomba N° 8 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

Los niveles de Flúor en este pozo son similares a lo largo de todo el periodo, con valores (salvo la excepción del año 2004) por encima del máximo permitido que varían entre 1,4 mg/l y 2 mg/l.

Por su parte, el Arsénico tiene dos etapas bien diferenciadas. La primera de ellas, entre 1995 y 2001 presenta grandes fluctuaciones con un pico máximo de 0,10 mg/l, y un valor mínimo de 0,04 mg/l. A partir de allí, los niveles de Arsénico se estabilizan en 0,04 mg/l, pero aún así son superiores al 0,01 mg/l permitido para agua para consumo humano.

Bomba N° 9 Intendente Alvear



Gráfico 3.28: Valor de flúor presente en la bomba N° 9 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

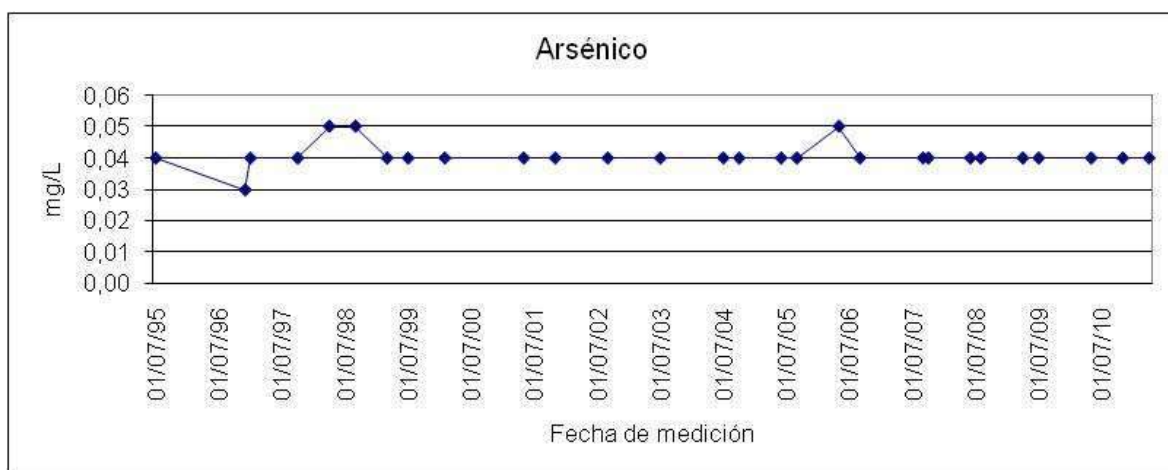


Gráfico 3.29: Valor de arsénico presente en la bomba N° 9 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

Las fluctuaciones de Flúor registradas en este pozo generan que los niveles de este elemento superen y no intermitentemente el valor máximo permitido. Mientras que el Arsénico, en la mayoría de las mediciones se mantiene constante en 0,04 mg/l.

Bomba N° 10 Intendente Alvear

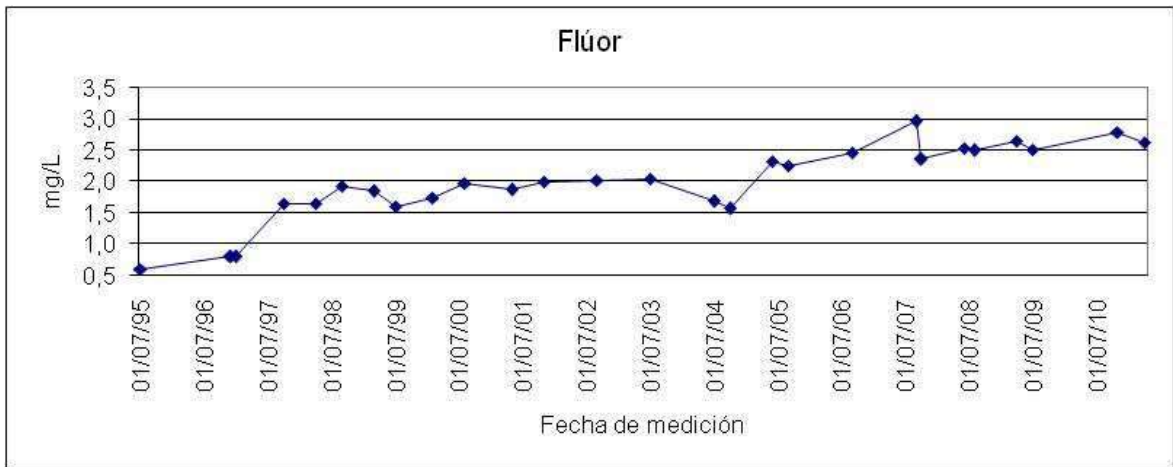


Gráfico 3.30: Valor de flúor presente en la bomba N° 10 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.



Gráfico 3.31: Valor de arsénico presente en la bomba N° 10 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

Desde 1997 los niveles de Flúor registrados en este caso superan el umbral de 1,3 mg/l; marcando una tendencia creciente a lo largo del periodo, con uno de sus picos máximos sobre el final del mismo.

El otro de los elementos analizados, presenta grandes fluctuaciones pero siempre por encima del valor máximo establecido, registrando los valores más altos a partir de 2005.

Bomba N° 11 Intendente Alvear

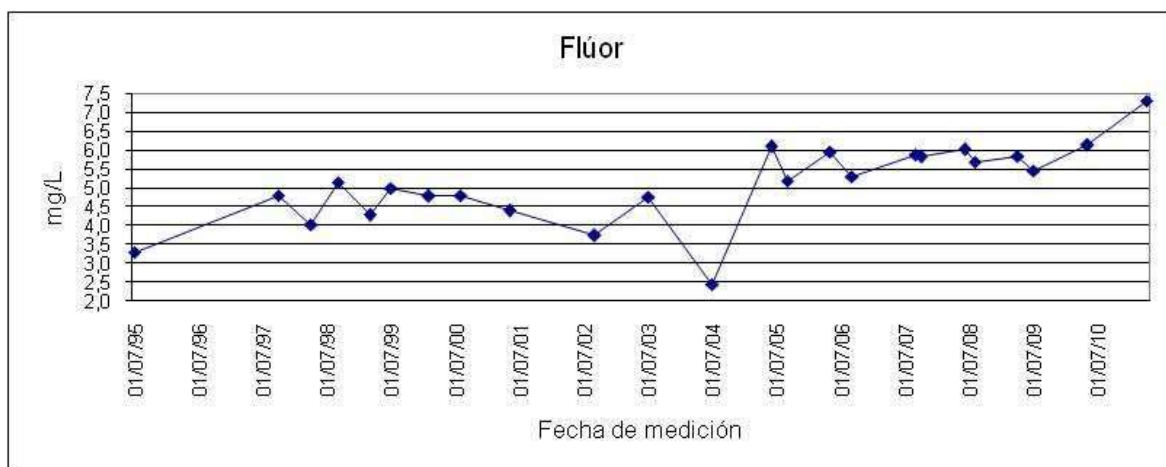


Gráfico 3.32: Valor de flúor presente en la bomba N° 11 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.



Gráfico 3.33: Valor de arsénico presente en la bomba N° 11 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

En este caso, los niveles de ambos elementos superan el máximo permitido, presentando una tendencia general de crecimiento. Es uno de los pozos con valores más elevados, y por ende con la peor calidad de agua sin tratamiento.

Bomba N° 12 Intendente Alvear

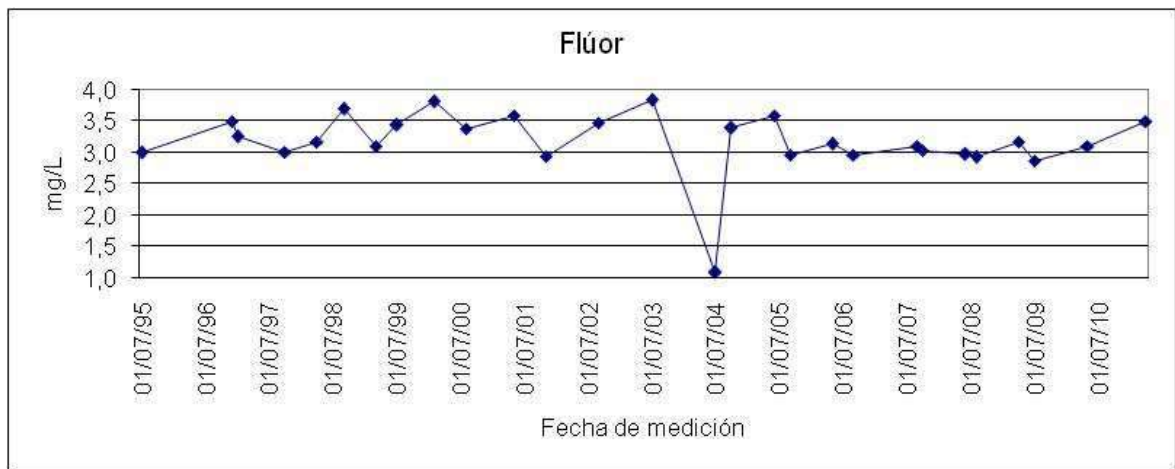


Gráfico 3.34: Valor de flúor presente en la bomba N° 12 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.



Gráfico 3.35: Valor de arsénico presente en la bomba N° 12 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

Con un solo valor de Flúor por debajo de 1,3 mg/l; en este caso también los niveles son preocupantes para ambos oligoelementos.

Bomba N° 13 Intendente Alvear

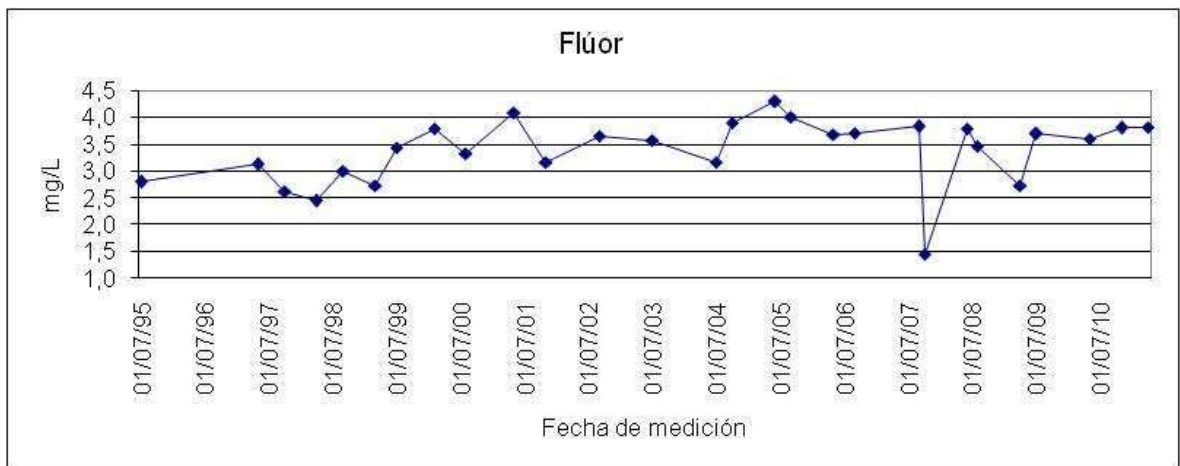


Gráfico 3.36: Valor de flúor presente en la bomba N° 13 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

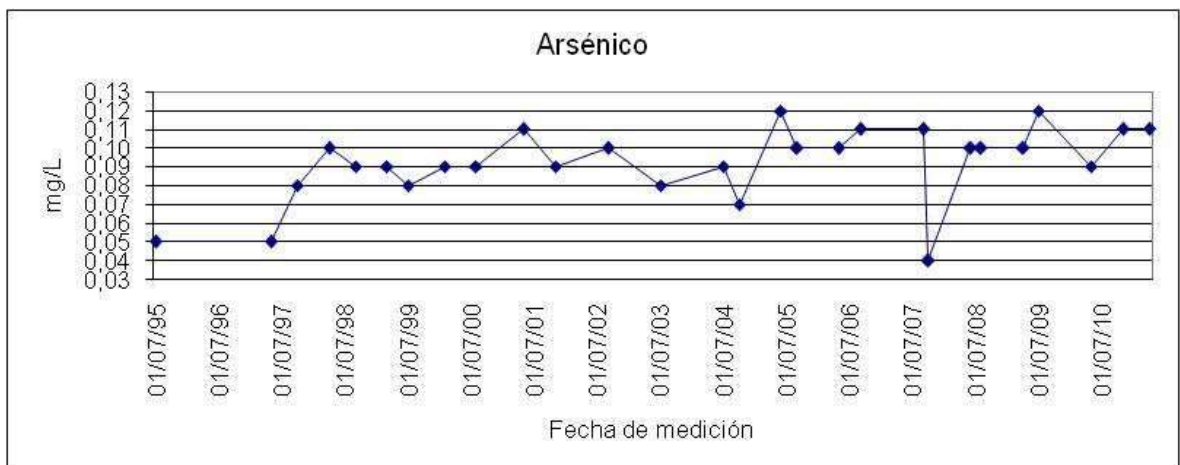


Gráfico 3.37: Valor de arsénico presente en la bomba N° 13 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

Este pozo presenta en ambos casos valores muy preocupantes, llegando a tener mediciones que superan en tres veces o más los valores permitidos. Situación que se repite a lo largo de todo el periodo de estudio.

Bomba N° 14 Intendente Alvear

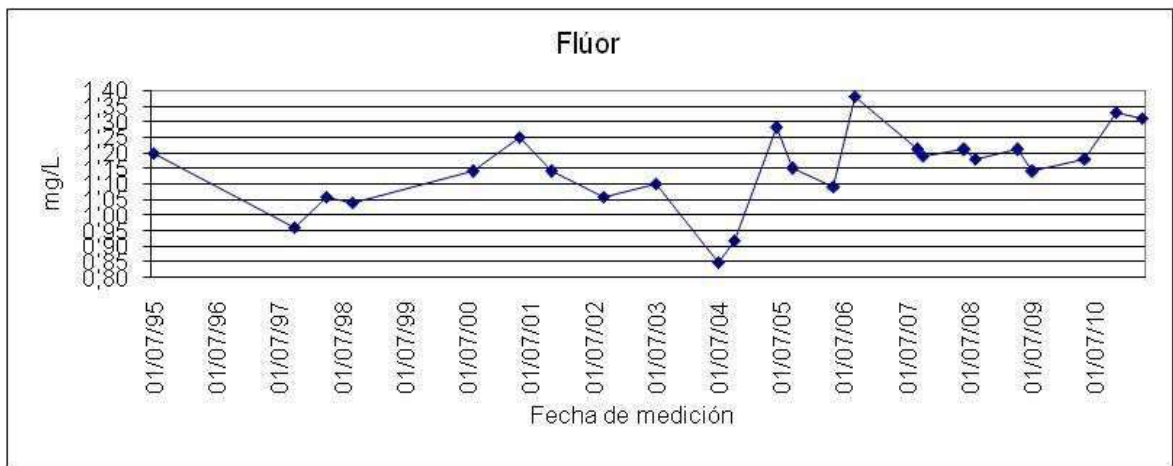


Gráfico 3.38: Valor de flúor presente en la bomba N° 14 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

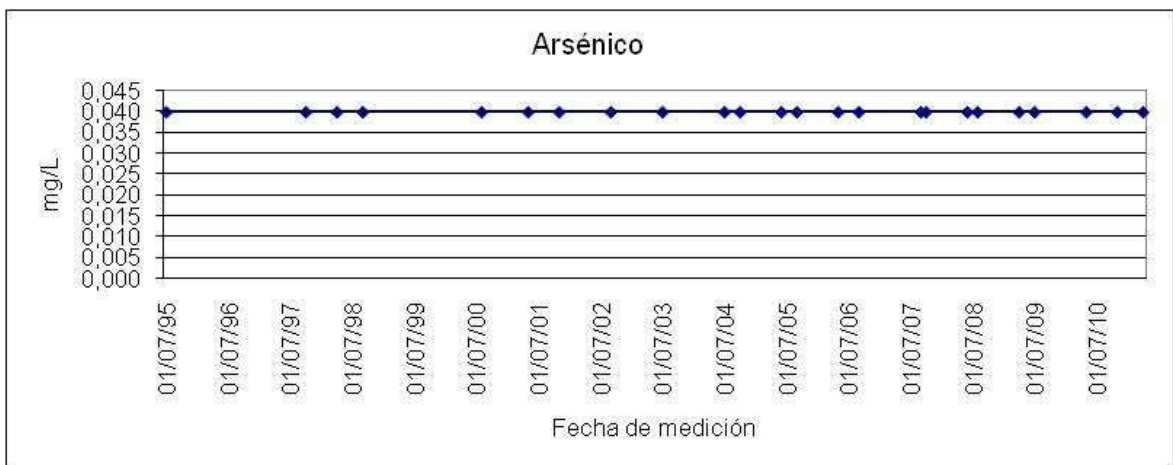


Gráfico 3.39: Valor de arsénico presente en la bomba N° 14 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

Nuevamente se observan comportamientos diferenciados entre ambos oligoelementos. Mientras el Flúor presenta mediciones dentro del rango permitido, el Arsénico se mantiene constante en 0,04 mg/l.

Salvo en dos mediciones (2006 y 2010), el Flúor se mantuvo por debajo de 1,3 mg/l; con valores en un rango entre 0,8 y 1,2 mg/l.

Bomba N° 17 Intendente Alvear

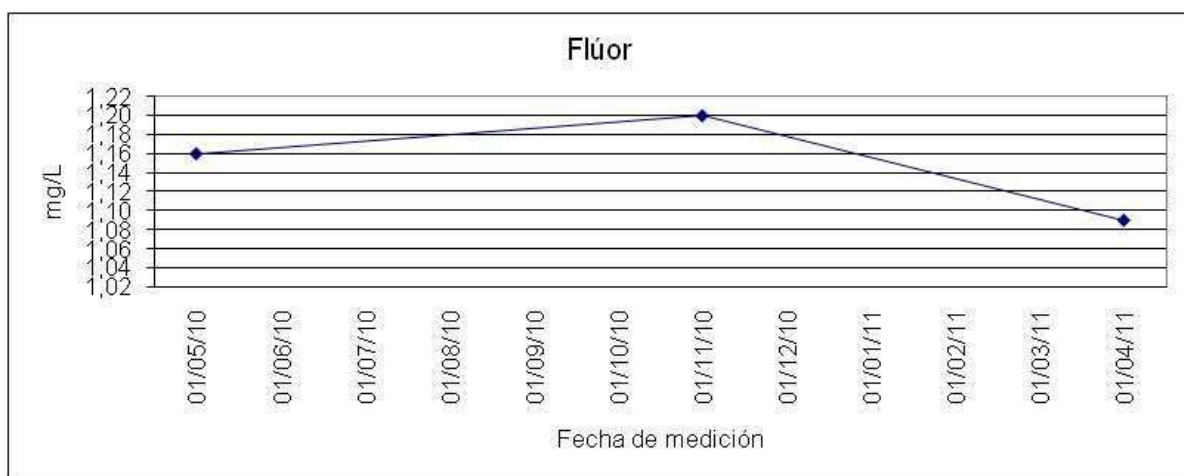


Gráfico 3.40: Valor de flúor presente en la bomba N° 17 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

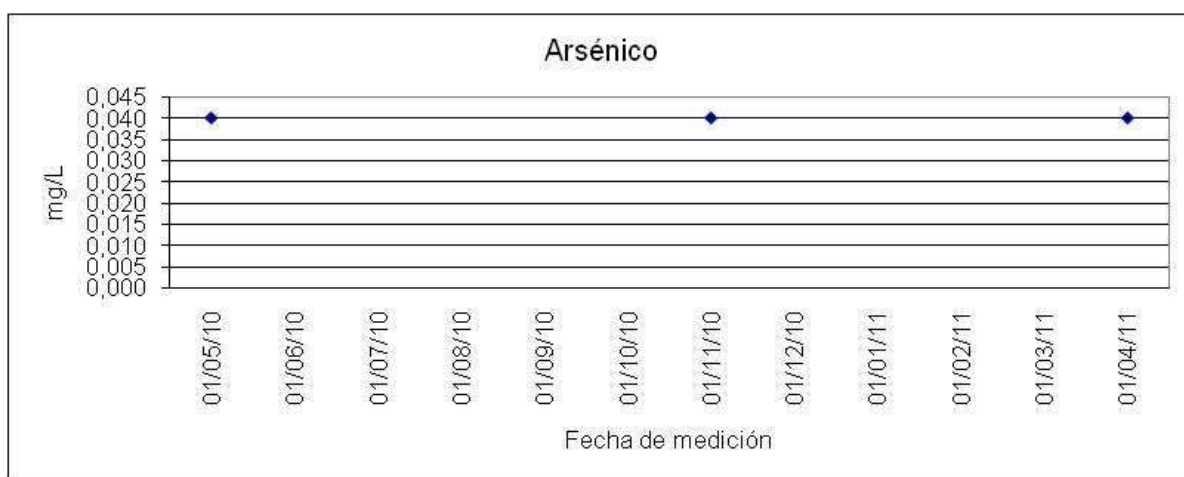


Gráfico 3.41: Valor de arsénico presente en la bomba N° 17 de la zona en estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por APA.

Con sólo tres mediciones, los niveles de Flúor en este pozo se encuentran dentro de los valores permitidos, mientras que el Arsénico se mantiene constante en 0,04 mg/l.

En síntesis, se puede afirmar que los dos oligoelementos analizados presentan características disimiles. Los niveles de Flúor son más aceptables, en algunos de los pozos los valores están en su totalidad por debajo del máximo permitido (Pozo N° 4, Bomba N° 6, Bomba N° 7 y Bomba N° 17); y en otros, todos por encima (Pozo N° 2, Bomba N° 4, Bomba N° 11, Bomba N° 12 y Bomba N° 13).

Por el otro lado, el Arsénico tiene una moda de 0,04 mg/l (claramente por encima del máximo permitido). Sólo en dos ocasiones, Pozo N° 1 y Pozo N° 2, todas las mediciones arrojan valores por debajo de 0,04 mg/l, pero aún así por encima del permitido. En el otro extremo, seis de las Bombas (N° 1, N° 4, N° 10, N° 11, N° 12 y N° 13) presentan niveles preocupantes de Arsénico.

3.5 Balance hídrico

3.5.1 Balances hídricos de paso mensual.

Para el balance hídrico medio de paso mensual, se consignó a nivel del suelo y se recurrió a la técnica de Thornthwaite y Matter (1955), también se trabajó con su método para el cálculo de las evapotranspiraciones. Por otro lado, la capacidad de campo (C.C.) se consideró para un suelo arenoso franco, con clima subhúmedo (Cano, 1980). La C.C. que se utilizó fue de 170 mm/m (1700 mm³/ha), valor utilizado por Castro (2013), para la zona de análisis, basado en un área de similares características cercana al área de estudio. La vegetación arraigada en ellos es un pastizal. (Casagrande, 2000).

Se consideró año hidrológico, el cual comienza en el mes de julio del anterior año calendario, Se trabaja bajo el supuesto de que el período comienza con las reservas de agua útil (RAU) completas, en su máxima capacidad de campo, a causa de las bajas evapotraspiraciones acaecidas en esa época de año, dado que es invierno en el hemisferio sur. Se asume también que los excesos son resultado sólo de las precipitaciones y que alcanzan el nivel saturado.

Se consideran dos series de tiempo, 1992-2003 y 2003-2013, puesto que en los balances anuales los resultados obtenidos con esta metodología sobreestiman los excesos, (a causa de subestimar la evapotranspiración), y muestran una recarga exagerada. Aunque este inconveniente se repite en las series temporales, reflejan a grandes rasgos la tendencia durante dichos periodos.

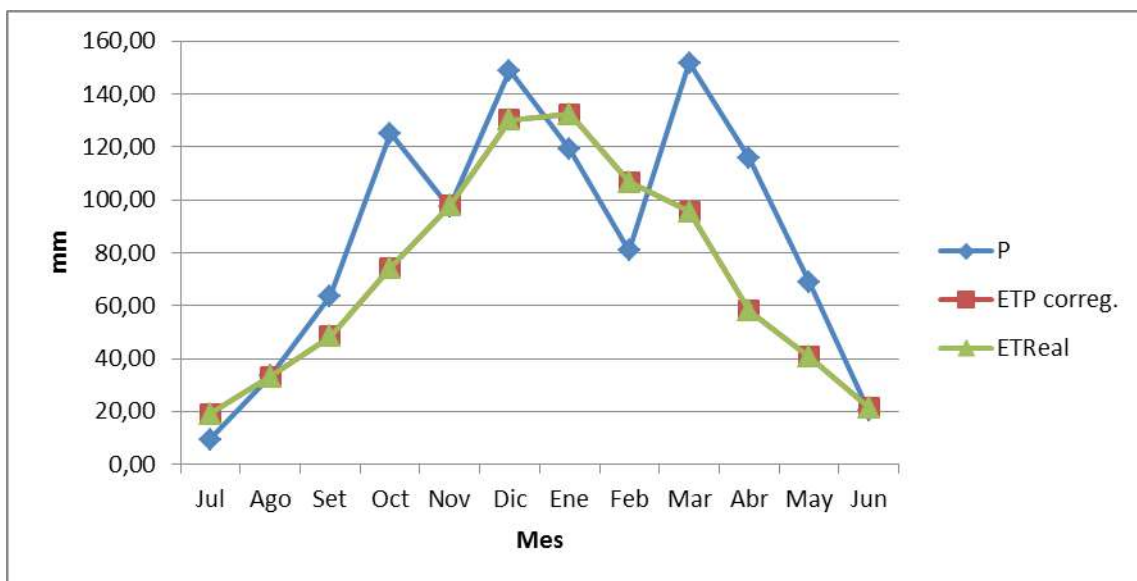


Gráfico 3.42: Balance hídrico para el año 1992-2003, a partir de datos de precipitación y evapotranspiración.

Elaboración propia

Esta serie comenzó con un mínimo uso de las reservas, que fluctuaron a lo largo de la misma, con excedentes para Setiembre y Octubre, seguido de un mínimo descenso en Noviembre, con utilizations minúsculas del almacenamiento, se observa un crecimiento en las recargas en Diciembre, para luego tener un descenso de las mismas en Enero y Febrero, de Marzo a Mayo se muestra un aumento en las RAU's, posteriormente decrece hasta Junio, con ínfimos usos de las reservas.



Gráfico 3.43: Balance hídrico para el año 2003-2013, a partir de datos de precipitación y evapotranspiración.

Elaboración propia

Esta serie comenzó con un minúsculo uso de las reservas, en Julio y Agosto. Una mínima recarga en Setiembre y Octubre, de Noviembre a Febrero muestran utilización del almacenamiento, seguido de bajas en las recargas en Marzo y Abril, finalizando con usos de las RAU's para Mayo y junio.

3.5.1.1 Balances hídricos anuales, serie 1993-2013. Análisis histórico de la serie.

Se ve en 1993 importantes excesos, causados por lluvias significativas ocurridas durante ese año; 1994 presenta excesos de mucha menor magnitud, causadas por las bajas precipitaciones acaecidas, aunque sin déficits; en 1995 aumentan las reservas, las que bajan para 1996, volviendo a aumentar en 1996 y con un aumento aún mayor en 1998, producto de las lluvias de los meses de verano, los años posteriores hasta 2005, tienen una tendencia decreciente en las reservas, salvo mínimas excepciones, en el 2000, 2002, 2004, con excesos mínimamente mayores en relación al año próximo anterior, en 2006 asciende nuevamente, a causa de las precipitaciones que se dieron en ese año, en 2007 vuelven a aumentar las reservas, en 2008 y 2009 las RAU's son bajas, con déficits bajos, en ambos, para 2010 vuelve a aumentar el almacenamiento, 2011 presenta déficit nuevamente, similar a 2009, con las reservas más bajas del periodo, en 2012 vuelve a haber excesos mayores, sin déficits, en 2013, aunque los excesos son mayores a los del año anterior, se dan los mayores déficits del intervalo de estudio.

3.5.2 Balance hídrico Balshort

Dado que este programa ha sido utilizado en análisis previos para la zona de estudio, para el presente análisis también fue utilizado. Sin embargo los resultados obtenidos difirieron notablemente de los obtenidos por otras metodologías, situación por la cual se descartaron los datos obtenidos para el cuerpo del trabajo, incorporándose en el anexo del mismo.

3.6 Análisis de índice de estado del sistema, y sus respectivos indicadores

En el presente apartado se transcribirá el análisis del estado del sistema a través de los indicadores seleccionados para tal fin, cuya metodología fuera más ampliamente descripta en el apartado de materiales y métodos.

3.6.1 Estado del acuífero

Como se explicó en el apartado metodológico, para analizar el estado del acuífero se tomó en cuenta un indicador: el **IES** (Índice de estado del acuífero); compuesto por otros dos indicadores:

- **IDA** (Índice de almacenamiento del acuífero): muestra el comportamiento de las reservas del mismo.
- **IEH** (Índice de estado hidroquímico): indica la concentración de un parámetro elegido para el análisis de la respuesta geoquímica en el periodo de estudio seleccionado.

Fórmulas:

Zonas	Acuífero	IDA= $NFi - NFmín / NFmáx - Nfmín$
IES	IES β	
IEH1= F	IEH1 $\beta = F$	Datos asociados para multiples pozos
IEH2= As	IEH2 β = As	IEH= $\Sigma ([P] i - [P] mín / [P] máx - [P] mín) / n$
n=14	n=18	Datos asociados para pozos Alejados
IDA	IDA β	IEH = $[P] i - [P] mín / [P] máx - [P] mín$
		IES = $1 - ((IDA + IEH)/2)$

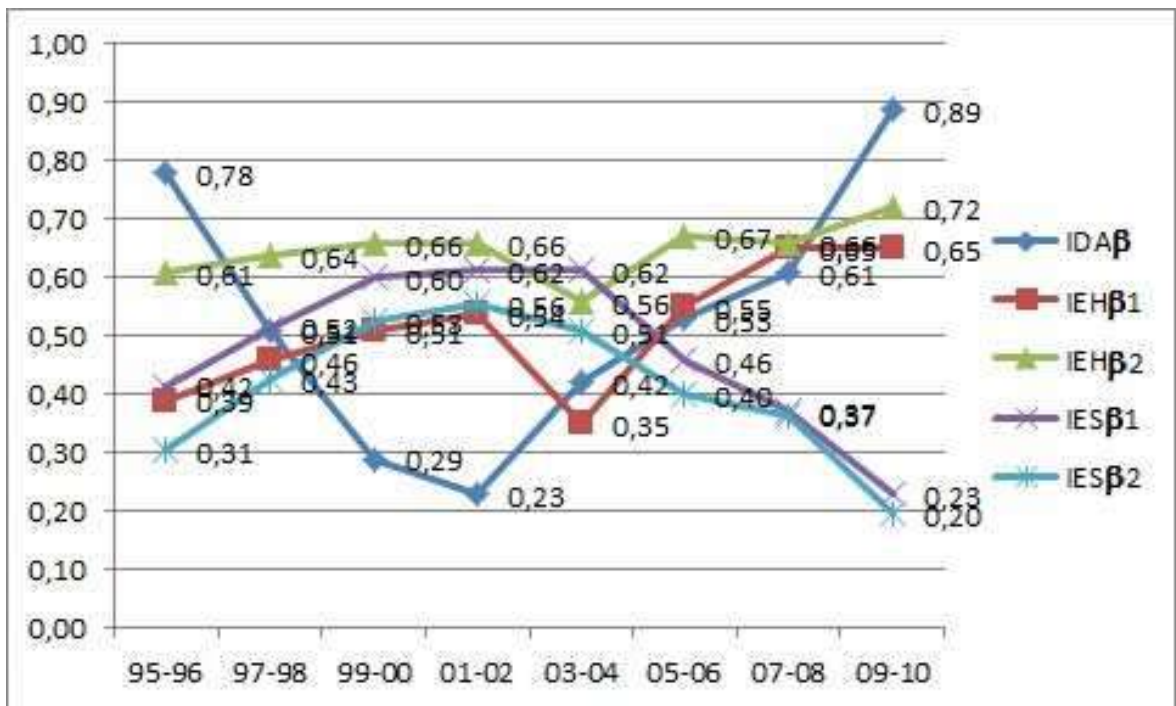


Gráfico 3.44: Elaboración propia a partir del cálculo de los índices correspondientes.

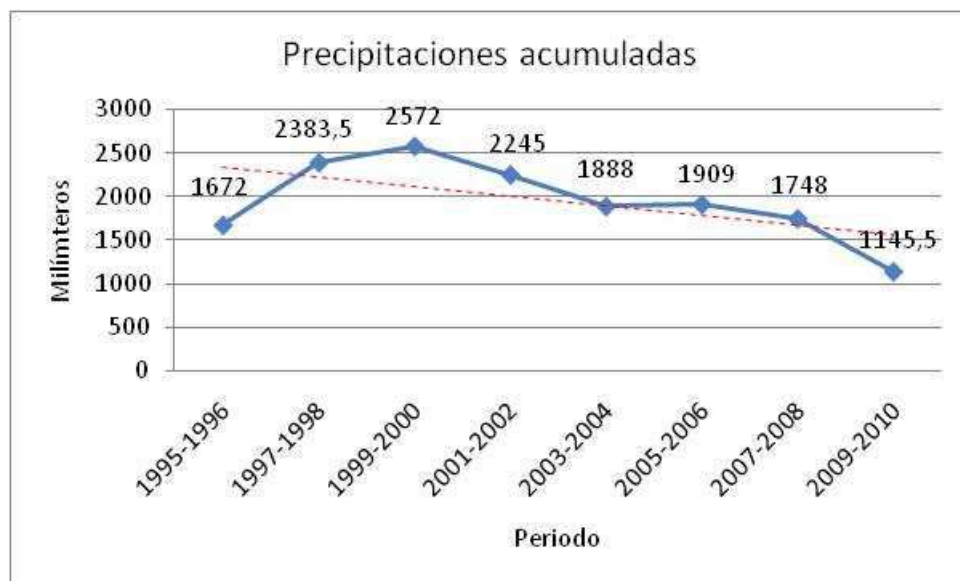


Gráfico 3.45: Elaboración propia a partir de datos extraídos de la Dirección de Estadística y Censos de la Provincia de La Pampa y el INTA.

El IDAB inicia con un valor alto, que desciende hasta llegar al mínimo registrado y mayores reservas en 2001-2002, posteriormente aumentan los valores hasta llegar al máximo en 2009-2010, indicando muy baja acumulación.

El IEHβ1 comienza con valores medios a bajos, seguidos de un leve aumento que llega a cuantías medias en 2001-2002, para luego descender al menor valor registrado en 2003-2004, posteriormente se incrementan hasta 2007-2008, donde se ven las mayores

concentraciones de F del lapso estudiado, finalizando con un decrecimiento mínimo para 2009-2010.

El $IEH\beta_2$ inicia con valores medios a altos, que tienen un leve aumento hasta 1999-2000, el cual se mantiene hasta 2002, tiene un marcado descenso en 2003-2004, que es continuado por un importante aumento en 2005-2006, luego de un leve descenso en 2007-2008, termina con valores altos en 2009-2010, el máximo registrado para el periodo.

El $IES\beta_1$ comienza con valores medios, que tienen un progresivo y marcado aumento hasta llegar al 1999-2000, luego de una leve crecida, llega al máximo en 2001-2002, que se mantiene hasta 2003-2004, indicando estas cuantías, las mejores características de los parámetros, luego tiene un paulatino e importante descenso que llega a su mínimo para 2009-2010, mostrando las peores condiciones.

El $IES\beta_2$ empieza con valores bajos, que son seguidos de un paulatino ascenso de las cuantías, llegando a su máximo en 2001-2002, siendo medias a altas, pero indicando las mejores condiciones registradas, posteriormente decrecen progresivamente hasta llegar a su mínimo en 2009-2010, con las peores características medidas.

3.7 Asociaciones de pozos por cercanía

A continuación se establecerán las asociaciones de pozos con las que se trabajaron los índices.

I con C1	A1
J con C2	A2
N con C4	A3
B y X con 10	A4
H con 1 y 2	A5
C con 7 y 11	A6
D y E con 5, 6 y 8	A7
F y G con 3, 4 y 13	A8

Asociación 1

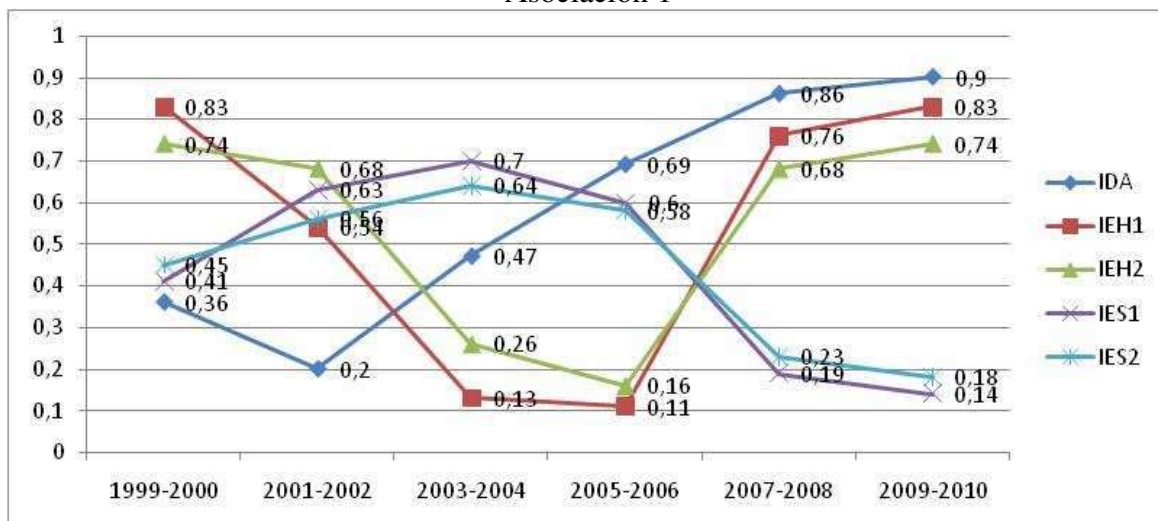


Gráfico 3.46: Elaboración propia a partir del cálculo de los índices correspondientes.

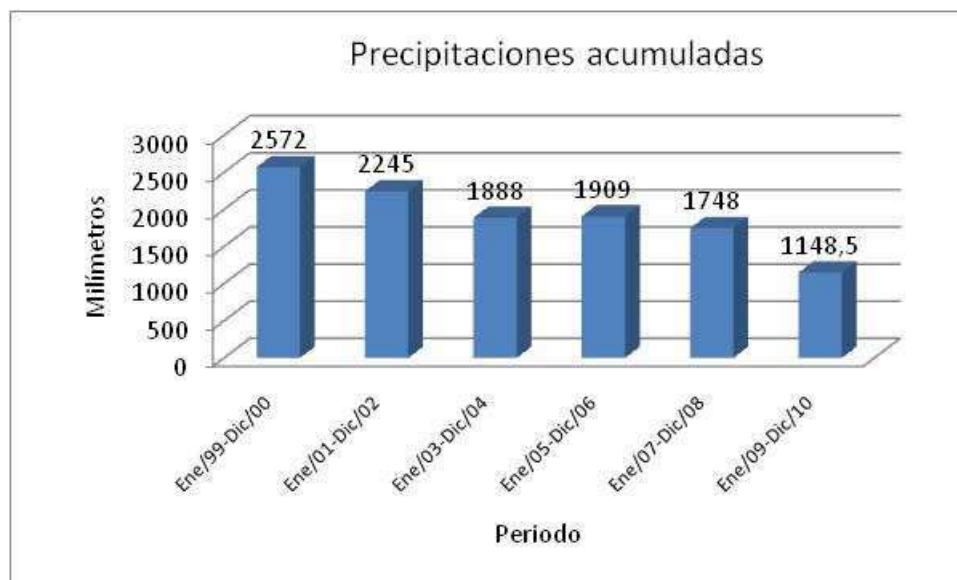


Gráfico 3.47: Elaboración propia a partir de datos extraídos de la Dirección de Estadística y Censos de la Provincia de La Pampa y el INTA.

En A1 el periodo de análisis abarca de 1999 a 2010, el IDA comienza con un valor bajo, que disminuye para 2001-2002, siendo el mejor almacenamiento del lapso en estudio, luego aumenta progresivamente hasta llegar a su mayor valor en 2009-2010, con las menores reservas.

El IEH1 comienza con el valor más alto del intervalo analizado, y las mayores concentraciones de F, luego este disminuye progresivamente hasta llegar al mínimo del período en 2005-2006, continuando con un importante aumento en 2007-2008, seguido de un aumento menor, que iguala al máximo. Los valores del IEH2, AS, siguen el mismo comportamiento que el IEH1, F.

El IES1 comienza con un valor medio a bajo, seguido de un paulatino aumento, hasta llegar al máximo en 2003-2004, con las mejores condiciones del período, le sigue un menor descenso en los valores y una disminución aún mayor hacia 2007-2008, concluye el lapso analizado con el menor valor y las peores condiciones.

En cuanto al IES2, al igual que en el IEH, el comportamiento del sistema es coincidente con IES1.

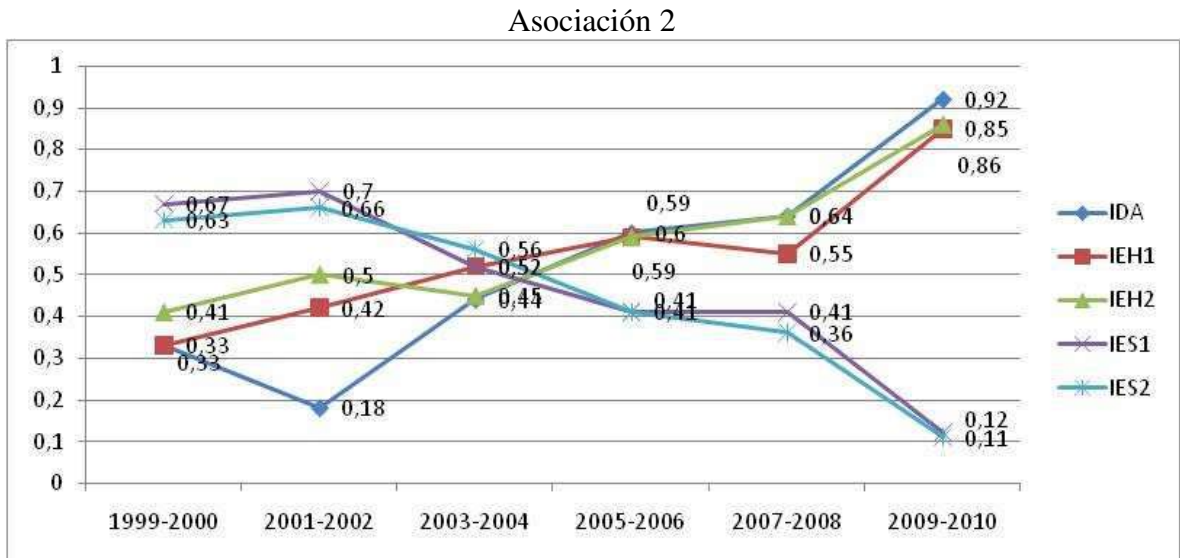


Gráfico 3.48: Elaboración propia a partir del cálculo de los índices correspondientes.



Gráfico 3.49: Elaboración propia a partir de datos extraídos de la Dirección de Estadística y Censos de la Provincia de La Pampa y el INTA

En A2 el IDA comienza con valores bajos, los que disminuyen y llegan en 2001-2002 a su menor valor y mejores reservas, las que disminuyen progresivamente hasta llegar a su menor almacenamiento en 2009-2010.

El IEH1 comienza el periodo con su valor más bajo y menores concentraciones de F, las que aumentan progresivamente hasta 2005-2006, luego tienen una leve disminución y son seguidos de un aumento importante, que llegan a los mayores valores y concentraciones elevadas de F.

El IEH2 inicia con valores medios a bajos, le sigue un leve aumento y una posterior disminución en 2003-2004, posteriormente aumenta paulatinamente hasta llegar al mayor valor en 2009-2010 y mayores concentraciones de As.

El IES1 empieza el lapso estudiado con valores medios a altos, aumentando levemente y llegando al mayor valor, indicando las mejores características del periodo analizado, es seguido de un descenso en los valores que continúa progresivamente hasta llegar al mínimo valor en 2009-2010, marcando las peores características de los parámetros para el intervalo.

El IES2 tiene el mismo comportamiento que el IES1 para el periodo 1999-2010.

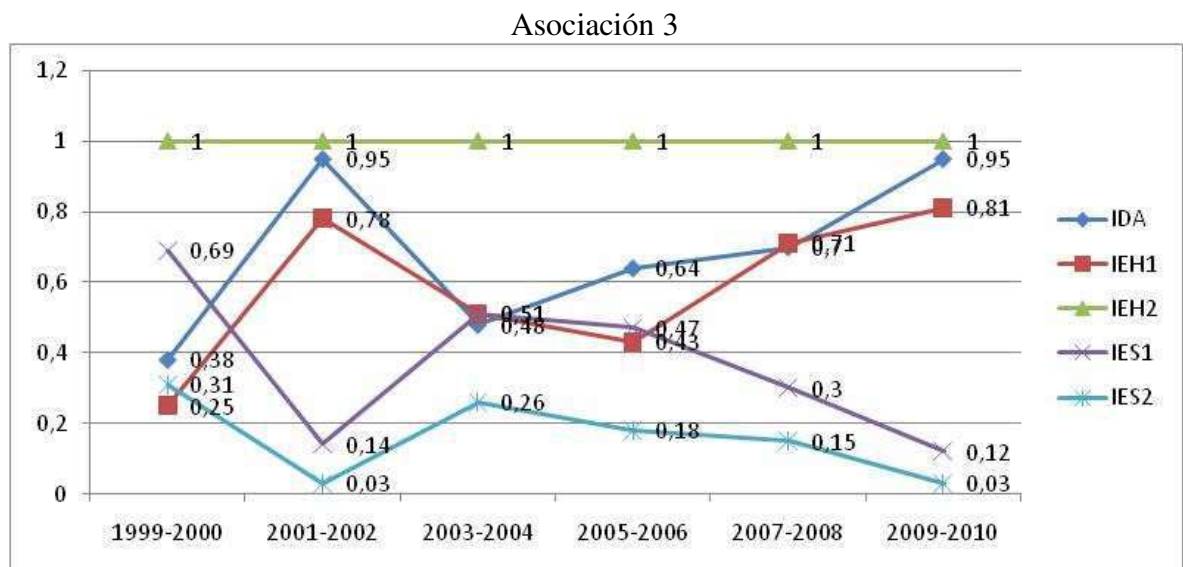


Gráfico 3.50: Elaboración propia a partir del cálculo de los índices correspondientes.

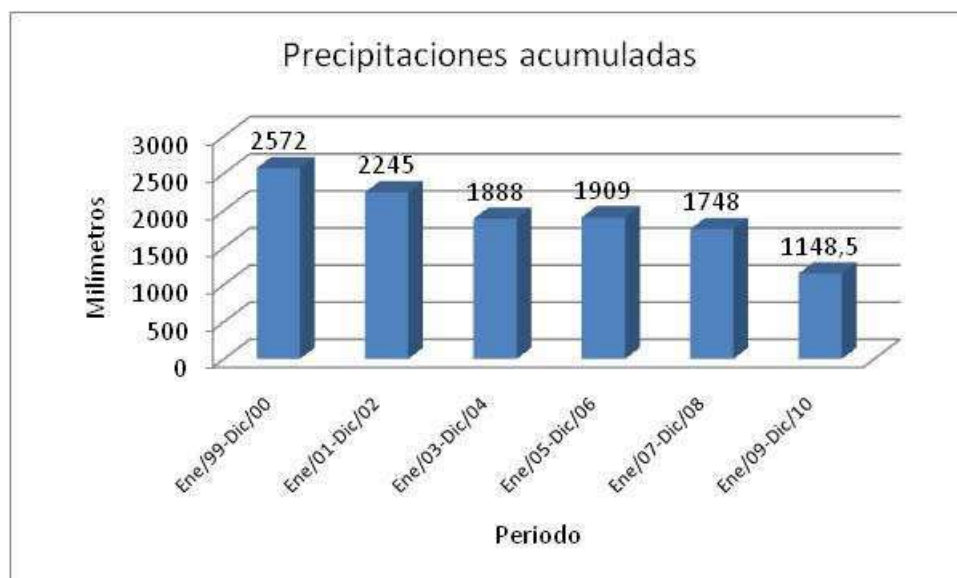


Gráfico 3.51: Elaboración propia a partir de datos extraídos de la Dirección de Estadística y Censos de la Provincia de La Pampa y el INTA.

En A3 el IDA comienza con su menor valor y mayor almacenamiento, seguido de un gran aumento en su valor y peores condiciones en las reservas, a la que le sigue en 2003-2004 un decrecimiento en sus valores, llegando a ser medios, posteriormente estos aumentan hasta concluir en 2009-2010 con los mayores valores y menor acumulación.

El IEH1 inicia con el menor valor y menor concentración de F, los que tienen un gran aumento en 2001-2002, tienen una progresiva mejoría hasta 2005-2006, llegando a valores medios, posteriormente tiene un aumento en sus concentraciones que en 2009-2010 llegan al mayor registro y peores concentraciones.

El IEH2 Es extremadamente malo, manteniendo altas concentraciones de As en todo el intervalo 1999-2010.

El IES1 comienza con su mayor registro, denotando la mejor condición del periodo analizado, posteriormente se observa una importante disminución, llegando a valores bajos, marcando un fuerte empeoramiento en los parámetros, le sigue un aumento en los valores, llegando a valores medios en 2003-2004, los que vuelven a disminuir, alcanzando el mínimo valor en 2009-2010, mostrando la peor situación del intervalo.

El IES2 empieza con valores bajos, y aunque es la mayor cuantía registrada en el periodo, denota una mala situación de los parámetros, le sigue una importante disminución, llegando al menor valor, indicando muy malas características para el lapso analizado, luego aumenta, alcanzando valores relativamente bajos, pero marcando una continuidad en las condiciones negativas, posteriormente tiene un descenso negativo, decreciendo hasta llegar al mínimo registrado, igualando en 2009-2010 al intervalo 2003-2004.

Asociación 4

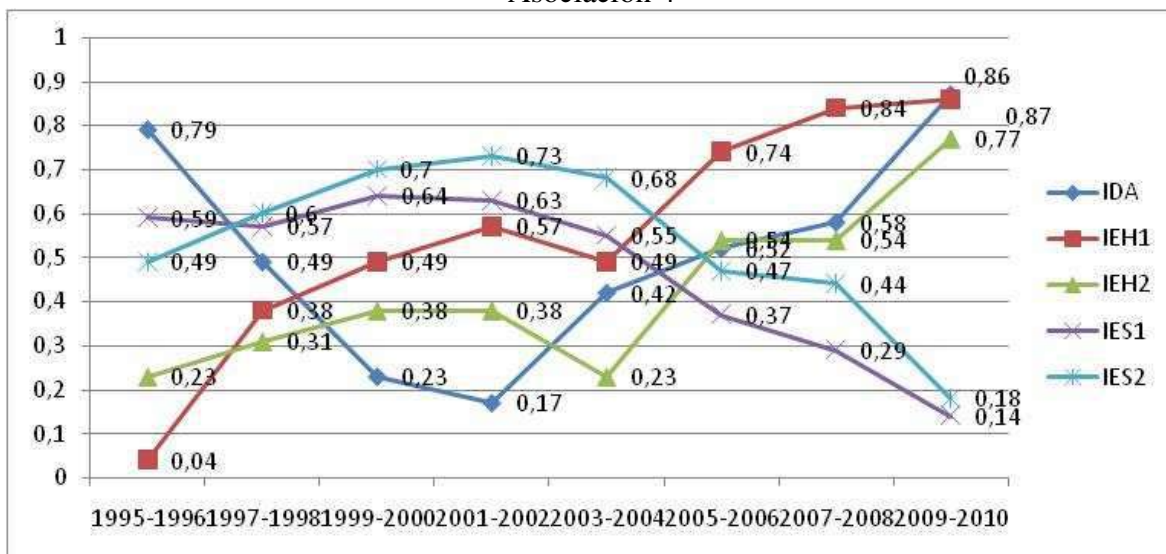


Gráfico 3.52: Elaboración propia a partir del cálculo de los índices correspondientes.

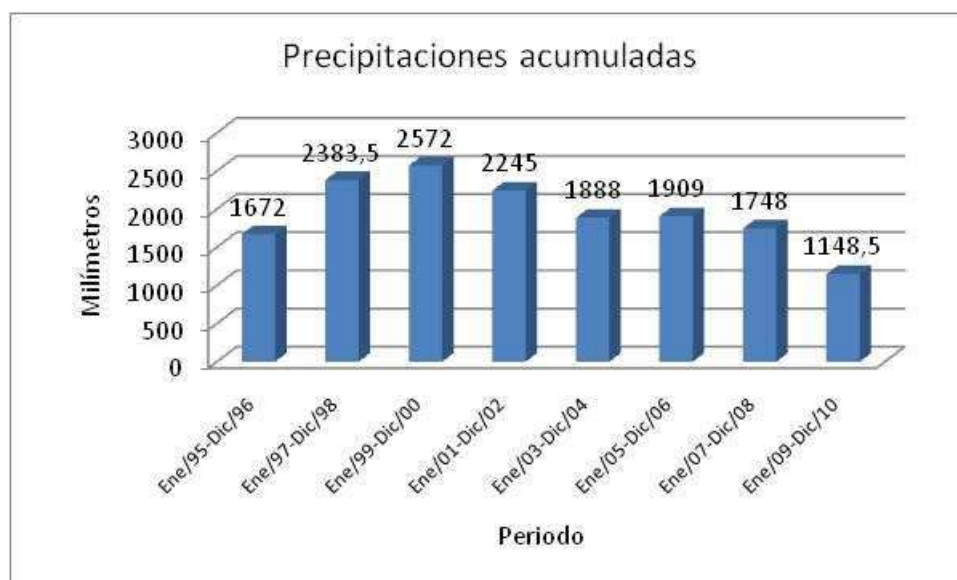


Gráfico 3.53: Elaboración propia a partir de datos extraídos de la Dirección de Estadística y Censos de la Provincia de La Pampa y el INTA

En A4 el IDA comienza el intervalo con elevados valores, marcando unas bajas reservas, los que disminuyen progresivamente hasta llegar al mínimo del periodo de estudio en 2001-2002, Posteriormente aumenta paulatinamente hasta llegar al mayor valor del lapso analizado en 2009-2010.

El IEH1 comienza con un mínimo muy bajo, denotando concentraciones de F bajas. Le sigue un aumento paulatino de los valores, hasta 2001-2002, llegando a cuantías medias a altas, un posterior leve descenso, seguido de un nuevo aumento progresivo, que alcanza el máximo del período en 2009-2010.

El IEH2 inicia con un valor bajo, siendo el mínimo registrado, le sigue un leve aumento, que se mantiene hasta 2002, regresando en 2003-2004 a los valores iniciales del intervalo, luego aumenta paulatinamente hasta llegar al máximo en 2009-2010.

El IES1 comienza con valores medios a altos, le sigue un pequeño descenso, seguido de un leve aumento y una baja paulatina, que llega a su mínimo en 2009-2010.

El IES2 arranca el periodo con valores medios, los que aumentan progresivamente hasta llegar al máximo valor del periodo en 2001-2002, mostrando las mejores características registradas, le sigue una disminución paulatina que llega al mínimo del intervalo en 2009-2010, denotando la peor situación del lapso estudiado.

Asociación 5

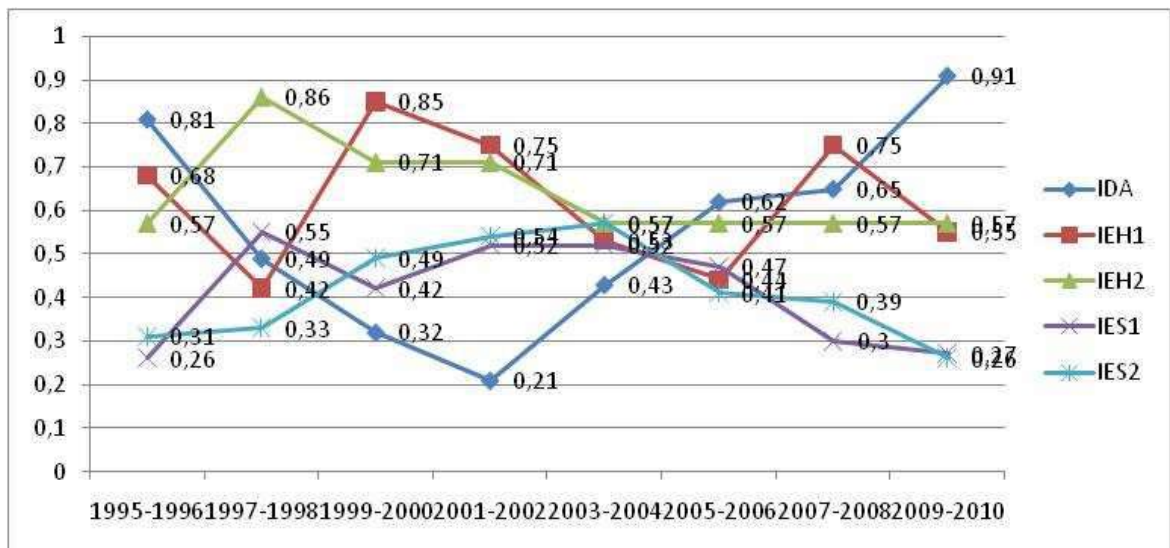


Gráfico 3.54: Elaboración propia a partir del cálculo de los índices correspondientes.

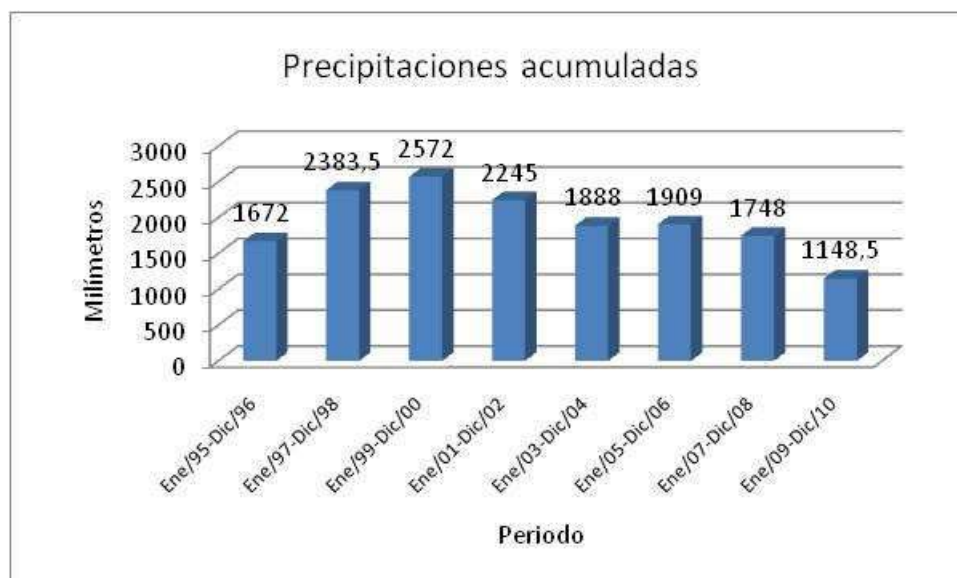


Gráfico 3.55: Elaboración propia a partir de datos extraídos de la Dirección de Estadística y Censos de la Provincia de La Pampa y el INTA.

En A5 el IDA comienza con un valor elevado, mostrando bajas reservas, le sigue una progresiva disminución, que llega al menor registrado, denotando el mayor almacenamiento, posteriormente un paulatino aumento de los valores, que llegan a su mayor cuantía en 2009-2010.

El IEH1 inicia con un valor medio a alto, le sigue un descenso, que muestra el menor valor, que en sí es medio a bajo, es continuado por un importante aumento, mostrando elevadas concentraciones de F, posteriormente disminuye progresivamente hasta llegar a valores medios a bajos, un ulterior aumento y por ultimo un descenso para 2009-2010.

El IEH2 comienza con el mínimo medido, valor que es medio a alto y al cual le sigue un importante aumento, siendo el máximo en 1997-1998, le sigue una progresiva disminución, que alcanza el menor valor observado en 2003-2004, que se mantiene hasta 2010.

El IES1 comienza con su menor valor, mostrando malas características para los parámetros, le sigue un marcado crecimiento que llega a su mayor valor en 1997-1998, una leve disminución posterior, a la que continúa un leve ascenso para 2001, que se mantiene hasta 2004, posteriormente un paulatino descenso hasta 2010.

El IES2 inicia con valores bajos, indicando malas condiciones, los que aumentan paulatinamente hasta llegar a la mayor cuantía en 2001-2002, que en sí es un valor medio, lo que muestra una continuidad en las malas características, posteriormente tiene un descenso paulatino, que concluye en 2009-2010 con el mínimo del periodo.

Asociación 6

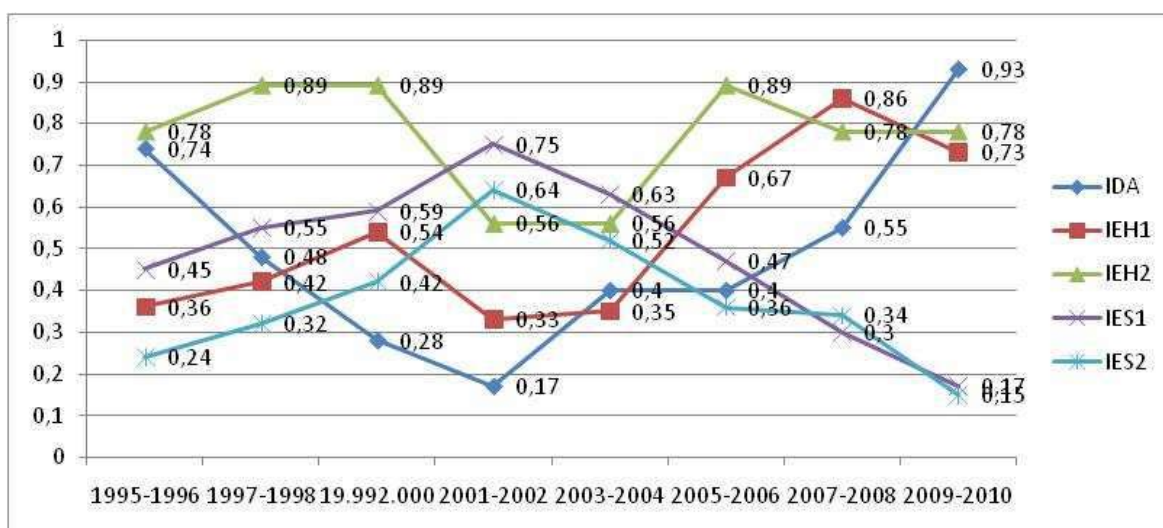


Gráfico 3.56: Elaboración propia a partir del cálculo de los índices correspondientes.

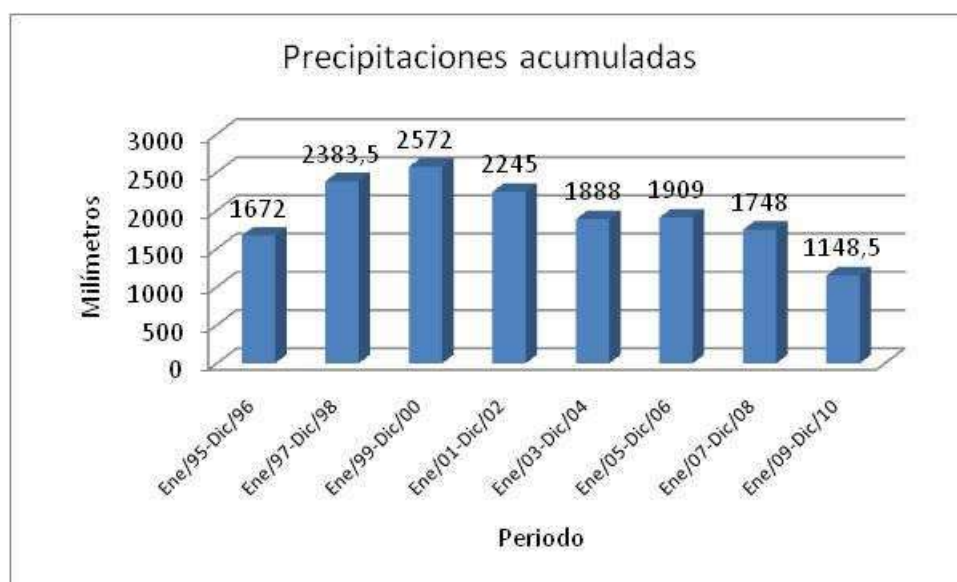


Gráfico 3.57: Elaboración propia a partir de datos extraídos de la Dirección de Estadística y Censos de la Provincia de La Pampa y el INTA

En A6 el IDA inicia con un valor alto, los que descienden hasta llegar al mínimo registrado y mayores reservas en 2001-2002, posteriormente aumentan los valores hasta llegar al máximo en 2009-2010, indicando muy baja acumulación.

El IEH1 comienza con valores bajos, seguidos de un leve aumento que llega a cuantías medias en 1999-2000, para luego descender al menor valor registrado en 2001-2002, posteriormente se incrementan hasta 2007-2008, donde se ven las mayores concentraciones de F del lapso estudiado, finalizando con un decrecimiento mínimo para 2009-2010.

El IEH2 inicia con valores altos, que tienen un leve aumento y llegan a su máximo, el cual se mantiene de 1997 a 2000, tiene un marcado descenso en 2001-2002 que es mantenido hasta 2003-2004, luego un gran aumento que llega nuevamente al máximo registrado, para terminar con valores altos mantenidos en 2009-2010.

El IES1 comienza con valores medios, que tienen un progresivo aumento hasta llegar al máximo registrado en 2001-2002, indicando las mejores características de los parámetros, luego tiene un paulatino descenso que llega a su mínimo para 2009-2010, mostrando las peores condiciones.

El IES2 empieza con valores bajos, que son seguidos de un paulatino ascenso de las cuantías, llegando a su máximo en 2001-2002, siendo medias a altas, pero indicando las mejores condiciones registradas, posteriormente decrecen progresivamente hasta llegar a su mínimo en 2009-2010, con las peores características.

Asociación 7

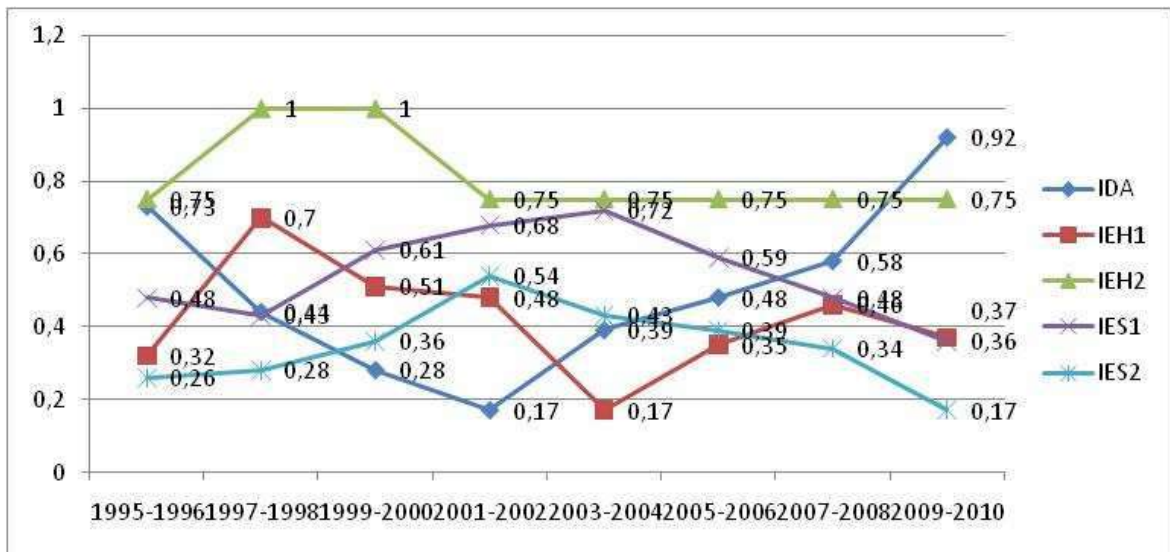


Gráfico 3.58: Elaboración propia a partir del cálculo de los índices correspondientes.

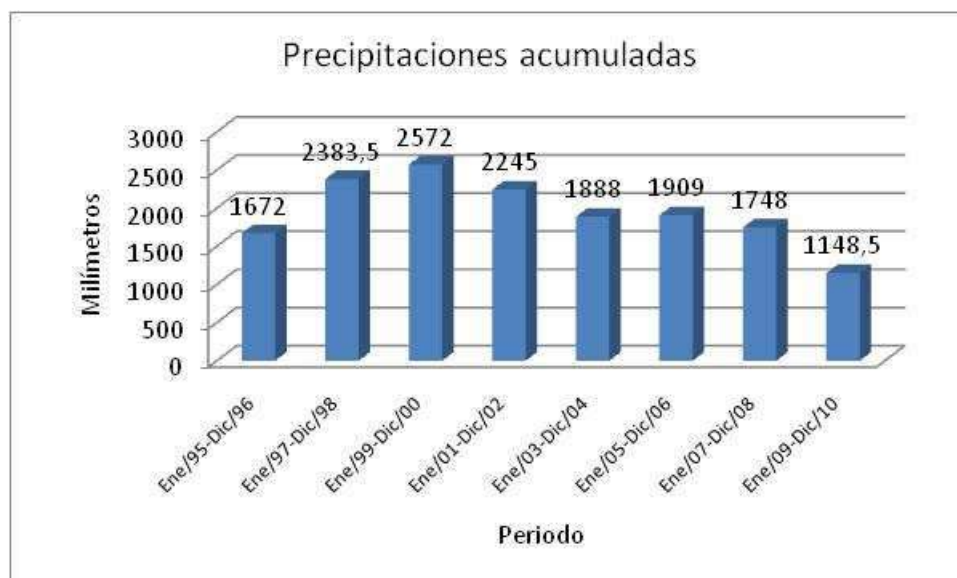


Gráfico 3.59: Elaboración propia a partir de datos extraídos de la Dirección de Estadística y Censos de la Provincia de La Pampa y el INTA

En A7 el IDA comienza con valores altos, decrece progresivamente hasta llegar al mínimo registrado en 2001-2002, posteriormente tiene un crecimiento paulatino, que concluye con un gran aumento, llegando el máximo en 2009-2010, siendo las peores reservas.

El IEH1 inicia con valores bajos, posteriormente tiene un fuerte aumento, que llega a su máximo en 1997-1998, le sigue una paulatina disminución que llega a su mínimo en 2003-2004, tiene leves crecimientos hasta 2007-2008, llegando a valores medios, concluyendo con un pequeño descenso para 2009-2010.

El IEH2 comienza con el mínimo valor, que en sí es alto, seguido de un aumento que llega al máximo, indicando valores extremos de F, que son sostenidos de 1997 a 2000, le sigue una disminución, que vuelve a ser el mínimo, que se mantiene hasta 2009-2010.

El IES1 inicia con valores medios, que tienen un posterior leve descenso, seguido de un aumento escalonado, que en 2003-2004 llega a su máximo, denotando las mejores características de los parámetros, luego tiene un descenso paulatino, que concluye en 2009-2010, con el menor valor y peores registros.

El IES2 comienza con valores bajos, que aumentan progresivamente, hasta llegar a su máximo en 2001-2002, con valores medios, denotando malas características generales, posteriormente descienden paulatinamente, alcanzando su mínimo en 2009-2010, indicando muy malos registros.

Asociación 8

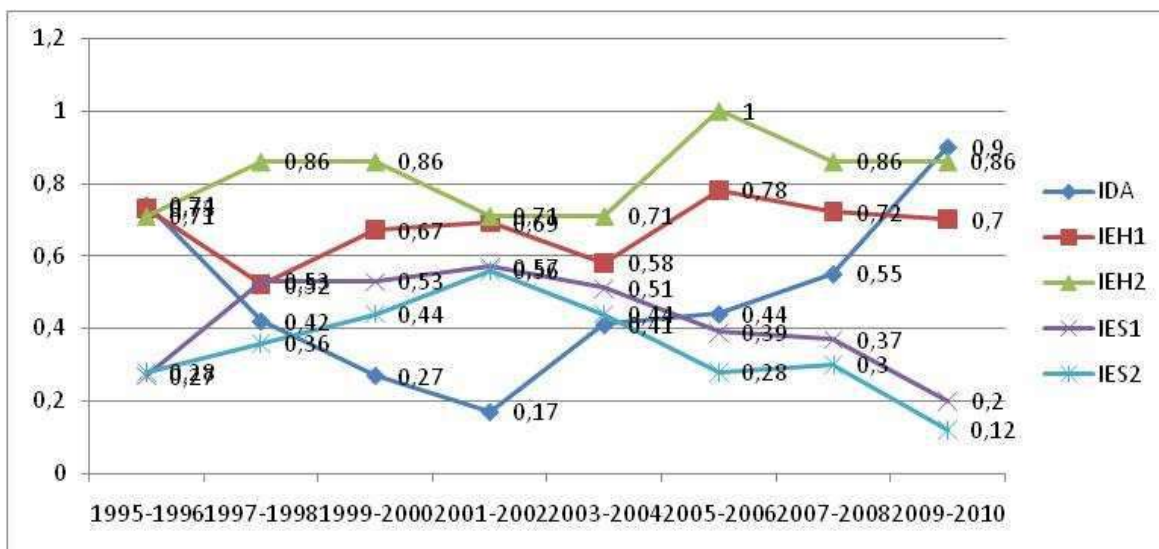


Gráfico 3.60: Elaboración propia a partir del cálculo de los índices correspondientes.

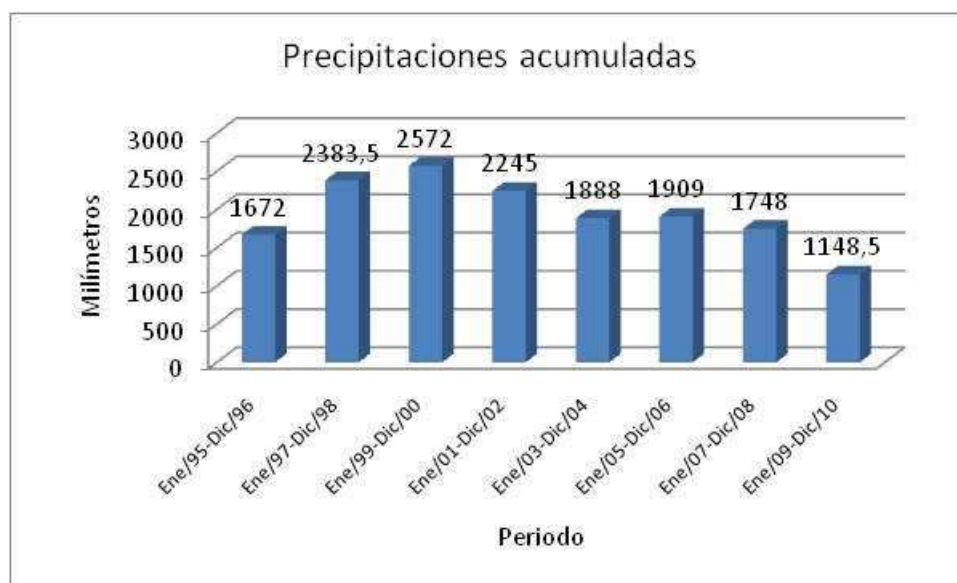


Gráfico 3.61: Elaboración propia a partir de datos extraídos de la Dirección de Estadística y Censos de la Provincia de La Pampa y el INTA

En A8 el IDA inicia con valores altos, indicando bajas reservas, progresivamente disminuyen las cuantías. Llegando en 2001-2002 a su menor valor y mayores reservas. Luego tienen un aumento paulatino, que concluye en 2009-2010 con el mayor valor y peores reservas.

El IEH1 comienza con valores altos, luego tiene un brusco descenso para 1997-1998, siendo el mínimo, continuado de un paulatino aumento hasta 2001-2002, que nuevamente tienen un marcado descenso para 2003-2004, y le sigue un aumento para

2005-2006, que llega al máximo registrado y peores concentraciones de F, posteriormente descienden gradualmente hasta 2009-2010.

El IEH2 con su menor valor, que en sí es alto, indicando elevadas concentraciones de As, le sigue un aumento para 1997-1998, que se mantiene hasta 1999-2000, luego regresa en 2001-2002 a su menor cuantía y perdura hasta 2003-2004, posteriormente un brusco aumento lleva al máximo valor, denotando muy elevadas concentraciones del parámetro, para 2005-2006, le sigue un descenso menor, que se mantiene hasta 2009-2010. El IES1 comienza con un valor bajo, indicando malas características, luego tiene un paulatino aumento, que llega a su máximo en 2001-2002, siendo un valor medio a alto, le sigue un progresivo descenso que culmina en 2009-2010 con el mínimo.

El IES2 repite el comportamiento del IES1, indicando un proceder similar para el F y el As, salvo el leve aumento de As para 2001-2008, que es seguido por un nuevo descenso, tienen actuaciones afines.

3.8 Población

En el proyecto de investigación, se propuso describir la relación existente entre el aprovechamiento humano del acuífero y lo aportado por la recarga natural del mismo. Para ello, fue necesario considerar el comportamiento poblacional de las localidades involucradas en la investigación.

Los datos oficiales con los que se cuenta son los aportados por la Dirección de Estadística y Censos de la Provincia de la Pampa, principalmente a través de los Censos Nacionales de Población.

Para poder observar la evolución de la misma en el periodo estudiado, se consideraron los tres últimos censos, es decir: 1991, 2001 y 2010. Información a la que se sumó las proyecciones esperadas entre 2008 y 2015.



Gráfico 3.62: Evolución de la población de Intendente Alvear y Ceballos en los censos de 1991, 2001 y 2010. Elaboración propia a partir de datos obtenidos de la Dirección General de Estadística y Censos de la Provincia de La Pampa.

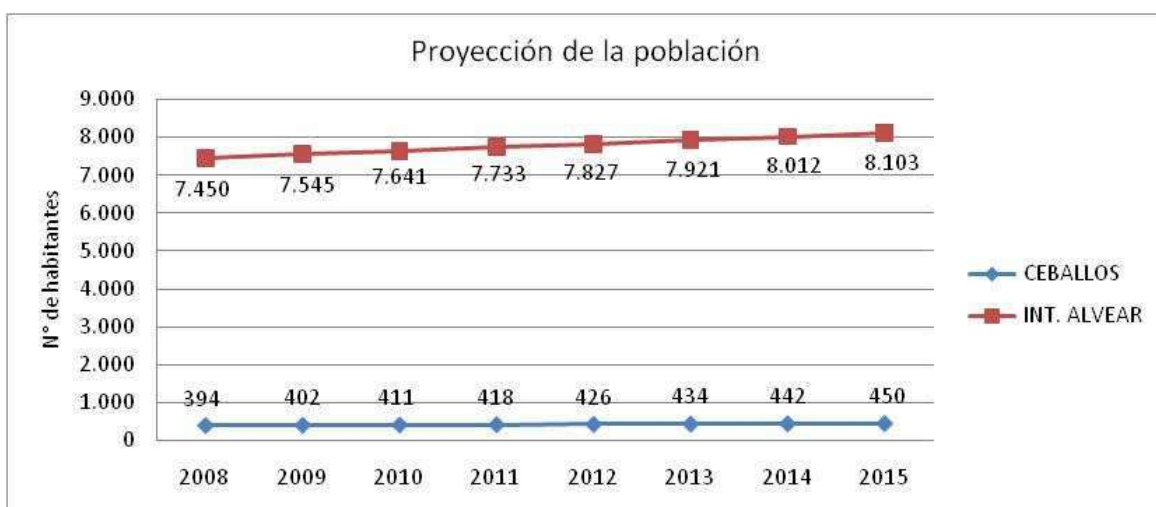


Gráfico 3.63: Proyección para la población de Intendente Alvear y Ceballos entre 2008 y 2015. Elaboración propia a partir de datos obtenidos de la Dirección General de Estadística y Censos de la Provincia de La Pampa.

De los gráficos precedentes, se puede observar –de acuerdo a los censos- que ambas poblaciones han experimentado un paulatino crecimiento durante el periodo de estudio; superando en los dos casos las proyecciones esperadas. En este sentido, la población de Intendente Alvear, tuvo un crecimiento real de 12,86% superior al proyectado, mientras que en el caso de Ceballos, fue de 4,62%.

Sin embargo, este crecimiento inter-censal tuvo un comportamiento desigual en las localidades. La primera de ellas, Intendente Alvear, mantuvo una curva porcentual

de crecimiento ascendente: entre 1991 y 2001 creció 16,41%; y entre 2001 y 2010, 30,19%. Por su parte, Ceballos, que si bien también creció en cantidad de habitantes en el conjunto del periodo, evidenció una situación inversa: entre 1991 y 2001 tuvo un crecimiento de 39,07%, que disminuyó a 29,9% en la década 2001-2010.

3.9 Conexiones, macromediciones (M3/año), micromediciones (m3/día)

Para determinar la sostenibilidad del acuífero para la zona de estudio, se comparan los datos de los aportes (precipitaciones) y el uso del recurso (uso humano y ganadero).

Año	Conexiones	M3/año	m3/día
1995	2193	175600	481
1996	2197	182950	501
1997	2346	200740	550
1998	2425	216986	594
1999	2478	227186	622
2000	2470	222527	610
2001	2505	237906	652
2002	2524	243229	666
2003	2606	265503	727
2004	2644	260414	713
2005	2753	284428	779
2006	2821	321291	880
2007	2890	330689	906
2008	3026	371329	1017
2009	3082	364000	997
2010	3176	359500	985

Tabla 3.2: Conexiones y mediciones anuales del 1995-2010. Elaboración propia a partir de datos

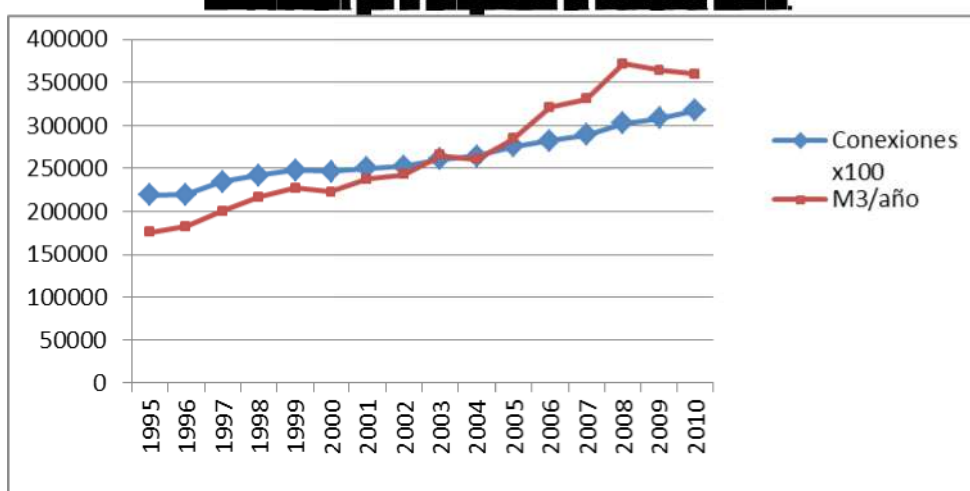


Gráfico 3.84: Comparación entre conexiones por año (exagerado cien veces) y las macromediciones.

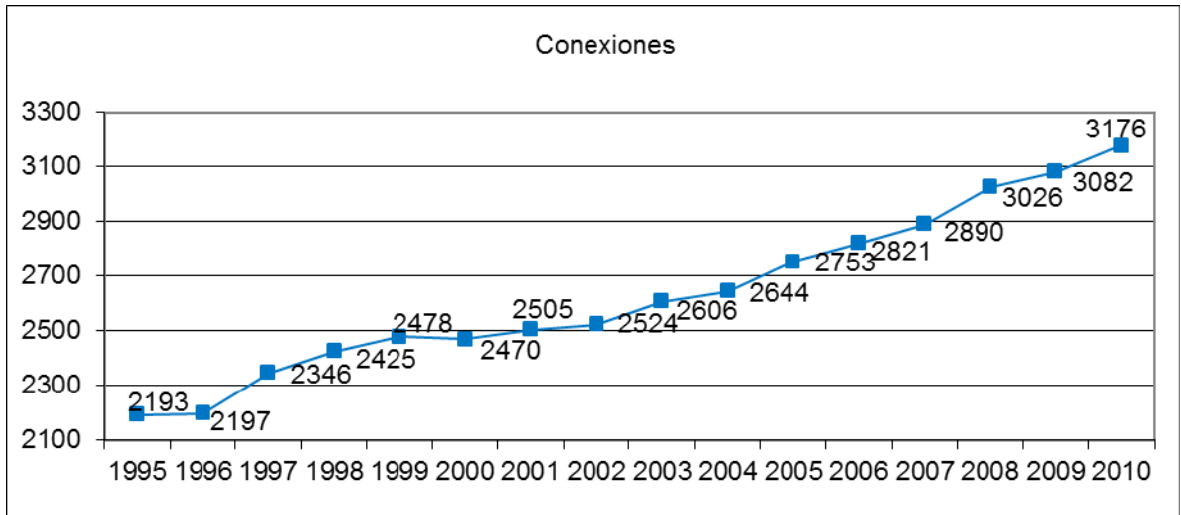


Gráfico 3.65: Conexiones realizadas durante el periodo de estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por la Cooperativa de Intendente Alvear.

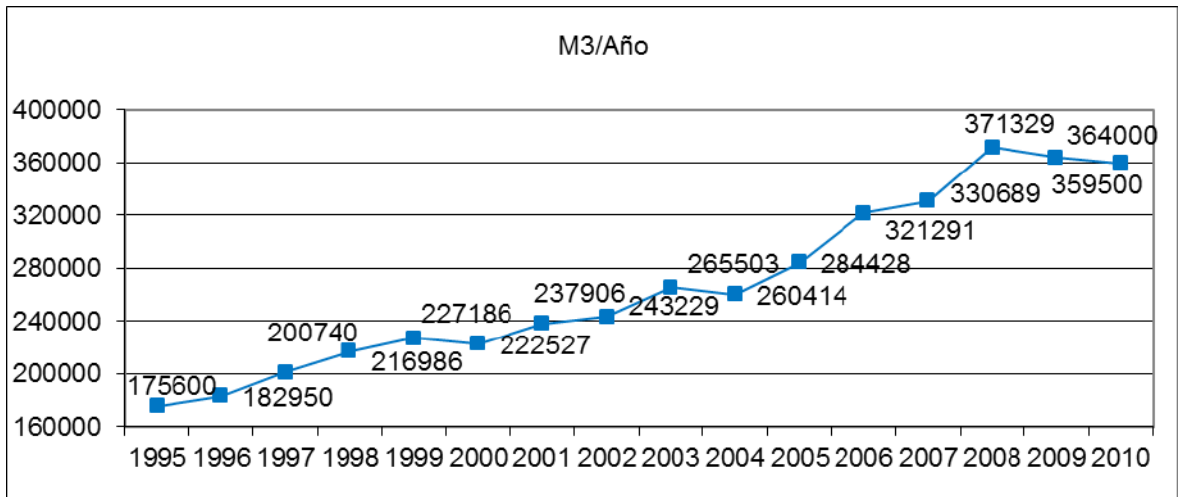


Gráfico 3.66: Consumo anual durante el periodo de estudio. Elaboración propia a partir de datos suministrados por la Cooperativa de Intendente Alvear.

3.10 Sostenibilidad del acuífero

Para poder estimar la sostenibilidad del acuífero, se calculo el área y volumen del mismo, obteniendo como resultado la capacidad máxima de almacenamiento. Comparándolo luego con el consumo realizado.

Se puede decir entonces que el área estimada es de 110 km², mientras que el volumen -obtenido a partir de la diferencia entre el máximo y el mínimo nivel registrado en las mediciones piezométricas y multiplicado por el área- es de 935000000 m³, con una

porosidad media de $4,5 \times 10^{-2}$ (Castro 2013). Por lo tanto, este acuífero presenta una capacidad máxima de almacenamiento de 42075000 m^3 .

Presenta un consumo anual de $359500 \text{ m}^3/\text{año}$ para consumo humano (provisto por el ente regulador), y de 209583 m^3 para el ganado. En esta última estimación es necesario aclarar que se trata de 9570 cabezas con un consumo de 60 litros diarios per cápita. De esta manera, se estableció el consumo total en $569083 \text{ m}^3/\text{año}$.

Sin embargo, no hay que olvidar un factor clave en la recarga del mismo: las precipitaciones, que –como se pudo ver en análisis previos- han disminuido en los últimos años, afectando el nivel piezométrico del acuífero.

CONCLUSIONES

En esta investigación se aplicó una nueva metodología para la zona de estudio, que incorpora el índice de estado del sistema, permitiendo analizar la situación del almacenamiento y el comportamiento químico basado en los parámetros de interés en el periodo de análisis.

Los resultados obtenidos se alejan de los alcanzados por otras técnicas, cristalizando que los elementos considerados como nocivos para la salud: flúor y arsénico, se encuentran en concentraciones elevadas y, en ocasiones, con niveles muy preocupantes; superando ampliamente el valor permitido por el Código Alimentario Argentino.

De las curvas piezométricas se desprende que en el área de estudio hay un cordón medanoso central, que actúa como principal receptor de las precipitaciones que abastecen al reservorio, con una orientación predominante NNO-SSE, la tendencia principal de direcciones de flujo en la zona, apunta hacia el norte, apoyado esto en el lugar, por una laguna que se encuentra en esa dirección, fuera del área estudiada; a su vez pueden observarse áreas que actúan como divisorias de aguas, siendo estos altos piezométricos, los causantes de las direcciones secundarias hacia el O-ONO, contraria a la tendencia regional hacia el ENE, sólo observado en la zona en un pequeño sector en la franja central inferior.

Los balances hídricos anuales basados en la metodología de Thornthwaite (1948), con precipitaciones por encima de los 1200 mm/Año subestiman la evapotranspiración y sobreestiman los excedentes, alejando los datos de la realidad, que puede verse bien al comparar los resultados con las piezometrías. con valores por debajo de este límite, para la zona de estudio, reflejan el comportamiento del sistema, en los balances por décadas pueden observarse que el periodo 1992-2003 es más húmedo y con excedentes importantes, mientras que la serie 2003-2013 muestra una etapa más seca, presentando excedentes mínimos.

En el caso del almacenamiento (que tiene una capacidad máxima de 42075000m³), los datos también indican niveles preocupantes, mostrando para todos los casos, condiciones adversas hacia el final del periodo considerado. Esta información, basada en los datos pluviométricos, evidencian una tendencia (salvo en el caso particular de 2012) descendiente en los últimos años; permitiendo inferir un deterioro de las reservas para los años venideros.

Por lo tanto, se puede afirmar que la situación es preocupante para los años en donde la recarga es mínima, al haber bajas precipitaciones. Ante esta situación, se sugiere

una planificación del recurso a largo plazo, ampliación de la batería de captación y reemplazo de los pozos problemáticos, se recomienda una gestión sustentable y sostenible en el tiempo, a fin de evitar deterioros en las calidades químicas y en las reservas de este vital recurso, para una población en crecimiento, con necesidades cada vez mayores de este único medio de aporte de agua para el abastecimiento.

Se propone declarar a la zona acuífera, un perímetro de protección del acuífero, dada su importancia y vulnerabilidad, por lo evidenciado en la presente contribución y dado que es la única fuente de agua para el abastecimiento del área.

Del análisis poblacional realizado para las poblaciones objeto de estudio, se puede afirmar que ambas muestran un crecimiento constante, con un consecuente aumento del uso del recurso. Lo que se traslada a un mayor consumo del mismo.

La intención del presente trabajo es que sirva de base para nuevas investigaciones en la zona de análisis, y se incita a utilizar nuevas metodologías para su estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abt J., E. E. Mariño y J.C. Mecca 2010. Formulación de un indicador del estado de un sistema hidrogeológico. Su aplicación al acuífero de General Pico, La Pampa, Argentina. I Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras Azul, Buenos Aires, Argentina.
- Cano, E., (Editor), 1980. Inventario integrado de los recursos naturales de la provincia de La Pampa. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - Gobierno de La Pampa - Universidad Nacional de La Pampa. 493 p. Buenos Aires.
- Casagrande, G.; G. Vergara; E. Sierra y S. Perez, 2000. Tendencias de las precipitaciones (1921/1998) en el centro-este de la provincia de La Pampa. VIII Reunión Argentina de Agrometeorología. Pág.15. Mendoza (Argentina).
- Castro, E., Tullio J. 1989. Informe de los pozos de Exploración en la localidad de Intendente Alvear. Consideraciones Generales del Servicio. Informe Interno. Dirección de Recursos Hídricos. Santa Rosa. La Pampa.
- Castro E, J. O. Tullio, 1996. Vulnerabilidad del Acuífero de Intendente Alvear. La Pampa. Argentina. Riesgo de Contaminación por Actividades Agropecuarias. III Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea para el Desarrollo en San Luís de Potosí, México.
- Castro E., 2011. Proyecto de Investigación complementario de tesis doctoral: Interacción Hidrogeológica-Geomorfológica en un acuífero del noreste de la Provincia de La Pampa. Propuesta de planeamiento y Gestión. Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional de La Pampa. Inédito.
- Castro E., 2013. Tesis Doctoral en Ciencias Geológicas en la Universidad Nacional de Rio Cuarto, Secretaria de Postgrado y Cooperación Internacional. Facultad de Ciencias Exactas, Fisico-Químicas y Naturales. “Estudio Hidrogeológico del acuífero que provee de agua potable a la localidad de Intendente Alvear. La Pampa”.

- Consejo Federal de Inversiones, 1975. Mapa geológico de la Provincia de Buenos Aires. Convenio CFI- MOP.M.A.A. Buenos Aires.
- Custodio E. y M. Llamas, 1983. Hidrología Subterránea. Tomos I y II Ed. Omega. Barcelona. España.
- Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Comisión Brundtland): Nuestro Futuro Común. ONU. 11/12/1987
- Iriondo, M. y D.M. Kröhling, 1996. Los sedimentos eólicos del noreste de la llanura pampeana (Cuaternario superior). Actas XIII Congreso Geológico Argentino y III Congreso de Exploración de Hidrocarburos. IV:27-48.
- Lambán, L. J., J. M. Pernía, 2004a. Propuesta de indicadores sobre el estado cualitativo de las aguas subterráneas: aplicación al acuífero de Sierra de Estepa. Hidrogeología y Recursos Hidráulicos XXVI: 337-347. Zaragoza.
- Lambán, L. J., J.M. Pernía, 2004b. Indicadores sobre el estado cuantitativo y cualitativo de las aguas subterráneas: aplicación en Sierra de Estepa (Sevilla, España). Informe IGME.
- Linares, E, Llambías E .et al.,1980. Geología de la Provincia de La Pampa y Geocronología de sus rocas metamórficas y eruptivas. RAGA. Tomo XXXV, N°1. pp.87-146. Buenos Aires.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). Versión en Castellano 2008. El Agua. 2do informe de la ONU sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el Mundo.
- Pernía, J.M., M. M. Corral, 2000. Llenado de los acuíferos. Propuesta de un indicador. V Congreso Geológico de España. Alicante. Geotemas volumen 2: 111-114.
- Pernía, J.M., M. M. Corral, 2001. Análisis del llenado de los acuíferos en función de diferentes periodos históricos de referencia. Hidrogeología y Recursos Hidráulicos. XXIII: 3-12. IV Symposium of Hydrogeology 2 May-1 June 2001, Murcia.

- Salazar Lea Plaza, J. 1980. Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la provincia de La Pampa. Geomorfología. Instituto Salesiano de Artes Gráficas, Buenos Aires, 1- 493.
- Thornthwaite, C.W., 1948. Una aproximación hacia una clasificación racional del clima. Tomado de la Revista Geográfica. Habitualmente publicada por la Sociedad Geográfica Americana. Volumen 38, No. 1. pp. 55-94.
- Thornthwaite C. W. y J. Mather, 1955. Instrucciones y tablas para el cómputo de la evapotranspiración potencial y el balance hídrico. INTA, Instituto de Suelos y Agrotecnia. Boletín Interno 46 (1967). Buenos Aires.
- Tullio J y Martinez H., 1979. Sedimentos arenosos de la Formación Valle de Maracó. Inédito. Santa Rosa. La Pampa.
- Yrigoyen, M., 1975. Geología del subsuelo y plataforma Continental. Geología de la provincia de Buenos Aires. VI Congreso Geológico Argentino. Relatorio: 139-168. Bahía Blanca.

BIBLIOGRAFÍA ONLINE

Arguello G. L., 27/9/2010.

<http://www.locosporlageologia.com.ar/desarrollo-sostenible-sustentable>.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). 2010.

<http://www.censo2010.indec.gov.ar/>

<http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/wwdr4-2012/>

INDICE

PREFACIO.....	Pág. 1
RESUMEN.....	Pág.2
ABSTRACT.....	Pág.3
INTRODUCCIÓN.....	Pág. 4
CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES.....	Pág. 7
1.1 Ubicación y caracterización.....	Pág.7
1.2 Características climáticas.....	Pág.9
1.2.1 <i>Precipitaciones</i>	Pág.9
1.2.2 <i>Viento</i>	Pág.9
1.2.3 <i>Suelo</i>	Pág.10
1.2.4 <i>Estratigrafía</i>	Pág.10
1.2.5 <i>Geomorfología</i>	Pág.11
1.2.5.1 <i>Comportamiento regional</i>	Pág.12
1.2.5.2 <i>Geomorfología local</i>	Pág.12
1.3 Uso del recurso en la zona de estudio.....	Pág.13
1.3.1 <i>Agrícola</i>	Pág.13
1.3.2 <i>Ganadero</i>	Pág.13
1.4 Hipótesis.....	Pág.14
1.5 Motivo del trabajo.....	Pág.14
CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS.....	Pág.15
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS.....	Pág.17
3.1 Precipitaciones.....	Pág.17
3.2 Freatrimetrías.....	Pág.18
3.3 Curvas piezométricas.....	Pág.19
3.3.1 <i>Mapa piezométrico con dirección de flujo</i>	Pág.19
3.3.2 <i>Distribución piezométrica anual con el uso del programa Surfer</i>	Pág. 20
3.3.3 <i>Variaciones piezométricas interanuales (VPI) y promedio freatrimétrico</i>	Pág. 41
3.4 Datos químicos.....	Pág. 42
3.4.1 <i>Flúor</i>	Pág. 43
3.4.2 <i>Arsénico</i>	Pág. 43

3.5 Balance hídrico.....	Pág. 63
3.5.1 Balances hídricos anuales de paso mensual.....	Pág. 63
3.5.1.1 Balances hídricos anuales, serie 1993-2013. Análisis histórico de la serie.....	Pág. 65
3.5.2 Balance hídrico Balshort.....	Pág. 65
3.6 Análisis de índice de estado del sistema, y sus respectivos indicadores...Pág.	66
3.6.1 Estado del acuífero.....	Pág. 66
3.7 Asociaciones de pozos por cercanía.....	Pág. 68
3.8 Población.....	Pág. 80
3.9 Conexiones, macromediciones (M3/año), micromediciones (m3/día).....	Pág. 82
3.10 Sostenibilidad del acuífero.....	Pág.83
CONCLUSIONES.....	Pág. 85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	Pág. 87

Anexo

Precipitaciones mensuales en Intendente Alvear

Año/Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
1992	47,0	93,0	185,0	19,0	60,0	5,0	0,0	118,0	80,0	27,0	108,0	211,0	953,0
1993	194,0	25,5	64,0	97,0	143,0	25,0	0,0	27,0	55,0	13,0	99,0	112,0	854,5
1994	98,0	56,0	42,0	50,0	28,0	15,0	30,0	30,0	20,0	142,0	15,0	166,0	692,0
1995	110,0	85,0	59,0	116,0	166,0	6,0	0,0	0,0	15,0	72,0	79,0	37,0	745,0
1996	114,0	81,0	141,0	193,0	38,0	1,0	6,0	5,0	5,0	75,0	103,0	165,0	927,0
1997	119,0	37,0	146,0	156,0	19,0	39,0	15,0	20,0	38,0	298,0	43,0	526,0	1456,0
1998	71,5	172,0	68,0	96,0	50,0	28,0	10,0	25,0	80,0	76,0	145,0	106,0	927,5
1999	127,0	20,0	391,0	145,0	50,0	83,0	20,0	50,0	108,0	103,0	138,0	124,0	1359,0
2000	183,0	216,0	135,0	90,0	155,0	18,0	10,0	13,0	24,0	228,0	128,0	13,0	1213,0
2001	131,0	62,0	252,0	181,0	11,0	4,0	0,0	32,0	216,0	212,0	97,0	30,0	1228,0
2002	115,0	40,0	187,0	129,0	35,0	0,0	11,0	47,0	58,0	131,0	116,0	148,0	1017,0
2003	33,0	66,5	142,0	86,0	42,0	2,0	0,0	23,0	6,5	64,0	143,0	122,0	730,0
2004	217,0	101,0	70,0	232,0	47,0	0,0	77,0	20,0	3,0	121,0	132,0	138,0	1158,0
2005	72,0	37,0	155,0	17,0	0,0	12,0	29,0	105,0	69,0	56,0	107,0	47,0	706,0
2006	111,0	129,0	210,0	200,0	0,0	0,0	1,0	0,0	45,0	219,0	83,0	205,0	1203,0
2007	185,0	251,0	230,0	58,0	4,0	19,0	5,0	0,0	116,0	137,5	78,0	49,0	1132,5
2008	46,0	101,0	41,0	14,0	7,0	32,0	15,0	3,0	27,5	131,0	126,0	72,0	615,5
2009	33,0	78,0	49,0	17,0	25,0	0,0	3,0	0,0	130,5	9,0	83,5	174,0	602,0
2010	156,0	117,5	62,0	19,0	0,0	2,0	0,0	0,0	78,0	68,0	12,0	32,0	546,5
2011	144,0	10,0	65,0	88,0	31,0	7,0	10,0	0,0	13,0	75,0	105,0	7,0	555,0
2012	136,0	223,0	86,0	133,0	103,0	0,0	0,0	53,0	44,0	208,5	139,0	90,0	1215,5
2013	0,0	4,0	83,0	71,0	34,0	0,0	4,0	0,0	23,0	31,0	139,0	60,0	449,0
Promedio	111,0	91,2	130,1	100,3	47,6	13,5	11,2	26,0	57,0	113,5	100,8	119,7	922,0

Freatimetrías anuales por pozo

Año/Freatímetro x̄	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	X
1993	-3,2	-5,3	-4,2	-4,2	-5,0	-5,8	-4,8	-7,1	-6,2	-4,8	-3,1	-5,9	-3,4	-5,5	-5,6	-6,9
1994	-3,8	-6,1	-5,1	-5,4	-5,8	-6,5	-5,6	-7,7	-7,0	-5,6	-3,9	-6,5	-4,1	-6,1	-6,5	-7,6
1995	-4,2	-6,8	-6,0	-6,2	-6,6	-6,9	-6,0	-7,8	-7,5	-6,1	-4,3	-7,0	-4,4	-6,5	-6,9	-8,3
1996	-4,3	-7,1	-6,2	-6,4	-6,8	-7,1	-6,1	-7,9	-7,7	-6,3	-4,5	-6,9	-4,4	-6,5	-7,1	-8,6
1997	-3,8	-6,5	-5,7	-5,6	-6,0	-6,3	-5,3	-7,2	-6,9	-5,7	-4,1	-6,5	-3,8	-6,2	-6,5	-7,8
1998	-2,6	-5,1	-4,4	-4,5	-4,9	-5,1	-4,1	-6,1	-5,7	-4,4	-2,9	-5,2	-2,7	-4,9	-5,2	-6,8
1999	-2,0	-4,8	-4,1	-4,3	-4,7	-5,0	-4,0	-6,1	-5,5	-4,1	-2,3	-4,9	-2,2	-4,5	-5,0	-6,1
2000	-1,9	-4,5	-3,8	-4,0	-4,4	-4,8	-3,8	-6,0	-5,2	-3,8	-2,3	-4,5	-2,0	-4,1	-4,6	-5,9
2001	-1,6	-4,3	-3,4	-3,6	-3,9	-4,3	-3,3	-5,6	-4,7	-3,1	-1,9	-4,0	-1,8	-3,4	-4,1	-5,7
2002	-2,0	-4,5	-3,5	-3,8	-4,2	-4,7	-3,6	-5,7	-4,9	-3,3	-2,0	-4,4	-1,9	-3,6	-4,2	-6,0
2003	-2,6	-5,1	-4,1	-4,4	-4,7	-5,2	-4,2	-6,2	-5,4	-4,0	-2,5	-5,0	-2,4	-4,3	-4,8	-6,6
2004	-2,9	-5,4	-4,5	-4,7	-5,2	-5,6	-4,5	-6,5	-5,9	-4,5	-2,8	-5,4	-2,8	-4,8	-5,2	-6,9
2005	-3,0	-5,7	-4,5	-4,7	-5,6	-5,6	-4,6	-6,8	-6,2	-4,9	-3,2	-5,6	-3,3	-5,1	-5,4	-7,2
2006	-3,0	-6,1	-4,5	-4,7	-6,1	-5,6	-4,6	-7,3	-6,9	-5,4	-3,5	-5,9	-3,7	-5,6	-5,6	-7,3
2007	-3,1	-5,8	-4,6	-4,7	-5,9	-5,7	-4,7	-7,0	-7,7	-4,9	-3,2	-5,5	-3,1	-5,3	-6,1	-7,1
2008	-3,9	-6,5	-5,9	-5,9	-6,6	-6,6	-5,6	-7,5	-7,0	-5,7	-3,9	-6,0	-3,5	-6,0	-6,3	-7,7
2009	-4,5	-7,2	-6,7	-6,9	-7,3	-7,5	-6,4	-8,0	-7,4	-6,4	-4,5	-6,6	-3,8	-6,5	-7,3	-8,4
2010	-5,1	-7,7	-7,2	-7,3	-7,9	-8,1	-7,0	-8,5	-7,5	-6,9	-4,9	-7,0	-4,2	-6,9	-8,3	-9,0
2011	-5,6	-8,2	-7,7	-7,9	-8,4	-8,8	-7,7	-9,0	-8,5	-7,5	-5,5	-7,5	-4,6	-7,3	-8,4	-9,6
2012	-5,1	-8,0	-7,9	-8,0	-8,7	-8,9	-7,8	-9,0	-8,9	-7,5	-5,1	-7,3	-4,2	-7,2	-8,0	-9,5

Variación piezométrica interanual

Freatímetro \dot{x}	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	X	Prom VPI
1994	-3,80	-6,05	-5,07	-5,42	-5,83	-6,54	-5,59	-7,69	-7,02	-5,63	-3,90	-6,53	-4,06	-6,13	-6,51	-7,61	-5,83
1995	-4,24	-6,81	-5,98	-6,17	-6,56	-6,92	-5,99	-7,83	-7,45	-6,08	-4,33	-7,03	-4,38	6,46	-6,87	-8,30	-6,34 -0,51
1996	-4,29	-7,07	-6,21	-6,38	-6,81	-7,12	-6,14	-7,87	-7,66	-6,31	-4,50	-6,93	-4,35	-6,54	-7,10	-8,58	-6,49 -0,15
1997	-3,80	-6,52	-5,68	-5,61	-6,01	-6,26	-5,33	-7,24	-6,87	-5,71	-4,05	-6,47	-3,75	-6,20	-6,54	-7,82	-5,87 0,62
1998	-2,56	-5,14	-4,40	-4,46	-4,90	-5,13	-4,11	-6,14	-5,66	-4,37	-2,87	-5,24	-2,70	-4,87	-5,20	-6,75	-4,66 1,21
1999	-2,00	-4,75	-4,11	-4,29	-4,74	-5,02	-4,04	-6,14	-5,54	-4,10	-2,31	-4,93	-2,22	-4,47	-5,00	-6,11	-4,36 0,30
2000	-1,87	-4,50	-3,80	-4,03	-4,38	-4,78	-3,75	-5,97	-5,19	-3,75	-2,34	-4,50	-1,95	-4,08	-4,60	-5,90	-4,09 0,27
2001	-1,62	-4,30	-3,36	-3,61	-3,93	-4,34	-3,28	-5,55	-4,66	-3,07	-1,89	-4,03	-1,77	-3,40	-4,07	-5,66	-3,66 0,43
2002	-2,00	-4,50	-3,53	-3,81	-4,17	-4,65	-3,57	-5,72	-4,89	-3,34	-1,98	-4,35	-1,92	-3,61	-4,19	-5,99	-3,89 -0,23
2003	-2,44	-4,96	-4,04	-4,25	-4,68	-5,11	-4,04	-6,10	-5,38	-3,90	-2,40	-4,86	-2,36	-4,19	-4,72	-6,44	-4,37 -0,48
2004	-2,88	-5,41	-4,54	-4,69	-5,18	-5,57	-4,51	-6,48	-5,86	-4,46	-2,82	-5,37	-2,79	-4,77	-5,24	-6,88	-4,84 -0,47
2005	-2,97	-5,68	-4,50	-4,68	-5,61	-5,63	-4,61	-6,81	-6,15	-4,90	-3,20	-5,58	-3,32	-5,14	-5,42	-7,17	-5,09 -0,25
2006	-2,97	-6,08	-4,50	-4,68	-6,13	-5,63	-4,61	-7,31	-6,93	-5,35	-3,51	-5,94	-3,70	-5,59	-5,59	-7,28	-5,36 -0,27
2007	-3,07	-5,83	-4,57	-4,68	-5,85	-5,67	-4,65	-7,01	-7,69	-4,92	-3,21	-5,50	-3,09	-5,32	-6,12	-7,10	-5,27 0,09
2008	-3,87	-6,50	-5,85	-5,93	-6,60	-6,55	-5,57	-7,48	-6,99	-5,74	-3,88	-6,03	-3,51	-5,98	-6,25	-7,74	-5,90 -0,63
2009	-4,52	-7,21	-6,70	-6,87	-7,34	-7,53	-6,41	-7,95	-7,42	-6,42	-4,48	-6,58	-3,79	-6,54	-7,29	-8,40	-6,59 -0,69
2010	-5,06	-7,72	-7,20	-7,32	-7,88	-8,11	-7,02	-8,46	-7,53	-6,94	-4,93	-7,00	-4,19	-6,91	-8,27	-8,96	-7,09 -0,50
2011	-5,56	-8,23	-7,69	-7,92	-8,41	-8,78	-7,70	-8,99	-8,47	-7,46	-5,50	-7,50	-4,61	-7,28	-8,44	-9,58	-7,63 -0,54
2012	-5,09	-8,04	-7,94	-8,03	-8,67	-8,91	-7,76	-8,95	-8,85	-7,53	-5,09	-7,33	-4,20	-7,20	-7,97	-9,54	-7,57 0,06
Prom	-3,40	-6,07	-5,25	-5,41	-5,98	-6,22	-5,19	-7,14	-6,64	-5,26	-3,54	-5,88	-3,30	-4,83	-6,07	-7,46	

Variaciones piezométricas interanuales

Variaciones piezométricas interanuales (VPI)																	
Freatímetro \dot{x}	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	X	Prom
1995	-0,44	-0,36	-0,91	-0,75	-0,73	-0,38	-0,40	-0,14	-0,43	-0,45	-0,47	-0,50	-0,32	-0,33	-0,36	-0,69	-0,48
1996	-0,05	-0,26	-0,23	-0,21	-0,25	-0,20	-0,15	-0,04	-0,21	-0,23	-0,17	0,10	0,03	-0,08	-0,23	-0,28	-0,15
1997	0,49	0,55	0,53	0,77	0,80	0,86	0,81	0,63	0,79	0,60	0,45	0,46	0,60	0,34	0,56	0,76	0,63
1998	1,24	1,38	1,28	0,85	1,11	1,13	1,22	1,10	1,21	1,34	1,18	1,23	1,05	1,33	1,34	1,07	1,19
1999	0,56	0,39	0,29	0,17	0,16	0,11	0,07	0,00	0,12	0,27	0,56	0,31	0,48	0,40	0,20	0,64	0,30
2000	0,13	0,25	0,33	0,26	0,36	0,24	0,29	0,17	0,35	0,35	-0,03	0,43	0,27	0,39	0,40	0,21	0,28
2001	0,25	0,20	0,44	0,42	0,45	0,44	0,47	0,42	0,53	0,68	0,45	0,47	0,18	0,68	0,53	0,24	0,43
2002	-0,38	-0,20	-0,17	-0,20	-0,24	-0,31	-0,29	-0,17	-0,23	-0,27	-0,09	-0,32	-0,15	-0,21	-0,12	-0,33	-0,23
2003	-0,44	-0,46	-0,51	-0,44	-0,51	-0,46	-0,47	-0,38	-0,49	-0,56	-0,42	-0,51	-0,44	-0,58	-0,53	-0,45	-0,48
2004	-0,44	-0,45	-0,50	-0,44	-0,50	-0,46	-0,47	-0,38	-0,48	-0,56	-0,42	-0,51	-0,43	-0,58	-0,52	-0,44	-0,47
2005	-0,09	-0,27	-0,04	0,01	-0,43	-0,06	-0,10	-0,33	-0,29	-0,44	-0,38	-0,21	-0,53	-0,37	-0,18	-0,29	-0,25
2006	0,00	-0,40	0,00	0,00	-0,52	0,00	0,00	-0,50	-0,78	-0,45	-0,31	-0,36	-0,38	-0,45	-0,17	-0,11	-0,28
2007	-0,10	0,25	-0,07	0,00	0,28	-0,04	-0,04	0,30	-0,77	0,43	0,30	0,44	0,61	0,27	-0,53	0,18	0,09
2008	-0,80	-0,67	-1,28	-1,25	-0,75	-0,88	-0,92	-0,47	0,70	-0,82	-0,67	-0,53	-0,42	-0,66	-0,13	-0,64	-0,64
2009	-0,65	-0,71	-0,85	-0,94	-0,74	-0,98	-0,84	-0,47	-0,43	-0,68	-0,60	-0,55	-0,28	-0,56	-1,04	-0,66	-0,69
2010	-0,54	-0,51	-0,50	-0,45	-0,54	-0,58	-0,21	-0,51	-0,11	-0,52	-0,45	-0,42	-0,40	-0,37	-0,98	-0,56	-0,48
2011	-0,50	-0,51	-0,49	-0,60	-0,53	-0,67	-0,68	-0,53	-0,94	-0,52	-0,57	-0,50	-0,42	-0,37	-0,17	-0,62	-0,54
2012	0,47	0,19	-0,25	-0,11	-0,26	-0,13	-0,06	0,04	-0,38	-0,07	0,41	0,17	0,41	0,08	0,47	0,04	0,06

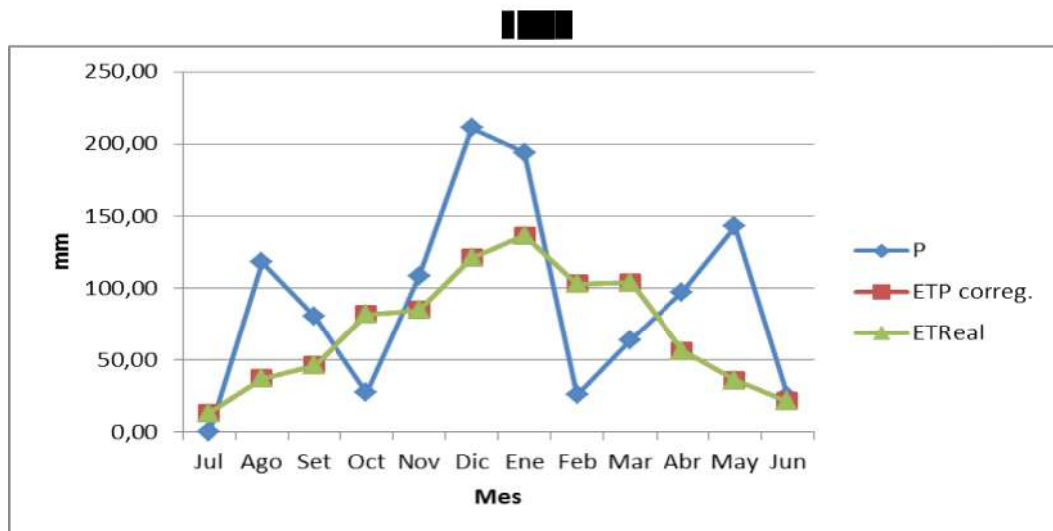
Temperatura media mensual

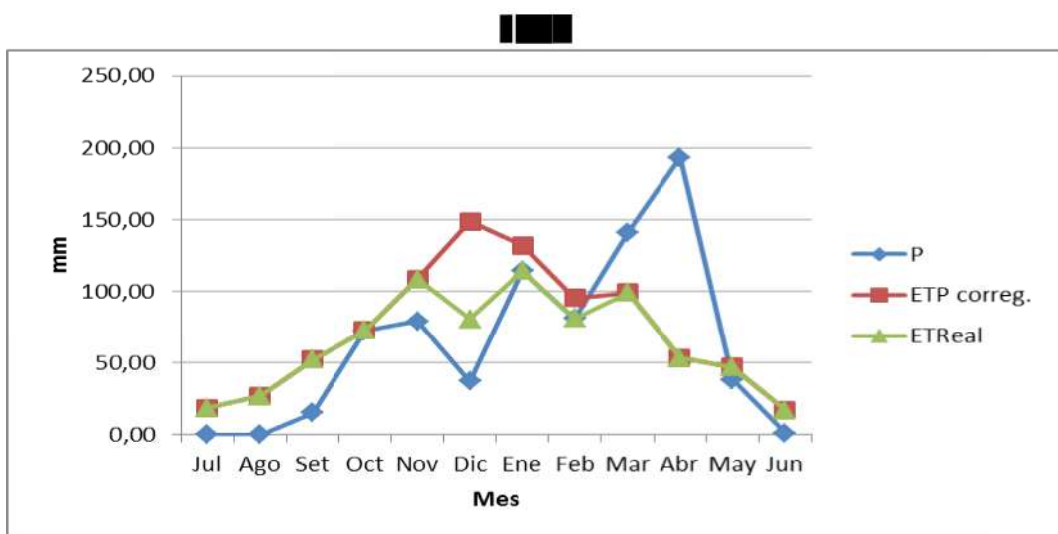
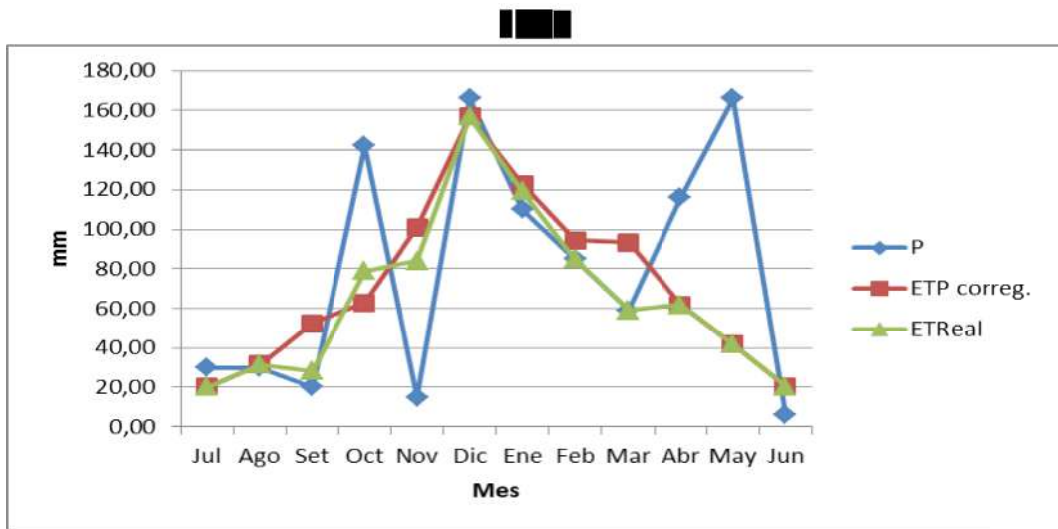
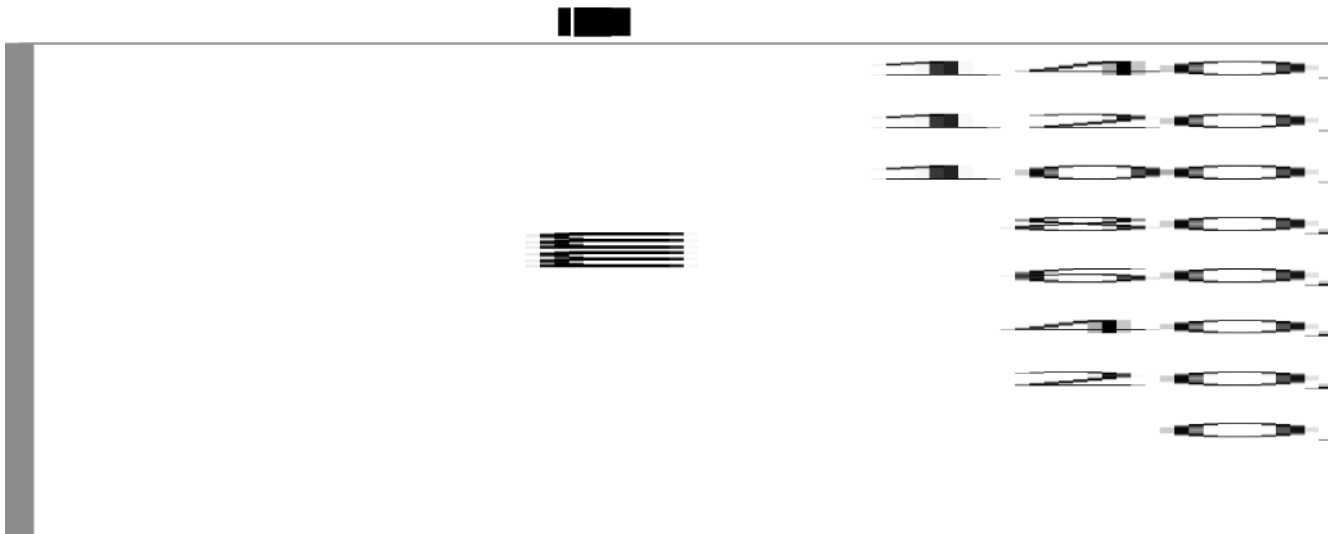
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Enero		23,73	23,24	22,45	23,37	24,89	23,47	22,05	23,15	24,00	23,00	24,00	24,92	23,71	25,05	22,84	23,73	22,79	24,76	25,27	25,79	24,39
Febrero		22,18	22,05	21,30	21,41	22,20	23,43	24,66	22,36	26,02	22,13	23,05	21,03	21,91	22,16	22,07	22,83	22,50	23,34	23,46	23,59	22,64
Marzo		22,10	20,81	20,94	21,66	21,34	20,85	20,35	19,92	22,02	21,39	22,02	22,02	20,50	20,21	20,45	20,95	22,95	23,24	22,42	21,60	19,31
Abril		16,65	16,63	17,78	16,45	19,98	17,80	15,67	18,02	17,05	15,77	17,10	17,58	15,57	18,62	18,02	17,72	21,28	16,80	17,39	17,98	18,92
Mayo		13,27	15,65	14,79	15,77	16,13	15,09	14,05	13,18	12,61	15,02	14,24	11,00	12,87	12,26	11,03	13,97	15,52	13,79	14,60	15,40	14,27
Junio		10,25	12,93	10,33	9,40	10,68	10,46	10,23	10,90	10,88	9,12	12,25	11,20	11,18	11,87	10,30	9,83	11,05	11,33	11,31	11,28	12,47
Julio	7,58	8,52	9,95	9,53	9,48	12,50	10,86	9,21	8,13	10,29	10,68	9,87	10,34	10,73	12,55	8,29	13,44	10,45	10,47	10,34	10,21	10,23
Agosto	13,11	12,23	12,26	11,23	15,00	12,71	12,47	12,23	11,02	13,45	12,73	11,31	12,08	11,87	12,39	8,82	12,44	14,95	11,37	11,81	12,24	11,59
Septiembre	14,35	13,72	15,68	15,68	13,83	15,50	15,99	16,47	14,02	14,17	15,73	15,63	16,28	13,38	15,85	15,52	14,70	12,83	14,77	15,38	16,00	13,68
Octubre	18,56	17,31	16,23	17,60	19,02	16,89	17,31	17,73	17,84	17,61	19,45	20,71	18,26	17,84	20,13	19,42	18,63	19,34	17,08	17,37	17,66	19,95
Noviembre	18,58	19,40	20,70	21,58	21,83	20,13	20,10	20,07	19,15	20,27	21,98	22,90	20,27	22,45	20,95	21,03	23,85	21,93	21,17	21,45	21,73	20,95
Diciembre	21,94	22,44	25,48	24,73	22,97	22,03	22,03	22,02	23,18	23,53	22,34	22,13	22,32	23,24	23,94	23,02	22,71	21,94	23,98	23,82	23,66	25,56

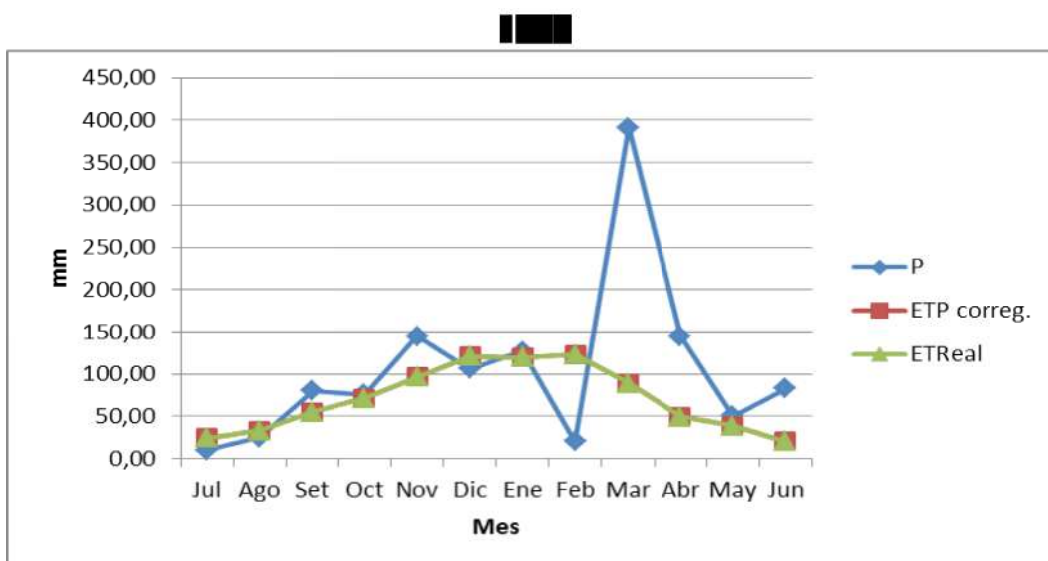
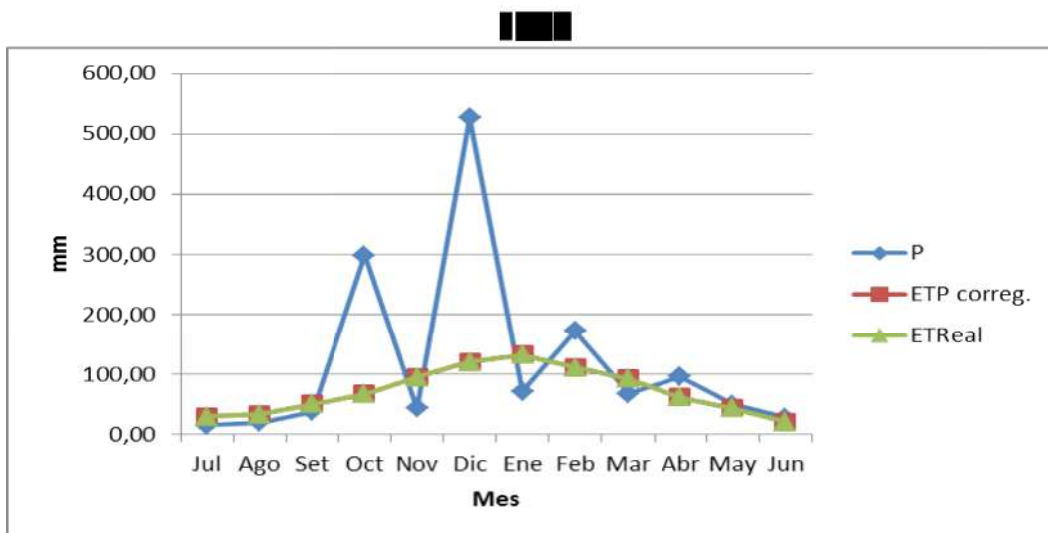
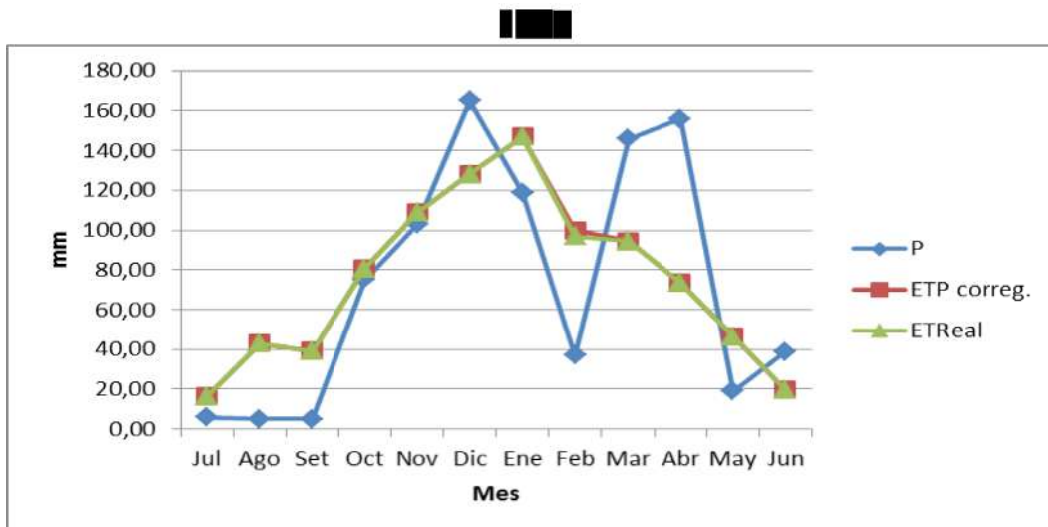
Heliofanía media mensual

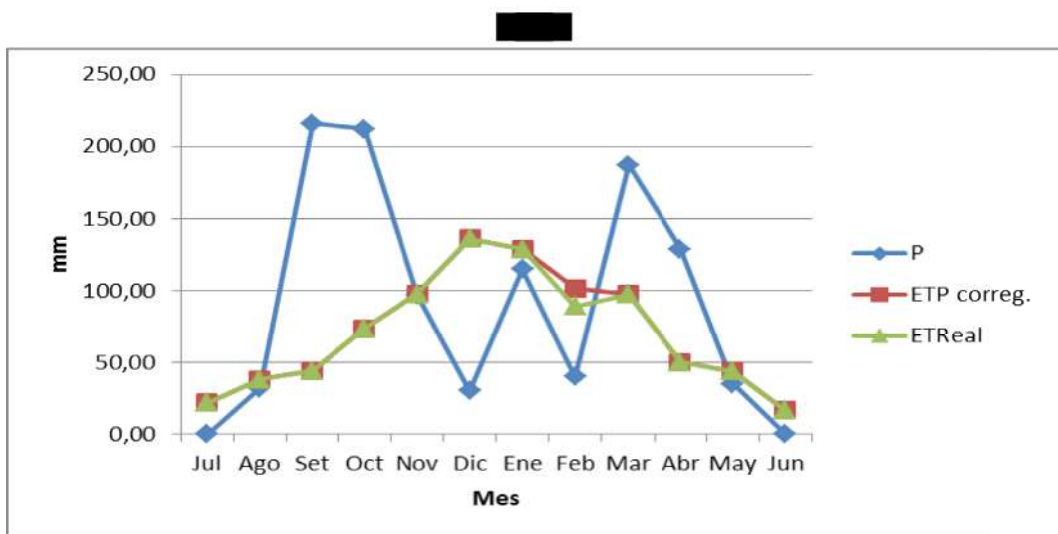
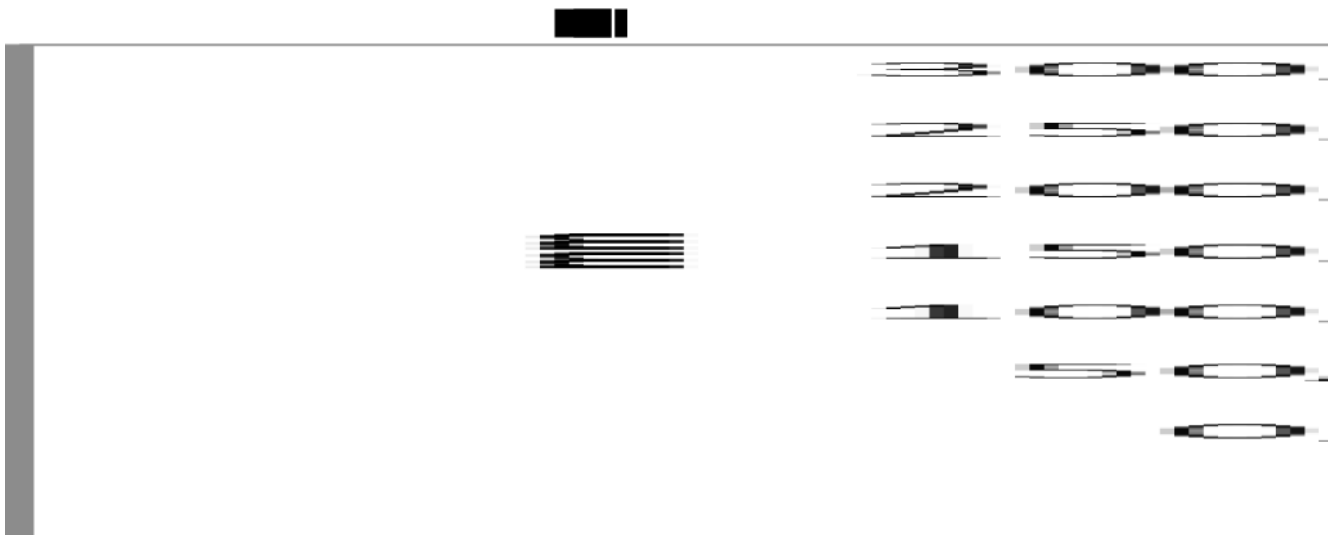
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Enero		8,92	9,19	9,57	8,83	10,20	9,67	10,47	10,18	9,25	9,83	11,23	9,59	9,65	9,83	8,64	9,02	10,11	10,13	9,84	9,45	10,34
Febrero		9,53	9,63	8,71	9,84	9,51	5,65	9,29	8,47	9,78	9,45	10,21	9,55	9,24	9,10	8,38	9,10	9,80	7,45	8,67	8,67	10,35
Marzo		7,50	8,16	8,55	8,80	6,84	8,03	5,80	7,65	6,50	6,65	6,65	7,70	7,68	8,79	7,22	7,35	9,16	8,48	8,42	8,57	7,33
Abril		4,98	5,67	5,85	5,17	6,14	4,57	4,59	5,36	5,55	5,60	4,49	5,85	8,00	6,61	6,75	8,27	8,14	8,03	7,18	5,98	6,68
Mayo		4,23	4,76	5,33	6,17	5,64	4,10	4,89	3,86	3,74	4,64	4,22	4,15	4,52	5,36	5,91	5,84	4,52	5,12	5,66	4,60	5,44
Junio		2,89	4,16	4,17	4,36	3,38	3,55	2,70	3,89	4,04	5,30	3,51	4,28	1,71	3,38	6,02	5,11	6,09	4,47	4,13	4,61	5,64
Julio	4,30	4,90	3,55	5,39	5,05	3,37	5,78	4,98	4,92	3,29	4,45	5,02	3,54	3,86	4,41	4,83	3,63	5,62	5,55	5,41	6,04	4,51
Agosto	5,40	6,45	6,68	6,44	6,48	4,29	5,60	5,45	5,00	3,77	3,86	5,41	5,00	3,82	5,47	5,89	5,65	5,45	6,55	4,86	4,81	6,59
Septiembre	5,40	6,68	5,57	7,10	6,88	5,83	6,98	5,72	5,98	4,92	6,13	5,11	7,53	7,72	6,78	5,43	7,46	6,93	7,51	7,21	6,67	5,35
Octubre	7,80	4,89	6,88	8,47	6,89	4,90	8,93	6,98	6,18	5,05	6,87	9,18	7,31	8,35	7,39	6,95	7,91	7,45	8,73	6,32	6,81	7,33
Noviembre	7,20	8,77	9,54	9,76	9,94	7,51	8,92	8,46	9,79	9,80	9,37	9,13	7,30	8,70	9,94	10,12	9,74	9,20	9,37	9,55	7,50	9,71
Diciembre	8,30	10,40	9,39	10,67	8,92	8,55	10,00	9,16	11,32	10,64	7,76	9,44	9,15	9,46	10,12	10,90	8,91	7,98	9,81	11,13	10,07	9,98

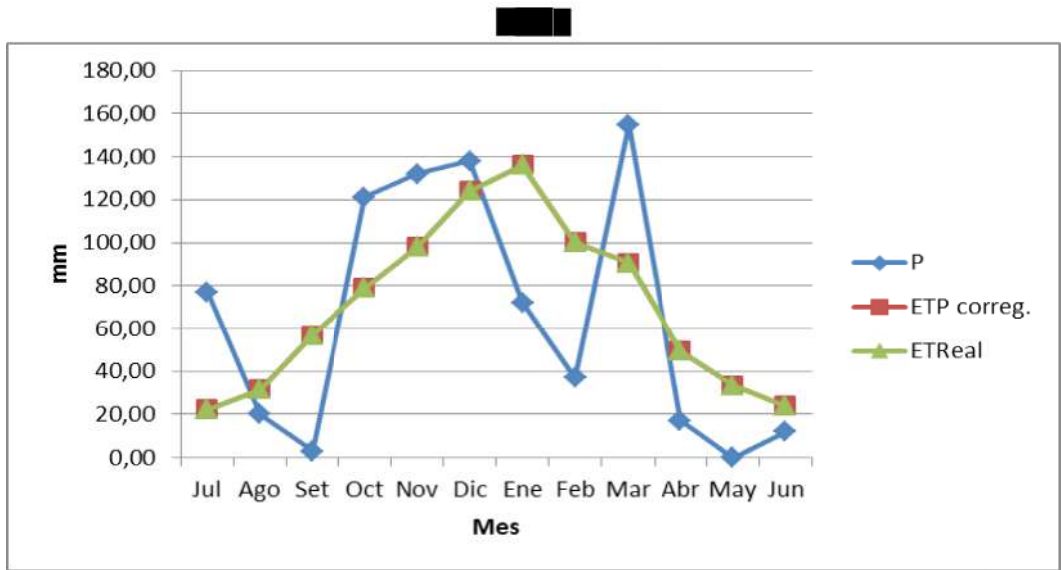
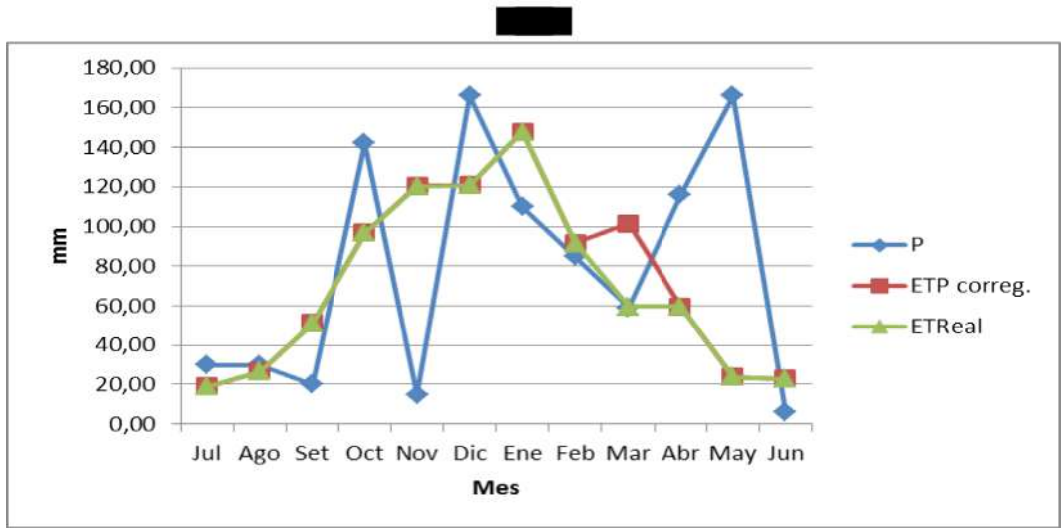
ETP corregida y Balances hídricos de paso mensual, años hídricos 1993-2013.

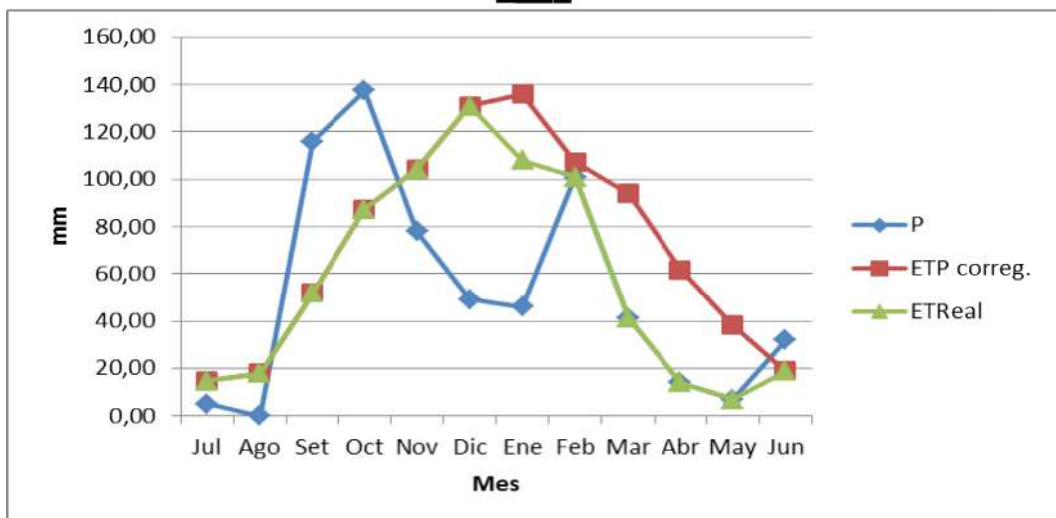
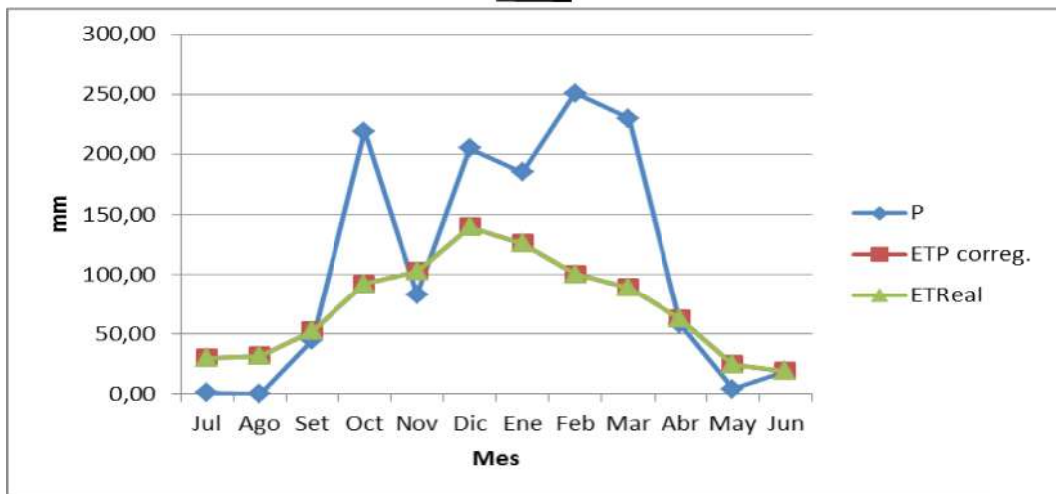
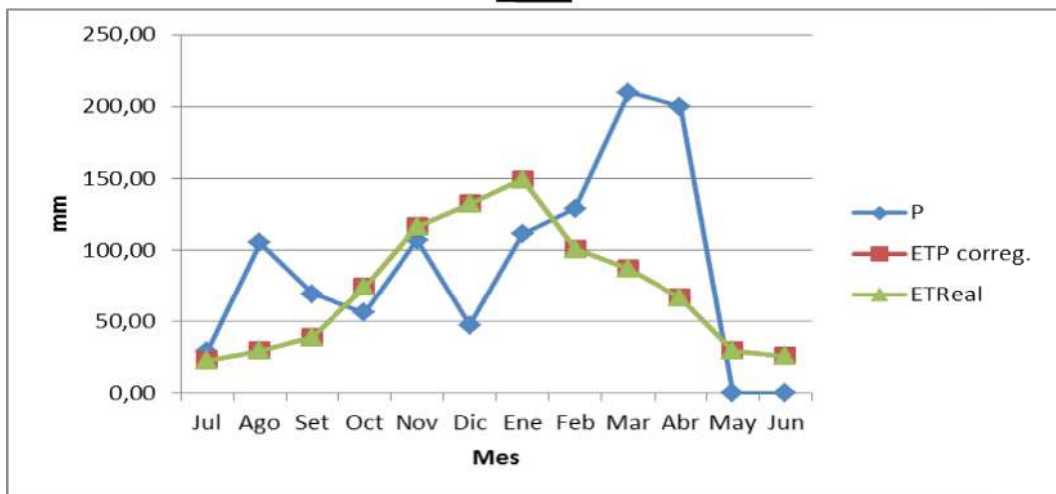


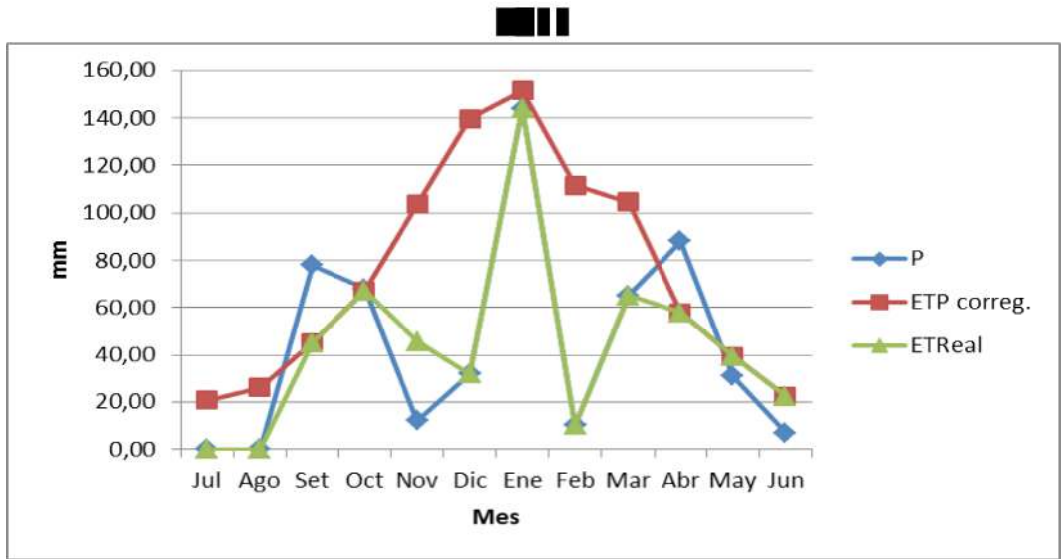
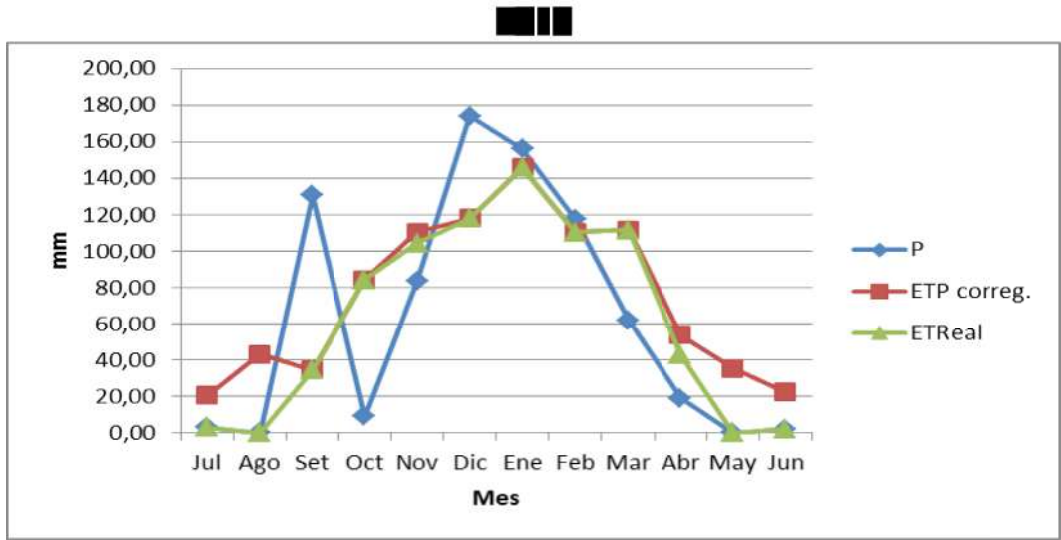
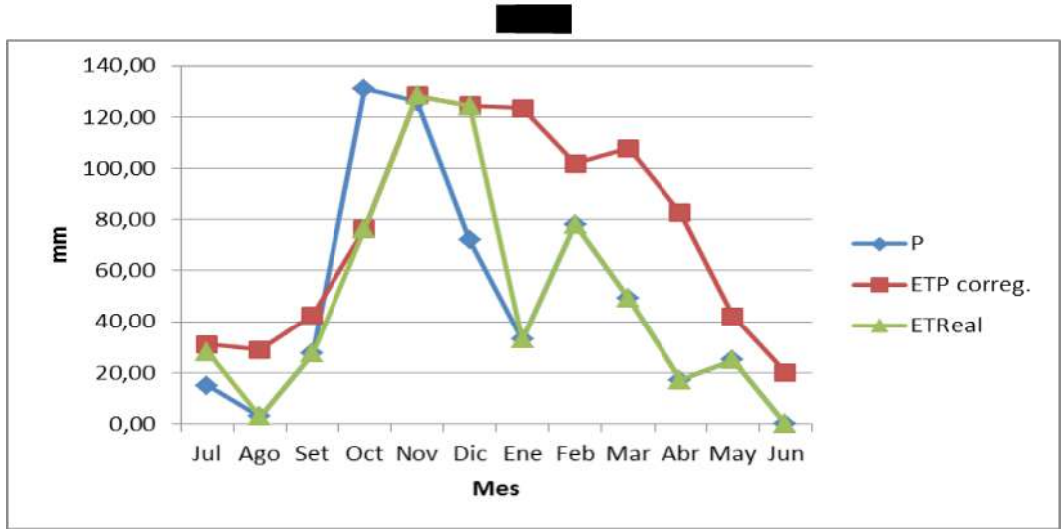


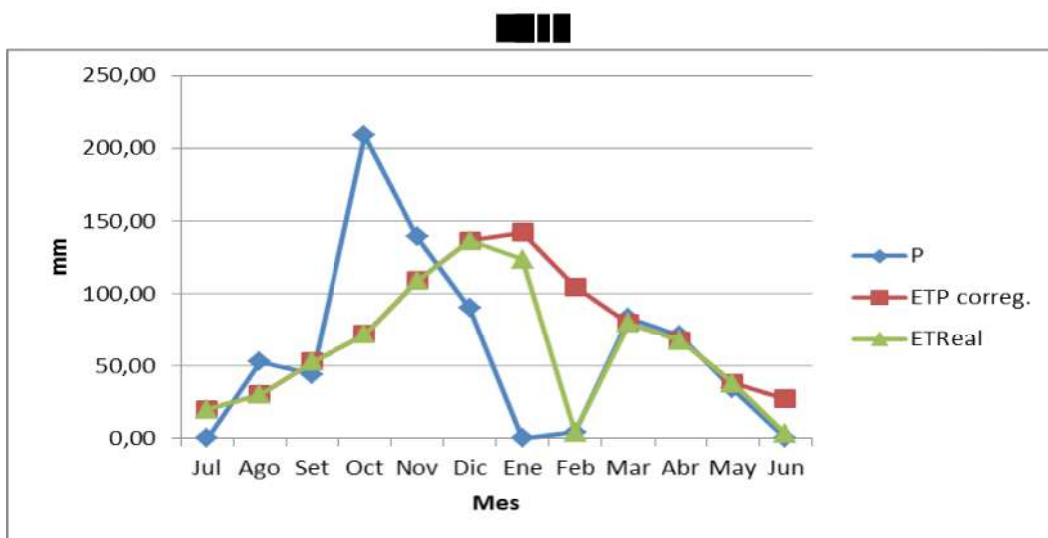
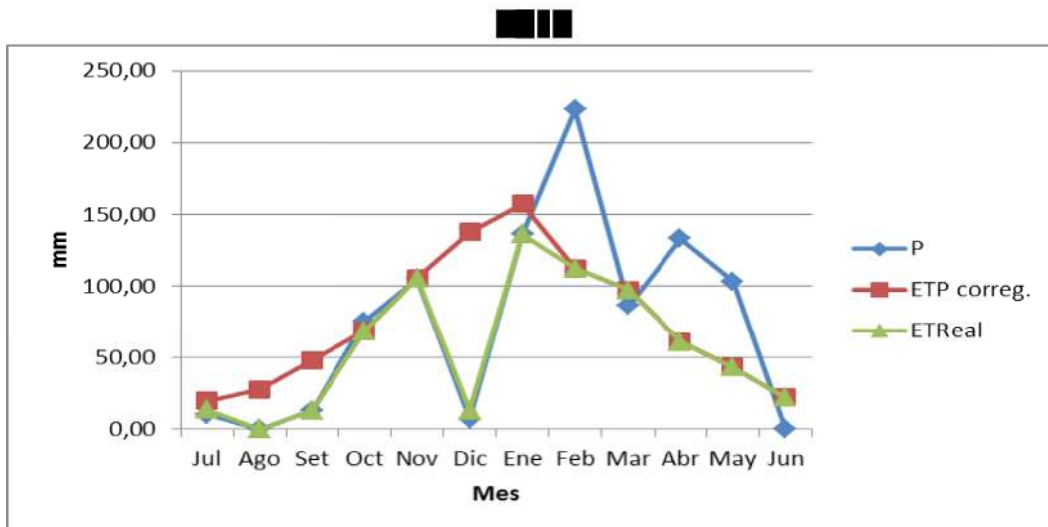












Evapotranspiración corregida y Balances hídricos de paso mensual, series 1992-2003 y 2003-2013.

1992-2003	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Total	
Calculo ETP														
T°C	9,70	12,59	15,01	17,78	20,34	22,97	23,40	22,80	21,22	17,17	14,53	10,68	17,35	a
i	2,73	4,05	5,28	6,83	8,37	10,06	10,35	9,95	8,92	6,47	5,03	3,16	81,18	1,8002
ETP s/a	22,04	35,25	48,38	65,62	83,60	104,06	107,59	102,67	90,22	61,62	45,63	26,21	792,90	
Fac. Ajuste	0,87	0,94	1,00	1,13	1,17	1,25	1,23	1,04	1,06	0,94	0,89	0,82	Lat 35°	
ETP Correg	19,18	33,14	48,38	74,15	97,81	130,07	132,33	106,78	95,64	57,93	40,61	21,50	857,50	
Balance														
P	9,27	33,36	63,55	125,18	97,36	148,91	119,05	80,68	151,82	115,64	68,64	20,36	1033,82	
ETP correg.	19,18	33,14	48,38	74,15	97,81	130,07	132,33	106,78	95,64	57,93	40,61	21,50	857,50	
Alm(170)	160,09	160,32	170,00	170,00	169,55	170,00	156,71	130,61	170,00	170,00	170,00	168,87		
Var Alm	-9,91	0,23	9,68	0,00	-0,45	0,45	-13,29	-26,10	39,39	0,00	0,00	-1,13	-1,13	
Def	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Exc	0,00	0,00	5,49	51,03	0,00	18,39	0,00	0,00	16,79	57,71	28,03	0,00	177,44	
ETReal	19,18	33,14	48,38	74,15	97,81	130,07	132,33	106,78	95,64	57,93	40,61	21,50	857,50	

2003-2013														
Calculo EVP	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Total	
T°C	10,67	11,93	15,03	18,64	21,77	23,08	24,32	22,55	21,36	17,99	13,47	11,18	17,67	a
i	3,15	3,73	5,29	7,33	9,27	10,13	10,97	9,78	9,01	6,95	4,48	3,38	83,49	1,8439
ETP s/a	25,15	30,90	47,31	70,36	93,67	104,33	114,90	99,95	90,45	65,90	38,65	27,41	808,99	
Fac. Ajuste	0,87	0,94	1,00	1,13	1,17	1,25	1,23	1,04	1,06	0,94	0,89	0,82	Lat 35°	
ETP Correg	21,88	29,05	47,31	79,51	109,60	130,41	141,32	103,95	95,87	61,95	34,40	22,48	877,73	
Balance	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Total	
P	13,09	18,55	50,50	101,82	104,32	90,55	103,00	101,64	108,45	85,00	26,64	6,73	810,27	
ETP correg.	21,88	29,05	47,31	79,51	109,60	130,41	141,32	103,95	95,87	61,95	34,40	22,48	877,73	
Alm(170)	161,21	150,71	153,90	170,00	164,72	124,86	86,54	84,22	96,80	119,85	112,08	96,33		
Var Alm	-8,79	-10,50	3,19	16,10	-5,28	-39,86	-38,32	-2,32	12,58	23,05	-7,77	-15,75	-73,67	
Def	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Exc	0,00	0,00	0,00	6,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,21	
ETReal	21,88	29,05	47,31	79,51	109,60	130,41	141,32	103,95	95,87	61,95	34,40	22,48	877,73	

IES-IDA-IEH

A1

INTERVALO	IDA	IEH1	IEH2	IES ₁	IES2	P acum (mm)	P x (mm)
(Ene/99-Dic/00)	0,36	0,83	0,74	0,41	0,45	2572,0	1286,0
(Ene/01-Dic/02)	0,20	0,54	0,68	0,63	0,56	2245,0	1122,5
(Ene/03-Dic/04)	0,47	0,13	0,26	0,70	0,64	1888,0	944,0
(Ene/05-Dic/06)	0,69	0,11	0,16	0,60	0,58	1909,0	954,5
(Ene/07-Dic/08)	0,86	0,6	0,68	0,19	0,23	1748,0	874,0
(Ene/09-Dic/10)	0,90	0,83	0,74	0,14	0,18	1145,5	574,3
(Ene/99-Dic/10)	0,65	0,89	0,53	0,23	0,41	11510,5	959,2

A2

INTERVALO	IDA	IEH1	IEH2	IES ₁	IES2	P acum (mm)	P x (mm)
(Ene/99-Dic/00)	0,33	0,33	0,41	0,67	,63	2572,0	1286,0
(Ene/01-Dic/02)	0,18	0,42	0,50	0,70	0,66	2245,0	1122,5
(Ene/03-Dic/04)	0,44	0,52	0,45	0,52	0,56	1888,0	944,0
(Ene/05-Dic/06)	0,60	0,59	0,59	0,41	0,41	1909,0	954,5
(Ene/07-Dic/08)	0,64	0,55	0,64	0,41	0,36	1748,0	874,0
(Ene/09-Dic/10)	0,92	0,85	0,86	0,12	0,11	1145,5	574,3
(Ene/99-Dic/10)	0,58	0,56	0,59	0,43	0,42	11510,5	959,2

A3

INTERVALO	IDA	IEH1	IEH2	IES ₁	IES2	P acum (mm)	P x (mm)
(Ene/99-Dic/00)	0,38	0,25	1,00	0,69	0,31	2572,0	1286,0
(Ene/01-Dic/02)	0,95	0,78	1,00	0,14	0,03	2245,0	1122,5
(Ene/03-Dic/04)	0,48	0,51	1,00	0,51	0,26	1888,0	944,0
(Ene/05-Dic/06)	0,64	0,43	1,00	0,47	0,18	1909,0	954,5
(Ene/07-Dic/08)	0,70	0	1,00	0,30	0,15	1748,0	874,0

		71					
(Ene/09-Dic/10)	0,95	0,81	1,00	0,12	0,03	1145,5	574,3
(Ene/99-Dic/10)	0,62	0,55	1,00	0,42	0,19	11510,5	959,2

A4

INTERVALO	IDA	IEH1	IEH2	IES 1	IES2	P acum (mm)	P x (mm)
(Ene/95-Dic/96)	0,79	0,04	0,23	0,59	0,49	167 ,0	836,0
(Ene/97-Dic/98)	0,49	0,38	0,31	0,57	0,60	2383,5	1191,8
(Ene/99-Dic/00)	0,23	0,49	0,38	0,64	0,70	2572,0	1286,0
(Ene/01-Dic/02)	0,17	0,57	0,38	0,63	0,73	2245,0	1122,5
(Ene/03-Dic/04)	0,42	0,49	0,23	0,55	0,68	1888,0	944,0
(Ene/05-Dic/06)	0,52	0,74	0,54	0,37	0,47	1909,0	954,5
(Ene/07-Dic/08)	0,58	0,84	0,54	0,29	0,44	1748,0	874,0
(Ene/09-Dic/10)	0,87	0,86	0,77	0,14	0,18	1145,5	574,3
(Ene/95-Dic/10)	0,57	0,58	0,63	0,43	0,40	15566,0	972,9

A5

INTERVALO	IDA	IEH1	IEH2	IES 1	IES2	P acum (mm)	P x (mm)
(Ene/95-Dic/96)	0,81	0,68	0,57	0,26	0,31	1672,0	836,0
(Ene/97-Dic/98)	0,49	0,42	0,86	0,55	0,33	2383,5	1191,8
(Ene/99-Dic/00)	0,32	0,85	0,71	0,42	0,49	2572,0	1286,0
(Ene/01-Dic/02)	0,21	0,75	0,71	0,52	0,54	2245,0	1122,5
(Ene/03-Dic/04)	0,43	0,53	0,57	0,52	0,5	1888,0	944,0
(Ene/05-Dic/06)	0,62	0,44	0,57	0,47	0,41	1909,0	954,5
(Ene/07-Dic/08)	0,65	0,75	0,57	0,30	0,39	1748,0	874,0
(Ene/09-Dic/10)	0,91	0,55	0,57	0,27	0,26	1145,5	574,3
(Ene/95-Dic/10)	0,62	0,63	0,57	0,38	0,41	15566,0	972,9

A6

INTERVALO	IDA	IEH1	IEH2	IES 1	IES2	P acum (mm)	P x (mm)
(Ene/95-Dic/96)	0,74	0,36	0,78	0,45	0,24	1672,0	836,0
(Ene/97-Dic/98)	0,48	0,42	0,89	0,55	0,32	2383,5	1191,8
(Ene/99-Dic/00)	0,28	0,54	0,89	0,59	0,42	2572,0	1286,0
(Ene/01-Dic/02)	0,17	0,33	0,56	0,75	0,64	2245,0	1122,5
(Ene/03-Dic/04)	0,40	0,35	0,56	0,63	0,52	1888,0	944,0
(Ene/05-Dic/06)	0,40	0,67	0,89	0,47	0,36	1909,0	954,5
(Ene/07-Dic/08)	0,55	0,86	0,78	0,3	0,34	1748,0	874,0
(Ene/09-Dic/10)	0,93	0,73	0,78	0,17	0,15	1145,5	574,3
(Ene/95-Dic/10)	0,56	0,53	0,78	0,46	0,33	15566,0	972,9

A7

INTERVALO	IDA	IEH1	IEH2	IES 1	IES2	P acum (mm)	P x (mm)
(Ene/95-Dic/96)	0,73	0,32	0,75	0,48	0,26	1672,0	836,0

(Ene/97-Dic/98)	0,44	0,70	1,00	0,43	0,28	2383,5	1191,8
(Ene/99-Dic/00)	0,28	0,51	1,00	0,61	0,36	2572,0	1286,0
(Ene/01-Dic/02)	0,17	0,48	0,75	0,68	0,54	2245,0	1122,5
(Ene/03-Dic/04)	0,39	0,17	0,75	0,72	0,43	1888,0	944,0
(Ene/05-Dic/06)	0,48	0,35	0,75	0,59	0,39	1909,0	954,5
(Ene/07-Dic/08)	0,58	0,46	0,75	0,48	0,34	1748,0	874,0
(Ene/09-Dic/10)	0,92	0,37	0,75	0,36	0,17	1145,5	574,3
(Ene/95-Dic/10)	0,56	0,42	0,75	0,51	0,35	15566,0	972,9

A8

INTERVALO	IDA	IEH1	IEH2	IES 1	IES2	P acum (mm)	P x (mm)
(Ene/95-Dic/96)	0,74	0,73	0,71	0,27	0,28	1672,0	836,0
(Ene/97-Dic/98)	0,42	0,52	0,86	0,53	0,36	2383,5	1191,8
(Ene/99-Dic/00)	0,27	0,67	0,86	0,53	0,44	2572,0	1286,0
(Ene/01-Dic/02)	0,17	0,69	0,71	0,57	0,56	2245,0	1122,5
(Ene/03-Dic/04)	0,41	0 58	0,71	0,51	0,44	1888,0	944,0
(Ene/05-Dic/06)	0,44	0,78	1,00	0,39	0,28	1909,0	954,5
(Ene/07-Dic/08)	0,55	0,72	0,86	0,37	0,3	1748,0	874,0
(Ene/09-Dic/10)	0,90	0,70	0,86	0,2	0,12	1145,5	574,3
(Ene/95-Dic/10)	0,55	0,67	0,71	0,39	0,37	15566,0	972,9

Asociación	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Piezómetro	I	J	N	BX	H	C	DE	FG
IDA 95-10				0,57	0,62	0,56	0,56	0,55
IDA 99-10	0,65	0,58	0,62					
IDA 95-96				0,79	0,81	0,74	0,73	0,74
IDA 97-98				0,49	0,49	0,48	0,44	0,42
IDA 99-00	0,36	0,33	0,38	0,23	0,32	0,28	0,28	0,27
IDA 01-02	0,20	0,18	0,95	0,17	0,21	0,17	0,17	0,17
IDA 03-04	0,47	0,44	0,48	0,42	0,43	0,40	0,39	0,41
IDA 05-06	0,69	0,60	0,64	0,52	0,62	0,40	0,48	0,44
IDA 07-08	0,86	0,64	0,70	0,58	0,65	0,55	0,58	0,55
IDA 09-10	0,90	0,92	0,95	0,87	0,91	0,93	0,92	0,90

IEHg1																			
Freatímetros	C1	C2	C3	C4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	IEHg1
(Ene/95-Dic/10)					0,42	0,42	0,37	0,76	0,54	0,55	0,42	0,21	0,29	0,58	0,76	0,76	0,67	0,64	
(Ene/99-Dic/10)	0,89	0,56	0,51	0,55															
(Ene/95-Dic/96)					0,10	0,10	0,52	0,63	0,54	0,27	0,55	0,20	0,11	0,04	0,49	0,79	0,73	0,38	0,39
(Ene/97-Dic/98)					0,23	0,23	0,33	0,63	0,63	0,50	0,42	0,40	0,19	0,38	0,70	0,80	0,52	0,49	0,46
(Ene/99-Dic/00)	0,83	0,33	0,15	0,25	0,44	0,44	0,30	0,75	0,72	0,59	0,55	0,27	0,27	0,49	0,71	0,85	0,67	0,64	0,51
(Ene/01-Dic/02)	0,54	0,42	0,32	0,78	0,46	0,46	0,31	0,81	0,52	0,64	0,58	0,26	0,34	0,57	0,57	0,82	0,69	0,68	0,54
(Ene/03-Dic/04)	0,13	0,52	0,15	0,51	0,24	0,24	0,09	0,60	0,19	0,39	0,45	0,08	0,15	0,49	0,48	0,61	0,58	0,42	0,35
(Ene/05-Dic/06)	0,11	0,59	0,61	0,43	0,57	0,57	0,40	0,83	0,46	0,64	0,12	0,16	0,49	0,74	0,92	0,75	0,78	0,79	0,55
(Ene/07-Dic/08)	0,76	0,55	0,78	0,71	0,56	0,56	0,54	0,87	0,69	0,64	0,52	0,17	0,32	0,84	0,94	0,70	0,72	0,75	0,65
(Ene/09-Dic/10)	0,83	0,85	0,73	0,81	0,58	0,58	0,41	0,90	0,52	0,58	0,39	0,16	0,33	0,86	0,93	0,71	0,70	0,78	0,65
IEHg2																			
Freatímetros	C1	C2	C3	C4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	IEHg2
(Ene/95-Dic/10)					0,36	0,60	0,29	0,63	0,75	0,75	0,75	0,63	0,75	0,63	0,63	0,47	0,71	1,00	
(Ene/99-Dic/10)	0,53	0,59	1,00	1,00															
(Ene/95-Dic/96)					0,36	0,60	0,50	0,50	0,75	0,75	0,75	0,23	0,75	0,23	0,63	0,74	0,71	1,00	0,61
(Ene/97-Dic/98)					0,57	0,60	0,21	0,63	0,75	0,75	0,75	0,31	1,00	0,31	0,81	0,42	0,86	1,00	0,64
(Ene/99-Dic/00)	0,74	0,41	1,00	1,00	0,43	0,60	0,21	0,63	0,75	0,75	0,75	0,38	0,75	0,38	0,69	0,53	0,86	1,00	0,66
(Ene/01-Dic/02)	0,68	0,50	1,00	1,00	0,43	0,60	0,21	0,50	1,00	1,00	0,75	0,38	0,75	0,38	0,44	0,53	0,71	1,00	0,66
(Ene/03-Dic/04)	0,26	0,45	1,00	1,00	0,29	0,60	0,21	0,38	0,75	0,75	0,75	0,23	0,75	0,23	0,44	0,32	0,71	1,00	0,56
(Ene/05-Dic/06)	0,16	0,59	1,00	1,00	0,29	0,80	0,29	0,75	0,75	0,75	0,75	0,54	0,75	0,54	0,75	0,42	1,00	1,00	0,67
(Ene/07-Dic/08)	0,68	0,64	1,00	1,00	0,36	0,60	0,21	0,50	0,75	0,75	0,75	0,54	0,75	0,54	0,56	0,42	0,86	1,00	0,66
(Ene/09-Dic/10)	0,74	0,86	1,00	1,00	0,36	0,60	0,21	0,63	0,75	0,75	0,75	0,77	0,75	0,77	0,69	0,53	0,86	1,00	0,72

Cuadro IES					
	IDA _β	IEH _{β1}	IEH _{β2}	IES _{β1}	IES _{β2}
95-96	0,78	0,39	0,61	0,42	0,31
97-98	0,51	0,46	0,64	0,52	0,43
99-00	0,29	0,51	0,66	0,60	0,53
01-02	0,23	0,54	0,66	0,62	0,56
03-04	0,42	0,35	0,56	0,62	0,51
05-06	0,53	0,55	0,67	0,46	0,40
07-08	0,61	0,65	0,66	0,37	0,37
09-10	0,89	0,65	0,72	0,23	0,20

Datos químicos

EVOLUCION DE LA CALIDAD EMICO QUIMICA

Paso 1(B) 01/01/2008

Lugar: INTENDENTE ALVEAR

Fecha	N° Analisis	Residuo Sólido	pH	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	SOLIDOS SUBFEN.	CONDUC. submhos/cm	ALCALIN. TOTAL		DUREZA TOTAL	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Fe ⁺²	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	F ⁻	As	Na ⁺	K ⁺	Referencia
								CO ₃ ⁻²	CO ₃ H												
24/07/08	34278	966	8,600	328	122,0	S/D	1181	280	280	108	16	18,50	S/D	21,000	0,000	S/D	1,40	0,04	322,00		17,70 BOMBA N° 1
24/07/08	41347	S/D	8,470	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	5,500	0,000	S/D	1,50	0,04	S/D		S/D BOMBA N° 5
24/07/08	42453	S/D	8,860	S/D	S/D	S/D	728	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	1,000	S/D	S/D	1,01	0,04	S/D		S/D BOMBA N° 5
15/04/08	43103	666	8,330	88	74,0	S/D	887	289	289	72	13	8,72	S/D	20,000	0,000	S/D	1,40	0,04	S/D		S/D BOMBA N° 5
28/08/08	43881	S/D	8,410	84	69,0	S/D	638	320	320	80	10	12,54	S/D	7,800	0,000	S/D	1,56	0,04	S/D		S/D BOMBA N° 5
15/03/08	44724	870	7,720	100	64,0	S/D	665	280	280	78	10	12,54	S/D	15,200	0,000	S/D	1,35	0,04	S/D		S/D BOMBA N° 5
27/07/08	45315	S/D	8,540	88	80,0	S/D	777	298	298	89	12	9,23	S/D	5,200	0,000	S/D	1,52	0,04	S/D		S/D BOMBA N° 5
28/02/08	47818	807	8,410	78	78,0	S/D	724	300	300	64	5	12,90	S/D	5,200	0,000	S/D	1,61	0,04	S/D		S/D BOMBA N° 5
28/02/08	47840	800	8,480	100	111,0	S/D	855	316	316	29	3	8,90	S/D	5,800	0,000	S/D	1,70	0,05	S/D		S/D BOMBA N° 5
28/02/08	47842	800	8,480	100	111,0	S/D	855	316	316	29	3	8,90	S/D	5,800	0,000	S/D	1,26	0,05	S/D		S/D BOMBA N° 5
27/11/01	48004	726	8,340	88	77,8	S/D	844	284	284	78	13	10,70	S/D	19,200	0,000	S/D	1,70	0,05	S/D		S/D BOMBA N° 5
28/09/02	48008	794	8,480	98	84,7	S/D	875	288	288	89	12	9,23	S/D	21,800	0,000	S/D	1,37	0,04	S/D		S/D BOMBA N° 5
22/07/03	51223	792	8,620	98	77,7	S/D	1010	278	278	80	13	8,80	S/D	21,000	0,000	S/D	1,39	0,04	S/D		S/D BOMBA N° 5
18/07/04	51875	793	8,890	80	77,7	S/D	980	268	268	80	13	8,80	S/D	19,800	0,001	S/D	1,16	0,04	S/D		S/D BOMBA N° 5
18/10/04	52882	780	8,540	80	85,5	S/D	986	282	282	80	11	7,78	S/D	19,000	0,001	S/D	1,22	0,04	S/D		S/D BOMBA N° 5
30/06/05	53012	830	8,530	62	62,0	S/D	1070	298	298	64	10	8,72	S/D	14,800	0,001	S/D	1,02	0,04	S/D		S/D BOMBA N° 5
20/08/05	53004	826	8,500	108	92,8	S/D	1028	316	316	64	10	9,72	S/D	19,400	0,001	S/D	1,38	0,04	S/D		S/D BOMBA N° 5
23/05/08	54700	711	8,610	108	101,3	S/D	1012	284	284	78	13	10,69	S/D	13,400	0,000	S/D	1,33	0,04	S/D		S/D BOMBA N° 5
12/09/08	55152	788	8,800	104	97,2	S/D	987	282	282	86	10	9,72	S/D	13,800	0,000	S/D	1,41	0,04	S/D		S/D BOMBA N° 5
11/09/07	56877	781	8,700	128	122,1	S/D	1208	268	268	88	11	9,20	S/D	11,500	0,000	S/D	1,00	0,04	S/D		S/D BOMBA N° 5
28/10/07	56880	686	8,650	112	123,3	S/D	1139	300	300	84	10	8,72	S/D	12,800	0,000	S/D	1,43	0,04	S/D		S/D BOMBA N° 5
30/06/08	57690	419	8,780	69	68,0	S/D	634	286	286	64	8	5,43	S/D	6,500	0,000	S/D	1,38	0,04	S/D		S/D BOMBA N° 5
23/04/08	58958	695	8,460	109	107,7	S/D	1027	256	256	64	13	7,78	S/D	11,000	0,000	S/D	1,53	0,04	S/D		S/D BOMBA N° 5
21/07/08	59281	408	8,380	20	18,8	S/D	614	244	244	32	6	3,69	S/D	7,200	0,000	S/D	1,28	0,04	S/D		S/D BOMBA N° 5
18/05/10	60224	S/D	8,340	120	80,0	S/D	1078	244	244	80	10	7,78	S/D	8,000	0,000	S/D	1,43	0,04	S/D		S/D BOMBA N° 5
10/11/10	60971	735	8,660	124	102,3	S/D	1079	298	298	80	18	9,83	S/D	12,900	0,000	S/D	1,40	0,04	S/D		S/D BOMBA N° 5
09/04/11	61278	S/D	8,450	124	142,2	S/D	1119	284	284	72	11	10,69	S/D	10,800	0,000	S/D	1,04	0,04	230,00		1,80 BOMBA N° 5

EVOLUCION DE LA CALIDAD FISICO QUIMICA

Localidad: INTENDENTE ALVEAR		Residuo Seco		pH	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	SOLIDOS SUSPEN. mg/l	CONDUC. umho/cm	ALCALIN. TOTAL	CO ₃ ⁻²	CO ₃ ⁻²	DUREZA TOTAL	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Fe ⁺³	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	F ⁻	As	NH ₄ ⁺	K ⁺		
Fecha	Nº Análisis	mg/l	mg/l		mg/l	mg/l	mg/l	umho/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	
25/07/95	34284	936	8.300	164	151.0	S/D	1048	1355	404	24.000	390.000	92	14	14.00	S/D	11.000	0.000	S/D	3.50	0.10	S/D	255.00	19.50 BOMBAN	
26/07/97	42408	S/D	8.350	S/D	S/D	S/D	1755	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	3.400	0.000	S/D	4.80	0.13	S/D	S/D	S/D BOMBAN	
15/04/98	43180	1261	7.970	220	213.0	S/D	2030	2202	520	0.000	520.000	64	18	10.80	0.00	3.400	0.000	S/D	4.04	0.17	S/D	S/D	S/D BOMBAN	
28/02/98	43887	S/D	8.332	S/D	343.0	S/D	2232	648	648	0.000	648.000	S/D	S/D	S/D	S/D	5.600	0.000	S/D	5.18	0.13	S/D	S/D	S/D BOMBAN	
15/03/99	44730	1504	7.240	358	335.0	S/D	1919	1919	544	0.000	544.000	108	24	11.60	0.00	5.400	0.000	S/D	4.28	0.13	S/D	S/D	S/D BOMBAN	
27/07/99	45371	S/D	8.320	380	344.4	S/D	2269	580	580	0.000	524.000	S/D	S/D	S/D	S/D	3.200	0.000	S/D	5.00	0.15	S/D	S/D	S/D BOMBAN	
28/02/00	47522	1858	7.940	338	332.8	S/D	2352	S/D	S/D	0.000	580.000	144	22	21.40	0.00	1.000	0.000	S/D	4.78	0.13	S/D	S/D	S/D BOMBAN	
28/08/00	47546	1883	8.610	372	304.1	S/D	2720	664	664	0.000	648.000	124	19	14.47	0.00	4.000	0.000	S/D	4.80	0.08	S/D	S/D	S/D BOMBAN	
21/05/01	48050	1835	8.100	284	275.0	S/D	2340	540	540	0.000	644.000	124	13	22.26	0.00	7.000	0.000	S/D	4.40	0.08	S/D	S/D	S/D BOMBAN	
22/07/03	51234	1897	8.300	294	270.0	S/D	2420	448	448	0.000	644.000	148	22	22.26	0.00	1.300	0.000	S/D	3.74	0.07	S/D	S/D	S/D BOMBAN	
03/06/05	53018	2038	8.000	388	501.0	S/D	2800	1424	488	40.000	428.000	76	11	11.06	0.20	9.700	0.078	S/D	2.40	0.08	S/D	S/D	S/D BOMBAN	
22/08/05	52810	1913	8.050	282	234.5	S/D	2440	672	672	0.000	672.000	136	18	22.28	0.02	4.200	0.024	S/D	5.20	0.11	S/D	S/D	S/D BOMBAN	
22/08/08	54709	1878	8.250	280	245.7	S/D	2310	648	648	0.000	648.000	134	18	21.87	S/D	3.800	S/D	S/D	5.88	0.11	S/D	S/D	S/D BOMBAN	
12/08/08	55158	1837	8.150	288	408.9	S/D	2330	632	632	0.000	632.000	132	17	21.87	S/D	5.900	S/D	S/D	5.31	0.11	S/D	S/D	S/D BOMBAN	
11/08/07	50682	1681	8.210	282	403.8	S/D	2290	858	858	0.000	656.000	128	16	20.00	S/D	5.600	S/D	S/D	5.88	0.11	S/D	S/D	S/D BOMBAN	
28/10/07	56948	1653	8.240	278	428.3	S/D	2270	868	868	0.000	688.000	128	16	20.41	S/D	5.700	S/D	S/D	6.02	0.11	S/D	S/D	S/D BOMBAN	
08/06/08	57868	1630	8.230	288	488.1	S/D	2270	872	872	0.000	672.000	124	16	20.41	S/D	5.800	S/D	S/D	5.88	0.08	S/D	S/D	S/D BOMBAN	
28/08/08	58087	1923	8.230	280	451.3	S/D	2230	952	952	0.000	682.000	128	22	20.41	S/D	5.800	S/D	S/D	5.88	0.16	S/D	S/D	S/D BOMBAN	
22/04/08	58984	1722	8.090	300	411.8	S/D	2710	868	868	0.000	688.000	136	21	20.41	S/D	5.800	S/D	S/D	5.84	0.16	S/D	S/D	S/D BOMBAN	
21/07/08	59287	1998	8.070	282	314.4	S/D	2540	880	880	0.000	690.000	124	20	14.56	S/D	3.800	S/D	S/D	5.45	0.09	S/D	S/D	S/D BOMBAN	
18/05/10	60228	S/D	8.150	288	314.4	S/D	2800	860	860	0.000	690.000	124	29	14.56	S/D	3.12	S/D	S/D	5.16	0.12	S/D	S/D	S/D BOMBAN	
05/04/11	61282	S/D	8.120	344	307.8	S/D	2860	752	752	0.000	732.000	154	18	15.56	S/D	S/D	S/D	7.30	0.17	S/D	S/D	S/D	588.00	11.70 BOMBAN

