



**Maestría en Riego y Drenaje**  
**Facultad de Ciencias Agrarias – UNCuyo – INA – INTA**

**COMPORTAMIENTO DEL NIVEL FREÁTICO EN EL AREA  
BAJO RIEGO DEL TERCIO INFERIOR DEL RIO ATUEL**  
**Cuenca del Río Atuel, Mendoza - Argentina.**

Tesis sometida a la consideración del Comité Académico de la Maestría en Riego y Drenaje de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo, como requisito parcial para optar al grado de:

**Magister Scientiae en Riego y Drenaje**

por

**Ing. Agr. Carlos Rafael Pereira**

Director: Ing. Agr. M.Sc. José A. Morabito

Mendoza, Argentina  
Noviembre 2010

# COMPORTAMIENTO DEL NIVEL FREÁTICO EN EL TERCIO INFERIOR DEL AREA BAJO RIEGO DEL RIO ATUEL. CUENCA DEL RÍO ATUEL, MENDOZA – ARGENTINA.

RAFAEL PEREIRA

Subdelegación de Aguas del Río Atuel - Departamento General de Irrigación, Olascoaga 98, C.P.5620 General Alvear. Mendoza. Tel: 02625-422012. E-mail: [rpereir@irrigacion.gov.ar](mailto:rpereir@irrigacion.gov.ar)

## RESUMEN

En este trabajo se evalúa el comportamiento del nivel freático (NF) en un área de regadío de 75.774 ha ubicadas en el tercio inferior de la cuenca del río Atuel, departamentos de General Alvear y San Rafael en la provincia de Mendoza, y su vinculación con: las pérdidas que se producen en la red de canales, las prácticas de riego y los escurrimientos sub-superficiales de zonas más elevadas.

En la zona existe una red de 193 freatímetros en la que se han registrado lecturas de niveles freáticos desde 1980 a 2008, en distintas estaciones del año. El área de estudio se dividió en cuatro sub-zonas, cada una de ellas abastecida por un canal matriz de riego.

La serie existente de lecturas de NF permitió elaborar planos estacionales de isohipsas e isobatas medias. Se definieron indicadores de factor de reacción freática (FRF) y de eficiencia del sistema (IES); además, se elaboraron planos de isolíneas y tablas de salinidad (conductividad eléctrica) media del agua subterránea.

El análisis de los registros recopilados muestra la dirección del flujo de agua subterránea "noroeste-sureste", isohipsas con un gradiente medio de  $1,54 \text{ m.Km}^{-1}$  y nivel freático (NF) con una profundidad mínima media de 1.31 m. La evidencia de zonas de recarga de agua subterránea posibilita, junto a los otros planos, una rápida identificación de zonas vulnerables al ascenso del NF. El FRF permitió establecer que se incorpora al área cultivada de Alvear-Bowen un volumen de 3,7 veces más agua que la requerida por los cultivos y que el IES es del 27%. En primavera, el riego representa el 66% del volumen incorporado a la zona mientras que las precipitaciones representan el 34 % y la superficie con NF de hasta 1,0 m de profundidad es 4,8 veces mayor al promedio del área afectada en las demás estaciones.

Los resultados brindan una fuente de información actualizada para la planificación del uso del suelo en la zona, para la operación del sistema de riego y para la implementación y priorización de planes de mejora en la infraestructura.

**Palabras clave:** agua subterránea, freática, isobatas, freatímetro, salinidad, reventación, indicadores hídricos.

## WATER TABLE BEHAVIOR IN THE LOWER THIRD OF THE AREA IRRIGATED BY THE ATUEL RIVER ATUEL RIVER BASIN, MENDOZA, ARGENTINA

RAFAEL PEREIRA

Subdelegación de Aguas del Río Atuel - Departamento General de Irrigación,  
Olascoaga 98, C.P.5620 General Alvear. Mendoza. Tel: 02625-422012. E-mail:  
[rpereir@irrigacion.gov.ar](mailto:rpereir@irrigacion.gov.ar)

### **ABSTRACT**

This paper analyzes water table behavior in 75,774 ha in the lower third of the area irrigated by the Atuel River basin, which comprises the departments of General Alvear and San Rafael in the Province of Mendoza, Argentina. The paper further examines how water table behavior is affected by losses in the canal network, by irrigation practices and by sub-surface runoff from higher areas.

A network of 193 water level recorders has been installed that provided water level readings taken at different times of the year from 1980 to 2008. The study area was divided into four sub-regions, each irrigated by a main irrigation canal.

The existing series of water level readings made it possible to produce seasonal maps of mean isohypses and isobaths. Depleted fraction and system efficiency indicators were defined and isopleth maps and tables of mean groundwater salinity (electrical conductivity) were developed.

The analysis of the records shows that the groundwater flow has a northwest-southeast orientation, that isohypses have a mean gradient of  $1.54 \text{ m.Km}^{-1}$  and that the water table has a minimum mean depth of 1.31m. Maps and evidence of groundwater recharge areas made it possible to quickly identify those areas that are vulnerable to rising water tables. In turn, the depleted fraction made it possible to determine that the Alvear-Bowen cultivated area receives 3.7 times more water than crops require and that system efficiency is 27%. It has also been established that in the spring irrigation accounts for 66% of the water volume delivered to the area and that rainfall accounts for 34% and the area with a water table depth of 1.0 m is 4.8 times larger than the average of the area in the other seasons.

Results provide an updated source of information for planning land use in the region, for operating the irrigation system and for implementing and prioritizing infrastructure improvement plans.

**Key words:** groundwater, water table, isobaths, water level recorder, salinity, water-logging, water indicators..

**INDICE**

INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	8
OBJETIVO GENERAL.....	8
Hipótesis.....	8
MATERIAL Y METODO.....	12
RESULTADOS.....	18
Isobatas medias.....	18
Isobatas mínimas.....	35
Isohipsa media estacional.....	37
Isolíneas de salinidad de niveles freáticos.....	40
CONCLUSIONES.....	48
RECOMENDACIONES.....	49
BIBLIOGRAFÍA.....	52

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Distribución de freatómetros por subzona de riego.....	12
<b>Tabla 2:</b> Profundidad media mensual del NF (m) por subzona .....	19
<b>Tabla 3:</b> Áreas (ha) por rango de profundidad.....	27
<b>Tabla 4:</b> Matriz de correlación entre variables involucradas, zona Soitué-Jaime Prats .....	28
<b>Tabla 5:</b> Funciones que vinculan la profundidad media del NF por subzona .....	29
<b>Tabla 6:</b> Volúmenes medios aportados y consumidos en Hm <sup>3</sup> para la zona Alvear- .....	32
<b>Tabla 7:</b> Indicador de Consumo Total y Variación de NF en Hm <sup>3</sup> para la zona Alvear-Bowen. Serie 1980-2008.....	33
<b>Tabla 8:</b> Relación entre el Consumo Total y la variación de NF (en metros) para la zona Alvear- Bowen. Serie 1980-2008 .....	34
<b>Tabla 9:</b> Superficies afectadas (ha) con niveles freáticos mínimos (Campaña Oct. 1993) .....	36
<b>Tabla 10:</b> Conductividad Eléctrica (dS.m <sup>-1</sup> ) del agua subterránea. ....	41
<b>Tabla 11:</b> Variación estacional de la CE (dS.m <sup>-1</sup> ) del agua subterránea .....	41
<b>Tabla 12:</b> Superficies (ha) clasificadas por rango de CE (dS.m <sup>-1</sup> ) del agua subterránea. Serie (2005-08) .....	43

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Ubicación del área de estudio .....	2
<b>Figura 2:</b> Plano de isopiezas y ubicación de los cortes geológicos .....	5
<b>Figura 3:</b> Corte Geológico - Perfil longitudinal A, B, C, D, E, F.....	5
<b>Figura 4:</b> Corte Geológico - Perfil transversal .....	6
<b>Figura 5:</b> Distribución de la red de freáticos .....	13
<b>Figura 6:</b> Cantidad de lecturas por freático.....	15
<b>Figura 7:</b> Profundidad media mensual del NF (m) por subzona de riego.....	19
<b>Figura 8:</b> Variación estacional de la profundidad de NF para la zona Alvear-Bowen .....	20
<b>Figura 9:</b> Variación estacional de la profundidad de NF para la zona Soitué-Jaime Prats .....	20
<b>Figura 10:</b> Variación estacional de la profundidad de NF para la zona Real del Padre.....	21
<b>Figura 11:</b> Variación estacional la profundidad de NF para la zona San Pedro .....	21
<b>Figura 12:</b> Distribución de freáticos seleccionados en los gráficos de variación estacional.....	22
<b>Figura 13:</b> Isobatas Media INVIERNO (Serie 1980 – 2008 .....	23
<b>Figura 14:</b> Isobatas Media PRIMAVERA (Serie 1980 – 2008).....	24
<b>Figura 15:</b> Isobatas Media VERANO (Serie 1980 – 2008) .....	25
<b>Figura 16:</b> Isobatas Media OTOÑO (Serie 1980 – 2008) .....	26
<b>Figura 17:</b> Áreas (ha) por rango de profundidad .....	27
<b>Figura 18:</b> Valores medios observados y calculados de NF en Soitué-Jaime Prats .....	30
<b>Figura 19:</b> Valores medios observados y calculados de NF en Real del Padre .....	30
<b>Figura 20:</b> Valores medios observados y calculados de NF en Alvear-Bowen .....	31
<b>Figura 21:</b> Valores medios observados y calculados de NF en San Pedro.....	31
<b>Figura 23:</b> Factor de Reacción Freático para la zona Alvear-Bowen.....	34
<b>Figura 24:</b> Superficies por intervalo de profundidad según plano de isobatas mínimas (campaña Oct93) .....	36
<b>Figura 25 :</b> Plano de Isobatas mínima (Octubre 1993).....	37
<b>Figura 26:</b> Plano de isohipsas medias estacionales de verano, otoño e invierno .....	38

<b>Figura 27:</b> Plano de isohipsas medias estacionales de primavera y mínima de Oct'93.....	40
<b>Figura 28:</b> Plano de isolíneas de salinidad del agua subterránea media.....	42
<b>Figura 29:</b> Superficies (ha) por rango de salinidad de agua subterránea (dS.m <sup>-1</sup> ). Serie 2005–2008 .....	43
<b>Figura 30:</b> Plano de isolíneas de salinidad del agua subterránea media de primavera (dS.m <sup>-1</sup> ). Serie 2005–2008 .....	44
<b>Figura 31:</b> Plano de isolíneas de salinidad del agua subterránea media de verano (dS.m <sup>-1</sup> ). Serie 2005–2008 .....	45
<b>Figura 32:</b> Plano de isolíneas de salinidad del agua subterránea media de otoño (dS.m <sup>-1</sup> ). Serie 2005–2008 .....	46
<b>Figura 33:</b> Plano de isolíneas de salinidad del agua subterránea media de invierno (dS.m <sup>-1</sup> ). Serie 2005–2008.....	47

## ANEXOS

- Anexo 1** – Volumen mensual derivado en bocatoma Canal Matriz Nuevo Alvear
- Anexo 2** – Requerimiento Neto Mensual de los cultivos irrigados por el Canal Matriz Nuevo Alvear
- Anexo 3** – Tabla de precipitación (mm)
- Anexo 4** – Tabla de volumen de precipitación efectiva para Alvear-Bowen
- Anexo 5** – Censo de cultivos
- Anexo 6** – Tabla de Consumo Total (CT) para el área Alvear - Bowen
- Anexo 7** – ZONA ALVEAR - Niveles freáticos medios
- Anexo 8** – ZONA BOWEN - Niveles freáticos medios
- Anexo 9** – ZONA SAN PEDRO - Niveles freáticos medios
- Anexo 10** – ZONA SOITUÉ JAIME PRATS - Niveles freáticos medios
- Anexo 11** – ZONA REAL DEL PADRE - Niveles freáticos medios
- Anexo 12** – ZONA ALVEAR – SALINIDAD media agua subterránea
- Anexo 13** – ZONA BOWEN – SALINIDAD media agua subterránea
- Anexo 14** – ZONA SAN PEDRO – SALINIDAD media agua subterránea
- Anexo 15** – ZONA SOITUÉ - JAIME PRATS – Salinidad media agua subterránea
- Anexo 16** – ZONA REAL DEL PADRE – Salinidad media agua subterránea



## INTRODUCCIÓN

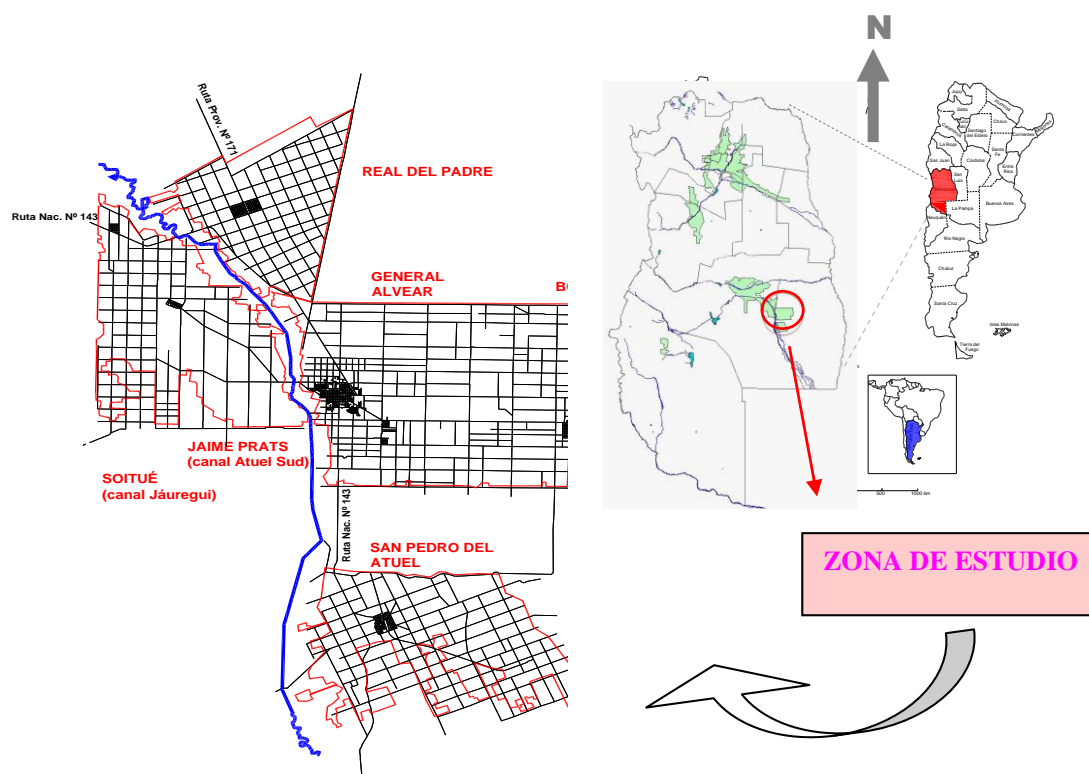
La salinización afecta a unos 20-30 millones de hectáreas de todo el mundo sobre un total de 260 millones de ha. de tierras de regadío. En la actualidad, se estima que mundialmente la tasa de extensión de la salinización se encuentra en el orden de 0,25 a 0,50 millones de ha. por año. En gran medida la salinización es inherente a la práctica del riego en zonas áridas y semiáridas, (FAO 2002).

En Argentina hay alrededor de 1.550.000 ha. de regadío en producción, de las cuales aproximadamente 300.000 tienen problemas de drenaje y/o salinidad. De éstas, se estima que entre un 8% y un 12% tienen problemas graves de salinidad, con un proceso avanzado de sodificación de los suelos, (Morabito 2001).

En la cuenca del río Mendoza, el uso del suelo y su correspondencia con los distintos niveles de salinidad, ha permitido visualizar con claridad cómo la superficie cultivada disminuye a medida que aumenta la salinidad del suelo y prácticamente, se hace nula cuando ésta supera los 8 dS.m<sup>-1</sup>, (Morabito 2002). Además, se cita para dicho río en la zona centro (Corralitos, Fray Luis Beltrán y otros) y al este del oasis (Lavalle) que el NF presenta una oscilación estacional de nivel de agua subterránea con valores de CE media de 6,18 dS.m<sup>-1</sup>. El 98 % del área de influencia de la red freaticométrica instalada tiene salinidad superior a los 2,0 dS m<sup>-1</sup> con variaciones en la distribución espacial (Ortiz M 2000; Ortiz M et al. 2005).

La presencia de NF cercano a la superficie del terreno suele limitar la producción agrícola porque, cuando invade el perfil explorado por las raíces, puede producir asfixia radical o intoxicación salina, si aportase sales al mismo. Las variaciones de los NF producen mayores afectaciones a los cultivos que una freática de profundidad constante. Esto es debido a la falta de adaptación del sistema radical provocado por la alternancia de las condiciones de aerobiosis y anaerobiosis y, por la selectividad a las sales que adquieren las raíces, provocando desequilibrios fisiológicos que inciden en los rendimientos hasta la muerte de los cultivos, (Nijensohn 1960).

El área de estudio se ubica territorialmente en la parte media-baja del valle de los ríos Atuel y Diamante, entre los paralelos 34° 46'S y 35°13'S y los meridianos 67° 49'W y 67° 29'W. Incluye parte de los departamentos de San Rafael y General Alvear, en el extremo centro-este de la provincia de Mendoza (Fig. 1). En el extremo noroeste del área, el terreno se encuentra a 501 metros sobre nivel del mar (msnm) y en al sureste a 430 msnm.



**Figura 1:** Ubicación del área de estudio

El clima es árido templado-frío con una precipitación media de  $315 \text{ mm.año}^{-1}$  (DGI-SARA) siendo la temperatura media anual de  $14,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , la máxima media de  $23,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$  y mínima media de  $8,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . La máxima registrada alcanzó a los  $44 \text{ }^{\circ}\text{C}$  en verano y la mínima a  $-10 \text{ }^{\circ}\text{C}$  en invierno. (Ezcurra 1990; DGI 2004).

El agua de riego en la zona de estudio proviene del río Atuel y tiene una salinidad expresada a través de la conductividad eléctrica (CE) media de  $1,7 \text{ dSiemens.m}^{-1}$  ( $\text{C}_3\text{S}_1$  según clasificación de Riverside) con variaciones anuales entre  $1,6 \text{ dS.m}^{-1}$  en verano y  $1,9 \text{ dS.m}^{-1}$  en primavera. El río Atuel está regulado por el dique embalse El Nihuil ( $227 \text{ Hm}^3$ ) y el compensador Valle Grande ( $161 \text{ Hm}^3$ ), permitiendo durante el periodo agosto – mayo la regulación de caudales para riego e hidroelectricidad y, en junio y julio almacenar el agua para la próxima primavera. La corta de agua en el invierno posibilita las tareas de mantenimiento y el arreglo o construcción de obras de infraestructura en la red de riego. El río, aguas abajo del dique Valle Grande, mantiene un caudal permanente proveniente zonas altas, por aportes de agua subterránea aledaña al cauce (en zona Calle Larga de Cañada Seca en invierno su CE es  $1,9 \text{ dS.m}^{-1}$ ). Aguas abajo de allí, por escurrimientos superficiales que se incorporan como afluentes del río, como el A° Aguaditas y A° del Medio en Villa Atuel (CE media  $2,6 \text{ dS.m}^{-1}$ ), ingresan en la zona de Dique Rincón del Indio donde

se ubica la toma de riego del Canal Matriz Nuevo Alvear (CMNA), con una salinidad media de invierno de  $2,3 \text{ dS.m}^{-1}$  por lo que no es utilizada para riego. Estos registros pertenecen a la serie de monitoreos del DGI para el período 1994-2006. El proyecto de impermeabilización del Canal Marginal del Atuel (CMA) de 70 km de longitud y del CMNA de 30 km, mejorará la calidad del agua de riego al disminuir la salinidad en todas las subzonas del presente trabajo. El plan de obras finalizará a fines de 2011. (DGI-SARA 2008, dato no publicado)

Harza-Hissa (1999) describe el área bajo riego del Diamante-Atuel como un gran interfluvio o llanura deposicional con depósitos de arena eólicas asentados sobre limos y arcillas fluviales. No existe diferenciación pedogenética de los perfiles de suelos y por lo tanto no se observa diferenciación de horizontes eluviales (de lavado) e iluviales (de acumulación). Las diferencias texturales, estructurales y de consistencia que se observan en profundidad, se pueden explicar por la presencia de materiales aportados en capas sucesivas y en diferentes períodos por el agua (acción fluvial) y el viento (acción eólica).

Teniendo en cuenta la composición granulométrica predominan las texturas gruesas, areno - franco y franco-arenosa. Existen situaciones con texturas más finas, aunque el limo supera ampliamente a la arcilla. En general los suelos son calcáreos, de alta permeabilidad, aunque el lavado climático ocasionado por un régimen de lluvias invierno - primaverales, resulta insuficiente en algunos casos para lixiviar las sales de todo el perfil.

Suelen presentarse en las llanuras deprimidas y/o en las vías de escurrimiento, horizontes sub-superficiales endurecidos por la presencia conjunta de carbonato de calcio y yeso, comportándose como verdaderos fragipanes que limitan el desarrollo radical de las plantas.

El tercio inferior del área cultivada presenta problemas de drenaje y salinización de suelos en distinto grado, que limitan la producción potencial de los cultivos. Para mantener la productividad de los suelos ha sido necesaria la construcción y mantenimiento de una red de más de 900 km de colectores y drenajes de 1<sup>er</sup>, 2<sup>do</sup> y 3<sup>er</sup> orden, que atenúan en mayor o menor medida la problemática planteada. La red de drenaje existente en la cuenca del río Atuel representa el 60% del total provincial, manteniéndose con un parque de máquinas propio del Departamento General de Irrigación – Subdelegación de Aguas del Río Atuel.

La cuenca de agua subterránea Atuel–Diamante abarca aproximadamente 8.000 km<sup>2</sup> extendiéndose desde las últimas estribaciones de la cordillera de los Andes, al

oeste, hasta el límite con la provincia de San Luis, representado físicamente por el río Desaguadero – Salado, al este. El área de recarga principal se encuentra en la zona cercana a la isla del río Diamante en el departamento de San Rafael. El volumen total de agua subterránea almacenada se estima en 32.500 Hm<sup>3</sup>, considerando tanto acuíferos libres, semiconfinados y confinados en toda su extensión. La recarga anual proveniente de ríos, canales, retornos de riego y lluvia, se calcula en 1.600 Hm<sup>3</sup>. La extracción por bombeo se realiza tanto en acuíferos libres como confinados y semiconfinados, explorándose para los primeros entre los 30 y 60 m de profundidad y para los segundos, desde los 60 m hasta los 250 m. Los caudales obtenidos son muy importantes, con rendimientos específicos del orden de los 40 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup> en el acuífero libre y de 20 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup> en el confinado. (CRAS 1995; Hernández 2001).

La Fig. 2 muestra la configuración de la superficie piezométrica del sistema hídrico subterráneo y la traza de los cortes geológicos que se presentan en las Fig. 3 y 4.

Se observa que la cuenca subterránea puede dividirse en dos: a) Una en cuyo subsuelo se encuentra un solo acuífero libre y; b) Otra área, al este y sureste de la anterior, donde subyacen acuíferos confinados o semiconfinados. Ello significa que las formaciones que lo contienen están en condiciones de ceder agua para su extracción, encontrando por encima y por debajo de ellas otras que no tienen esa cualidad y que impiden o dificultan su movimiento vertical. Generalmente, en estas áreas, que se suelen llamar de “acuíferos confinados”, suele haber un primer acuífero, el menos profundo ó acuífero somero, que se encuentra en contacto con la atmósfera. A este acuífero somero, en Mendoza, nos hemos acostumbrado a llamarlo “acuífero freático” o, simplemente “freática”. Esta investigación está referida a este acuífero y toda el área de estudio se encuentra sobre acuíferos confinados (Jorge Hernández 2010, comunicación personal)

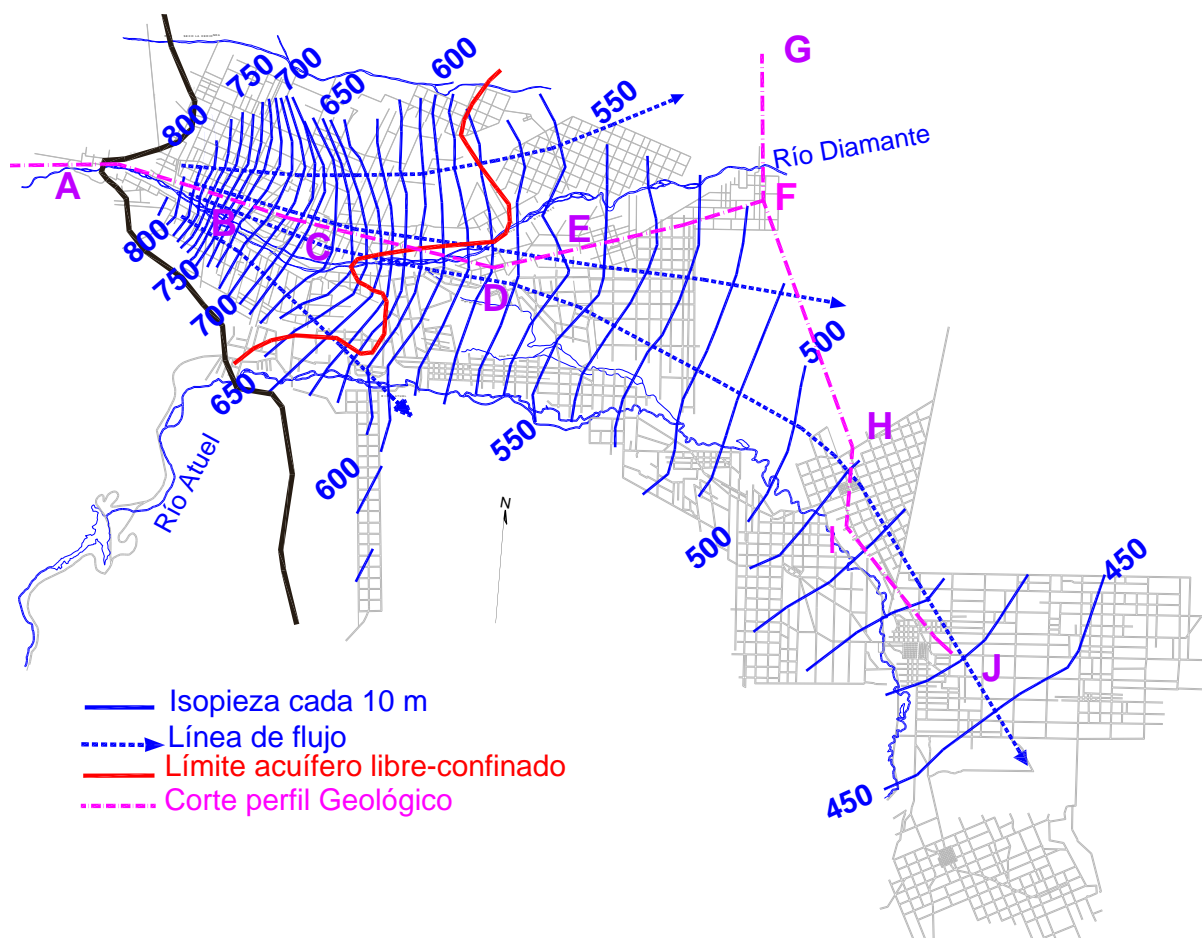


Figura 2: Plano de isopiezas y ubicación de los cortes geológicos.

(Hernández 2001)

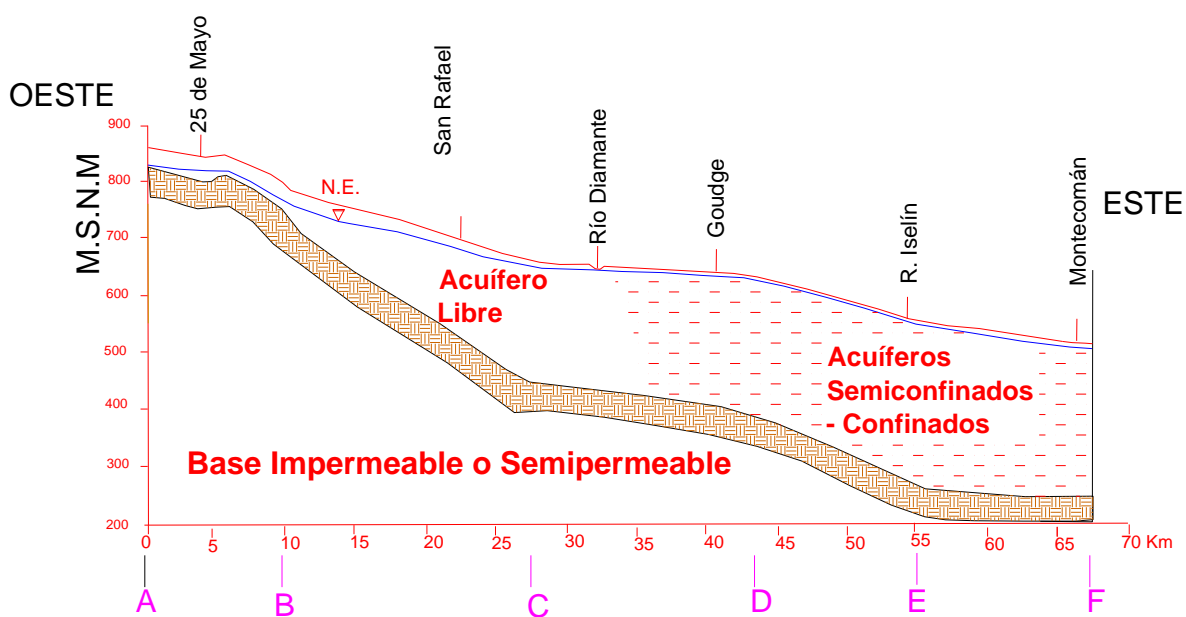
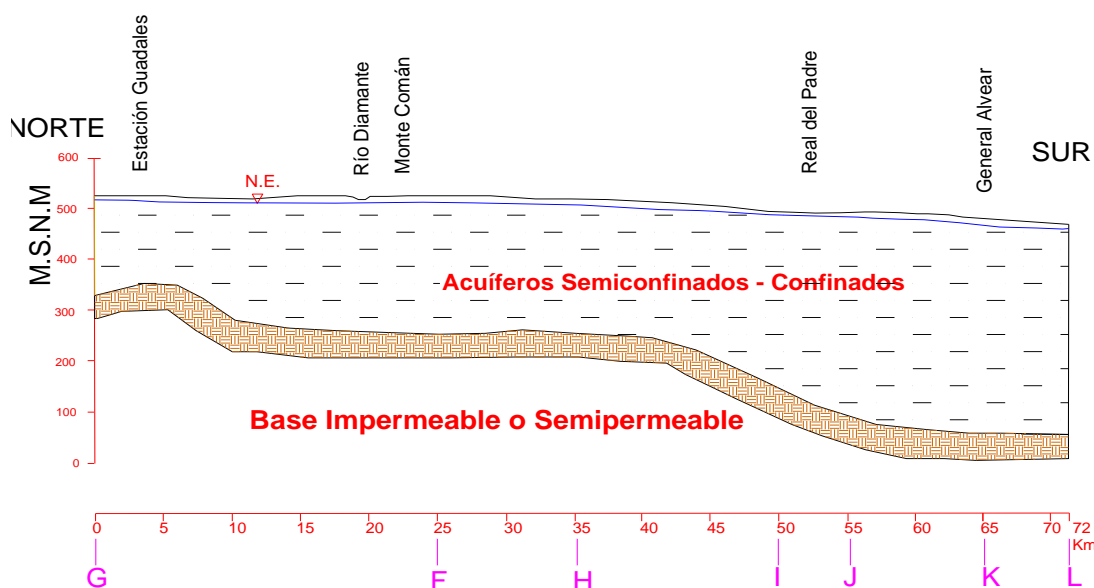


Figura 3: Corte Geológico - Perfil longitudinal A, B, C, D, E, F.

(Hernández 2001)



**Figura 4:** Corte Geológico - Perfil transversal G, F, H, I, J.  
(Hernández 2001)

El bombeo anual estimado para distintos años a través de la realización de balances hidrológicos se estima en 120 Hm<sup>3</sup>, variando según el tipo de año hidrológico en la cuenca, estimándose que la superficie regada solamente con agua subterránea entre ambas cuencas del río Diamante y Atuel alcanza a 1.637 ha y con aprovechamiento conjunto de agua superficial y subterránea de 14.229 ha. (Hernández 2001).

La zona de estudio comprende un total de 75.774 ha, de las cuales solo 72.491 ha poseen derecho de riego (representando este estudio el 67% de la superficie empadronada en la cuenca del río Atuel). Para posibilitar una mejor interpretación de su comportamiento zonal se la ha dividido en cuatro subáreas consideradas críticas por la cercanía del agua a la superficie del terreno.

**1 - Subárea Soitúé - Jaime Prats:** Irrigada por los canales Jáuregui (5.946 ha) y Atuel Sud (10.348 ha) con una longitud de canales primarios y secundarios de 100 km, sin tramos revestidos. La red de drenaje en esta zona tiene una longitud de 226 km (densidad media para la subárea de 14 m.ha<sup>-1</sup>).

**2 - Subárea Real del Padre:** abastecida por el canal Real del Padre (11.498 ha) con una red de canales primarios y secundarios de 60,4 km (10% revestido). La red de drenaje en esta zona tiene una longitud de 50 km (4 m.ha<sup>-1</sup>)

**3 - Subárea Alvear - Bowen:** Está dotada por el canal Matriz Nuevo Alvear (31.257 ha), el canal más importante de la cuenca (caudal máximo de 20 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>), con una red de canales primarios y secundarios de 141 km (15% revestido). La red de

drenaje en esta zona tiene una longitud de 200 km ( $6 \text{ m.ha}^{-1}$ )

**4 - Subárea San Pedro del Atuel:** abastecida por el canal San Pedro (13.442 ha) con una red de canales primarios y secundarios de 30,4 km. (2% revestido). La red de drenaje tiene una longitud de 103 km ( $7 \text{ m.ha}^{-1}$ )

Según el Censo Nacional Agropecuario (CNA 2002), la superficie cultivada en el departamento de General Alvear fue de 17.038 ha. La distribución de cultivos se compone de vid 30,7% (5.222 ha), frutales de carozo 35,4% (duraznero 2.633 ha, ciruelo 2.723 ha), frutales de pepita 6,6% (peral 1.054 ha, manzano 73 ha), forrajeras 19% (alfalfa principalmente), hortalizas 2,7%; forestales 3,7% (álamo 99%), Olivo 0,3% y otros 1,6% (viveros, floricultura, etc.). La distribución de cultivos para los distritos de Real del Padre, Soitú y Jaime Prats, que pertenecen a San Rafael, no están discriminadas en las estadísticas del CNA. Según el censo de 1980 la superficie cultivada en estos tres distritos alcanzó a 11.943 ha y la de General Alvear 19.512 ha. (DGI 1980).

La división de la tierra en el área de estudio es importante, siendo las zonas de Soitú y de San Pedro, con 13 ha, las que poseen un tamaño medio superior; en Real del Padre y Alvear-Bowen, la superficie media es de 7,3 y 6,4 ha respectivamente. Del total de 72.491 ha, que corresponde a la superficie bajo riego del área total de estudio, hay 7.851 propiedades que se encuentran empadronadas en el Departamento General de Irrigación, correspondiendo al sector Alvear-Bowen el 58% de las mismas (DGI-SARA 2008 dato no publicado)

La evolución de la superficie cultivada entre el Censo Frutícola Provincial de 1996 y el CNA 1988 indica que el Oasis Sur (Cuencas de los ríos Diamante y Atuel) se ha diferenciado del resto de la provincia en un importante crecimiento en el cultivo de ciruelo 88% y duraznero 22% con destino industrial en su mayoría (más del 70%). (DGI 2001).

Según IDR (2004) la producción para durazno de industria alcanzó en promedio para San Rafael y Alvear las  $9 \text{ Tn.ha}^{-1}$ , respecto de las  $25,5 \text{ Tn.ha}^{-1}$  de Valle de Uco y  $17,4 \text{ Tn.ha}^{-1}$  del noreste de la provincia. En principio, la salinidad del agua de riego es un factor a tener en cuenta para interpretar estos rendimientos por ser una especie sensible, disminuyendo un 25% su productividad potencial con un agua de  $1,9 \text{ dS.m}^{-1}$ , (Rhoades et al. 1992), Para el caso de variedades de consumo en fresco como Aniversario INTA los rendimientos promedios alcanzaron en San Rafael y Alvear las  $25,8 \text{ tn.ha}^{-1}$ . Para el caso de ciruela para industria, la producción media de San Rafael y General Alvear alcanzaron en promedio las  $13,6 \text{ tn.ha}^{-1}$ ,

respecto de las 10,4 tn.ha<sup>-1</sup> de la media provincial. Para pera William's que es la más cultivada en el sur provincial, el rendimiento medio alcanzó las 21,5 tn.ha<sup>-1</sup> respecto a las 26,76 tn.ha<sup>-1</sup> del noreste provincial (IDR 2007).

## **OBJETIVO GENERAL**

Realizar un diagnóstico de la afectación de áreas bajo riego en el tercio inferior del río Atuel debido al ascenso del NF y a su salinidad.

### **Objetivos específicos**

- Localizar y cuantificar las áreas con problemas de niveles freáticos cercanos a la superficie, clasificándolas por rangos de profundidad de NF.
- Evaluar la variabilidad temporal de la salinidad del agua subterránea en el acuífero libre.
- Determinar la necesidad de revestimiento de cauces de riego en aquellos sitios donde el aporte pueda modificar el comportamiento del NF zonal.
- Determinar las áreas que necesitan mejorar la red de drenaje zonal y parcelario.
- Proponer pautas de manejo que puedan ser transferidas a Asociaciones e Inspecciones de Cauce y a la Subdelegación del Río Atuel del DGI para atender y priorizar las zonas de mayor impacto por ascenso de NF, especialmente en los meses críticos del año.
- Proponer pautas de ordenamiento para el desarrollo urbano y rural.

### **Hipótesis**

Esta investigación plantea la siguiente hipótesis:

- Existe variabilidad estacional de la profundidad NF y de la salinidad del agua subterránea en el área de estudio y, la misma está asociada al manejo del agua de riego.

## **ANTECEDENTES**

La fisiografía y drenaje natural presente en la cuenca, marca una clara diferencia aguas arriba de la localidad de Villa Atuel y el sector inferior a ésta (que involucra al presente estudio). La primera, presenta una zona alta con gradiente topográfico promedio del orden del 0,45%, donde el río corre encajonado con barrancas bien marcadas y de considerable altura. Esta configuración determina condiciones de drenaje natural muy favorables, que ha permitido obviar la red de drenaje. En el sector aguas abajo de Villa Atuel, el relieve es más plano, de menor pendiente



(0,15%) donde el río presenta un cauce con escasas barrancas. Las condiciones de drenaje son deficientes, de allí la necesidad de la red de drenaje (Casamiquela et al. 1984).

Harza-Hissa (1999), en su descripción de los suelos del oasis sur, los caracteriza en general como carentes de desarrollo genético, formados a partir de sedimentos fluviales y eólicos, en donde los aportes eólicos han sepultado a los fluviales. La acción del viento ha sido más evidente en la zona norte del Río Diamante que en la zona sur de éste, en la cual la cobertura eólica es menos espesa y hay sectores en la que no está presente. Predominan las texturas arenosas, arenosas francas y franco arenosas. Las más finas (franco limosas o franco arcillosas) son menos frecuentes y se encuentran relacionadas con formaciones fluviales en cauces relícticos o posiciones planas cóncavas. Los perfiles de las regiones eólicas ocupan posiciones de paisaje ondulado, son de texturas gruesas, tienen alta permeabilidad y son excesivamente drenados. El tenor de calcáreo oscila alrededor del 8% con escasa materia orgánica en superficie y la vegetación está poco desarrollada.

En las áreas de influencia de los cursos de agua actuales o en paleocauces, es frecuente hallar capas de gravas o gravillas, en superficie y en profundidad, pero escasamente y no limitantes. En varios perfiles del área se observan materiales de origen volcánico en forma de delgadas capas de cenizas de escasa proporción.

Los suelos formados con predominio de la acción fluvial yacen en superficies llanas o suavemente onduladas y planos cóncavos; las texturas más finas están en superficie, a veces de consistencias firmes, de moderadamente a bien drenados y en ciertos sectores con permeabilidad moderadamente lenta.

No se presentan capas aglutinadas que limiten la profundidad, y son escasos los suelos cuyas texturas dificulten seriamente la percolación. Existe un cierto enriquecimiento de materia orgánica en la parte superior de algunos perfiles, pero sin una evolución pedogenética generalizada, debido a los factores de edad y clima.

Franklin Consult (1981), respecto a la salinidad, indica que hay predominancia de suelos salinizados, existiendo una apreciable relación entre salinidad y profundidad del manto freático. Las sales predominantes son cloruros y sulfatos de calcio y sodio, con proporciones variables de bicarbonato de sodio y en menores proporciones sales de magnesio y potasio. Los estudios de drenaje citan a la zona media e inferior (Real del Padre, Soitué, Alvear, Bowen y Carmensa) donde los problemas son de distinta gravedad y se manifiestan más intensamente.

Casamiquela et al (1984), delimitaron el área sistematizada para riego de toda la cuenca (92.085 ha) y concluyeron que el 61,6% se encuentra libre de salinidad en relación con los cultivos comunes de la zona ( $< 4 \text{ dS.m}^{-1}$ ). El resto está salinizado entre débil y fuertemente (entre 4 y  $30 \text{ dS.m}^{-1}$ ). Los mismos autores citan en su trabajo que, sobre una base de 2.043 observaciones de suelo hasta 1,6 m de profundidad dentro del área bajo riego y para una distribución irregular, alcanzaron en el 32% de ellas el NF, concluyendo que hay una tendencia sensiblemente lineal entre la presencia de la capa freática próxima a la superficie del suelo y el incremento de salinidad de los mismos (a mayor proximidad de la freática a la superficie del suelo, mayor salinidad de éste último).

Ezcurra (1990), en estudios realizados en la colonia Real del Padre indica que para el mes de diciembre de 1989 la superficie con freática a menos de 1 m fue de 780 ha (7,4%), entre 1 y 1,5m 1.000 ha (9,5%), para el rango de 1,5 a 2 m 2.420 ha (23%), de 2 a 3 m 4.750 ha (43,4%) y a más de 3 m 1.780 ha (16,6%). Este trabajo menciona que casi el 53% de la superficie de la colonia estaba afectado por salinidad con valores superiores a  $5 \text{ dS.m}^{-1}$

Pazos (2000) en referencia a los niveles freáticos presenta planos con curvas de igual profundidad trazadas sobre la base de registros realizados en 230 puntos de observación para el mes de agosto de 1999, localizados principalmente en el área del acuífero semiconfinado y confinado de la cuenca regada por el río Diamante y Atuel. En el mismo figuran los porcentajes de áreas máximas, mínimas y medias afectadas (calculados sobre un total de 100.000 ha estudiadas). La superficie afectada para distintos rangos de profundidades del NF, hasta 1 m de profundidad alcanza en término medio para el período considerado de 4.997 ha, entre 1 a 1,5 m 14.866 ha, de 1,5 a 2 m 18.310 ha y entre 2 a 3 m de 18.517 ha. Ello significa que casi un 40 % del área estudiada tiene problemas de limitaciones productivas debido al NF.

En General Alvear alrededor del 40% de los suelos están afectados por salinidad, el 42% tiene freática a menos de 1m y el 84% tiene freática entre 1 y 2 m (DGI 2006).

Los estudios que ha realizado el INA, (Alonso 1978) han definido para el área de la cuenca Atuel-Diamante dos horizontes acuíferos: uno superior que constituye el área principal de recarga, acuífero libre o superior y, el principal más profundo.

Hernández (2001) describe que las líneas de flujo para el río Diamante, recargan el acuífero desde la isopieza de 810 msnm hasta la de 620 msnm. A partir de esta última, el río comienza a drenar agua freática convirtiéndose de influente en

efluente. El río Atuel, desde Rincón del Atuel (isopiezas de 640 msnm) se comporta prácticamente en todo su recorrido como efluente, captando agua freática. Este río no recarga la cuenca subterránea como lo indican las curvas equipotenciales o isopiezas absolutas, ya que ninguna línea de flujo nace a partir de su ingreso a la cuenca.

La profundidad del agua subterránea, varía de 30 a 40 m por debajo de la superficie del terreno en la parte noroccidental (Colonia El Usillal) y al sur en la Colonia Las Malvinas. Son las mayores profundidades que se registran en esta cuenca. En el resto, las profundidades fluctúan entre 1 y 10 m para alcanzar en el Departamento de General Alvear valores menores a los 2 m.

En el área de oasis y con un espesor saturado promedio de unos 250 m, se calcula el almacenamiento en unos 32.500 Hm<sup>3</sup> y para la totalidad de los depósitos aluviales de ambos ríos (cuenca subterránea), se estima en 200.000 Hm<sup>3</sup>, considerando tanto al acuífero libre como los semiconfinados y confinados en toda su extensión.

El acuífero superior -con espesor variable- puede alcanzar en dirección sureste espesores saturados cercanos a los 100 m. En las inmediaciones de la zona de recarga del río Diamante (isla del Río Diamante), es explotado principalmente entre los 30 y 60 m. El agua de aceptable aptitud para riego con valores de CE entre 1 a 2 dS.m<sup>-1</sup> en la zona de recarga, disminuye su calidad en dirección este y sureste alcanzando valores mayores a 5 dS.m<sup>-1</sup> hacia el este, entre Monte Coman y Real del Padre, constituyendo un acuífero freático de poco espesor y de mala calidad para riego.

Los primeros niveles arcillosos de considerable magnitud se ubican a profundidades muy variables, presentándose a partir de los 3 ó 4 m en algunos sectores, a 17 ó 22 m en otros y también a mayores profundidades. Estas capas físicas limitantes (que actúan como pisos) resultan discontinuas, es decir su persistencia horizontal es de reducida longitud. Este piso en ocasiones resulta semipermeable o parcialmente permeable permitiendo cierta percolación vertical que comunica los diferentes horizontes acuíferos.

El acuífero principal o más profundo, comienza en algunos sectores a los 60 m de profundidad y se puede extender a más de 200 m con valores de CE entre 1 a 2dS.m<sup>-1</sup>. Hacia el noreste de General Alvear alcanza 160 m de profundidad y 4 dS.m<sup>-1</sup> de CE, a partir de los 160 m se observan conductividades entre 2 a 2,5

dS.m<sup>-1</sup> representando el rango de mejor calidad y estabilidad de aguas de riego. (DGI 2001).

En relación con la recarga de los acuíferos subterráneos, cabe mencionar que, además de las importantes pérdidas en canales, la percolación profunda de la parcela regada constituye un importante componente de la misma. El agua percolada en zona de acuíferos libres se considera reutilizable. En cambio, la gran cantidad que percola en zona de acuíferos confinados ha dado origen a graves problemas de revenimiento, los que han tratado de solucionarse a través de una red colectora de desagües y drenajes que extraigan los sobrantes y hagan descender los niveles freáticos (Mirábile 1987; Mirábile 1998; Ortíz M 2004; Ortiz M et al. 2008)

Los aforos realizados durante el período 1987-93 en ocho colectores que constituyen la salida del sistema de riego de la cuenca a campos de secano o que retornan al río, totalizaron caudales medios de 4,62 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> con variaciones mensuales extremas entre 1,90 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> (setiembre 1990) y 9,05 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> (noviembre 1987) y tenores salinos medios ponderados de 4,5 dS.m<sup>-1</sup>, (C5-S3 según clasificación de Riverside) con máximo de 5,3 dS.m<sup>-1</sup> (julio 1993) y mínimo de 3,7 dS.m<sup>-1</sup> (marzo 1992). (CRAS 1994).

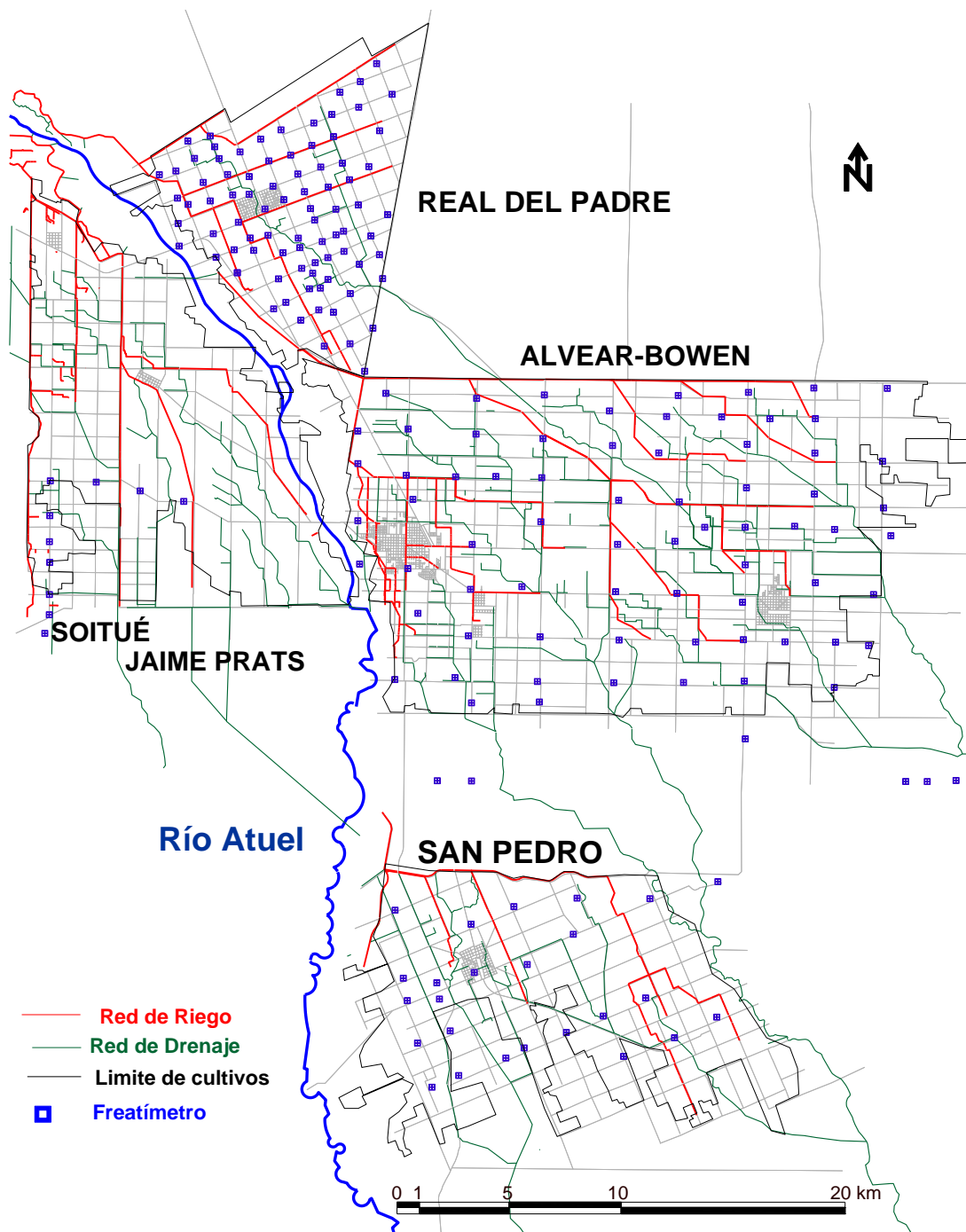
## MATERIAL Y METODO

Se utilizó como cartografía base la digitalización del catastro parcelario de la Dirección Provincial de Catastro, ajustado con imágenes Landsat y georeferenciado por el DGI. Esta última Institución es la encargada de la construcción, mantenimiento y administración de la red de riego y drenaje principal en la provincia de Mendoza.

Se utilizó una red de 193 freatómetros, ubicados con una equidistancia promedio de 2 km entre pozos de observación (densidad media para la zona en estudio de 1 cada 393 ha). En la zona de Real del Padre, en el marco del Proyecto de rehabilitación de tierras afectadas por mal drenaje y salinidad, se amplió esta red llegando a una densidad de 1 freatómetro cada 64 ha, (Ezcurra 1990). Mientras que en la zona de Soitú y Jaime Prats la densidad alcanza solamente a 1 freatómetro cada 2.000 ha (Tabla 1 y Figura 5).

**Tabla 1:** Distribución de freaímetros por subzona de riego

Subzona	Nº freaímetros
Soitúé – Jaime Prats	8
Real del Padre	83
Alvear- Bowen	77
San Pedro del Atuel	25

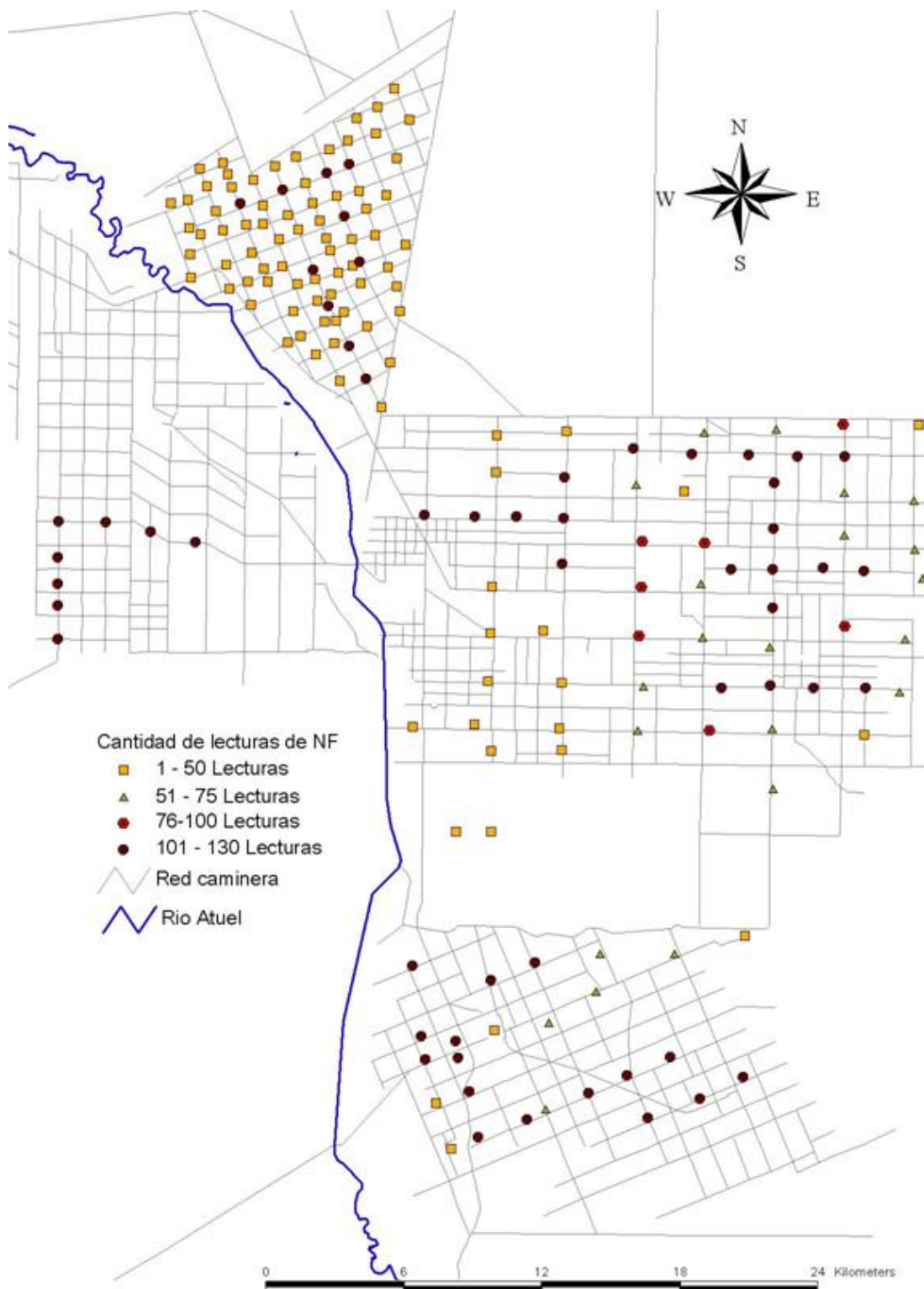


### **Figura 5:** Distribución de la red de freatímetros

Estos freatímetros están contruidos con tubos de PVC (policloruro de vinilo) de diámetros variables entre 7/8" (zona de Real del Padre) a 4" y a una profundidad de 3 m en promedio. El extremo superior está protegido por una estructura de concreto prefabricada con tapa; el sector inferior de la tubería se encuentra perforado en una longitud aproximada de 1,5 m y forrado con un material de polietileno tejido o geotextil para evitar el ingreso de material fino del suelo al interior del freatímetro.

La red de freatímetros fue integrada a la cartografía mediante la implementación de un SIG desarrollado en ArcView GIS 3.2 (1996) ESRI, Inc. Las coordenadas de cada uno de estos puntos fueron tomadas en campo con GPS Garmin modelo Etrex configurado para Posgar'94 referencia WGS'84 proyección faja 2. El valor de altura del terreno sobre el nivel del mar de los mismos o cota terreno, se determinó por nivelación con nivel óptico apoyado en la poligonal del Anteproyecto del Canal Marginal, (Franklin Consult 1981) y puntos fijos existentes de la red de Catastro de la Provincia e IGN (Instituto Geográfico Nacional).

Los datos disponibles de profundidad de NF corresponden a lecturas mensuales para el período 1980-1987; bimensual desde esa fecha hasta el año 1994 y posteriormente, desde ese año hasta el presente en forma trimestral (enero-abril-julio-octubre) con algunas campañas no realizadas. En algunos sitios se cuenta con más de 100 registros para el período considerado (1980-2008) (Fig. 6). Desde 2005 se anexaron determinaciones de conductividad eléctrica (CE) que se incorporan al presente trabajo en Anexo 12 al 16 y temperatura del agua (DGI-SARA 2008 dato no publicado)



**Figura 6:** Cantidad de lecturas por freatímetro

Con las series de registros de niveles de agua en cada freatímetro se calculó el valor promedio, mínimo y máximo, varianza y desvío estándar. Asimismo se obtuvo la profundidad promedio estacional del agua subterránea.

A fin de obtener una representación de la cercanía del nivel de agua subterránea al nivel de terreno y de cota absoluta (msnm), se elaboraron mapas de isolíneas de igual profundidad nivel de agua subterránea (isoprofundidades) para distintos períodos de tiempo. Para ello se utilizó el software Surfer versión 8.02<sup>®</sup> Golden Software (2002). Las áreas correspondientes a las superficies encerradas por dos curvas fueron cuantificadas con el software Autocad 2000<sup>®</sup> - Autodesk.

Las funciones que permiten estimar la profundidad del NF y optimización de puntos de medición, se obtuvieron mediante el análisis de correlación con la siguiente metodología:

Con el conjunto de observaciones ( $n=125$ ) correspondientes a los freáticos  $x_{ij}$  (freatímetro  $j$  para la campaña  $i$ ) y los promedios para el área ( $y_i$ ) se construyó una estimación del promedio del área como un promedio ponderado de un subconjunto de los freáticos.

Es decir,

$$y_i' = \sum_j a_j x_{ij} \quad , \text{ donde } \sum_j a_j = 1 \quad (1)$$

Siendo  $a = \text{coeficiente de la variable}$

Con el objeto de seleccionar los freáticos a incluir por subzona, se analiza la matriz de correlación entre todas las variables involucradas (lecturas de profundidades de niveles freáticos promediados con valores medidos “observados”) y por otro lado con valores calculados por fórmula, determinadas mediante Excel<sup>®</sup> Microsoft Corporation (2003).

Las variables a incluir deben estar muy correlacionadas con la variable dependiente y con baja correlación con el resto de las variables incluidas. Se decidió estimar el promedio para el área en la observación  $i$  como media ponderada de las lecturas de los freáticos seleccionados de la matriz de correlación. Se define el desvío entre el promedio observado y estimado como

$$e_i = y_i - y_i' \quad (2)$$

Se utilizó la herramienta Solver de Excel para minimizar la suma de cuadrados de desvíos  $e_i$ , sujeto a las restricciones:

$$\sum_i e_i = 0 \quad \text{y} \quad \sum_j a_j = 1 \quad (3)$$



Como resultado de la estimación se determinan los coeficientes de los distintos freaímetros

Con  $\sigma_y^2$  y  $\sigma_e^2$ , se utiliza como medida de la bondad de ajuste

$$1 - \frac{\sigma_e^2}{\sigma_y^2} \quad (4)$$

Esta metodología permitirá obtener datos medios para cada zona cuando no sea posible la lectura de la totalidad de los freaímetros existentes en éstas, ya sea por razones presupuestarias, de personal u otras, reduciendo la toma de datos a cuatro por sector.

Para el análisis del comportamiento medio mensual del NF y la influencia del excedente de riego del área respecto de la variación del NF a través del Factor de Reacción Freático (FRF) se seleccionó la subzona de Alvear-Bowen por la disponibilidad de estadísticas de cultivo, precipitación y caudales derivados para riego.

Para estimar el FRF se utilizó la metodología propuesta por Bos et al (1989) y otros (Bos 1997; Morábito et al. 1998; Ortiz M 2004; Querner et al 2008) que interrelaciona el indicador de consumo total (CT) con el NF medio mensual (NF). El indicador CT se define como el cociente entre las necesidades netas de riego y el volumen incorporado a la red.

$$CT = ETc / (R+P) \quad (5)$$

**CT:** *Consumo total*

**ETc:** *Evapotranspiración de cultivo*

**R:** *Volumen ingresado por riego superficial*

**P:** *Precipitación efectiva*

Para el cálculo se tomaron los volúmenes medios de agua para riego ingresados a la zona en forma mensual (1980–2008), se les sumó la precipitación media mensual efectiva de General Alvear (1980-2008) y se les restó la evapotranspiración media mensual de los cultivos existentes (ponderados según datos de censos disponibles: (DGI 1980), (CNA 1988), (CFP 1992), (Act95 1995), (CNA 2002) calculados con el método de FAO Penman-Monteith, (Allen 2006; Morábito et al. 2005; Harza-Hissa 1999). En Anexos 1 al 6 se incorporan las tablas correspondientes.

El Gráfico del modelo de FRF con variables en abscisas de CT y ordenadas de  $\Delta NF$ , se ajustó mediante regresión lineal con Excel 2003, cuya recta de pendiente negativa indica a medida que el CT aumenta disminuye el NF. Contrariamente si el CT es bajo el NF aumentará. El punto de intersección de la recta de ajuste con el eje de abscisas indica el valor de equilibrio donde la freática se mantiene constante para ese CT.

El indicador de Eficiencia del Sistema de Riego (**IES**) se obtiene del promedio anual de los **CT** mensuales, representando el volumen de agua aportado entre riego y precipitación respecto del consumo de los cultivos para una zona determinada.

$$IES = \frac{\sum_1^{12} CT}{12} \quad (6)$$

## RESULTADOS

Como resultado del procesamiento espacial y temporal de la información se obtuvieron los siguientes planos:

- Plano de isobatas medias para las cuatro estaciones (Fig. 8 a 11): serie 1980-2008, representa la profundidad media del agua subterránea a intervalos de 0,5 m hasta los 2,5 m para cada época del año.
- Plano de isobata mínima (Fig. 12): valor mínimo del área para el período 1980-2008 que fuera relevado. Este plano de Octubre de 1993 representa la situación más desfavorable de NF registrada.
- Plano de Isohipsas medias estacionales (Fig. 13 y 14), serie 1980-2008 con curvas equipotenciales de NF a intervalos de 5 m, desde cota 505 msnm a 435 msnm.
- Plano de isosalinidad media (Fig. 15) y medias estacionales (Fig. 16 a 19), serie 2005-2008. Clasifica áreas por rango de conductividad eléctrica (CE) del agua subterránea, medida en  $dS.m^{-1}$ .

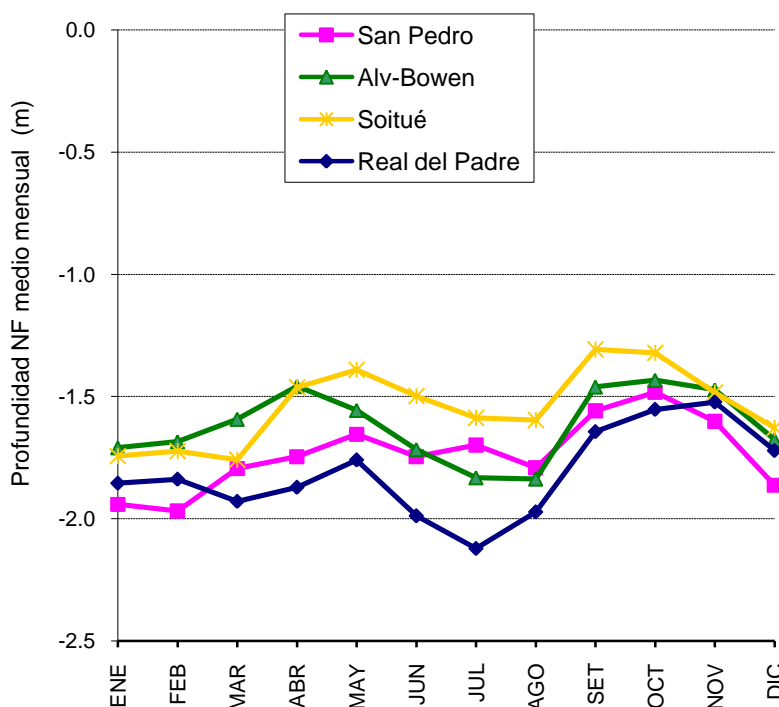
En los Anexos 7 a 11 se presentan los resultados por freatómetro: valor medio, mínimo y máximo, varianza, desvío estándar y promedio estacional de las series de profundidades de niveles de agua medidos en el período 1980-2008, en cada una de las subzonas consideradas.

## Isobatas medias

La profundidad media mensual del agua para cada subzona (Tabla 2) se manifiesta con marcada variación estacional, encontrándose el NF más cercano a la superficie del terreno durante la primavera y otoño (Fig. 7).

**Tabla 2:** Profundidad media mensual del NF (m) por subzona  
(Serie 1980 – 2008)

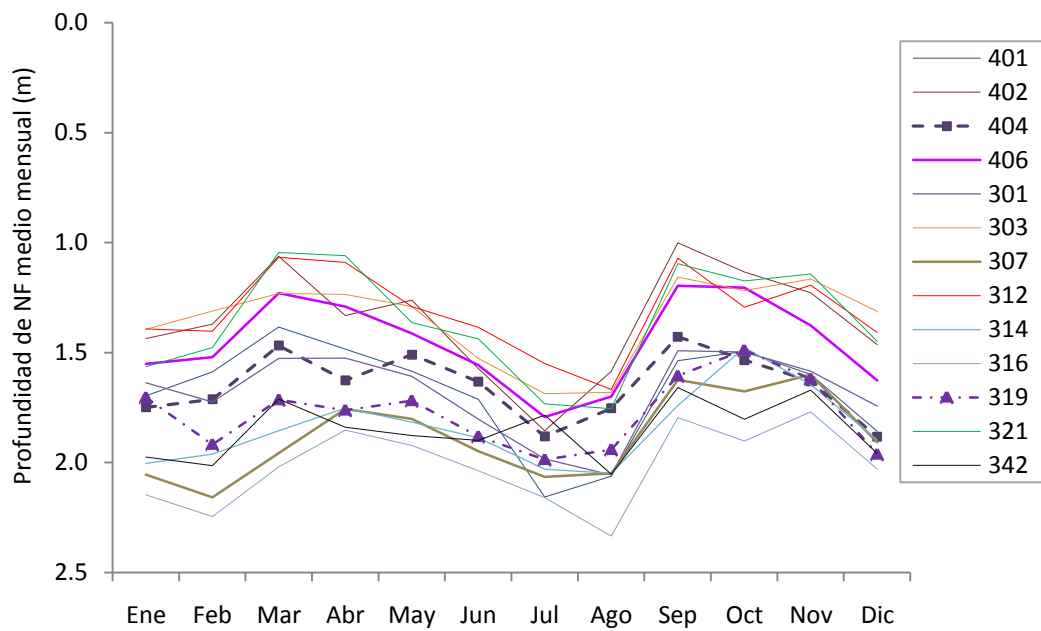
Zona	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Soitué	1,74	1,72	1,76	1,46	1,39	1,50	1,59	1,60	1,31	1,32	1,48	1,63
Real del Padre	1,85	1,84	1,93	1,87	1,76	1,99	2,12	1,97	1,64	1,55	1,52	1,72
Alvear-Bowen	1,71	1,69	1,59	1,46	1,56	1,72	1,83	1,84	1,46	1,43	1,47	1,68
San Pedro	1,94	1,97	1,80	1,75	1,66	1,75	1,70	1,79	1,56	1,48	1,60	1,86



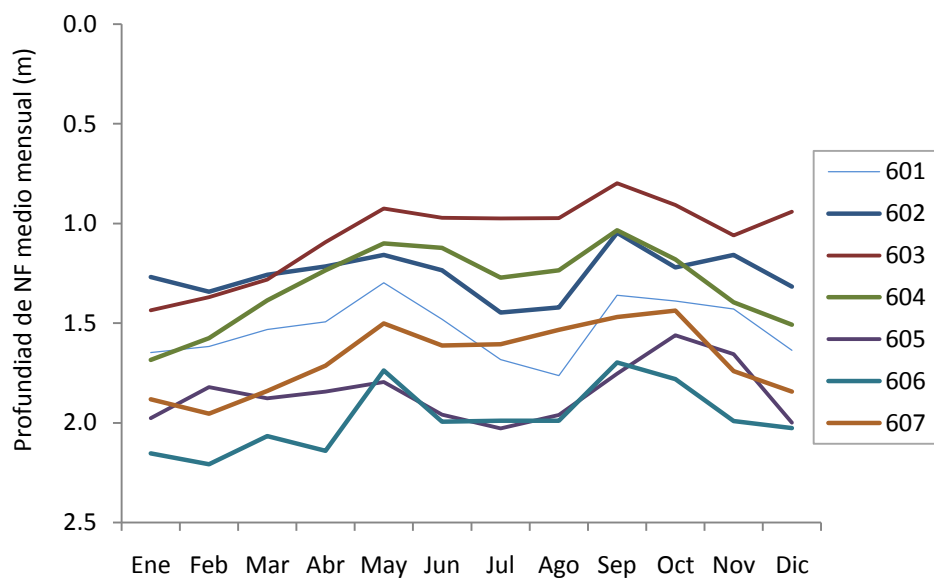
**Figura 7:** Profundidad media mensual del NF (m) por subzona de riego

Las diferencias observadas entre las subzonas se deben principalmente al tipo de suelo y al estado de mantenimiento de la red de drenaje, ya que la distribución de agua de riego se ha entregado proporcionalmente a la superficie empadronada en cada una.

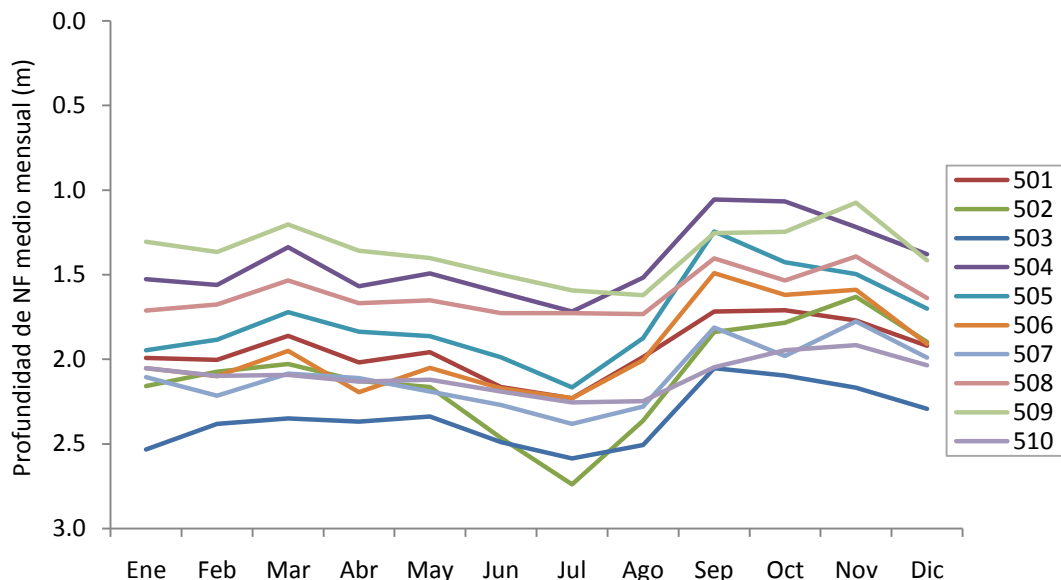
En las Fig. 8 a 11 se presentan las lecturas de nivel de agua en los freatómetros, como valores mensuales promedio, cuya selección responde a aquellos con mayor cantidad de campañas y a una distribución representativa para cada zona (Figura 12). La variación del NF a lo largo de la serie considerada es similar a la Fig 7, quedando de manifiesto la estacionalidad de su comportamiento.



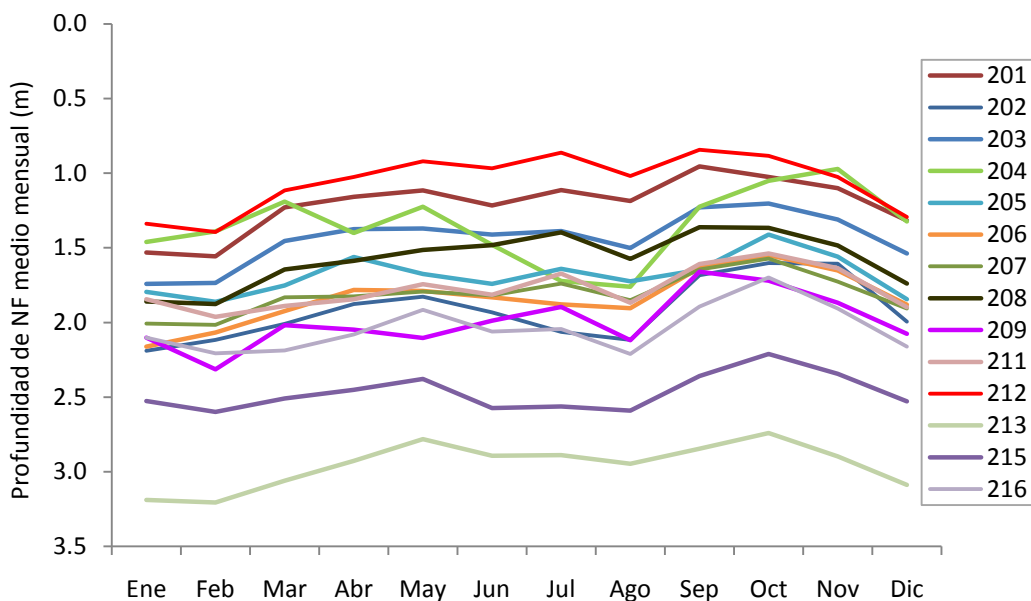
**Figura 8:** Variación estacional de la profundidad de NF para la zona Alvear-Bowen



**Figura 9:** Variación estacional de la profundidad de NF para la zona Soitué-Jaime Prats



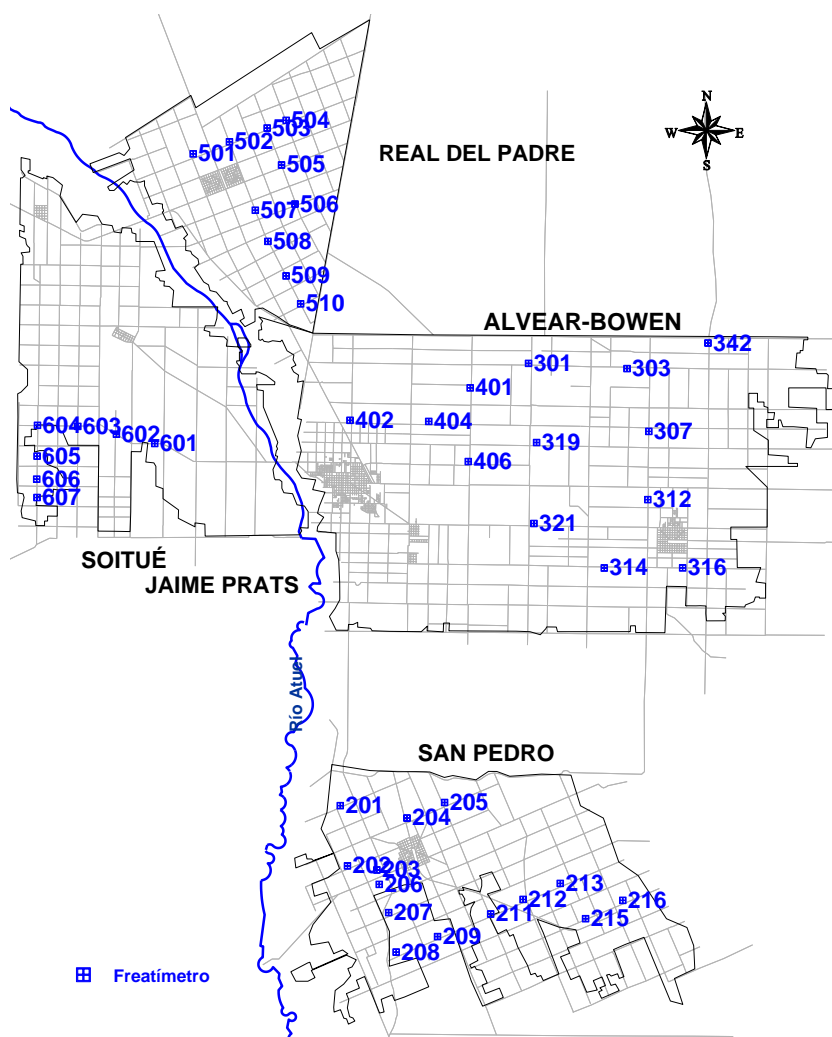
**Figura 10:** Variación estacional de la profundidad de NF para la zona Real del Padre



**Figura 11:** Variación estacional la profundidad de NF para la zona San Pedro

En San Pedro, se observa en algunos freáticos un cambio de pendiente en el descenso de NF para julio, que a diferencia del resto de las subzonas, puede obedecer al aporte del flujo subterráneo influenciado directamente desde el río Atuel al noroeste de la zona, que en julio presenta caudales entre  $4$  y  $12 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  por el drenaje natural al río proveniente de zonas altas de San Rafael y por los aportes del Aº Aguaditas. Otra causa de incidencia directa es el riego, debido a la

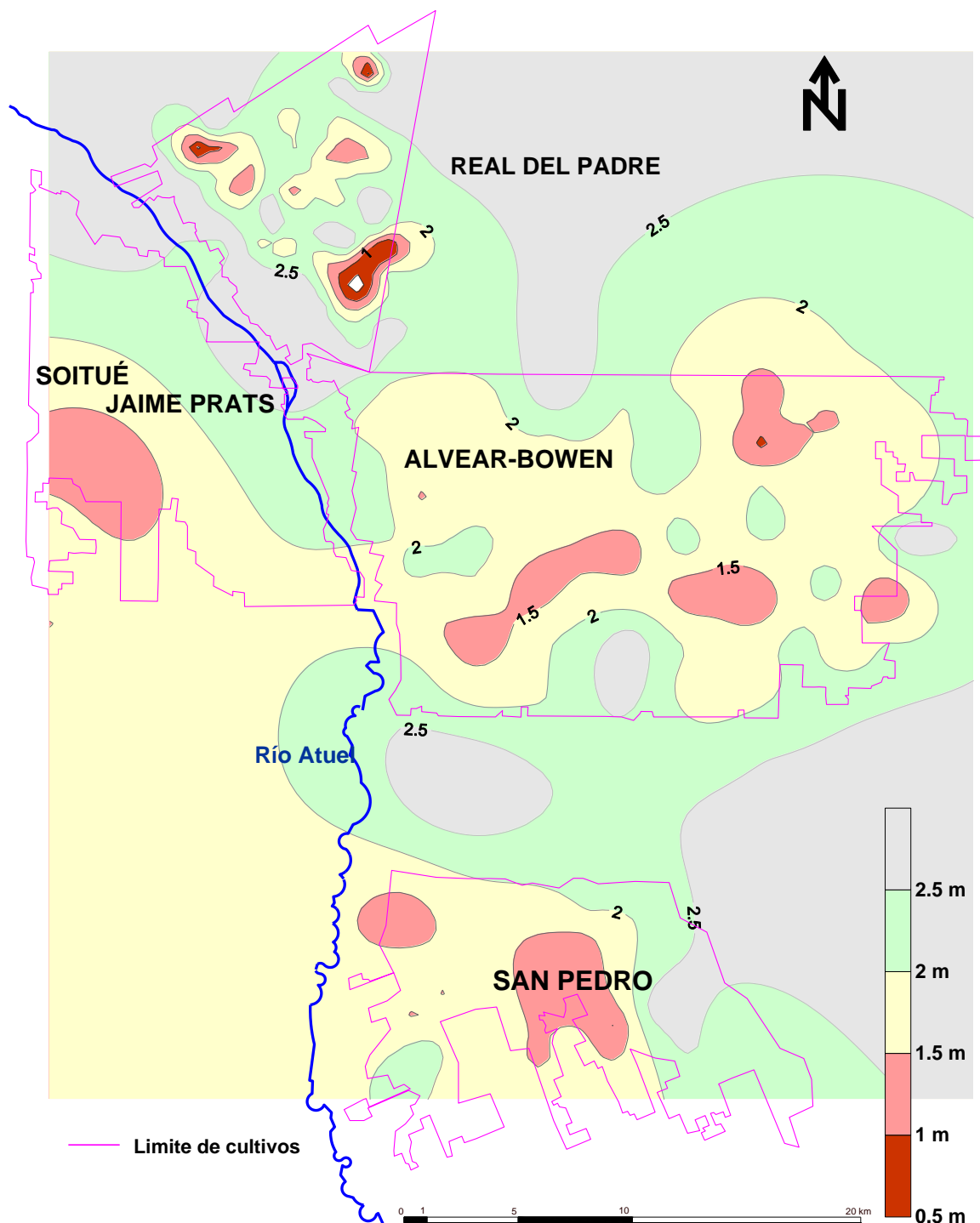
importancia del cultivo de forrajeras en la zona (alfalfa), la Inspección de Cauce en algunos años toma agua en esta época desde el río, para favorecer el rebrote con los primeros calores de agosto.



**Figura 12:** Distribución de freaímetros seleccionados en los gráficos de variación estacional

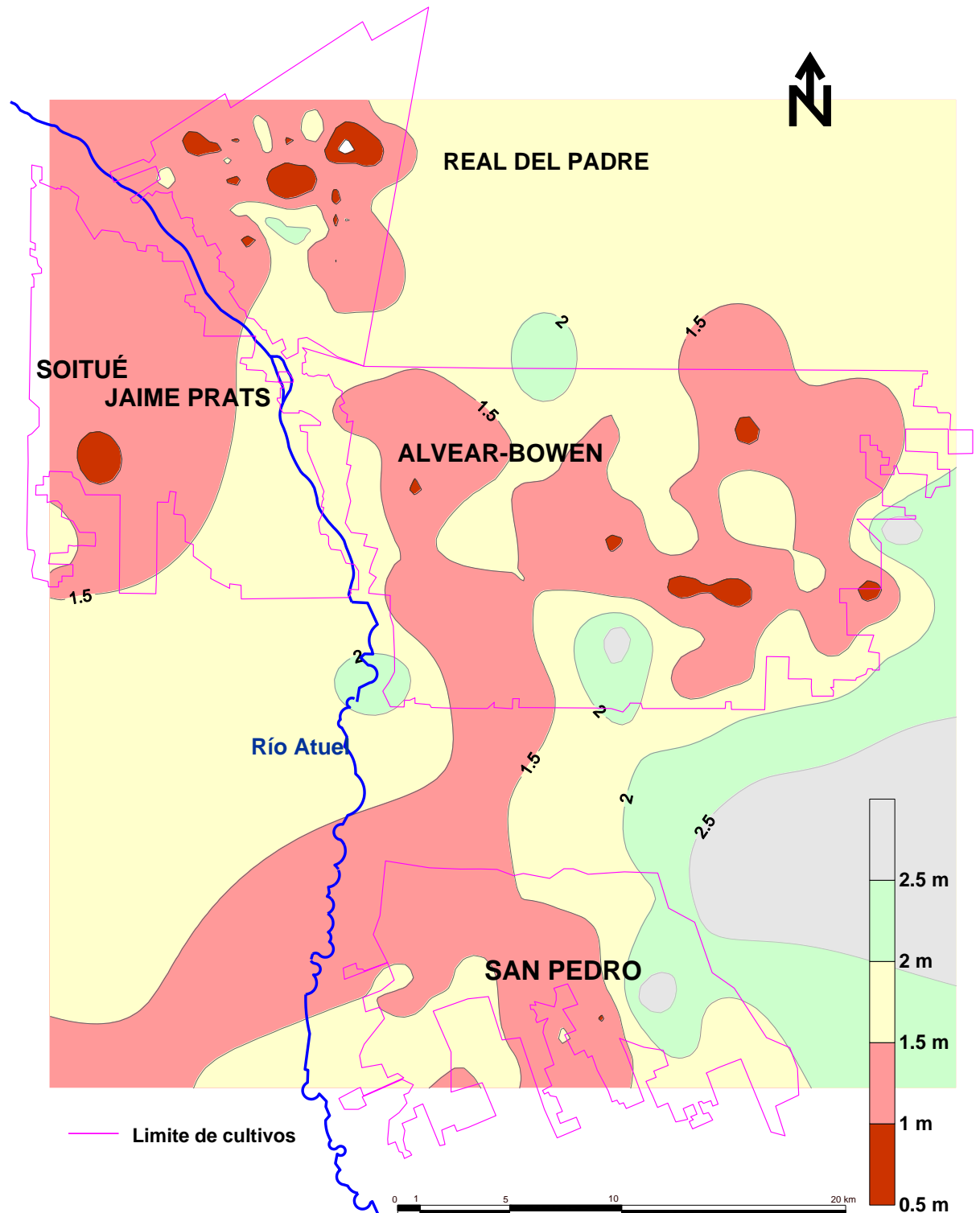
A partir del comportamiento estacional del NF medio, se elaboraron planos para cada período.

El corte de agua de riego en los meses de mayo, junio y julio en la red de distribución de canales, favorece el descenso generalizado del NF (Fig. 13)



**Figura 13:** Isobatas Media INVIERNO (Serie 1980 – 2008)

Al iniciarse el período de riego en agosto, el ascenso de NF es muy significativo (Fig 14)



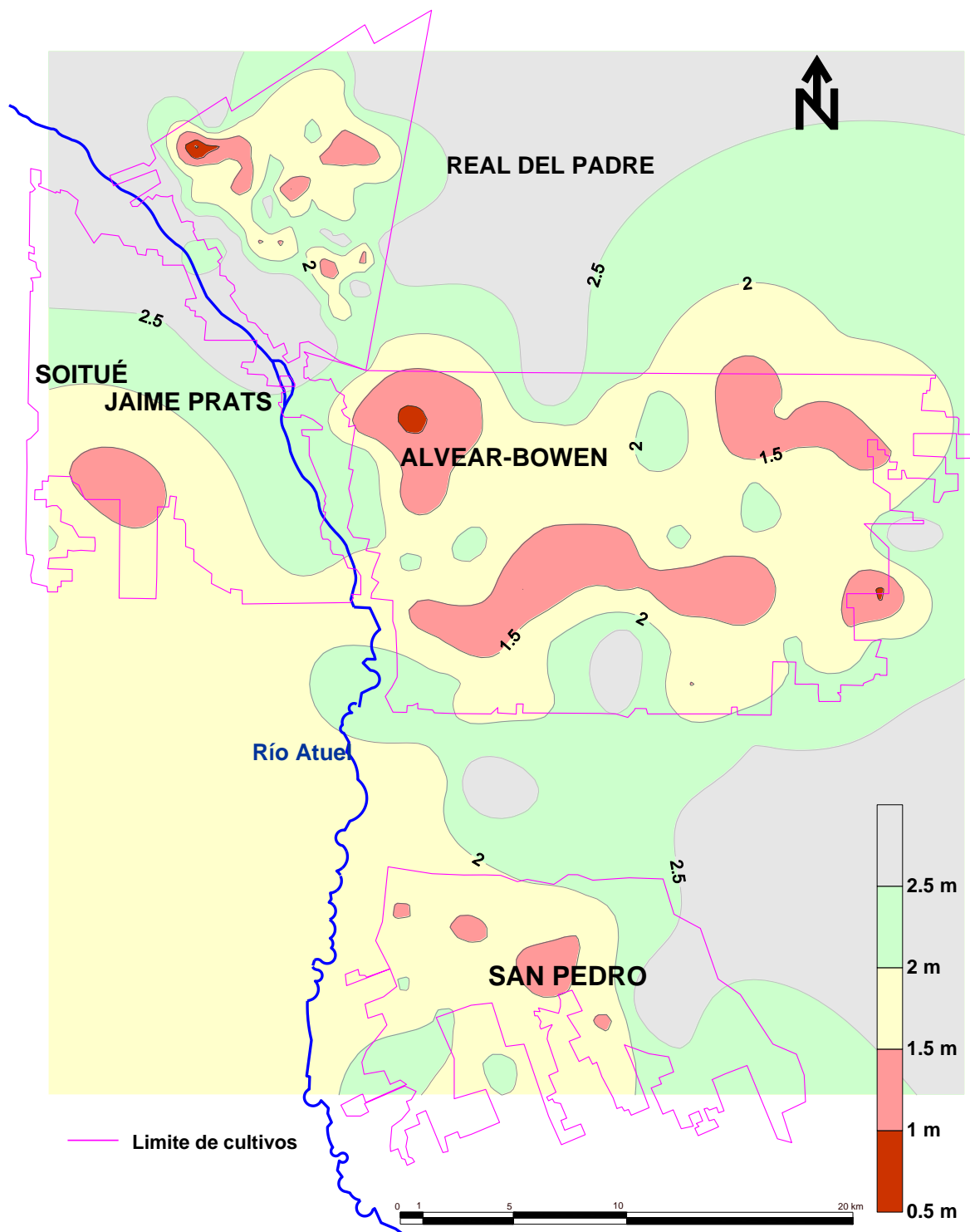
**Figura 14:** Isobatas Media PRIMAVERA (Serie 1980 – 2008)

Se observan variaciones estacionales importantes. La mayor área comprometida por el ascenso de niveles freáticos se observa en primavera. La causa de este comportamiento tan particular en la zona tendría dos orígenes: **a) El riego** por inundación que realizan los agricultores como medida preventiva contra las heladas



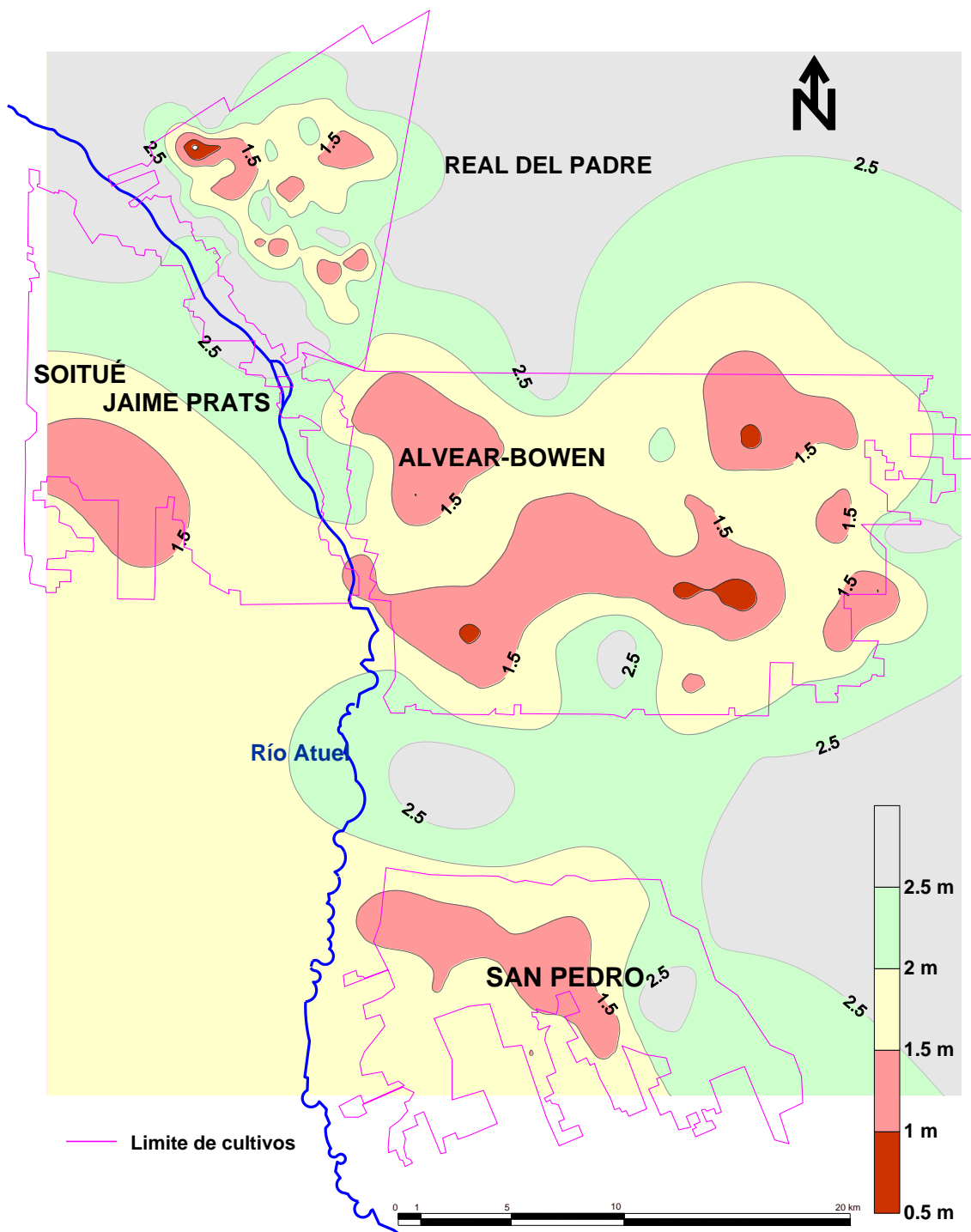
tardías en montes de frutales y viñedos durante los meses de agosto, setiembre y octubre y; **b)** Las **precipitaciones**, que aunque de menor significancia que el riego en este período, representan del 34% del volumen incorporado al suelo para esta época (DGI-SARA dato no publicado).

En verano, el consumo de agua por evapotranspiración y el drenaje natural a través de los colectores de drenaje, favorece el descenso del NF (Fig. 15)



**Figura 15:** Isobatas Media VERANO (Serie 1980 – 2008)

En otoño, el ascenso del NF se manifiesta en toda la zona, favorecido por las menores temperaturas, el riego y la finalización del periodo vegetativo de los cultivos (Fig. 16)

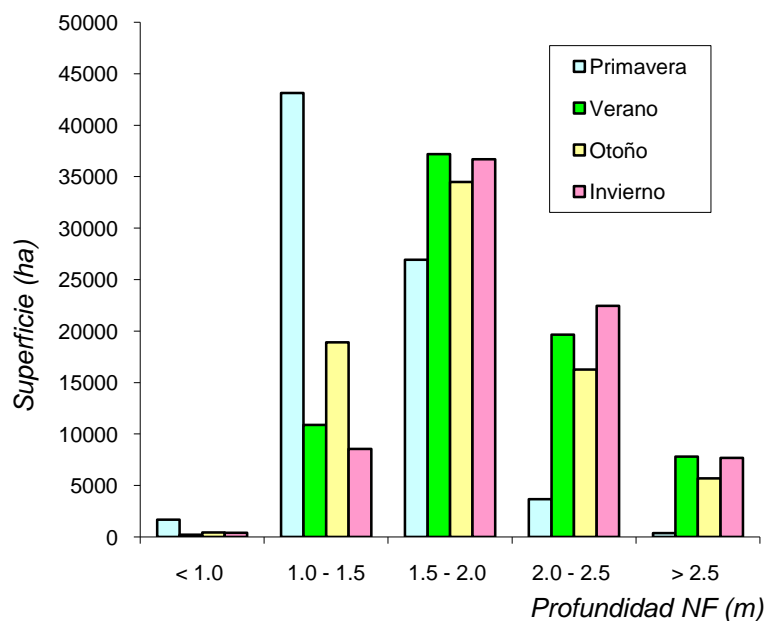


**Figura 16:** Isobatas Media OTOÑO (Serie 1980 – 2008)

En la Tabla 3 y Fig. 17 se presentan los valores de cómputo de áreas comprendidas entre isolíneas.

**Tabla 3:** Áreas (ha) por rango de profundidad

ESTACIÓN	< 1.0 m	1.0 - 1.5 m	1.5 - 2.0 m	2.0 - 2.5 m	> 2.5 m	TOTAL
Primavera	1690	43129	26913	3665	377	75774
Verano	223	10879	37192	19662	7818	75774
Otoño	441	18896	34487	16265	5685	75774
Invierno	393	8561	36692	22461	7667	75774

**Figura 17:** Áreas (ha) por rango de profundidad

En términos porcentuales, a partir de los planos elaborados, en primavera el 59% de la zona tiene NF menor a 1,5 m; en verano el 14%, otoño el 25% y en invierno el 12%.

Con el objeto de seleccionar los freáticos más representativos del comportamiento medio del NF por subzona, se analiza la matriz de correlación (Tabla 4) entre todas las variables involucradas, representada por los freáticos existentes con la media de profundidad de NF y la profundidad promedio para la subzona, determinadas mediante Excel<sup>®</sup> Microsoft 2003.

Se describe el procedimiento estadístico de la zona Soitué-Jaime Prats en virtud de tener menor cantidad de variables que el resto de las subzonas.

**Tabla 4:** Matriz de correlación entre variables involucradas, zona Soitué-Jaime Prats

	PROM	601	602	603	604	605	606	607	608
PROM	1.000								
601	0.810	1.000							
602	0.562	0.622	1.000						
603	0.838	0.592	0.500	1.000					
604	0.863	0.643	0.463	0.846	1.000				
605	0.809	0.758	0.511	0.572	0.635	1.000			
606	0.879	0.737	0.457	0.706	0.714	0.717	1.000		
607	0.656	0.401	0.250	0.381	0.411	0.326	0.449	1.000	
608	0.840	0.592	0.314	0.733	0.773	0.545	0.748	0.458	1.000

Se decidió estimar el promedio para el área en la observación  $i$  como media ponderada de las lecturas de los freatómetros 603, 606, 607 y 608. Se define el desvío entre el promedio observado y estimado como

$$e_i = y_i - y'_i$$

Se utilizó la herramienta Solver de Excel para minimizar la suma de cuadrados de desvíos  $e_i$ , sujeto a las restricciones

$$\sum_i e_i = 0 \quad \text{y} \quad \sum_j a_j = 1$$

Como resultado de la estimación se determinan los coeficientes:

$$a_{603} = 0.357 \quad a_{606} = 0.252 \quad a_{607} = 0.145 \quad a_{608} = 0.246$$

Con  $\sigma_y^2 = 0.103$  y  $\sigma_e^2 = 0.013$ , se utiliza como medida de la bondad de ajuste

$$1 - \frac{\sigma_e^2}{\sigma_y^2} = 86.96\%$$

Los valores de coeficiente de determinación  $R^2$  ponen de manifiesto la buena representatividad de los modelos obtenidos, especialmente para San Pedro y Soitué Jaime Prats.

Por otra parte y sobre la base del análisis de correlación y optimización de puntos de medición, se obtuvieron las ecuaciones que permiten estimar la profundidad del NF medio para cada subzona en función de las mediciones realizadas y de la selección de los 4 freatómetros estadísticamente más significativos (Tabla 5).

**Tabla 5:** Funciones que vinculan la profundidad media del NF por subzona

Zona	Freat	Ecuación	R <sup>2</sup>
Soitué Jaime Prats	603 606 607 608	<b>NF medio= 0,357*F<sub>603S</sub>+ 0,252*F<sub>606S</sub>+0,145*F<sub>607S</sub>+0,246*F<sub>608S</sub></b>	0,87
Real del Padre	501 503 504 506	<b>NF medio= 0,263*F<sub>501RP</sub>+ 0,417*F<sub>503RP</sub>+0,229*F<sub>504RP</sub>+0,091*F<sub>506RP</sub></b>	0,69
Alvear Bowen	301 315 401 406	<b>NF medio= 0,313*F<sub>301A</sub> + 0,442*F<sub>315A</sub>+0,124*F<sub>401A</sub>+0,121*F<sub>406A</sub></b>	0,71
San Pedro	203 207 212 213	<b>NF medio= 0,156*F<sub>203SP</sub> + 0,387*F<sub>207SP</sub>+0,285*F<sub>212SP</sub>+0,172*F<sub>213SP</sub></b>	0,94

Referencias:

*F= lectura NF (m)*

*603-S: Número de identificación de freatímetro y zona a la que corresponde*

Si bien la representatividad de los resultados para la zona de Soitué-Jaime Prats es discutible respecto de las otras zonas, por la baja densidad de freatímetros como en la irregular distribución espacial de los mismos, se ha incluido la información disponible a modo de aportar los datos existentes.

Las Fig. 18 a 21 presentan los valores de profundidades de NF promediados con valores medidos (observados) y por otro lado con valores calculados por la fórmula

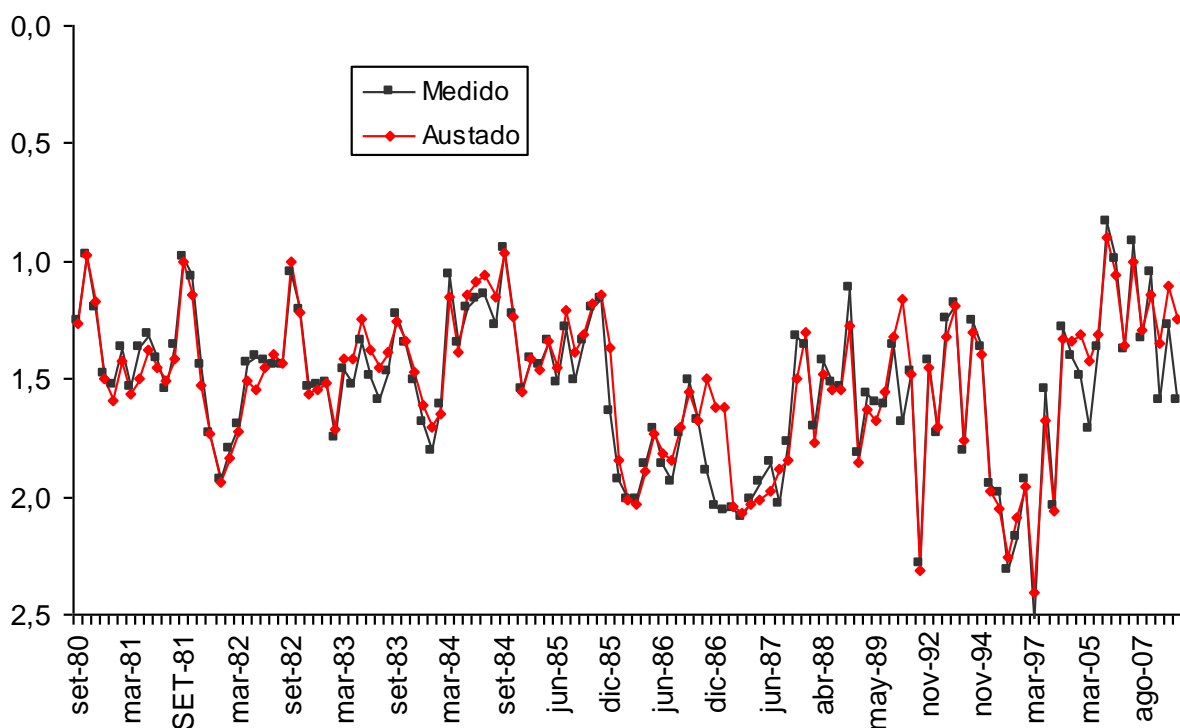


Figura 18: Valores medios observados y calculados de NF en Soitué-Jaime Prats

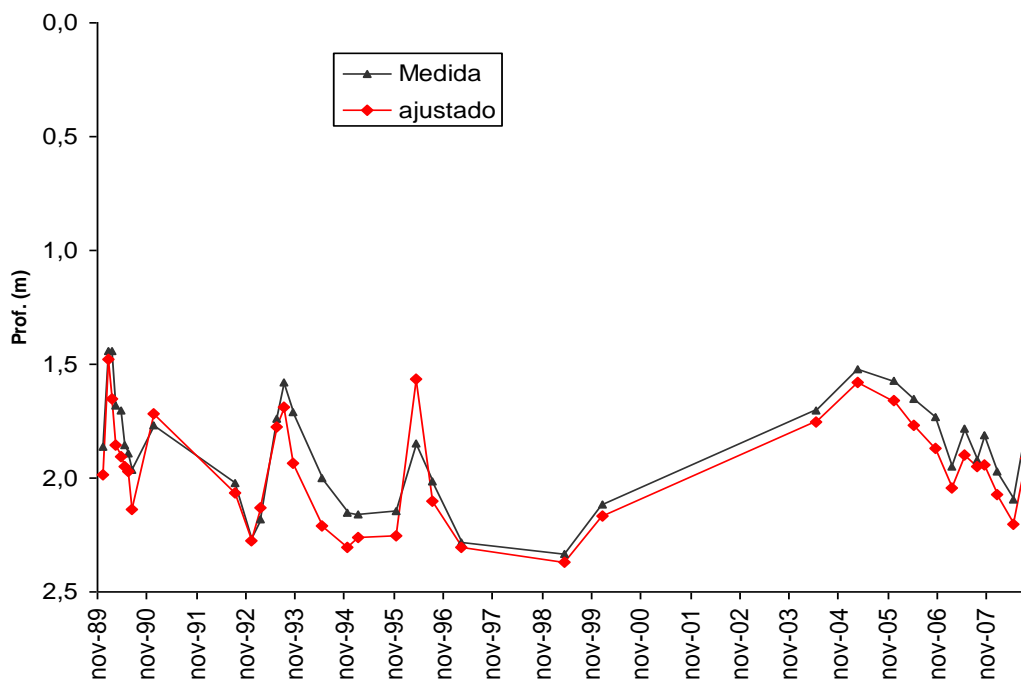


Figura 19: Valores medios observados y calculados de NF en Real del Padre

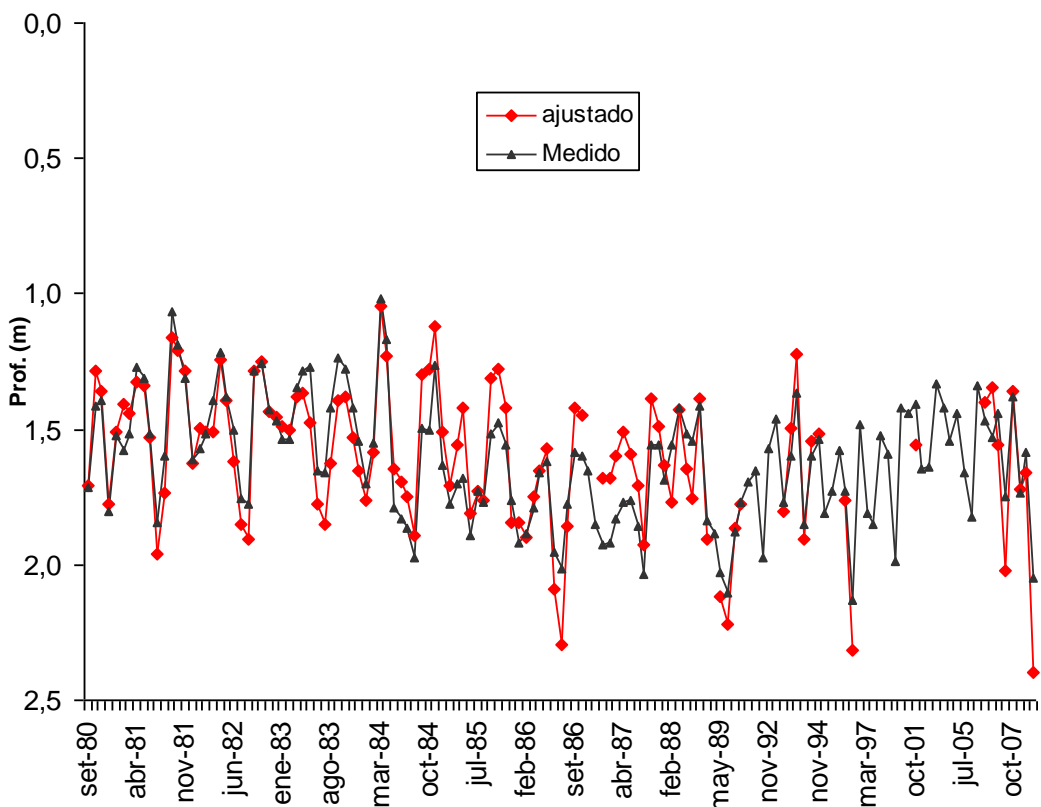


Figura 20: Valores medios observados y calculados de NF en Alvear-Bowen

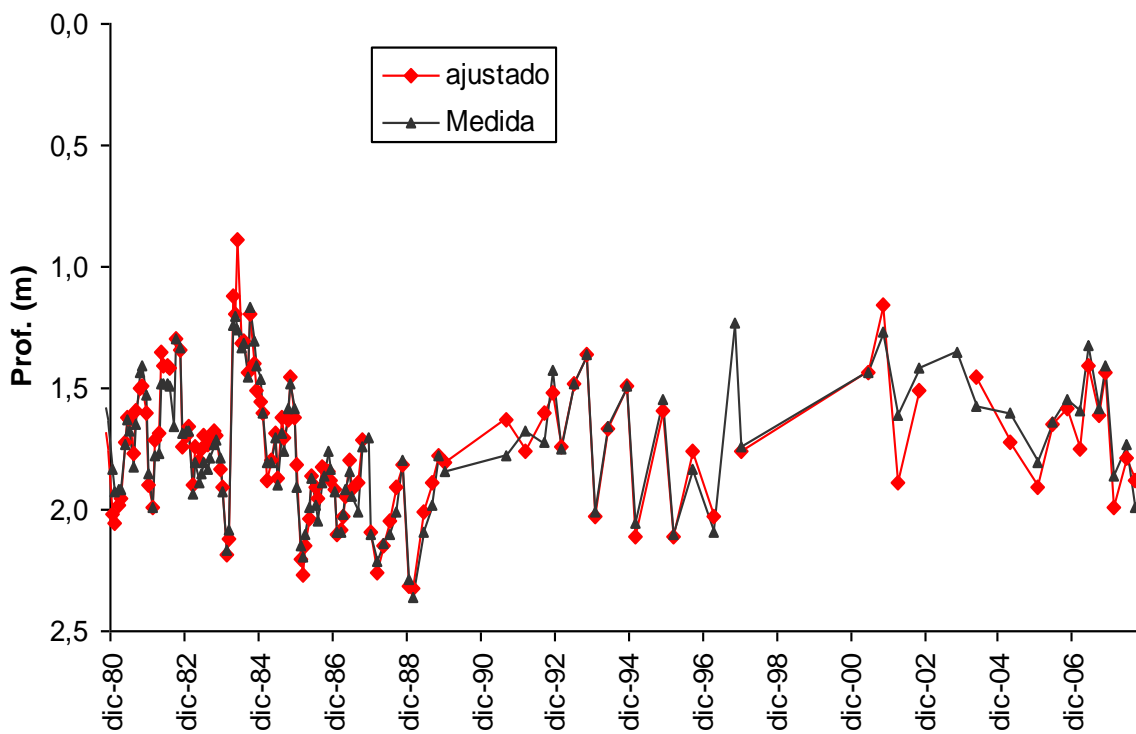


Figura 21: Valores medios observados y calculados de NF en San Pedro

La variación de NF ( $\Delta NF$ ) presenta un retardo respecto a los cambios mensuales de agua sobrante de superficie, los cuales se pueden interpretar para un lapso de dos meses, según la expresión siguiente:

$$\Delta NF(m)_{\text{Febrero}} = NF(m)_{\text{Marzo}} - NF(m)_{\text{Enero}}$$

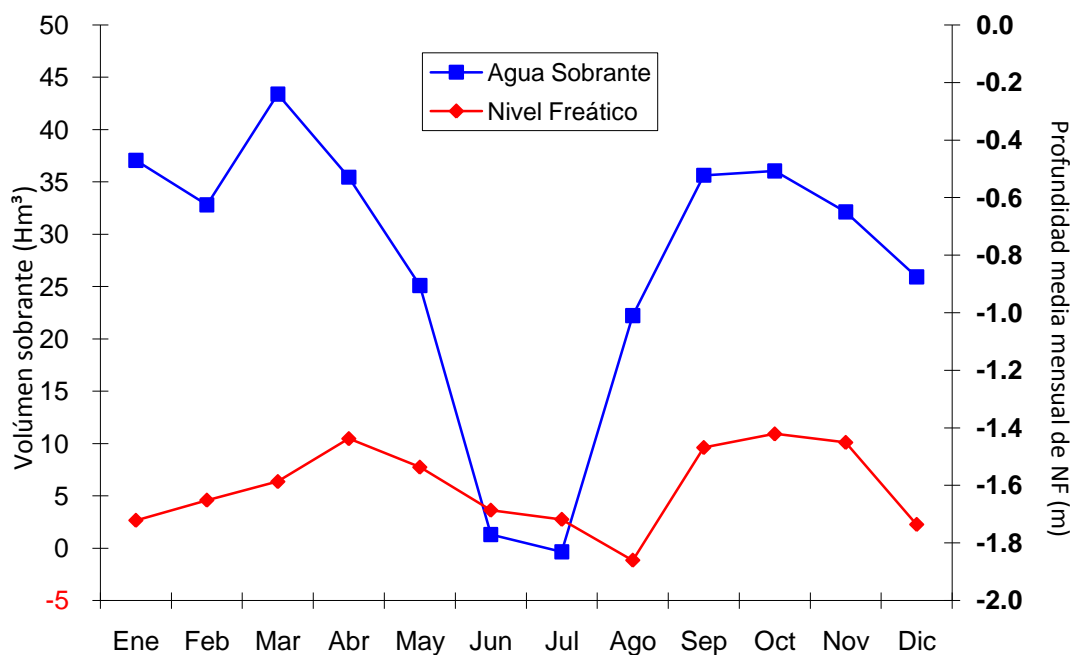
La variación del NF provocado por el riego y precipitación ocurre según el siguiente esquema: en caso de que el volumen agregado fuese igual a la porosidad efectiva de aquél, en primera instancia el agua aplicada en superficie se infiltra y moja el perfil de suelo explorado por las raíces de las plantas hasta capacidad de campo. Si es mayor, el excedente percolará en profundidad para incorporarse al agua subterránea, constituyéndose en recarga del acuífero que la contiene. La velocidad de ocurrencia de este proceso estará en función de los parámetros que condicionan el movimiento del agua en el suelo y en el subsuelo, como la conductividad hidráulica saturada, porosidad efectiva, la humedad inicial y la granulometría de las partículas, (Ven Te Chow 1994; Kendy 2003).

En la Tabla 6 y el Fig. 22 se presentan los resultados del análisis conjunto de las variaciones del agua neta sobrante y de la profundidad del agua.

**Tabla 6:** Volúmenes medios aportados y consumidos en Hm<sup>3</sup> para la zona Alvear-Bowen. Serie (1980-08)

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Ingreso por riego (Hm <sup>3</sup> )	40	36	37	29	24	1	0	24	37	38	38	36
Precipitación efectiva (Hm <sup>3</sup> )	14	11	16	11	4	2	2	3	7	10	10	8
Evapotranspiración (Hm <sup>3</sup> )	23	17	13	7	3	0	1	4	7	12	19	23
Agua Neta sobrante (Hm <sup>3</sup> )	31	30	40	34	24	3	1	23	37	37	30	21
Nivel Freático (m)	1.70	1.68	1.61	1.59	1.62	1.66	1.74	1.78	1.35	1.46	1.45	1.74





**Figura 22:** Volúmenes excedentes de agua (hm<sup>3</sup>) y NF (m).  
Zona Alvear-Bowen.

En la Tabla 7 se presenta la relación entre el balance hídrico del suelo y la variación del nivel del agua subterránea en forma mensual.

**Tabla 7:** Indicador de Consumo Total y Variación de NF en Hm<sup>3</sup> para la zona Alvear-Bowen. Serie 1980-2008

Indicador	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
CT=ETc/(R+P)	0,42	0,35	0,25	0,16	0,12	0,16	0,31	0,15	0,16	0,25	0,39	0,53	0,27
Δ NF	-0,05	0,09	0,10	-0,01	-0,07	-0,12	-0,12	0,39	0,32	-0,11	-0,28	-0,25	-0,009

$$CT = ETc / (R+P)$$

Donde:

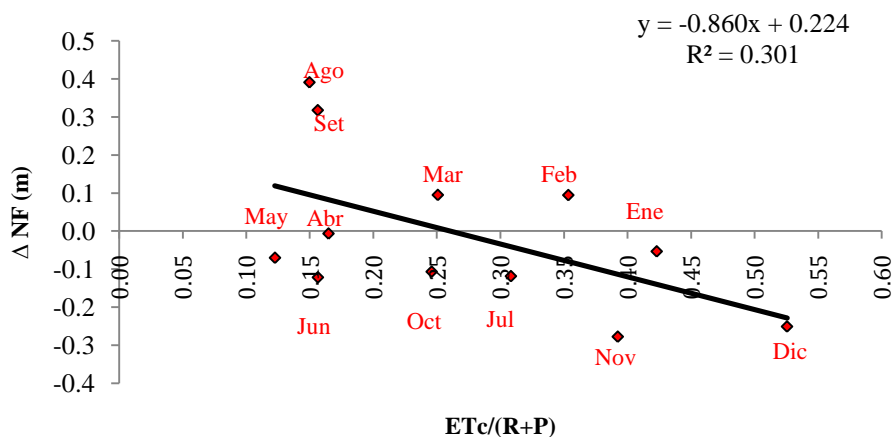
**ETc:** evapotranspiración ponderada de los cultivos (Hm<sup>3</sup>)

**R:** Ingreso por riego (Hm<sup>3</sup>)

**P:** Precipitación efectiva (Hm<sup>3</sup>)

La representación gráfica del Factor de Reacción Freática (FRF) se obtiene a partir de los datos de la Tabla 6 y vinculan el comportamiento del NF ( $\Delta NF$ ) respecto al consumo de agua de los cultivos (CT). Los valores de la variables fueron obtenidos

a partir de los valores promedios mensuales para la serie de años considerada. Fig. 23



**Figura 23:** Factor de Reacción Freático para la zona Alvear-Bowen

El CT indica que al año se incorpora en promedio 3,7 veces (1/0,27) más agua que la requerida por los cultivos, lo cual es indicativo que la zona posee una buena capacidad de drenaje. La relación establecida por la línea de tendencia se presenta en la tabla 8.

**Tabla 8:** Relación entre el Consumo Total y la variación de NF (en metros) para la zona Alvear- Bowen. Serie 1980-2008

CT = Etc/(R+P)	Δ NF
0,53	-0,25
0,27	0,00
0,1	0,14

- Basándonos en la ecuación obtenida por la tendencia, si el CT medio del año es 0.27 y el NF se mantiene en equilibrio luego de 12 meses retornando al nivel inicial (intersección de la recta de ajuste con el eje de abscisas).
- Cuando el aporte de riego + precipitación supera 10 veces la ETc (CT=0.1), el NF ascendería 0.14 m
- Contrariamente, si solo se incorporara el doble de lo requerido por los cultivos el NF descendería 0.25 m.

Por su practicidad, el FRF merece su mención en el presente trabajo aunque su R<sup>2</sup> es solo del 30%, es deseable mejorar su ajuste como medida comparativa de la

problemática de drenaje de suelos y el comportamiento que manifiesta el riego sobre el resto de las otras variables de difícil manejo operativo. La profundización de otras variables no incluidas, como el ETc de la vegetación natural y malezas, que desarrollan a partir del agua que se encuentra almacenada en el perfil del suelo y por aportes de lluvias (Allen 2006), la condición antecedente de humedad del suelo, la recarga lateral de zonas adyacentes (Van Der Molen 1970; Kendy 2003) y las restantes variables que condicionan el movimiento del agua en el suelo y subsuelo.

Otro indicador importante es de Eficiencia del Sistema del área del proyecto, el cual representa el promedio anual de lo consumido en toda el área de estudio sobre lo aportado en forma mensual (Tabla 7), el cual es similar a lo citado en la bibliografía para la zona bajo riego de esta cuenca. (Casamiquela et al 1984; DGI 1998; DGI 2006).

$$IES \text{ (Indicador de eficiencia del sistema)} = ( \sum \text{Etc mensual} / \sum (R + P) \text{ mensual} ) / 12$$

$$IES = 27\%$$

Es decir, que solamente el 27% del agua incorporada a la red de riego termina siendo utilizada directamente por el cultivo y el resto principalmente pasa a constituir la recarga superficial de napas subterráneas. Este indicador es coherente con la capacidad de drenaje del suelo observada con el FRF. La mejora de la eficiencia responde cambios de riego intrafinca, impermeabilización de los cauces de conducción y también al tamaño del área servida por cada cauce, que según estudios serían mayores entre 70 y 300 ha (Kendy 2003). Otras variables a considerar son el método de distribución de agua, el tamaño de la explotación, el tipo de suelo y la periodicidad del la entrega del turno de riego, (FAO 2002)

### **Isobatas mínimas**

Las isobatas mínimas representan el mínimo NF registrado para el conjunto de freatímetros en una campaña de lectura. Para la zona de estudio en marzo de 1984 el valor medio de toda la zona fue de 1,13m y en octubre de 1993 de 1,21m, éstos representan dos momentos de niveles freáticos mínimos. Se ha seleccionado el segundo por relevarse en esa oportunidad 113 freatímetros con lectura respecto a los 57 del mes de marzo de 1984, lo cual mejora la construcción del plano de isobatas.

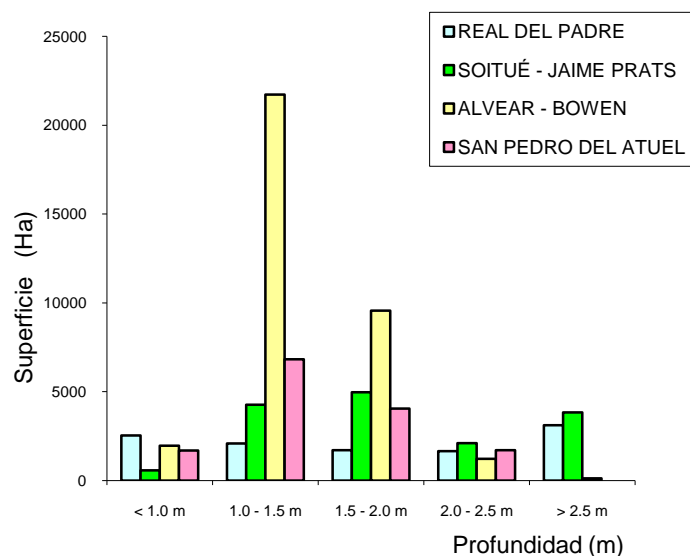
Para NF acumulado hasta 1.5 m., la superficie que abarca ese rango corresponde al 55% del área de estudio, con mayor impacto sobre la sub-zona de Alvear-Bowen,

donde la afectación alcanza al 68,5% de su superficie, San Pedro del Atuel le sigue con el 59.6%.

En la Tabla 9 se resumen las superficies correspondientes a cada intervalo de profundidad y sus porcentajes respecto al área total de influencia de la red; se representa en la Fig 24. La Fig. 25 muestra el plano de Isobatas mínima de octubre del año 1993.

**Tabla 9:** Superficies afectadas (ha) con niveles freáticos mínimos (Campaña Oct. 1993)

ZONA	< 1.0 m	1.0 - 1.5 m	1.5 - 2.0 m	2.0 - 2.5 m	> 2.5 m	TOTAL
REAL DEL PADRE	2540	2098	1719	1661	3122	11140
SOITUÉ - JAIME PRATS	572	4260	4963	2106	3830	15731
ALVEAR - BOWEN	1965	21730	9568	1225	118	34606
SAN PEDRO DEL ATUEL	1696	6830	4057	1714	0	14297
<b>TOTALES</b>	<b>6773</b>	<b>34918</b>	<b>20307</b>	<b>6706</b>	<b>7070</b>	<b>75774</b>
%	8.9%	46.1%	26.8%	8.9%	9.3%	100%



**Figura 24:** Superficies por intervalo de profundidad según plano de isobatas mínimas (campaña Oct93)

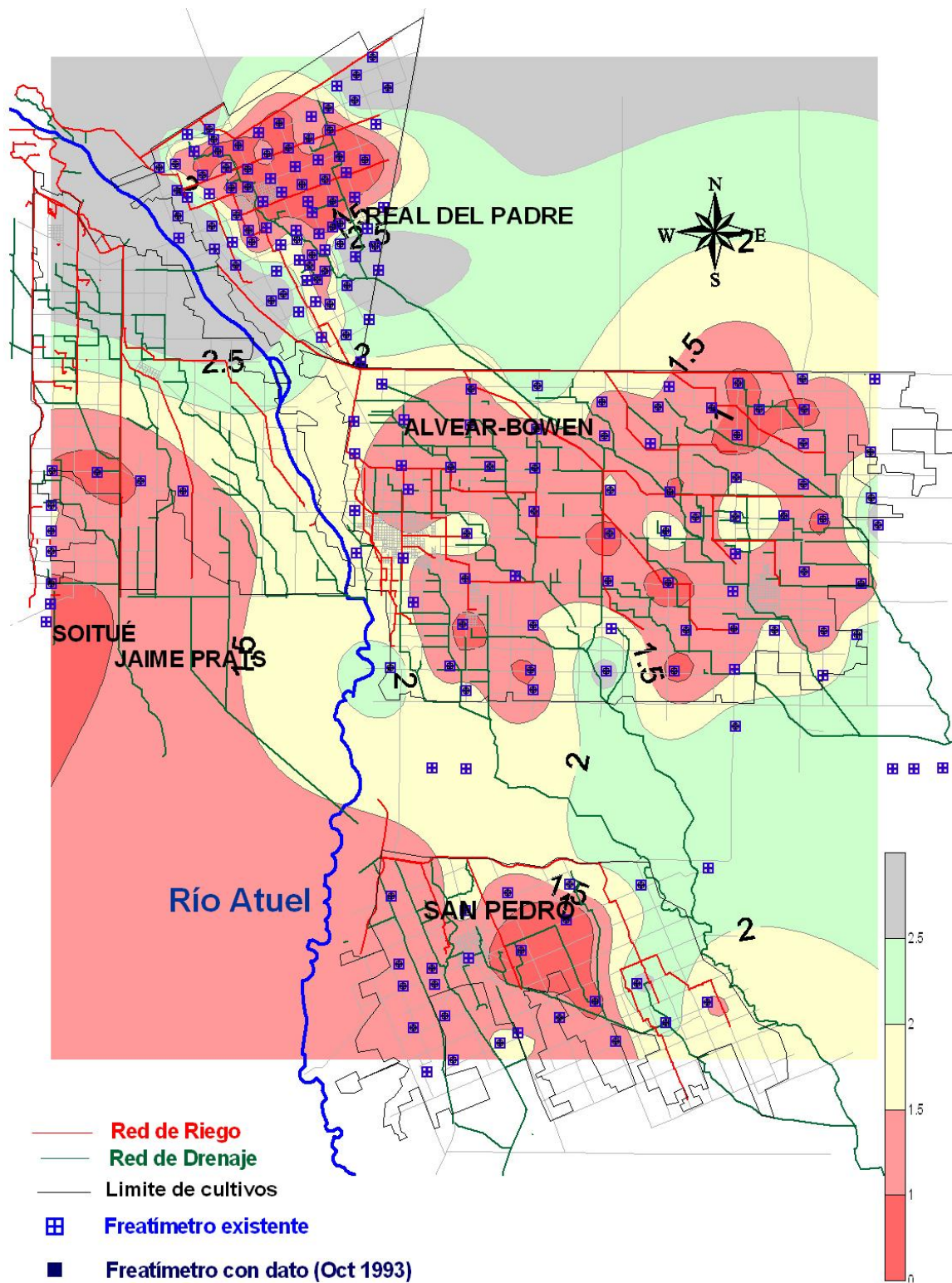
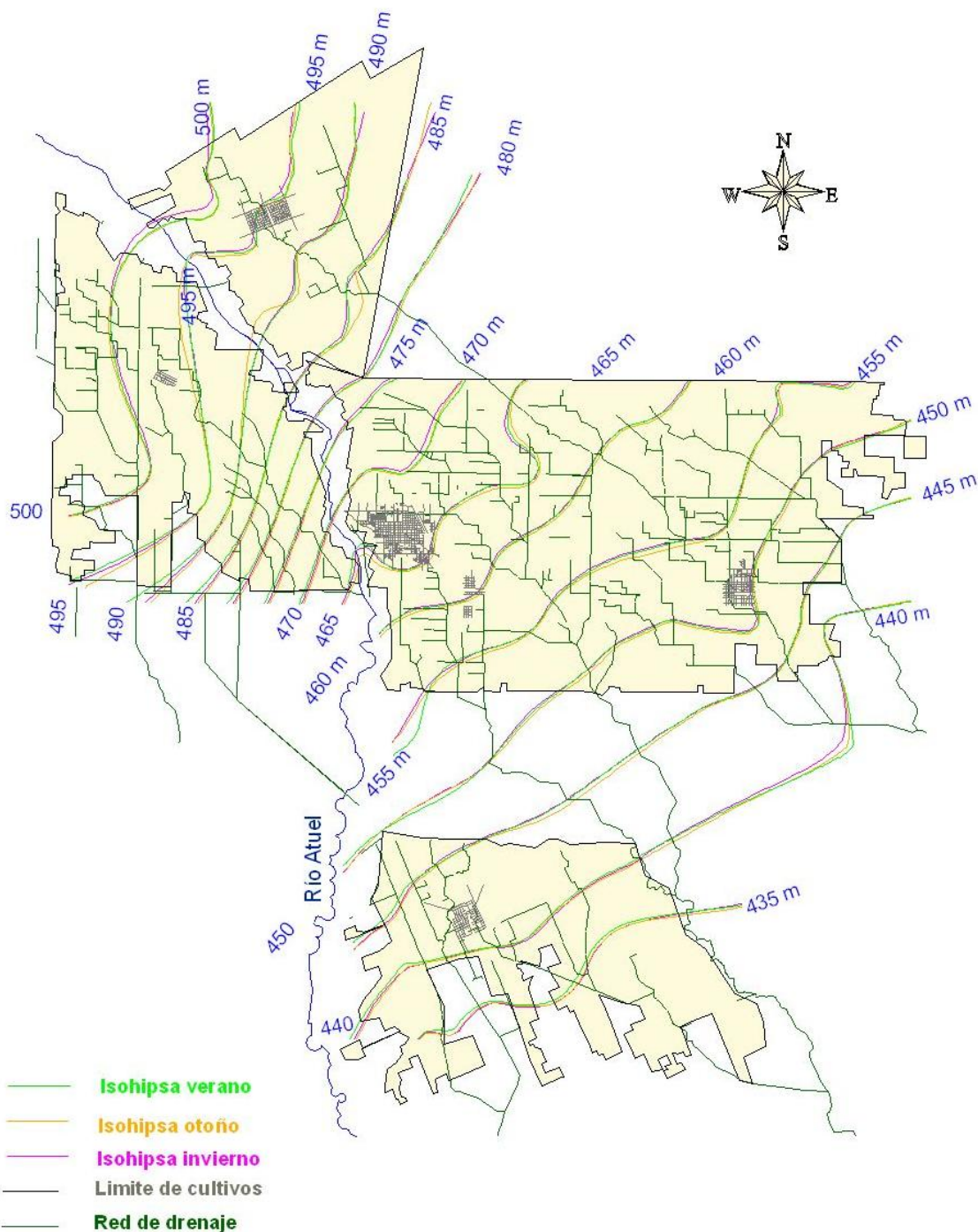


Figura 25 : Plano de Isobatas mínima (Octubre 1993)

La Fig. 25 representa los valores de NF mínimo de la serie existente (28 años), la misma da idea de la magnitud del problema y contribuye a tomar las precauciones en la planificación el uso del suelo (agricultura, urbanización, carreteras, etc.).

### Isohipsas media estacional

Además se analizaron las isohipsas que son líneas imaginarias que unen puntos de NF de igual cota respecto al nivel del mar. La componente perpendicular a ellas determina el sentido de flujo y su separación el gradiente. En la zona el sentido es NW a SE acompañando la pendiente general del terreno ( Fig 26). Se superpone en el plano la red de drenaje a fin de observar el comportamiento de ésta sobre el flujo subsuperficial.



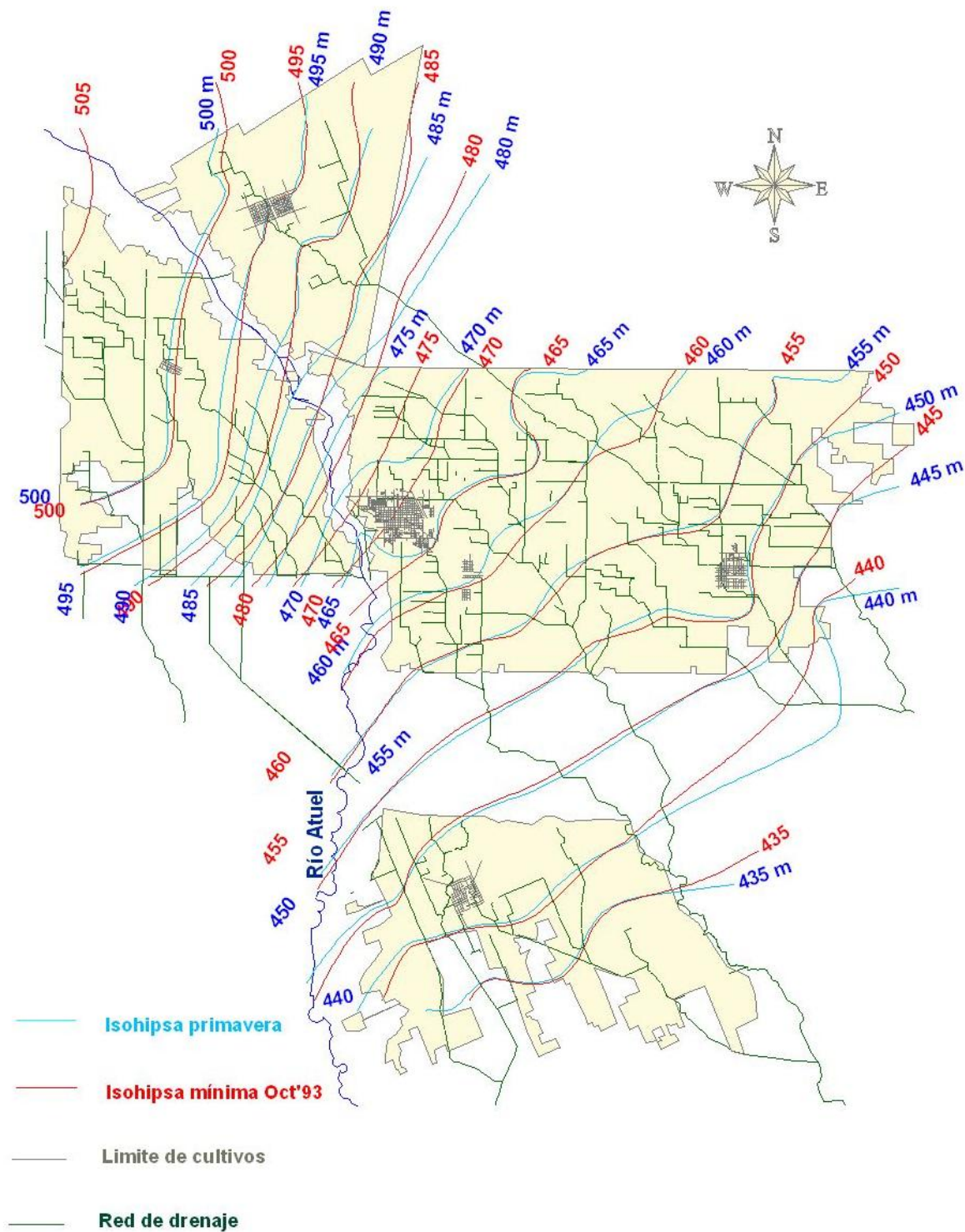
**Figura 26:** Plano de isohipsas medias estacionales de verano, otoño e invierno (Serie 1980 – 2008)



En la Figura 26 se incluyen las isolíneas de verano, otoño e invierno, ya que en general el comportamiento del flujo subterráneo es muy similar entre sí. Es de destacar como el río Atuel, en la zona que divide Real del Padre de Soitué y Jaime Prats, se manifiesta como colector de drenaje, motivado por la profundización del mismo al rectificar su cauce, realizado a fines de la década de 1980. Además, se observa el impacto de abatimiento que tienen los grandes colectores en Real del Padre, Alvear–Bowen y San Pedro. La equidistancia promedio para una misma isolínea respecto a la variación estacional es de alrededor de 330 m, es decir, entre el pasaje de verano a otoño y de invierno a primavera, la isolínea se va desplazando hacia el este-sureste en esa secuencia, en promedio 330 m.

En la Figura 27 se presentan las isolíneas de primavera en conjunto con las de mínima de Octubre de 1993, en razón de comportarse el acuífero en forma similar, sobre todo en la zona del río Atuel entre Real del Padre y Soitué-Jaime Prats, cuyo movimiento, a diferencia de las otras estaciones del año no produce abatimiento a modo de dren, ampliando la zona de recarga sobre el noroeste de Alvear. Las zonas urbanas manifiestan recargas en todo el año sobre el acuífero subterráneo.

Los resultados del estudio de niveles medios estacionales (Figura 26 y 27) muestran que la dirección predominante del flujo del agua subterránea es de Noroeste a Sureste con un gradiente hidráulico medio de  $1.54 \text{ m.km}^{-1}$  con dirección NW-SE.



**Figura 27:** Plano de isohipsas medias estacionales de primavera y mínima de Oct'93

### Isolíneas de salinidad de niveles freáticos

Como indicador de la salinidad del agua subterránea se tomaron datos de Conductividad Eléctrica (CE), expresada en  $dS.m^{-1}$ , medida "in situ" durante las campañas de lecturas de niveles freáticos. La serie no es tan extensa como la de



niveles freáticos, puesto que abarca los años 2005 a 2008, pero describe en forma preliminar el comportamiento general de la salinidad del agua subterránea en el área de estudio.

En la Tabla 10 se presentan las estadísticas descriptivas por zona y en la Tabla 11 los cambios estacionales de CE. A igualdad de lo que ocurre en el agua superficial, los valores más bajos de salinidad de agua subterránea se alcanzan en verano y los mayores en invierno.

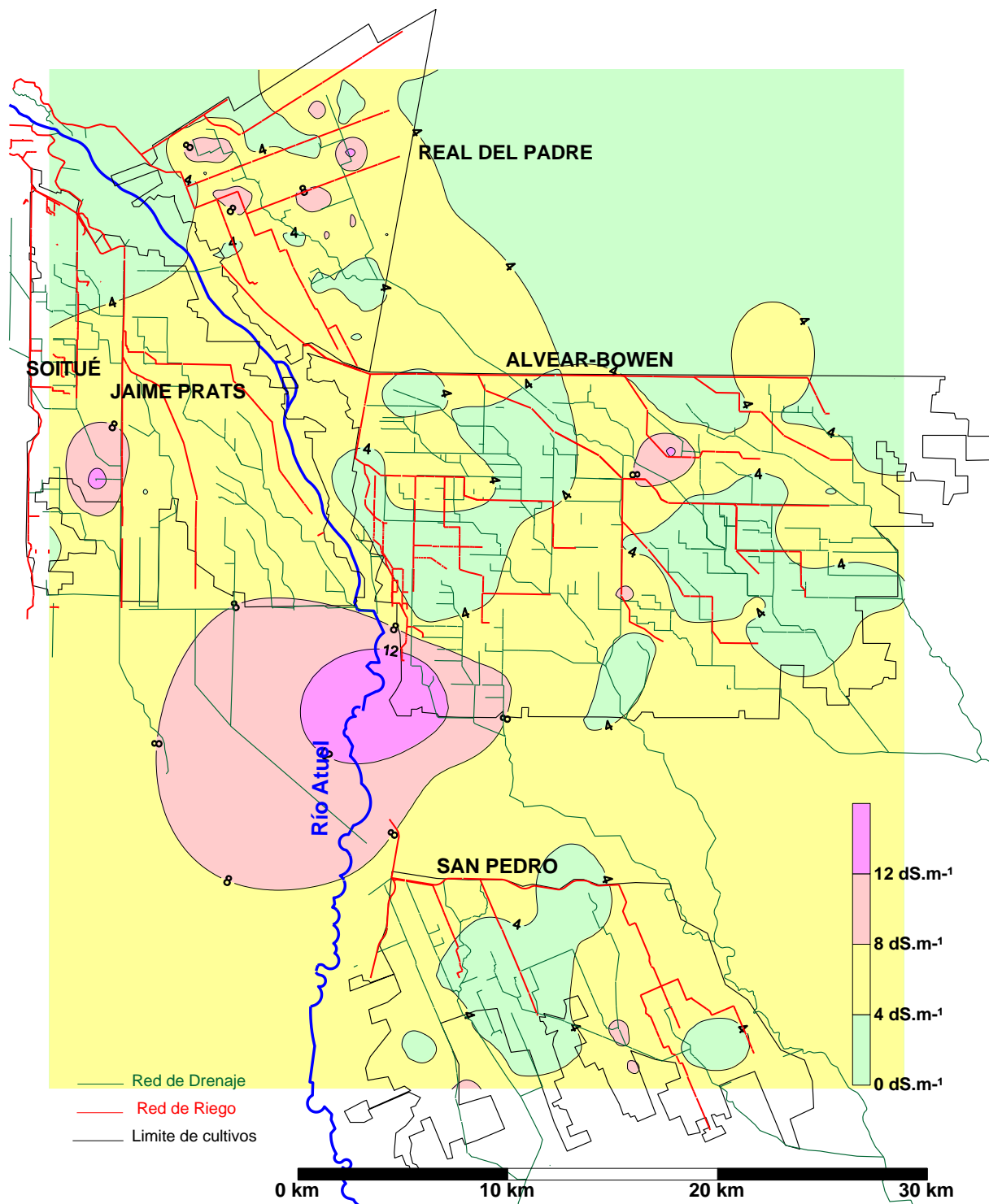
**Tabla 10:** Conductividad Eléctrica ( $\text{dS.m}^{-1}$ ) del agua subterránea.  
Serie 2005-2008

ZONA	Cantidad Freatímetros	Nº Campañas	PROMEDIO $\text{dS.m}^{-1}$	VARIANZA	DESV. EST	Mín $\text{dS.m}^{-1}$	MAX $\text{dS.m}^{-1}$
REAL DEL PADRE	83	7	5.8	9.9	1.9	3.6	9.2
SOITUÉ- JAIME PRATS	7	7	5.8	5.3	1.9	2.5	8.5
ALVEAR-BOWEN	71	6	5.1	4.1	1.6	2.9	7.1
SAN PEDRO	21	7	4.8	7.1	2.1	2.2	8.4

**Tabla 11:** Variación estacional de la CE ( $\text{dS.m}^{-1}$ ) del agua subterránea  
(Serie 2005-08)

ZONA	VERANO		OTOÑO		INVIERNO		PRIMAVERA	
	Nº Campañas	CE ( $\text{dS m}^{-1}$ )	Nº Campañas	CE ( $\text{dS m}^{-1}$ )	Nº Campañas	CE. ( $\text{dSm}^{-1}$ )	Nº Campañas	CE ( $\text{dS.m}^{-1}$ )
REAL DEL PADRE	3	5.6	2	6.0	1	6.2	1	4.9
SOITUÉ- JAIME PRATS	2	5.5	1	4.8	2	6.5	2	6.3
ALVEAR-BOWEN	1	4.3	1	4.7	1	4.7	1	5.4
SAN PEDRO	1	5.0	1	4.4	2	4.9	1	5.2

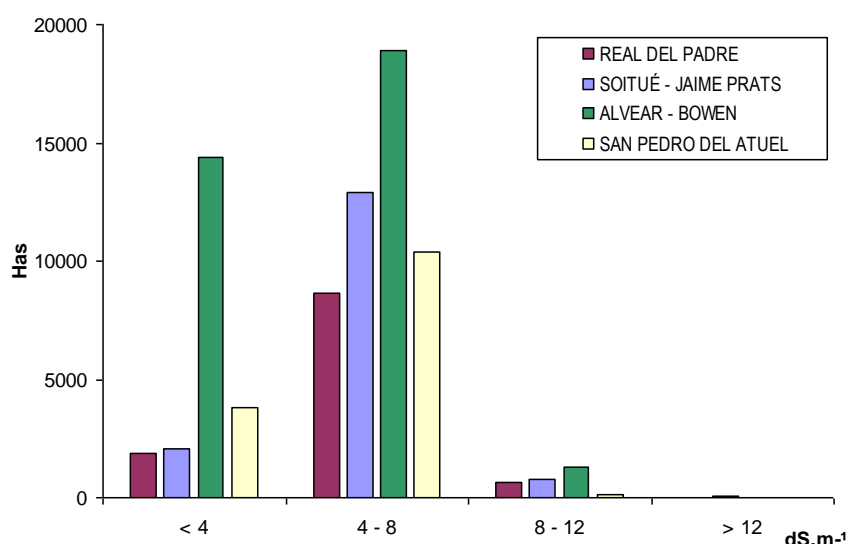
A su vez, en la Fig. 28 se puede observar la variación espacial de la CE del agua subterránea considerando los rangos presentados en la escala de colores. El rango  $< 8 \text{ dS.m}^{-1}$  abarca el 96% de área del proyecto, prevaleciendo en importancia el rango entre 4 y 8  $\text{dS.m}^{-1}$ , lo que se puede también observar en la Tabla 12 y en la Fig. 29.



**Figura 28:** Plano de isolíneas de salinidad del agua subterránea media anual (dS.m<sup>-1</sup>). Serie 2005-2008

**Tabla 12:** Superficies (ha) clasificadas por rango de CE ( $\text{dS.m}^{-1}$ ) del agua subterránea. Serie (2005-08)

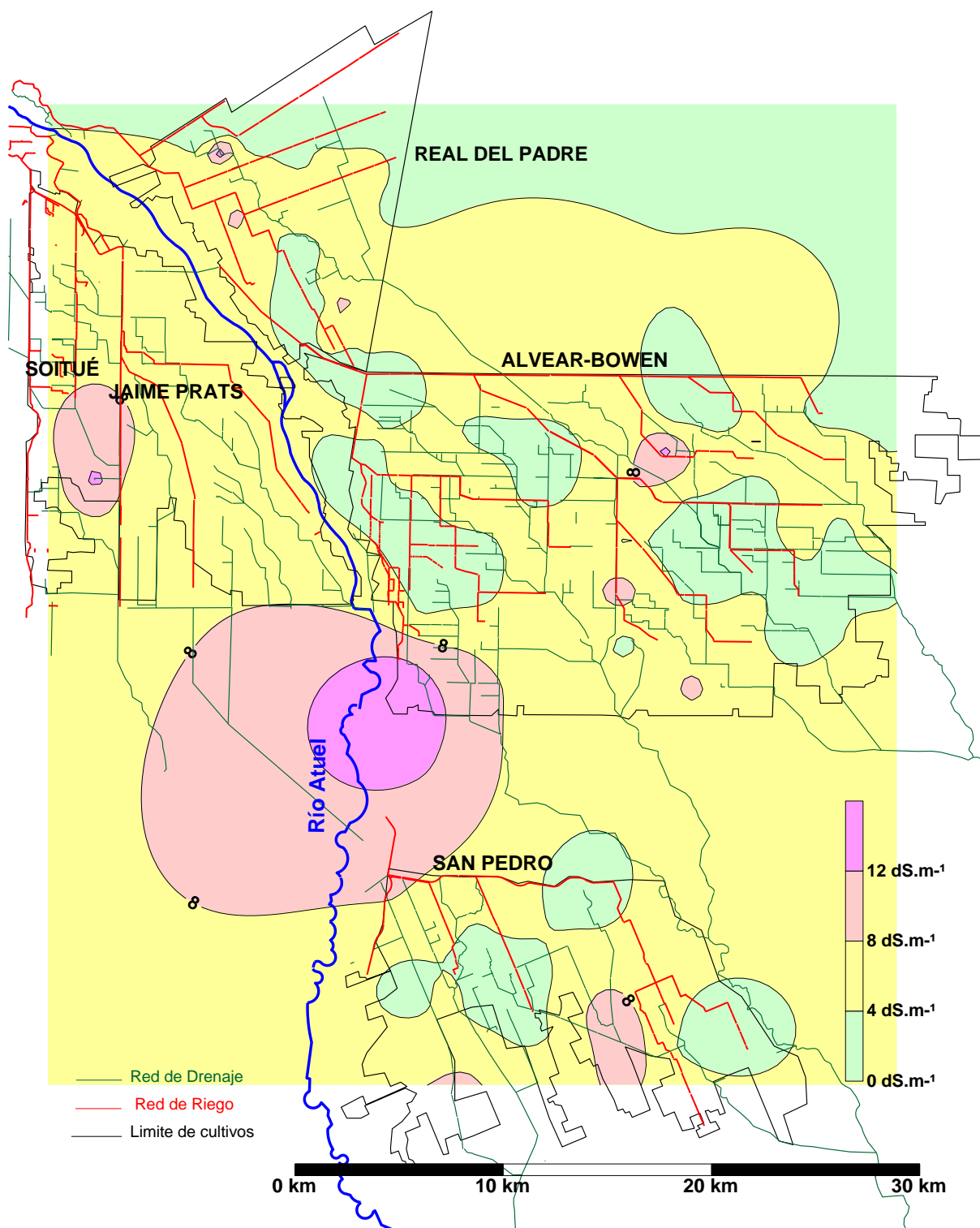
ZONA	Superficie (ha) CE: < 4 $\text{dS.m}^{-1}$	Superficie (ha) CE: 4 - 8 $\text{dS.m}^{-1}$	Superficie (ha) CE: >8 - 12 $\text{dS.m}^{-1}$	Superficie (ha) CE: > 12 $\text{dS.m}^{-1}$	TOTAL (ha)
REAL DEL PADRE	1853	8662	618	7	11140
SOITUÉ - JAIME PRATS	2052	12877	754	48	15731
ALVEAR – BOWEN	14411	18897	1291	7	34606
SAN PEDRO DEL ATUEL	3812	10387	98	0	14297
<b>TOTALES</b>	<b>22128</b>	<b>50823</b>	<b>2761</b>	<b>62</b>	<b>75774</b>
<b>Porcentaje</b>	29.2%	67.1%	3.6%	0.1%	100%



**Figura 29:** Superficies (ha) por rango de salinidad de agua subterránea ( $\text{dS.m}^{-1}$ ). Serie 2005–2008

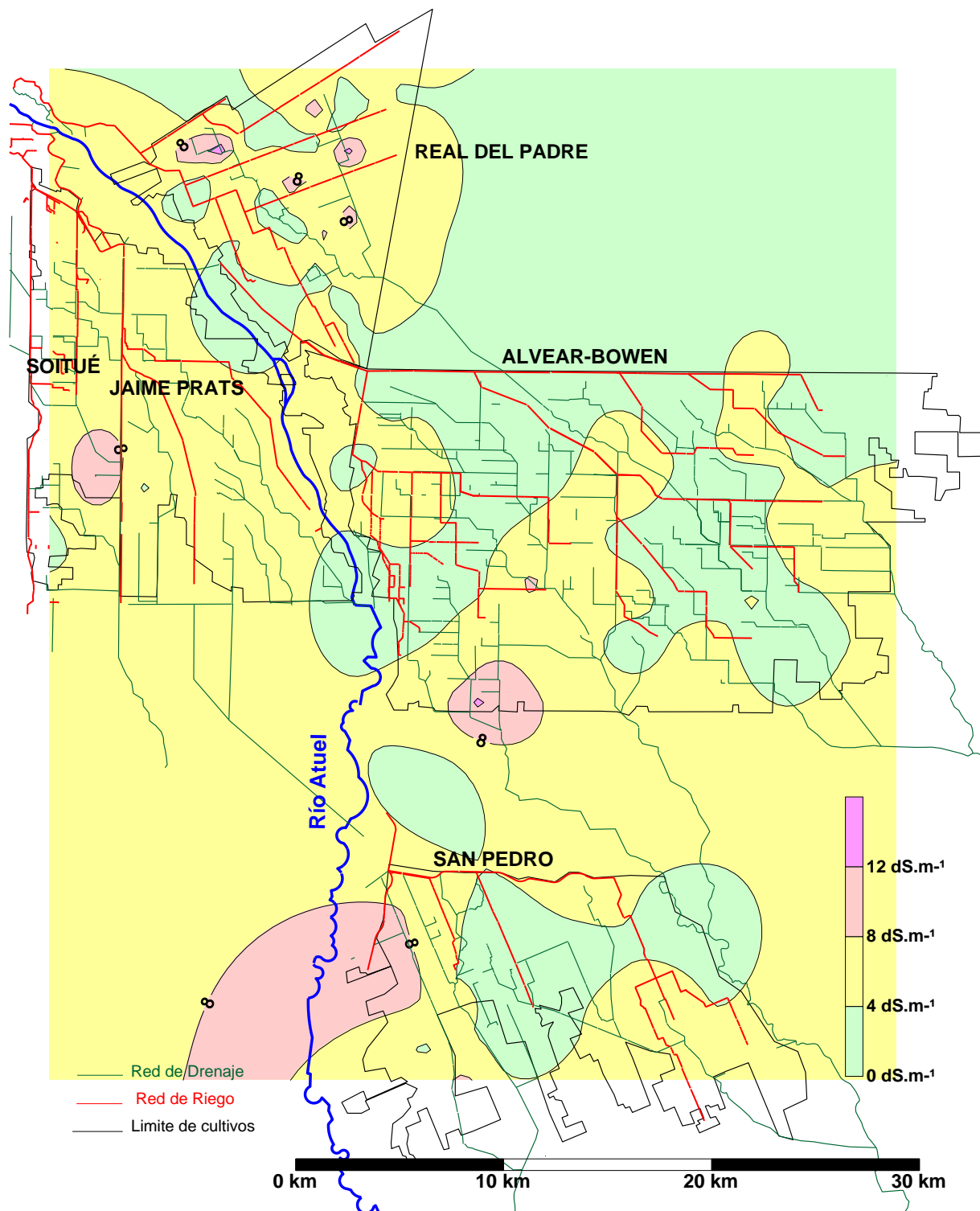
Las superficies clasificadas por rango de profundidad de la CE del agua subterránea presenta, al igual que la profundidad de NF, una variación estacional influenciada principalmente por los excedentes de riego.

En primavera (Fig. 30) la predominancia de CE entre 4 – 8  $\text{dS.m}^{-1}$  indica que los excedentes de riego también favorecen la lixiviación de sales del perfil de suelo. Las zonas con CE del agua subterránea > a 8  $\text{dS.m}^{-1}$  son coincidentes con zonas deprimidas y salinas de terreno y en algunos casos con lagunas naturales (suroeste de la subzona Alvear-Bowen: Laguna del Trapal).

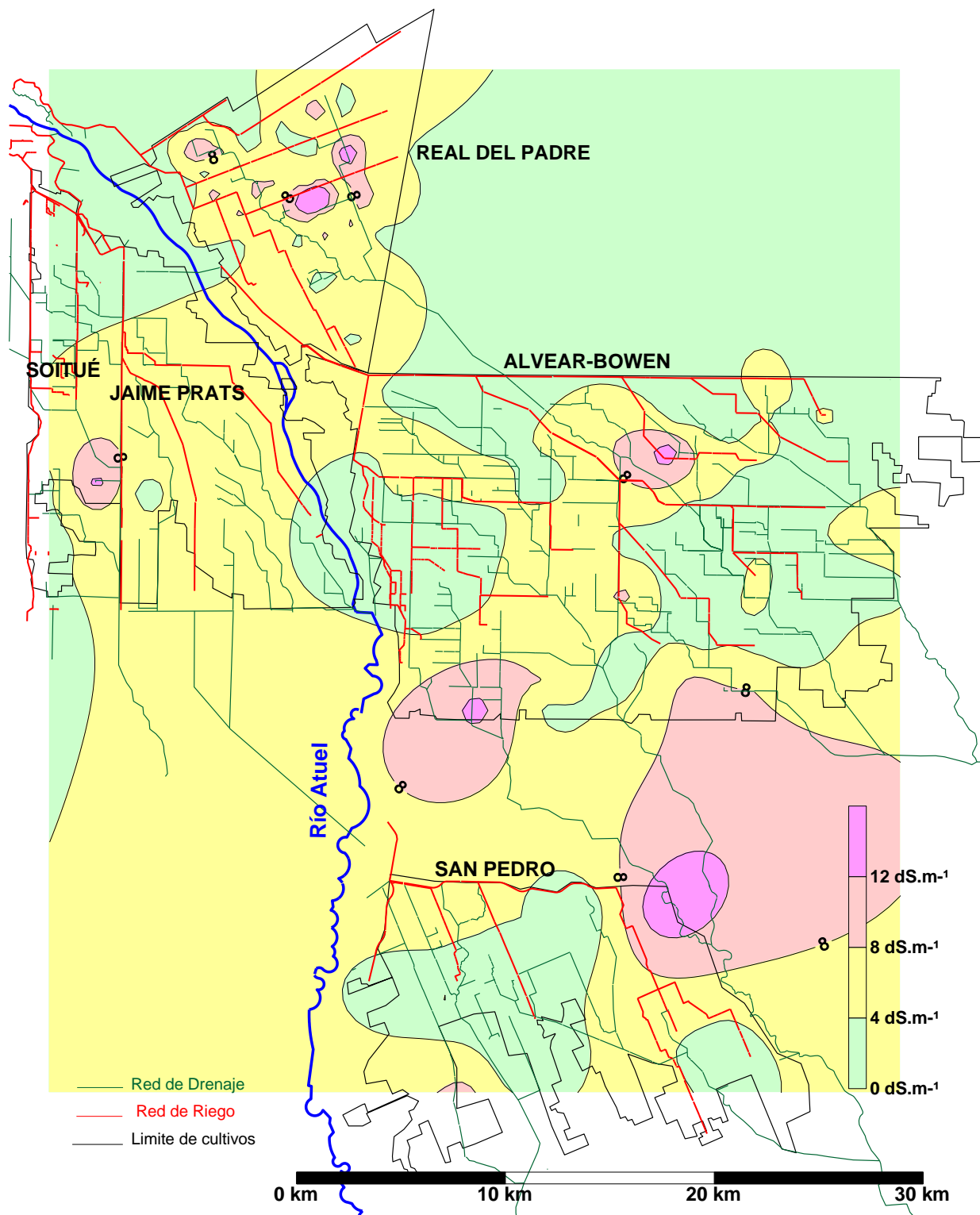


**Figura 30:** Plano de isolíneas de salinidad del agua subterránea media de primavera ( $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ). Serie 2005–2008

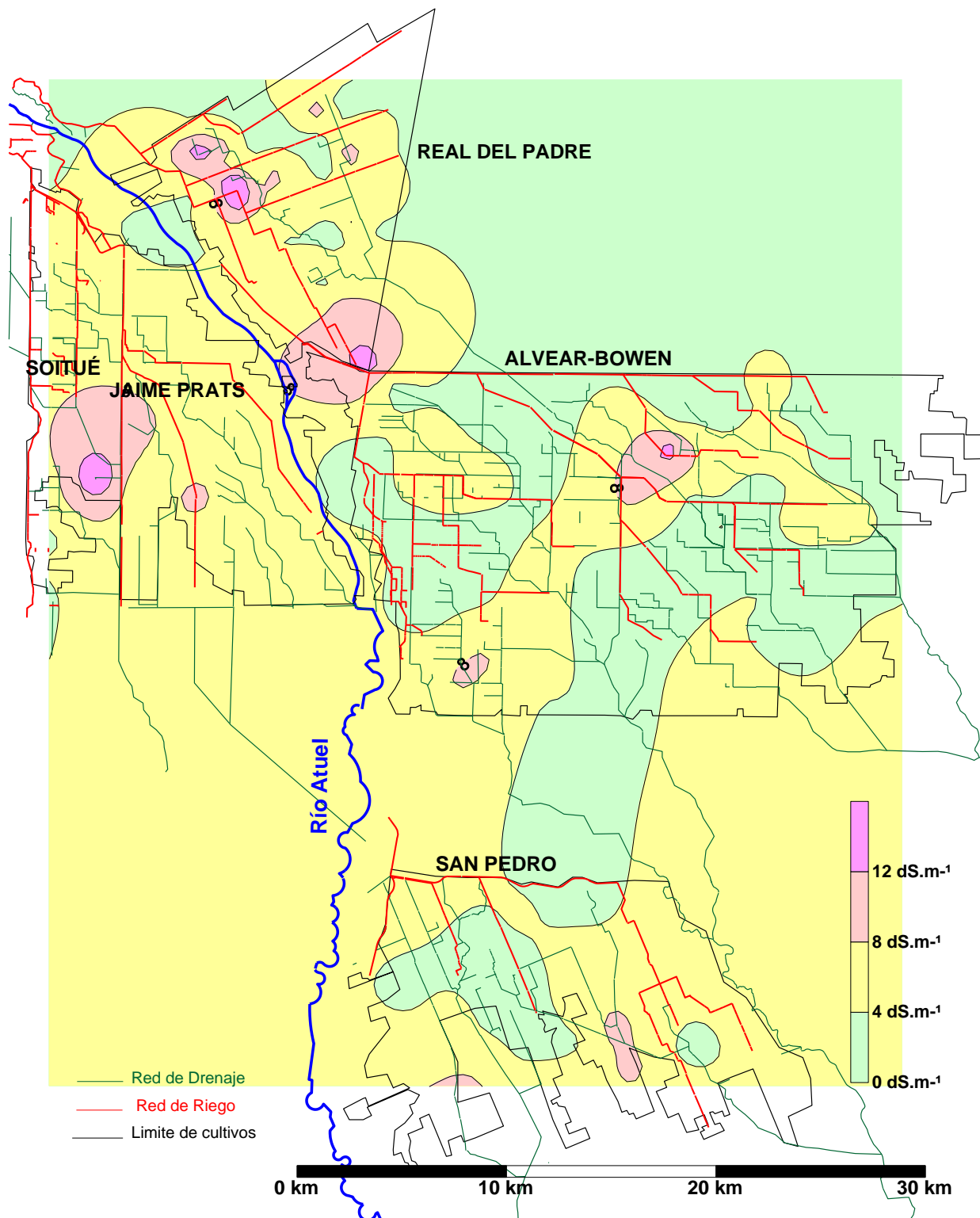
En las Fig. 31 a 33 se presentan las variaciones espaciales entre verano, otoño e invierno de la CE del agua subterránea.



**Figura 31:** Plano de isólinas de salinidad del agua subterránea media de verano ( $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ). Serie 2005–2008



**Figura 32:** Plano de isolíneas de salinidad del agua subterránea media de otoño (dS.m<sup>-1</sup>). Serie 2005–2008



**Figura 33:** Plano de isolíneas de salinidad del agua subterránea media de invierno ( $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ ). Serie 2005–2008

## CONCLUSIONES

El tercio inferior del área bajo riego en la cuenca del Río Atuel es una zona con una problemática de drenaje importante. La profundidad media anual que alcanza el NF es de 1,65 m, con una mínima media de 1,31 m. La CE media anual del agua subterránea alcanza los 5.36 dS.m<sup>-1</sup> (tres veces la CE media del agua de riego).

De las 75.774 ha bajo riego estudiadas para condiciones medias, el 22% posee niveles entre 1,0 a 1,5 m de profundidad y el 71% del área estudiada presenta NF a menos de 2,0 m. La subzona de Alvear-Bowen representa el mayor riesgo de ascenso freático menor a 1.5 m de profundidad. Aunque la zona de Soitué-Jaime Prats manifiesta una problemática similar a la subzona Alvear-Bowen, la distribución y poca cantidad de freáticos existentes suponen mayores estudios para su evaluación al nivel de las otras subzonas evaluadas.

El comportamiento anual del NF manifiesta periodicidad estacional, con dos épocas de ascenso: abril-mayo y setiembre-octubre, ambos por excedentes de riego y ocurrencia de precipitaciones. El descenso del NF se presenta alternado con los ascensos, pero cada uno enmarcado en un mes: enero, influenciado por una alta evapotranspiración y agosto, como consecuencia de la corta de agua de riego que normalmente se produce en junio y dura entre 60 y 75 días.

En primavera, el manejo del riego principalmente produce una importante recarga del acuífero subterráneo, que en promedio alcanza al 59% de la zona con NF < 1,5 m. La superficie afectada hasta 1,0 m de profundidad aumenta 4,8 veces el promedio de otras estaciones y, si consideramos el rango entre 1,0 y 1,5 m para esta misma estación, el área crece 3,4 veces.

El estudio de los niveles mínimos indica que las zonas más altas y con menores problemas de ascenso de NF se encuentran al norte de Soitué (paraje de Colonia López) y de Jaime Prats (paraje Los Tableros), y en el sector oeste y noreste de la sub-zona Real del Padre. En las sub-zonas Alvear-Bowen y San Pedro, entre el 70% y 60% de sus superficies respectivamente, son susceptibles de ascensos de NF a menos de 1,5 m. de profundidad.

El factor de reacción freático se usó para interpretar la capacidad de drenaje natural de la zona Alvear-Bowen, cuyo resultado indica que la relación ingreso de agua media anual (riego y precipitación) respecto al consumo de los cultivos implantados, es de 4:1. Para el resto del área estudiada, según el comportamiento de niveles medios anuales, la capacidad de drenaje es menor en Soitué-Jaime Prats, y



aumenta en San Pedro y Real del Padre, siendo esta última la de mejor capacidad de drenaje de suelos del área de estudio.

Es importante mejorar el ajuste estadístico del FRF, con la profundización de otras variables no incluidas, como el ETc de la vegetación natural y malezas y, las condiciones antecedentes de humedad del suelo. La zona en estudio posee un porcentaje superior al 50% del área con terrenos sin cultivos agrícolas que posibilitan su desarrollo, (suelos en barbecho, propiedades abandonadas, con vegetación natural, etc.) cuya influencia es importante en la Etc total para épocas de otoño y primavera principalmente..

La dirección del flujo de agua subterránea mantiene una componente noroeste-sureste, las isohipsas son estables para verano, otoño e invierno, con un gradiente medio de  $1,54 \text{ m.Km}^{-1}$ . Hay una recarga permanente de los centros urbanos, influenciada principalmente por el uso de pozos sépticos en un porcentaje elevado respecto a lo atendido por la red cloacal (ciudad de Alvear y Bowen principalmente). En primavera se observan cambios de comportamiento de las isolíneas principalmente en la zona oeste del área de estudio.

La salinidad media de la subterránea oscila entre 4,5 y 6,0  $\text{dS.m}^{-1}$ , con variaciones estacionales y zonales en menor medida.

El índice de eficiencia del 27% es un valor bajo, lo cual pone en evidencia una necesidad de avanzar en la mejora del sistema de riego intrafinca, en la impermeabilización de cauces de conducción y también en la reingeniería del área servida por cada cauce.

La densidad de un freatómetro cada 400 ha. es adecuada para estudios zonales en esta cuenca.

## **RECOMENDACIONES**

El interés por solucionar los problemas de drenaje se presenta fuertemente en los años de altas precipitaciones y grandes caudales en los ríos, pero declina en años secos y/o normales (Smedema 2002), por ello a esta zona debe darle a la red de drenaje tanta importancia como a la red de riego.

La instalación de una red de pluviómetros que proporcionen información en tiempo real dentro del área de estudio, asociada a la existente de caudales derivados, mejorará la gestión y distribución a las Inspecciones de Cauce por parte de la Subdelegación de Aguas del Río Atuel.

La mejora del conocimiento del sistema hidrológico subterráneo incluye líneas de estudio que comprenden la recarga lateral de zonas adyacentes, la determinación de secciones de aforo de caudales de salida del sistema a través de los cauces colectores de drenaje, la conductividad hidráulica y el coeficiente de almacenamiento.

El mantenimiento del sistema de drenaje a cielo abierto debe realizarse en un intervalo de rotación comprendido entre 3 a 5 años, sobre todo aquellos colectores de mayor influencia en el abatimiento y transporte de caudales (Izuel-Jáuregui, General de Jaime Prats, DC1 y DC2 de Real del Padre, Fornatti, Marzolina, Bowen y Cañada Honda de Alvear y Diagonal en San Pedro), planificando sistemas de drenes entubados para evacuar rápidamente los picos de ascenso de NF a nivel parcelario.

La red de freatímetros debe mantenerse y leerse rutinariamente en forma trimestral. La ampliación de la red en la zona de bordura de áreas bajo riego ayudará a comprender mejor el comportamiento del NF en las zonas limítrofes y a entender su impacto sobre la zona central. La zona de Soitué y Jaime Prats deben priorizarse en la instalación de freatímetros para aumentar la densidad de la red y posibilitar mejor su diagnóstico.

La entrega de agua de riego en los meses de primavera deberá acompañarse de cambios en la modalidad de aplicación por parte de los agricultores, recomendando un riego por inundación y los posteriores riegos por surcos a la francesa (doble surco a cada lado de la hilera), tratando de aplicar láminas más pequeñas.

Cada agricultor debe conocer los NF de su zona y el incremento en la elevación de las napas ante riegos exagerados o innecesarios. La instalación de pozos de observación por parte de ellos en su propiedad, será una fuente de información directa y muy importante para la toma de decisiones. El uso del Factor de Reacción Freático como herramienta de interpretación entre el riego, las precipitaciones y las necesidades de las plantas ayudará a comprender mejor las variaciones periódicas, estacionales y zonales del NF por parte de los que tienen la responsabilidad de la gestión del riego.

El seguimiento estacional de los NF, puede ser un factor a tener en cuenta en la priorización de obras de revestimiento de canales de riego. Se citan algunos casos que técnicamente se observan en las figuras del presente trabajo:

Canal Matriz Real de Padre: Rama 1-Bifani y Rama 2

Canal Matriz Nuevo Alvear: Canal Matriz entre Toma 8 y calle 7; Rama 2 entre

Toma 8 y Toma La Paja, Rama Pueblo y Marzolina al norte de calle Uspallata, la Rama Norte del Canal Dr. Bosch.

Canal Matriz San Pedro: el canal A2, Hijueta Pueblo, Canal C<sub>3</sub>D<sub>3</sub> entre calle 2 y 3

Además, es posible determinar las zonas donde la red de drenaje a cielo abierto es insuficiente para incrementar la red de colectores zonales de menor orden. Se pueden ejemplificar algunos casos, como en Soitué: entre calles 4 y 9 entre ruta Prov. 201 y calle Biancofiori, para la zona Alvear-Bowen: en la Escandinava al este de calle 24 entre C y F y en San Pedro del Atuel: sobre calle 4 entre canal Empalme y calle D.

Por otro lado, deben intensificarse otros estudios locales, como mapas de conductividad hidráulica (k) y determinaciones estacionales de coeficiente de drenaje, para el desarrollo de nuevos proyectos de drenes entubados parcelarios que mantengan el nivel de productividad de los cultivos (Mirábile 2002), (Van Der Molen et al 2007). La red parcelaria de drenaje es un próximo paso importante a dar a corto plazo, ya que la red de drenaje a cielo abierto en general está ampliamente desarrollada, y las áreas con problemas de NF deberán rehabilitarse con drenes parcelarios. Entre ellos se destacan:

Real del Padre: sector norte de la colonia sobre calle Chaco, al este del pueblo, calle Reta y colector DC1, al sur de calle Los Brasileños entre colectores DC1 y DC2.

Soitué-Jaime Prats: Sur de pueblo de Jaime Prats hasta ruta Prov. 202 entre Biancofiori y Prolongación Los Andes, Colonia Japonesa

Alvear-Bowen: Calle 4 entre B y G, calle 19 entre C y E, calle K entre 16 y 19, calle 13 y K hasta 16 y M, calle 6 y 7 entre L y M

San Pedro del Atuel: calle 2 y canal C2, calle F entre 2 y 3, calle 4 y canal Empalme hasta calles 5 y G

La capacitación de los agricultores en prácticas de riego, debe a mediano plazo mejorar la situación sobre todo en aquellas zonas en las que año a año el NF asciende a niveles cercanos al metro de profundidad. El aumento de periodicidad entre turno y turno de riego en los meses de primavera y otoño es una medida de fácil implementación que disminuirá las recargas al acuífero freático.

El uso de indicadores de excedentes de riego como el Dispositivo de Control de Riego permite visualizar en forma rápida y económica el manejo excesivo del riego y mejorar la eficiencia de aplicación. (Pereira et al. 2010)

El indicador de eficiencia del sistema pone de manifiesto una real necesidad de mejorar la gestión del riego tanto en la red de distribución 1º, 2º y 3º (impermeabilización de cauces) y a nivel intrafinca, promoviendo el riego tecnificado impulsado como política provincial.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO ANTÓN, A; MARTINIS, N (1978) *CRAS - Centro Regional de Aguas Subterráneas. Estudios de las cuencas hidrográficas de los ríos Diamante y Atuel e hidrogeomorfología de la cuenca subterránea diamante-atuel. Publicación P-209, 57p*
- ALLEN, RICHARD G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M. (2006) *Evapotranspiración del cultivo: Guías para determinación los requerimientos de agua de los cultivos. Food & Agriculture Org. FAO. Roma. 322 pp*
- BOS, M.; WOLTERS, W.; DROVANDI, A.; MORÁBITO, J. (1989) *The need for flow data in irrigation water management supported by remote sensing in Mendoza. International Symposium Remote Sensing in Evaluation and Management of Irrigation. Mendoza. v. 1, p. 115-128*
- BOS, M.(1997) *"Performance indicators for irrigation and drainage, and Drainage Systems". Volume 11.2, p.119-137.*
- CASAMIQUELA, O; MIZUNO, I; ROCCA, ENRIQUE (1984) *SCJN (Suprema Corte de Justicia de la Nación) Pericia Agronómica Río Atuel Expte L195 Tomo I*
- CFP – *Censo Frutícola Provincial. Dirección Agropecuaria. Gobierno de Mendoza (1992)*
- CHOW, VEN TE; MAIDMENT, DAVID; MAYS, LARRY: (1994) *Hidrología Aplicada. McGaw-Hill Interamericana SA. Colombia. 584p*
- CNA - *Censo Nacional Agropecuario (1988)*
- CNA *Act 95 – Actualización del Censo Nacional Agropecuario. Dirección Agropecuaria. Gobierno de Mendoza (1995)*
- CNA – *Censo Nacional Agropecuario (2002)*
- CRAS - *Centro Regional de Aguas Subterráneas (1994) Datos hidrológicos e hidrometeorológicos correspondientes a la cuenca de los ríos Diamante – Atuel. Período 1987-1993. DI-225.*
- CRAS - *Centro Regional de Aguas Subterráneas (1995) Análisis de las mediciones hidrológicas de la cuenca Diamante - Atuel. Período 1993-1994. IT-164.*
- DGI - *Departamento General de Irrigación (1980) Estudio de Eficiencia y Conducción del río Atuel*
- DGI - *Departamento General de Irrigación. (1998) Descripción Preliminar de la Cuenca del Río Atuel.*
- DGI – *Departamento General de Irrigación (2001) Modernización del manejo de los recursos hídricos.*
- DGI – *Departamento General de Irrigación (2004) Plan Director del Río Atuel. Proyecto PNUD/FAO/ARG/00/008. Informe Principal. Vol V. 115p*

- DGI – Departamento General de Irrigación (2006) Proyecto de Modernización del Sistema de Riego Matriz Nuevo Alvear- Estudio de factibilidad – Anexo 3: Evaluación ambiental
- DGI – SARA Departamento General de Irrigación – Subdelegación de Aguas del Río Atuel. Datos disponibles no publicados
- EZCURRA, J (1990) Estudio de rehabilitación de tierras afectadas por mal drenaje y salinidad en la colonia Real del Padre, Mendoza. Argentina. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Proyecto GCP/RLA/084/JPN Documento de Campo N° 18.
- FAO (2002) Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas., FAO Irrigation and Drainage Paper No. 61. Rome. 188 pp
- FRANKLIN CONSULT S.A. ; GEOMINES S.A. (1981) Anteproyecto definitivo Red Primaria de Riego del Río Atuel. Tomos 4 y 5.
- HARZA-HISSA UTE Consultoras (1999) Aprovechamiento Integral del Río Grande - Traspase del Río Grande al Río Atuel.
- HERNÁNDEZ, J; MARTINIS, N. (2001). Modernización del manejo de los recursos hídricos - Agua Subterránea. Cuenca de los ríos Diamante y Atuel. Mendoza. INA. Proyecto PNUD/FAO/ARG/00/008 24 pp
- IDR – Instituto de Desarrollo Rural (2004) Mendoza. Censo de Productores. 35 pp
- IDR – Instituto de Desarrollo Rural (2007) Mendoza. Pronóstico de cosecha frutícola 2007-08. 39pp
- KENDY,E; G'ERARD-MARCHANT,P; TODD WALTER,M; ZHANG,Y; LIU, C; STEENHUIS, T. (2003) A soil-water-balance approach to quantify groundwater recharge from irrigated cropland in the North China Plain. Hydrol. Process. 17, 21 pp
- MIRABILE, C. (1987) “Estudio Zonal de Drenaje del Área de Influencia del Río Tunuyán Medio”. XIII Congreso Nacional del Agua. Santa Cruz, Argentina.
- MIRABILE, C. (1998) “Estudio Zonal de Drenaje del Río Tunuyán Medio- Diez Años de Control Freatimétrico”. XVII Congreso Nacional del Agua. Santa Fé, Argentina.
- MIRABILE, C. (2002) “Conductividad Hidráulica de los suelos del oasis regado por el Río Tunuyán Medio “ XVIII Congreso Nacional del Agua. Carlos Paz Córdoba –Argentina. Argentina.
- MORABITO, J.; SALATINO,S.; MIRABILE, C.; CHAMBOULEYRON, J. (1998) “La Operación del Agua de Riego en el Río Tunuyán Inferior-Mendoza-Argentina. Indicadores de Desempeño” - Instituto Nacional del Agua.
- MORABITO, JOSÉ; SALATINO SANTA Y MILLER, JUAN CARLOS (2001) Informe para el Banco Mundial.
- MORÁBITO, JOSÉ (2002) Estado de situación de los problemas de drenaje en Mendoza e información complementaria

- MORÁBITO, J.; HERNÁNDEZ, R; SALATINO,S; MIRÁBILE,C. (2005) *Cálculo de las necesidades de riego de los principales cultivos del oasis Sur. Mendoza. Argentina.*
- MORÁBITO, JOSÉ et al. (2005) *Evolución de la salinidad de suelos regadíos e incultos en el área del río Mendoza.*
- NIJENSOHN, L. (1960) *Intoxicación de vides por cloruros. Instituto Provincial Agropecuario. Boletín Técnico N° 2. Mendoza. Argentina 25 p*
- ORTIZ MALDONADO, G. (2000) *Tramo inferior del Río Mendoza. Niveles freáticos 1983 – 1997. Revista Facultad de Ciencias Agrarias. Tomo XXXII. N° 1*
- ORTÍZ MALDONADO, G. (2004) *Tesis de maestría: Variaciones de los niveles freáticos en función de la evapotranspiración, precipitación efectiva y volúmenes distribuidos en los distritos de Costa de Araujo-Gustavo André – Determinaciones de las superficies afectadas con niveles freáticos - Dpto. de Lavalle - Años 1983 A 2002*
- ORTÍZ MALDONADO G., J. MORÁBITO, E. REARTE Y L. MASTRANTONIO. (2005). *Salinidad del agua freática en el área regadía del río Mendoza. Rev. FCA UNCuyo. Tomo XXXVII # 2. Pp 51-64.*
- ORTIZ MALDONADO, G. y CARMONA, V. (2008) *Comportamiento y clasificación de riesgo freático Lavalle, Mendoza, Argentina. Rev. FCA UNCuyo. Tomo XL. N° 2. 25-40. Mendoza – Argentina*
- PAZOS JORGE; VELGAS, M; RODRÍGUEZ, C,; BOZZO, G; VAIRUS, B. (2000) *Análisis de la evolución de los recursos hídricos subterráneos en base a las mediciones de la red de monitoreo de la cuenca sur. Provincia de Mendoza. Instituto nacional del Agua y del Ambiente – Centro Regional Andino*
- PEREIRA, G; IRIARTE, P; RODRIGUEZ,P; NOGUEROL,J; PEREIRA,R. (2010) *Dispositivo Control de Riego. 1º Premio Provincial de Feria de Ciencias de Nivel Medio y 1º Premio Provincial Junior del Agua. Mendoza, Octubre 2010. Nota 210/10. Dirección de Planeamiento y Evaluación Educativa. Dirección General de Escuelas. Gobierno de Mendoza [http://weblog.mendoza.edu.ar/aninio/ACTA%20PROVINCIAL%20de%20Cierre\\_SECUNDARIO.doc](http://weblog.mendoza.edu.ar/aninio/ACTA%20PROVINCIAL%20de%20Cierre_SECUNDARIO.doc)*
- RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. - (1992) - "The use of saline waters for crop production". *FAO Irrigation and Drainage Paper 48. FAO. Rome. Italy*
- QUERNER E, MORÁBITO, J. AND TOZZI, D. (2008) *SIMGRO, a GIS-supported regional hydrologic model in irrigated areas: a case study in Mendoza, Argentina. Journal of irrigation and drainage engineering. ASCE. January-February. pp. 43-48*
- SMEDEMA, L.K. (2002). *Land drainage, an instrument for agricultural and rural development. Proceedings of the 18th ICID Congress, Special Event on World Vision for Water for Food and Rural Development, Montreal 2002. New Delhi, ICID.*

*VAN DER MOLEN W.H.: (1977) Principios y Aplicaciones del Drenaje. Vol II Teoría del Drenaje Agrícola. Internacional Institute for land Reclamation and Improvement - ILRI. Wageninge. Holanda. Pp 64-103*

*VAN DER MOLEN W.; MARTINEZ BELTRAN, J. OCHS, W: (2007) Guidelines and computer programs for the planning and design of land drainage systems. FAO. Irrigation and drainage paper 62. Rome*



## Anexo 1 – Volumen mensual derivado en bocatoma Canal Matriz Nuevo Alvear

Valores en (Hm<sup>3</sup>)

PERIODO/MES	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	Total
1979 / 80	0.00	32.17	33.14	34.47	35.35	29.52	20.60	33.10	39.69	27.36	38.07	0.00	323.48
1980 / 81	0.00	0.00	35.61	39.65	41.94	22.32	38.56	26.00	40.57	27.84	26.25	0.00	298.73
1981 / 82	0.04	24.90	38.21	36.46	34.02	25.49	44.47	25.78	33.44	5.72	10.63	0.00	279.15
1982 / 83	0.00	3.01	31.04	39.18	39.28	41.47	27.59	30.93	40.14	30.33	26.13	6.69	315.79
1983 / 84	0.47	25.64	31.73	37.93	38.13	28.98	40.53	22.24	23.07	8.62	18.53	0.00	275.87
1984 / 85	0.00	3.55	22.39	34.07	24.53	35.25	18.75	26.75	37.11	27.36	30.44	0.00	260.20
1985 /86	0.00	18.41	30.51	33.60	31.61	32.26	37.21	27.51	35.70	27.67	0.00	0.00	274.48
1986-87	0.00	30.07	41.57	43.82	43.76	37.90	46.75	43.71	39.39	38.68	37.93	0.00	403.59
1987-88	0.00	23.28	45.37	48.29	36.75	42.22	51.23	48.25	43.40	38.18	24.52	0.00	401.49
1988-89	4.81	41.74	40.68	40.06	44.06	42.38	44.36	37.29	39.73	37.74	17.56	0.00	390.39
1989-90	0.00	17.30	30.53	36.76	43.93	39.21	45.90	40.01	36.34	33.11	17.78	0.00	340.86
1990-91	0.00	25.60	31.22	32.95	35.99	36.74	26.84	30.60	34.89	29.60	9.97	0.00	294.40
1991-92	0.00	29.37	40.08	42.01	36.15	37.47	45.12	32.46	42.56	33.36	33.90	0.00	372.48
1992-93	0.00	22.92	33.83	43.51	42.87	36.48	47.61	42.70	43.96	38.27	36.80	0.00	388.95
1993-94	4.50	33.24	39.37	40.28	42.24	41.45	50.05	43.03	45.29	36.28	0.00	0.00	375.72
1994-95	0.00	33.75	38.54	17.19	43.09	49.01	41.33	44.37	33.65	39.22	28.35	0.00	368.51
1995-96	0.00	32.39	43.19	45.72	45.40	46.90	40.96	43.49	46.50	33.10	24.70	0.00	402.35
1996-97	0.00	30.52	36.50	35.80	34.08	27.39	36.04	30.55	18.19	37.45	15.46	0.00	301.97
1997-98	0.00	17.03	37.63	43.58	36.33	21.75	44.42	28.27	38.00	36.77	38.00	0.00	341.79
1998-99	0.00	29.42	9.88	33.05	31.37	27.26	32.59	27.15	25.24	19.94	13.98	0.00	249.89
1999-00	0.00	18.01	36.73	36.19	19.05	31.52	36.76	38.42	25.45	23.37	13.60	2.85	281.95
2000-01	0.00	24.25	38.87	37.36	37.08	48.49	34.53	42.92	42.23	27.00	27.54	0.80	361.08
2001-02	0.00	35.23	39.39	28.60	33.13	45.75	45.55	37.89	38.27	20.08	34.65	8.18	366.73
2002-03	0.00	25.55	45.91	47.20	47.75	42.98	46.39	42.71	45.28	33.05	31.80	8.09	416.71
2003-04	0.00	22.85	40.09	41.62	40.78	27.30	47.77	24.52	38.31	29.72	15.57	0.00	328.52
2004-05	0.00	17.42	42.01	39.50	39.68	35.49	47.70	35.81	39.52	38.76	20.18	0.00	356.08
2005-06	0.00	32.79	44.80	46.92	47.13	38.54	25.76	47.79	44.58	36.51	42.24	2.54	409.61
2006-07	0.00	26.69	44.86	45.66	46.04	36.67	49.79	40.87	37.58	1.95	27.21	2.34	359.66
2007-08	0.00	16.87	41.83	30.82	40.74	32.25	45.56	43.98	35.52	36.70	23.48	0.00	347.76
<b>Promedio</b>	<b>0.34</b>	<b>23.93</b>	<b>36.74</b>	<b>38.35</b>	<b>38.35</b>	<b>35.88</b>	<b>40.03</b>	<b>35.83</b>	<b>37.37</b>	<b>29.44</b>	<b>23.63</b>	<b>1.09</b>	<b>356.40</b>

**Anexo 2 – Requerimiento Neto Mensual de los cultivos irrigados por el  
Canal Matriz Nuevo Alvear - Valores en (Hm<sup>3</sup>)**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
1980	26,5	19,6	15,6	7,2	3,7	0,5	0,6	4,7	8,2	14,1	22,0	26,8	149,5
1981	26,5	18,9	15,6	7,2	3,7	0,5	0,6	4,7	8,2	14,1	22,0	26,8	148,9
1982	26,5	18,9	15,6	7,2	3,7	0,5	0,6	4,7	8,2	14,1	22,0	26,8	148,9
1983	26,5	18,9	15,6	7,2	3,7	0,5	0,6	4,7	8,2	14,1	22,0	26,8	148,9
1984	26,5	19,6	15,6	7,2	3,7	0,5	0,6	4,7	8,2	14,1	22,0	26,8	149,5
1985	23,8	17,1	14,1	6,9	3,6	0,6	0,8	4,2	7,2	12,5	20,0	24,1	135,0
1986	23,8	17,1	14,1	6,9	3,6	0,6	0,8	4,2	7,2	12,5	20,0	24,1	135,0
1987	23,8	17,1	14,1	6,9	3,6	0,6	0,8	4,2	7,2	12,5	20,0	24,1	135,0
1988	23,8	17,7	14,1	6,9	3,6	0,6	0,8	4,2	7,2	12,5	20,0	24,1	135,6
1989	23,8	17,1	14,1	6,9	3,6	0,6	0,8	4,2	7,2	12,5	20,0	24,1	135,0
1990	23,8	17,1	14,1	6,9	3,6	0,6	0,8	4,2	7,2	12,5	20,0	24,1	135,0
1991	23,8	17,1	14,1	6,9	3,6	0,6	0,8	4,2	7,2	12,5	20,0	24,1	135,0
1992	23,8	17,7	14,1	6,9	3,6	0,6	0,8	4,2	7,2	12,5	20,0	24,1	135,6
1993	18,7	13,3	11,0	5,5	2,8	0,3	0,4	3,3	5,6	9,8	15,6	18,9	105,1
1994	18,7	13,3	11,0	5,5	2,8	0,3	0,4	3,3	5,6	9,8	15,6	18,9	105,1
1995	18,7	13,3	11,0	5,5	2,8	0,3	0,4	3,3	5,6	9,8	15,6	18,9	105,1
1996	18,7	13,8	11,0	5,5	2,8	0,3	0,4	3,3	5,6	9,8	15,6	18,9	105,6
1997	18,7	13,3	11,0	5,5	2,8	0,3	0,4	3,3	5,6	9,8	15,6	18,9	105,1
1998	18,7	13,3	11,0	5,5	2,8	0,3	0,4	3,3	5,6	9,8	15,6	18,9	105,1
1999	18,7	13,3	11,0	5,5	2,8	0,3	0,4	3,3	5,6	9,8	15,6	18,9	105,1
2000	23,4	18,3	13,4	7,1	3,3	0,5	0,6	3,9	6,9	11,9	20,0	23,7	133,2
2001	23,4	16,6	13,4	6,9	3,3	0,5	0,6	3,9	6,7	11,9	19,4	23,7	130,3
2002	23,4	16,6	13,4	6,9	3,3	0,5	0,6	3,9	6,7	11,9	19,4	23,7	130,3
2003	23,4	16,6	13,4	6,9	3,3	0,5	0,6	3,9	6,7	11,9	19,4	23,7	130,3
2004	23,4	17,2	13,4	6,9	3,3	0,5	0,6	3,9	6,7	11,9	19,4	23,7	130,9
2005	23,4	16,6	13,4	6,9	3,3	0,5	0,6	3,9	6,7	11,9	19,4	23,7	130,3
2006	23,4	16,6	13,4	6,9	3,3	0,5	0,6	3,9	6,7	11,9	19,4	23,7	130,3
2007	23,4	16,6	13,4	6,9	3,3	0,5	0,6	3,9	6,7	11,9	19,4	23,7	130,3
2008	23,4	17,2	13,4	6,9	3,3	0,5	0,6	3,9	6,7	11,9	19,4	23,7	130,9
<b>Promedio</b>	22,9	16,5	13,4	6,6	3,3	0,5	0,6	4,0	6,8	12,0	19,1	23,2	128,95

### Anexo 3 – Tabla de precipitación (mm)

LUGAR: SUBDELEGACION DE AGUAS DEL RIO ATUEL - Gral. Alvear 470,732 m.s.n.m. long W 67°41'52" lat S 34°58'26"

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1980	40.1	66.0	19.5	32.2	9.4	9.6	5.9	0.0	0.0	11.5	15.8	27.3	237.3
1981	117.8	47.1	38.1	21.0	18.1	0.0	0.0	25.0	9.5	13.7	57.4	18.4	366.1
1982	45.2	69.2	43.4	87.5	0.0	32.8	32.5	0.0	52.5	1.5	18.3	31.7	414.6
1983	172.9	10.0	58.9	20.3	9.8	30.4	0.0	20.3	14.7	0.0	14.3	46.5	398.1
1984	46.6	49.7	214.0	74.0	2.8	2.8	54.0	0.0	74.4	10.8	119.0	35.7	683.8
1985	95.9	84.7	9.1	27.2	0.0	0.0	68.2	0.0	10.9	23.4	64.7	34.0	418.1
1986	67.2	11.2	0.0	27.1	5.5	9.3	0.0	0.0	28.4	15.3	13.9	47.5	225.4
1987	37.5	9.9	44.0	9.5	8.7	0.0	12.2	6.8	4.2	21.0	8.8	32.8	195.4
1988	18.2	76.9	19.8	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0	9.5	133.1
1989	18.7	21.5	58.9	0.0	11.5	0.0	0.0	23.0	0.0	0.0	23.0	73.5	230.1
1990	26.0	89.6	34.8	10.5	11.0	0.0	0.0	16.5	14.0	62.5	0.0	40.0	304.9
1991	114.6	35.5	22.6	4.8	22.8	5.5	2.3	21.2	15.0	34.5	64.5	106.6	449.9
1992	57.1	82.1	14.5	53.8	2.0	4.0	10.3	4.2	22.3	3.8	49.3	36.8	340.2
1993	24.5	17.5	42.3	22.5	7.5	4.0	0.0	20.0	27.2	71.0	4.0	10.0	250.5
1994	58.0	80.5	40.7	39.2	13.2	0.0	3.7	5.5	0.0	147.8	0.0	43.3	431.9
1995	16.7	84.7	48.3	14.5	0.0	0.0	0.0	0.0	14.0	11.0	15.2	25.5	229.9
1996	27.3	0.0	24.5	47.8	0.0	15.0	0.0	13.5	10.0	20.3	14.5	136.4	309.3
1997	73.4	9.2	35.5	21.0	7.8	9.5	30.0	13.0	0.0	5.9	0.0	174.5	379.8
1998	64.8	127.4	27.5	106.5	0.0	0.0	0.0	0.0	29.6	8.8	30.8	23.7	419.1
1999	69.6	11.4	45.0	61.8	8.1	21.0	17.5	38.1	31.6	141.8	96.4	49.4	591.7
2000	28.5	5.3	76.7	37.3	46.3	17.5	29.8	0.0	43.4	45.0	39.1	13.6	382.5
2001	39.2	44.3	98.2	57.6	7.8	0.0	0.0	6.0	108.5	82.0	16.8	25.4	485.8
2002	69.5	39.4	19.6	72.2	13.5	4.0	1.1	17.3	15.0	6.2	0.0	67.9	325.7
2003	14.6	4.4	5.9	20.6	0.0	0.0	0.0	3.0	4.4	1.4	6.5	1.0	61.8
2004	50.8	19.3	58.1	23.2	51.7	0.0	3.3	8.5	10.0	30.0	88.5	0.0	343.4
2005	19.0	59.8	17.1	0.0	6.5	1.5	5.3	5.7	4.6	22.0	26.0	27.5	195.0
2006	9.5	1.2	12.2	31.5	0.0	2.5	8.4	0.0	2.8	12.2	25.5	41.9	147.7
2007	70.7	33.8	207.2	11.5	0.0	19.2	0.0	18.7	9.2	36.1	43.9	23.5	473.8
2008	124.5	89.2	71.2	8.9	5.3	10.1	0.0	9.1	20.5	22.9	38.3	51.1	451.1
<b>MEDIA</b>	<b>55.8</b>	<b>44.2</b>	<b>48.5</b>	<b>32.6</b>	<b>9.3</b>	<b>6.9</b>	<b>9.8</b>	<b>9.5</b>	<b>20.1</b>	<b>29.7</b>	<b>30.8</b>	<b>43.3</b>	<b>340.6</b>
<b>DESV.</b>	<b>39.0</b>	<b>34.9</b>	<b>50.2</b>	<b>27.4</b>	<b>12.5</b>	<b>9.3</b>	<b>17.3</b>	<b>10.1</b>	<b>24.1</b>	<b>38.2</b>	<b>31.2</b>	<b>38.4</b>	

**Anexo 4 – Tabla de volumen de precipitación efectiva para Alvear-Bowen**  
(Valores en Hm³)

<b>PERIODO/MES</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>TOTAL</b>
1980	13,6	22,4	6,6	10,9	3,2	3,3	2,0	0,0	0,0	3,9	5,4	9,3	80,7
1981	40,1	16,0	13,0	7,1	6,2	0,0	0,0	8,5	3,2	4,7	19,5	6,3	124,5
1982	15,4	23,5	14,8	29,8	0,0	11,2	11,1	0,0	17,9	0,5	6,2	10,8	141,0
1983	58,8	3,4	20,0	6,9	3,3	10,3	0,0	6,9	5,0	0,0	4,9	15,8	135,4
1984	15,8	16,9	72,8	25,2	1,0	1,0	18,4	0,0	25,3	3,7	40,5	12,1	232,5
1985	32,6	28,8	3,1	9,2	0,0	0,0	23,2	0,0	3,7	8,0	22,0	11,6	142,2
1986	22,8	3,8	0,0	9,2	1,9	3,2	0,0	0,0	9,7	5,2	4,7	16,2	76,6
1987	12,8	3,4	15,0	3,2	3,0	0,0	4,1	2,3	1,4	7,1	3,0	11,2	66,4
1988	6,2	26,1	6,7	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	3,2	45,3
1989	6,4	7,3	20,0	0,0	3,9	0,0	0,0	7,8	0,0	0,0	7,8	25,0	78,2
1990	8,8	30,5	11,8	3,6	3,7	0,0	0,0	5,6	4,8	21,3	0,0	13,6	103,7
1991	39,0	12,1	7,7	1,6	7,8	1,9	0,8	7,2	5,1	11,7	21,9	36,2	153,0
1992	19,4	27,9	4,9	18,3	0,7	1,4	3,5	1,4	7,6	1,3	16,8	12,5	115,7
1993	8,3	6,0	14,4	7,7	2,6	1,4	0,0	6,8	9,2	24,1	1,4	3,4	85,2
1994	19,7	27,4	13,8	13,3	4,5	0,0	1,3	1,9	0,0	50,3	0,0	14,7	146,8
1995	5,7	28,8	16,4	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	3,7	5,2	8,7	78,2
1996	9,3	0,0	8,3	16,3	0,0	5,1	0,0	4,6	3,4	6,9	4,9	46,4	105,2
1997	25,0	3,1	12,1	7,1	2,7	3,2	10,2	4,4	0,0	2,0	0,0	59,3	129,1
1998	22,0	43,3	9,4	36,2	0,0	0,0	0,0	0,0	10,1	3,0	10,5	8,1	142,5
1999	23,7	3,9	15,3	21,0	2,8	7,1	6,0	13,0	10,7	48,2	32,8	16,8	201,2
2000	9,7	1,8	26,1	12,7	15,7	6,0	10,1	0,0	14,8	15,3	13,3	4,6	130,1
2001	13,3	15,1	33,4	19,6	2,7	0,0	0,0	2,0	36,9	27,9	5,7	8,6	165,2
2002	23,6	13,4	6,7	24,5	4,6	1,4	0,4	5,9	5,1	2,1	0,0	23,1	110,7
2003	5,0	1,5	2,0	7,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,5	0,5	2,2	0,3	21,0
2004	17,3	6,6	19,8	7,9	17,6	0,0	1,1	2,9	3,4	10,2	30,1	0,0	116,8
2005	6,5	20,3	5,8	0,0	2,2	0,5	1,8	1,9	1,6	7,5	8,8	9,4	66,3
2006	3,2	0,4	4,1	10,7	0,0	0,9	2,9	0,0	1,0	4,1	8,7	14,2	50,2
2007	24,0	11,5	70,4	3,9	0,0	6,5	0,0	6,4	3,1	12,3	14,9	8,0	161,1
2008	42,3	30,3	24,2	3,0	1,8	3,4	0,0	3,1	7,0	7,8	13,0	17,4	153,4
2009	1,6	3,6	8,9	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,1
<b>MEDIA</b>	<b>17,3</b>	<b>13,5</b>	<b>19,7</b>	<b>13,3</b>	<b>4,3</b>	<b>2,3</b>	<b>2,0</b>	<b>3,3</b>	<b>8,6</b>	<b>12,6</b>	<b>12,7</b>	<b>10,0</b>	<b>119,9</b>

## Anexo 5 – Censo de cultivos

### Censo de cultivos – Estudio de eficiencia y conducción del Río Atuel – DGI (1980)

(Totales en hectáreas discriminados por tipo de cultivo y canal de riego)

	TOTAL RIO ATUEL	ALVEAR-BOWEN	REAL DEL PADRE	SOITUÉ-ATUELSUD	SAN PEDRO
<b>VID</b>	<b>25646</b>	11068	3073	2963	1062
<b>FRUTALES CAROZO</b>	<b>6797</b>	1874	1487	666	141
<b>FRUTALES PEPITA</b>	<b>1149</b>	467	241	131	104
<b>FORRAJERAS</b>	<b>5518</b>	1909	512	1115	867
<b>CULTIVOS ANUALES</b>	<b>3691</b>	968	715	776	353
<b>FORESTALES</b>	<b>1452</b>	147	36	228	551
<b>TOTAL</b>	<b>44254</b>	<b>16432</b>	<b>6066</b>	<b>5882</b>	<b>3080</b>

### Cuadro Resumen de Censos Agrícolas Nacionales y Provinciales

Año	1988	1992	1995	2002
Cultivo	cna88	CFP	act 95	cna02
<b>VID</b>	8579		6863	5222
<b>FRUTALES CAROZO</b>	2495	3974	3312	6028
<b>FRUTALES PEPITA</b>	992	1066	974	1128
<b>FORRAJERAS</b>	4065		2438	3243
<b>CULTIVOS ANUALES</b>	492		250	460
<b>FORESTALES</b>	609		365	634
<b>OLIVO</b>	22		14	54
<b>OTROS</b>	794		81	268
<b>TOTAL</b>	<b>18048</b>	<b>16173</b>	<b>14297</b>	<b>17037</b>

CNA88: Censo Nacional Agropecuario 1988

CFP: Censo Frutícola Provincial 1992

Act95: Actualización de Censo Nacional 1995

CNA02: Censo Nacional Agropecuario 2002

**Anexo 6 – Tabla de Consumo Total (CT) para el área Alvear - Bowen**

<b>ET/(I+P)</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>PROMEDIO</b>
1980	0,60	0,28	0,20	0,13	0,09	1,01	2,10		0,29	0,41	0,43	0,69	0,56
1981	0,26	0,37	0,17	0,14	0,11		105,72	0,17	0,25	0,43	0,38	0,69	9,88
1982	0,34	0,31	0,19	0,14	0,34	0,30	0,38	1,88	0,21	0,45	0,45	0,42	0,45
1983	0,24	0,45	0,15	0,13	0,12	0,19	8,93	0,17	0,28	0,47	0,47	0,49	1,01
1984	0,36	0,40	0,09	0,14	0,19	3,46	0,23	1,59	0,21	0,47	0,31	0,46	0,66
1985	0,36	0,26	0,21	0,14	0,12		0,18	0,30	0,28	0,39	0,35	0,45	0,28
1986	0,31	0,45	0,24	0,14	1,99	1,09		0,18	0,19	0,33	0,38	0,37	0,52
1987	0,31	0,30	0,16	0,12	0,09		1,02	0,21	0,21	0,29	0,47	0,37	0,32
1988	0,32	0,19	0,17	0,13	0,15		0,88	0,13	0,22	0,41	0,42	0,44	0,32
1989	0,37	0,32	0,14	0,13	0,17			0,22	0,31	0,44	0,36	0,31	0,28
1990	0,34	0,20	0,18	0,14	0,17			0,18	0,27	0,30	0,52	0,40	0,27
1991	0,28	0,33	0,20	0,16	0,21	1,84	5,41	0,15	0,21	0,30	0,32	0,27	0,81
1992	0,29	0,24	0,18	0,10	0,11	2,53	1,21	0,23	0,23	0,36	0,31	0,41	0,52
1993	0,25	0,22	0,11	0,09	0,08	2,16	0,80	0,11	0,16	0,20	0,34	0,34	0,41
1994	0,20	0,16	0,11	0,08	0,70		2,85	0,13	0,20	0,19	0,34	0,24	0,47
1995	0,30	0,15	0,13	0,09	0,11			0,14	0,16	0,26	0,29	0,28	0,19
1996	0,28	0,25	0,12	0,08	0,13	0,58		0,13	0,19	0,31	0,38	0,21	0,24
1997	0,23	0,32	0,22	0,09	0,17	0,91	0,35	0,21	0,21	0,29	0,41	0,19	0,30
1998	0,21	0,15	0,14	0,06	0,08			0,15	0,39	0,36	0,35	0,43	0,23
1999	0,25	0,35	0,16	0,10	0,19	0,41	0,60	0,15	0,16	0,15	0,28	0,32	0,26
2000	0,39	0,38	0,17	0,15	0,13	0,41	0,42	0,22	0,18	0,31	0,38	0,37	0,29
2001	0,38	0,24	0,11	0,11	0,12	4,30		0,15	0,12	0,29	0,48	0,36	0,61
2002	0,26	0,27	0,19	0,12	0,09	0,36	11,26	0,17	0,19	0,33	0,39	0,30	1,16
2003	0,35	0,31	0,18	0,13	0,12	0,43		0,23	0,23	0,39	0,43	0,71	0,32
2004	0,28	0,45	0,15	0,14	0,11		3,75	0,27	0,21	0,33	0,27	0,55	0,59
2005	0,33	0,25	0,19	0,14	0,17	6,78	2,34	0,16	0,21	0,30	0,33	0,41	0,97
2006	0,62	0,29	0,18	0,11	0,09	1,02	1,47	0,20	0,21	0,33	0,34	0,38	0,44
2007	0,24	0,27	0,08	0,90	0,14	0,39		0,23	0,21	0,38	0,33	0,49	0,33
2008	0,21	0,19	0,14	0,13	0,15	1,01	12,44	0,20	0,22	0,35	0,36	0,37	1,31
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,32</b>	<b>0,29</b>	<b>0,16</b>	<b>0,15</b>	<b>0,22</b>	<b>1,54</b>	<b>8,12</b>	<b>0,30</b>	<b>0,22</b>	<b>0,34</b>	<b>0,38</b>	<b>0,40</b>	<b>0,83</b>

## Anexo 7 – ZONA ALVEAR - Niveles freáticos medios (Serie 1980-2008)

Valores en metros

Freta.Nº	Nº Lectura	PROMEDIO	VARIANZA	DES.V. EST	MIN	MAX	Nº lectura	VERANO	Nº lectura	OTOÑO	Nº lectura	INVIERNO	Nº lectura	PRIMA - VERA
401	114	1.67	0.08	0.29	0.77	2.47	29	1.70	27	1.50	28	1.95	30	1.52
402	113	1.34	0.14	0.38	0.27	2.41	29	1.42	29	1.25	27	1.64	28	1.07
403	118	1.53	0.10	0.32	0.54	2.37	28	1.63	31	1.45	26	1.81	33	1.31
404	117	1.63	0.08	0.28	0.62	2.29	30	1.77	28	1.55	26	1.74	33	1.49
405	114	1.77	0.09	0.31	0.60	2.50	27	1.99	29	1.67	26	1.89	32	1.59
406	119	1.44	0.07	0.27	0.68	2.30	29	1.56	29	1.32	28	1.66	33	1.24
407	25	2.41	0.40	0.63	0.71	3.00	5	2.13	8	2.23	7	2.70	5	2.59
408	21	1.55	0.04	0.19	1.33	1.91	3	1.58	6	1.52	7	1.68	5	1.39
409	21	2.34	0.00	0.06	2.25	2.47	3	2.38	6	2.32	7	2.37	5	2.28
1	23	1.41	0.37	0.61	0.38	2.50	5	1.20	6	1.19	5	1.80	7	1.46
2	21	1.23	0.12	0.34	0.64	2.01	4	0.86	6	1.21	5	1.59	6	1.19
3	15	1.36	0.19	0.43	0.79	2.16	4	1.26	3	1.34	3	1.81	5	1.17
4	16	2.27	0.16	0.40	1.05	2.60	5	2.44	4	2.43	1	2.35	6	2.00
5	13	2.13	0.20	0.45	0.99	2.72	2	2.45	3	2.09	3	2.44	5	1.85
6	24	1.05	0.07	0.27	0.57	1.77	6	1.05	7	0.97	4	1.44	7	0.92
7	20	1.59	0.08	0.29	0.64	1.88	4	1.83	6	1.36	5	1.62	5	1.65
8	13	1.87	0.20	0.45	0.62	2.48	3	2.09	3	1.91	3	2.12	4	1.49
9	24	1.23	0.14	0.37	0.38	1.75	5	1.28	8	1.14	5	1.51	6	1.09
10	14	2.27	0.07	0.26	1.76	2.75	2	2.39	4	2.16	1	2.40	7	2.28
11	21	1.65	0.13	0.37	0.68	2.30	5	1.51	5	1.84	1	1.82	10	1.61
12	24	1.42	0.08	0.29	0.89	2.07	5	1.47	5	1.27	5	1.81	9	1.26
13	29	2.04	0.04	0.20	1.57	2.48	6	2.18	8	2.02	5	2.16	10	1.91
14	24	1.58	0.18	0.42	0.83	2.48	4	1.85	6	1.48	5	1.95	9	1.31
15	24	1.02	0.05	0.23	0.50	1.44	4	1.09	7	0.88	4	1.20	9	1.02
16	23	1.59	0.21	0.46	0.54	2.39	4	2.06	5	1.57	5	1.67	9	1.34
17	24	1.55	0.37	0.61	0.60	2.55	4	1.73	7	1.62	3	1.99	10	1.29
18	12	2.71	0.31	0.56	1.05	3.25	3	3.06	2	2.84	2	2.97	5	2.33
19	16	1.17	0.94	0.97	0.13	2.61	3	0.89	5	0.97	3	1.21	5	1.51
20	22	1.80	0.23	0.48	0.49	2.61	4	1.94	6	1.88	4	1.97	8	1.58
21	26	1.70	0.14	0.37	0.87	2.46	5	1.93	7	1.74	5	1.99	9	1.36
22	22	1.64	0.29	0.54	0.10	2.47	5	1.83	5	1.77	4	2.01	8	1.25
Cloaca SO	1	1.75			1.75	1.75	1	1.75	0		0		0	
Cloaca SE	0						0		0		0		0	
PROMEDIO	37	1.69	0.19	0.39	0.82	2.34	7	1.77	8	1.64	7	1.92	10	1.54

## Anexo 8 – ZONA BOWEN - Niveles freáticos medios (Serie 1980-2008)

Valores en metros							VERANO		OTOÑO		INVIERNO		PRIMAVERA	
Freat.N°	N° Lecturas	PROMEDIO	VARIANZA	DES.V.EST	MIN	MAX	N° Lecturas	Prof. (m)	N° Lecturas	Prof. (m)	N° Lecturas	Prof. (m)	N° Lecturas	Prof. (m)
301	130	1.69	0.08	0.28	1.14	2.48	33	1.71	32	1.60	29	1.98	36	1.51
302	118	2.03	0.19	0.44	0.31	2.71	30	2.20	28	1.94	27	2.17	33	1.85
303	128	1.35	0.10	0.31	0.25	2.36	33	1.34	30	1.27	29	1.66	36	1.18
304	128	1.45	0.09	0.30	0.71	2.27	33	1.58	30	1.36	29	1.58	36	1.29
305	124	1.14	0.11	0.34	0.52	2.26	33	1.18	29	1.04	29	1.41	33	0.97
306	128	0.87	0.06	0.24	0.25	1.39	33	1.03	30	0.80	29	0.83	36	0.81
307	122	1.89	0.11	0.33	0.86	2.62	31	2.05	30	1.83	27	2.02	34	1.68
308	123	1.40	0.07	0.27	0.61	2.15	32	1.58	28	1.33	29	1.47	34	1.21
309	127	2.08	0.08	0.29	1.29	2.70	32	2.16	31	1.99	29	2.25	35	1.95
310	116	1.71	0.07	0.26	0.86	2.21	32	1.91	26	1.62	28	1.78	30	1.51
311	124	1.36	0.08	0.28	0.45	2.03	32	1.51	29	1.30	29	1.49	34	1.16
312	123	1.34	0.08	0.28	0.10	2.08	32	1.40	31	1.21	27	1.58	33	1.23
313	63	0.93	0.06	0.25	0.38	1.72	16	1.10	16	0.78	14	1.03	17	0.83
314	127	1.84	0.09	0.29	0.62	2.49	33	1.97	30	1.82	28	2.00	36	1.62
315	124	1.61	0.10	0.32	1.00	2.42	31	1.70	31	1.58	29	1.83	33	1.35
316	121	2.03	0.10	0.32	1.17	3.00	31	2.11	30	1.96	28	2.23	32	1.84
317	122	1.31	0.11	0.33	0.58	2.18	32	1.48	30	1.24	26	1.44	34	1.10
318	71	1.67	0.09	0.31	0.61	2.53	18	1.85	15	1.55	17	1.90	21	1.41
319	75	1.74	0.07	0.27	0.98	2.35	16	1.80	18	1.74	18	1.94	23	1.55
320	81	1.16	0.08	0.28	0.59	2.20	18	1.37	19	1.12	20	1.30	24	0.93
321	77	1.38	0.14	0.37	0.61	2.08	18	1.47	20	1.32	17	1.65	22	1.15
322	42	2.81	0.01	0.07	2.45	2.92	9	2.81	10	2.82	11	2.84	12	2.78
323	50	2.62	0.19	0.44	1.20	3.10	12	2.78	10	2.55	13	2.72	15	2.45
324	81	1.39	0.09	0.29	0.66	2.20	20	1.45	19	1.36	20	1.58	22	1.19
325	58	0.93	0.09	0.30	0.45	1.75	13	1.00	15	0.85	14	1.13	16	0.78
326	58	2.15	0.11	0.33	1.23	2.84	14	2.25	13	1.91	15	2.36	16	2.08
327	80	1.53	0.06	0.24	0.91	2.29	19	1.57	19	1.46	19	1.78	23	1.37
328	47	2.23	0.06	0.25	1.39	2.65	9	2.31	12	2.18	14	2.41	12	1.99
329	67	1.71	0.10	0.32	0.75	2.46	17	1.80	16	1.66	18	1.84	16	1.52
330	71	1.12	0.06	0.24	0.67	1.87	18	1.14	16	1.08	19	1.27	18	0.98
331	54	1.61	0.06	0.24	0.95	2.10	13	1.69	14	1.54	15	1.75	12	1.42
332	51	2.24	0.04	0.21	1.69	2.73	10	2.32	11	2.25	14	2.28	16	2.16
333	28	2.78	0.09	0.30	1.85	3.00	7	2.63	7	2.75	8	2.91	6	2.79
334	28	2.93	0.01	0.09	2.70	3.03	7	2.93	7	2.96	8	2.97	6	2.83
335	28	2.80	0.02	0.16	2.50	3.00	7	2.83	7	2.86	8	2.82	6	2.67
336	39	2.11	0.15	0.39	0.90	2.57	9	2.15	9	2.18	11	2.28	10	1.82
337	57	2.04	0.08	0.29	0.93	2.75	14	2.18	13	2.05	14	2.11	16	1.86
338	63	0.83	0.27	0.52	0.00	1.86	15	0.80	13	0.87	17	0.93	18	0.74
339	78	1.92	0.16	0.40	0.95	2.82	18	1.89	19	1.98	18	2.24	23	1.64
340	71	1.57	0.07	0.26	0.87	2.01	18	1.67	16	1.57	17	1.72	20	1.35
341	70	1.55	0.08	0.28	0.78	2.22	17	1.54	15	1.62	17	1.65	21	1.42
342	74	1.84	0.08	0.28	1.23	2.56	18	1.92	18	1.88	17	1.88	21	1.70
343	12	1.88	0.19	0.44	0.82	2.49	1	1.86	3	1.97	5	2.03	3	1.53
344	55	1.52	0.17	0.42	0.31	2.69	11	1.48	15	1.56	16	1.68	13	1.31
345	51	1.64	0.52	0.72	0.45	2.82	10	1.80	12	1.71	13	1.59	16	1.54
346	40	3.04	0.01	0.11	2.45	3.15	8	3.05	10	3.03	11	3.07	11	3.01
<b>PROMEDIO</b>	81	1.76	0.10	0.30	0.93	2.44	20	1.83	19	1.72	19	1.90	22	1.59



## Anexo 9 – ZONA SAN PEDRO - Niveles freáticos medios (Serie 1980-2008)

Valores en metros

Freat.Nº	Nº Lecturas Totales	PROMEDIO	VARIANZA	DESV.EST	MIN	MAX	VERANO		OTOÑO		INVIERNO		PRIMAVERA	
							Nº Lecturas	Prof. (m)	Nº Lecturas	Prof. (m)	Nº Lecturas	Prof. (m)	Nº Lecturas	Prof. (m)
201	127	1.23	0.07	0.27	0.74	2.03	35	1.47	30	1.21	29	1.17	33	1.03
202	129	1.92	0.09	0.31	1.24	2.74	35	2.09	31	1.91	29	2.01	34	1.66
203	129	1.45	0.07	0.27	0.58	2.28	35	1.67	31	1.43	29	1.44	34	1.24
204	126	1.33	0.12	0.35	0.57	2.09	35	1.39	30	1.28	28	1.65	33	1.06
205	112	1.68	0.08	0.28	0.24	2.14	32	1.83	28	1.69	23	1.68	29	1.49
206	129	1.84	0.08	0.28	1.14	2.45	35	2.04	31	1.84	29	1.85	34	1.62
207	129	1.82	0.08	0.29	1.11	2.39	35	1.99	31	1.82	29	1.80	34	1.66
208	129	1.59	0.09	0.30	0.83	2.23	35	1.83	31	1.58	29	1.50	34	1.42
209	122	1.98	0.19	0.43	1.04	3.07	33	2.17	28	2.07	29	2.01	32	1.69
210	73	1.36	0.16	0.40	0.68	2.05	17	1.48	16	1.45	17	1.33	23	1.24
211	125	1.77	0.10	0.31	1.01	2.49	34	1.90	30	1.79	28	1.81	33	1.60
212	126	1.07	0.09	0.30	0.39	1.91	35	1.34	31	1.02	28	0.95	32	0.91
213	126	2.96	0.06	0.25	2.41	3.48	35	3.17	30	2.90	28	2.91	33	2.82
214	127	1.64	0.22	0.47	0.77	2.96	35	1.92	31	1.61	28	1.66	33	1.36
215	128	2.46	0.06	0.25	1.76	2.95	35	2.55	31	2.44	29	2.58	33	2.28
216	128	2.01	0.13	0.36	0.98	2.71	35	2.14	31	2.04	29	2.12	33	1.73
217	111	1.48	0.16	0.40	0.16	2.18	30	1.78	24	1.47	26	1.35	31	1.32
218	50	2.05	0.25	0.50	0.60	2.76	15	2.16	10	2.00	11	2.29	14	1.78
219	19	1.81	0.06	0.24	1.31	2.05	7	1.96	3	1.85	4	1.94	5	1.48
220	37	1.84	0.27	0.52	0.33	2.42	9	1.87	8	1.74	11	1.90	9	1.81
221	65	1.22	0.08	0.28	0.50	1.61	17	1.37	16	1.34	14	1.21	18	0.98
222	62	1.31	0.06	0.25	0.20	1.83	16	1.46	14	1.36	14	1.30	18	1.14
223	52	1.87	0.27	0.52	0.59	2.35	13	1.94	11	1.58	12	2.09	16	1.83
224	56	2.06	0.10	0.32	0.83	2.77	14	2.23	12	2.01	13	2.09	17	1.92
225	19	2.84	0.07	0.26	1.83	2.95	5	2.86	4	2.67	4	2.95	6	2.88
<b>97</b>	<b>1.78</b>	<b>0.12</b>	<b>0.34</b>	<b>0.874</b>	<b>2.436</b>	<b>26</b>	<b>1.945</b>	<b>23</b>	<b>1.764</b>	<b>22</b>	<b>1.824</b>	<b>26</b>	<b>1.598</b>	

**Anexo 10 – ZONA SOITUÉ JAIME PRATS - Niveles freáticos medios  
(Serie 1980-2008) - Valores en metros**

Freat	Cantidad	Promedio	Varianza	Desv.	Min	Max	VERANO		OTOÑO		INVIERNO		PRIMAVERA	
							Nº Lecturas	Prof. (m)	Nº Lecturas	Prof. (m)	Nº Lecturas	Prof. (m)	Nº Lecturas	Prof. (m)
601	124	1.52	0.08	0.29	0.60	2.47	32	1.62	31	1.46	28	1.64	33	1.35
602	123	1.26	0.07	0.26	0.34	2.06	32	1.31	31	1.24	27	1.36	33	1.14
603	121	1.07	0.19	0.43	0.19	2.18	30	1.30	31	1.11	28	0.97	32	0.88
604	123	1.31	0.10	0.32	0.76	2.36	31	1.59	31	1.25	28	1.20	33	1.18
605	102	1.81	0.13	0.36	0.79	2.56	27	1.89	23	1.83	25	1.96	27	1.58
606	125	1.95	0.23	0.48	0.94	3.14	32	2.13	31	1.99	28	1.99	34	1.72
607	124	1.67	0.13	0,36	0,71	2,73	32	1,90	31	1,67	27	1,58	34	1,51
608	119	1.66	0.18	0.43	0.70	3.01	31	1.87	28	1.67	27	1.62	33	1.49
609	1	1.49			1.49	1.49	0		0		1	1.49	0	
	<b>107</b>	<b>1,52</b>	<b>0,14</b>	<b>0,37</b>	<b>0,72</b>	<b>2,44</b>	<b>27</b>	<b>1,70</b>	<b>26</b>	<b>1,53</b>	<b>24</b>	<b>1,53</b>	<b>29</b>	<b>1,35</b>

**Anexo 11 – ZONA REAL DEL PADRE - Niveles freáticos medios**  
**(Serie 1980-2008) - Valores en metros**

Freat.N°	Cantidad	PROMEDIO	VARIANZA	DESV.EST	MIN	MAX	VERANO		OTOÑO		INVIERNO		PRIMAVERA	
							N° Lecturas	Prof. (m)	N° Lecturas	Prof. (m)	N° Lecturas	Prof. (m)	N° Lecturas	Prof. (m)
1	9	3.00	0.00	0.00	3	3	3	3.00	3	3.00	2	3.00	1	3.00
2	9	2.99	0.00	0.03	2.92	3	3	2.97	3	3.00	2	3.00	1	3.00
3	7	2.72	0.23	0.48	1.69	3.1	3	2.78	3	2.57	0		1	3.00
4	23	2.22	0.30	0.55	1.14	3.03	7	2.32	9	2.24	3	2.71	4	1.62
5	9	2.99	0.00	0.01	2.96	3	3	2.99	3	2.99	2	3.00	1	
6	22	1.24	0.15	0.39	0.3	1.76	8	1.24	6	1.39	5	1.46	3	0.57
7	24	2.20	0.11	0.34	1.51	2.7	7	2.27	9	2.23	4	2.46	4	1.73
8	23	1.74	0.20	0.45	0.91	2.35	7	1.58	8	1.92	3	2.28	5	1.35
9	7	2.23	0.26	0.51	1.22	2.84	3	1.88	3	2.38	1	2.84	0	
10	13	1.02	0.22	0.47	0.13	1.5	4	1.10	5	1.06	3	1.14	1	0.13
11	23	1.64	0.18	0.42	0.88	2.4	6	1.71	9	1.59	4	1.95	4	1.36
12	8	2.56	0.07	0.27	2.07	2.98	3	2.36	3	2.54	2	2.89	0	
13	15	2.10	0.36	0.60	0.5	2.6	5	1.96	5	2.25	3	2.55	2	1.41
14	8	3.00	0.00	0.01	3	3.02	3	3.00	3	3.01	2		0	
15	9	2.35	0.01	0.11	2.1	2.53	3	2.43	3	2.37	3	2.27	0	
16	8	1.95	0.04	0.20	1.68	2.21	3	1.90	3	1.91	2	2.09	0	
17	17	1.34	0.12	0.34	0.76	1.9	6	1.39	4	1.41	4	1.45	3	1.04
18	13	1.45	0.19	0.44	0.4	1.86	4	1.40	4	1.60	3	1.77	2	0.78
19	9	2.16	0.40	0.63	0.61	2.79	3	2.17	3	2.32	2	2.70	1	0.61
20	6	3.00	0.00	0.00	3	3	1	3.00	3	3.00	2	3.00	0	
20-A	9	0.69	0.03	0.18	0.42	0.95	3	0.91	3	0.61	3	0.55	0	
21	25	1.66	0.23	0.48	0.58	2.58	8	1.64	9	1.82	5	1.76	3	1.03
22	30	1.48	0.25	0.50	0.05	2.35	10	1.46	9	1.63	6	1.89	5	0.73
23	21	1.84	0.20	0.44	0.98	2.53	6	1.90	8	1.92	3	2.33	4	1.20
24	14	1.38	0.20	0.44	0.25	1.82	3	1.34	4	1.48	5	1.64	2	0.62
25	9	2.05	0.05	0.23	1.7	2.41	3	2.04	3	2.02	3	2.10	0	
26	18	2.01	0.12	0.35	1.43	2.69	5	2.05	6	2.07	4	2.10	3	1.68
27	9	2.69	0.10	0.31	1.99	3.00	3	2.70	3	2.71	2	3.00	1	1.99
27-A	7	2.15	0.01	0.10	1.96	2.30	2	2.14	3	2.08	2	2.26	0	
28	27	1.07	0.03	0.18	0.77	1.43	7	1.04	8	1.09	7	1.14	5	0.97
29	10	2.69	0.53	0.72	0.78	3	3	3.00	5	2.38	2		0	
30	26	2.10	0.32	0.57	1.39	3.00	8	2.16	10	2.05	4	2.69	4	1.55
31	12	1.34	0.05	0.23	0.8	1.58	3	1.31	3	1.39	4	1.50	2	1.00
32	11	1.97	0.15	0.38	1.23	2.33	4	1.87	4	1.98	2	2.31	1	1.70
33	9	2.36	0.15	0.39	1.42	2.8	3	2.44	4	2.13	2	2.69	0	
34	28	0.76	0.12	0.35	0.17	1.5	9	0.72	9	0.74	7	1.05	3	0.32
35	27	2.34	0.08	0.29	1.43	2.78	8	2.37	9	2.27	6	2.44	4	2.32
36	21	1.58	0.07	0.26	1.15	2.04	7	1.67	6	1.48	5	1.77	3	1.27
37	7	2.31	0.02	0.14	2.06	2.5	3	2.37	2	2.13	2	2.42	0	
38	8	2.16	0.05	0.22	1.87	2.45	3	2.22	3	1.94	2	2.42	0	
39	17	2.32	0.12	0.35	1.77	2.93	5	2.60	7	2.27	1	2.61	4	1.97
40	29	1.31	0.12	0.34	0.76	1.9	9	1.24	9	1.30	7	1.62	4	0.92
41	18	1.19	0.06	0.24	0.75	1.65	5	1.35	5	1.04	5	1.36	3	0.91
42	22	1.33	0.14	0.38	0.16	1.76	7	1.28	7	1.33	4	1.36	4	1.36
43	8	2.98	0.00	0.06	2.84	3.03	3	3.00	3	2.92	2	3.02	0	

**Continuación Anexo 11: Zona Real del Padre - Niveles freáticos medios**

Freat.N°	Cantidad	PROMEDIO	VARIANZA	DESV.EST	MIN	MAX	VERANO		OTOÑO		INVIERNO		PRIMAVERA	
							N° Lecturas	Prof. (m)	N° Lecturas	Prof. (m)	N° Lecturas	Prof. (m)	N° Lecturas	Prof. (m)
44	13	2.54	0.22	0.47	1.4	3	6	2.54	4	2.56	1	2.96	2	2.31
45	8	1.18	0.04	0.20	0.89	1.54	3	1.19	3	0.99	2	1.45	0	
46	7	2.79	0.03	0.17	2.54	2.99	3	2.85	3	2.65	1	2.99	0	
47	8	3.00	0.00	0.00	3	3	3	3.00	3	3.00	2	3.00	0	
48	28	1.71	0.15	0.38	0.56	2.23	8	1.72	9	1.65	6	1.93	5	1.57
49	28	0.75	0.04	0.20	0.34	1.05	7	0.82	9	0.75	7	0.70	5	0.71
50	13	1.10	0.20	0.44	0.26	1.65	3	1.38	6	1.04	3	1.08	1	0.70
51	24	1.73	0.34	0.58	0.28	2.44	8	1.58	9	1.76	3	2.11	4	1.71
52	16	1.63	0.17	0.41	1.01	2.34	5	1.74	5	1.61	3	1.92	3	1.19
53	31	1.31	0.17	0.41	0.58	2.45	9	1.29	10	1.26	7	1.74	5	0.85
54	8	2.35	0.13	0.36	1.51	2.64	3	2.43	3	2.08	2	2.63	0	
55	8	3.01	0.00	0.02	3	3.05	3	3.00	3	3.03	2	3.00	0	
56	9	2.74	0.03	0.17	2.54	2.96	3	2.84	3	2.55	3	2.83	0	
57	8	3.00	0.00	0.01	3	3.02	3	3.00	3	3.01	2	3.00	0	
58	7	2.91	0.01	0.11	2.74	3.01	3	2.97	3	2.81	1	3.00	0	
59	8	1.55	0.01	0.10	1.38	1.68	3	1.47	3	1.58	2	1.62	0	
60	9	0.27	0.02	0.13	0.07	0.55	3	0.27	3	0.17	2	0.25	1	0.55
61	21	1.92	0.19	0.44	0.85	2.58	6	2.04	8	2.02	2	2.38	5	1.42
62	9	1.66	0.12	0.35	0.95	2.15	2	1.68	4	1.41	3	1.99	0	
63	8	3.00	0.00	0.00	3	3	3	3.00	3	3.00	2	3.00	0	
64	7	2.99	0.00	0.02	2.96	3	2	3.00	3	2.99	2	3.00	0	
65	8	3.00	0.00	0.01	2.98	3	3	3.00	3	2.99	2	3.00	0	
66	24	1.76	0.22	0.47	1	2.63	8	1.68	6	1.87	5	2.04	5	1.48
67	16	1.80	0.23	0.48	0.97	3	6	1.68	4	1.80	2	2.84	4	1.48
68	8	1.92	0.01	0.09	1.8	2.05	3	1.97	3	1.83	2	1.99	0	
69	8	2.96	0.00	0.06	2.86	3	3	2.92	3	2.97	2	3.00	0	
70	8	2.90	0.03	0.17	2.53	3.01	3	2.96	3	2.77	2	3.00	0	
71	8	3.00	0.00	0.00	3	3	3	3.00	3	3.00	2	3.00	0	
72	8	2.49	0.00	0.06	2.42	2.61	3	2.54	3	2.44	2	2.49	0	
73	7	2.18	0.11	0.33	1.87	2.78	1	2.13	4	1.96	2	2.63	0	
501	122	1.96	0.07	0.27	1.43	2.95	32	1.97	34	2.01	27	2.12	29	1.72
502	119	2.13	0.20	0.44	1.19	3.15	31	2.06	33	2.20	26	2.52	29	1.78
503	125	2.37	0.09	0.30	1.45	3.39	33	2.41	35	2.41	28	2.54	29	2.12
504	123	1.44	0.11	0.34	0.5	2.33	32	1.50	34	1.51	28	1.62	29	1.11
505	118	1.77	0.15	0.38	0.98	2.65	32	1.84	32	1.83	26	2.04	28	1.38
506	116	1.99	0.20	0.44	1.12	3.51	31	2.01	32	2.18	25	2.18	28	1.60
507	115	2.12	0.11	0.34	1.16	2.76	30	2.11	31	2.16	27	2.33	27	1.88
508	118	1.63	0.09	0.31	0.77	2.55	31	1.67	32	1.66	26	1.76	29	1.45
509	113	1.38	0.17	0.41	0.18	2.53	28	1.36	32	1.39	26	1.60	27	1.18
510	102	2.08	0.09	0.30	1.49	2.77	28	2.07	28	2.12	18	2.27	28	1.94
<b>Promedio</b>	<b>26</b>	<b>2.04</b>	<b>0.12</b>	<b>0.29</b>	<b>1.44</b>	<b>2.50</b>	<b>8</b>	<b>2.06</b>	<b>8</b>	<b>2.03</b>	<b>6</b>	<b>2.22</b>	<b>5</b>	<b>1.40</b>

## Anexo 12 – ZONA ALVEAR – SALINIDAD media agua subterránea

(Serie 2005-2008) - Valores en dS.m<sup>-1</sup>

Freat.N°	N° Lecturas	PROMEDIO	VARIANZA	DESV.EST	MIN	MAX	VERANO		OTOÑO		INVIERNO		PRIMAVERA	
							N° Lecturas	CE. (mS)	N° Lecturas	CE. (mS)	N° Lecturas	CE. (mS)	N° Lecturas	CE. (mS)
401	7	3.29	2.54	1.59	0.77	5.99	1	0.77	2	4.91	2	2.80	2	3.43
402	11	6.21	6.56	2.56	2.29	10.1	3	5.37	3	6.82	3	6.62	2	5.92
403	8	5.49	8.61	2.93	1.77	9.94	2	3.51	3	4.95	2	7.01	1	8.06
404	10	3.70	2.87	1.69	0.45	5.07	2	0.59	3	4.43	3	4.39	2	4.70
405	3	2.56	0.28	0.53	1.97	2.99	0		1	2.71	1	2.99	1	1.97
406	8	4.52	0.53	0.73	3.65	5.64	1	4.76	2	4.89	3	4.07	2	4.70
407	0						0		0		0		0	
408	0						0		0		0		0	
409	0						0		0		0		0	
1	9	2.26	0.44	0.66	1.40	3.27	2	1.55	3	2.27	3	2.94	1	1.56
2	6	4.49	0.14	0.37	3.98	4.95	1	4.36	2	4.47	2	4.67	1	4.30
3	6	6.01	1.66	1.29	4.94	8.48	1	5.10	2	7.10	2	5.90	1	4.94
4	6	2.48	0.56	0.75	1.49	3.24	1	3.14	3	2.45	0		2	2.20
5	0						0		0		0		0	
6	9	4.35	10.84	3.29	1.44	11.9	2	6.66	2	3.09	3	4.38	2	3.24
7	8	4.53	5.62	2.37	1.65	7.99	2	3.46	1	3.08	3	5.37	2	5.05
8	7	3.10	0.21	0.46	2.42	3.52	1	3.52	2	3.37	2	2.45	2	3.27
9	10	2.63	0.76	0.87	1.98	4.86	2	2.39	3	2.47	3	2.23	2	3.71
10	0						0		1		0		1	15.75
11	4	4.68	13.15	3.63	1.08	9.66	1	3.38	1	1.08	0		2	7.14
12	9	2.60	0.75	0.87	1.45	4.13	1	2.33	3	2.98	3	2.72	2	2.01
13	9	2.80	0.81	0.90	1.34	3.90	2	2.88	3	2.80	2	2.02	2	3.49
14	6	2.62	1.15	1.07	1.59	4.13	1	2.97	2	2.86	1	1.78	2	2.62
15	7	6.72	1.48	1.22	4.93	8.48	1	6.03	2	5.92	2	7.62	2	6.97
16	7	9.09	6.40	2.53	5.14	12.0	1	6.46	2	10.08	2	8.60	2	9.90
17	8	10.60	79.73	8.93	2.42	23.1	2	12.76	2	13.31	2	6.34	2	10.01
18	0						0		0		0		0	
19	7	6.75	2.03	1.42	5.18	8.59	1	8.59	2	6.93	3	6.52	1	5.27
20	5	5.60	0.42	0.65	4.47	6.11	1	5.70	2	6.03	1	5.77	1	4.47
21	10	7.67	9.45	3.07	3.51	13.1	2	7.23	3	8.20	3	7.56	2	7.50
22	7	4.15	3.80	1.95	2.27	7.88	1	7.88	2	2.85	2	3.39	2	4.35
cloaca SO	2	6.35		6.93	1.46	11.2	1	1.46	0		0		1	11.25
Cloaca SE	0						0		0		0		0	
PROMEDIO	6	5.33	6.60	2.05	2.58	7.68	1	4.64	2	4.71	2	4.70	1	5.54

**Anexo 13 – ZONA BOWEN – SALINIDAD media agua subterránea**  
**(Serie 2005-2008) - Valores en dS.m<sup>-1</sup>**

Freat.N°	N° Lecturas Totales	PROMEDIO	VARIANZA	DESV.EST	MIN	MAX	VERANO		OTOÑO		INVIERNO		PRIMAVERA	
							N° Lecturas	CE. (mS)	N° Lecturas	CE (mS)	N° Lecturas	CE. (mS)	N° Lecturas	CE. (mS)
301	10	5.31	1.87	1.37	2.62	7.61	2	3.59	2	5.29	2	5.17	2	6.17
302	9	1.55	0.15	0.38	1.11	2.29	2	1.69	2	1.38	1	1.13	2	1.59
303	10	1.80	4.27	2.07	0.40	7.50	2	4.32	2	0.72	2	1.08	2	1.36
304	10	3.47	0.48	0.69	2.00	4.53	2	2.72	2	3.43	2	3.57	2	4.44
305	9	3.28	1.30	1.14	2.10	6.06	2	2.90	2	4.75	2	3.29	2	2.64
306	10	7.45	3.68	1.92	4.71	10.30	2	6.48	2	5.62	2	8.35	2	8.68
307	7	2.51	0.21	0.46	1.94	3.38	1	2.38	2	2.29	1	2.55	2	2.66
308	10	3.63	2.90	1.70	0.28	6.06	2	2.36	2	3.23	2	4.23	2	2.67
309	8	3.56	0.51	0.71	2.56	4.74	1	3.36	2	3.33	2	3.32	2	3.53
310	7	6.00	4.24	2.06	3.72	9.40	1	7.08	1	3.72	2	5.90	2	5.00
311	8	4.45	2.87	1.70	0.70	6.21	2	4.25	1	4.59	2	5.44	2	3.46
312	10	2.88	2.23	1.49	1.51	6.41	2	2.14	2	4.27	2	2.90	2	3.01
313	7	4.35	0.10	0.32	3.90	4.81	1	4.25	1	4.62	1	4.20	2	4.47
314	10	5.03	1.25	1.12	3.31	6.88	2	4.83	2	3.49	2	4.89	2	5.62
315	10	3.65	0.55	0.74	2.43	5.19	2	3.39	2	3.18	2	3.67	2	4.41
316	9	2.37	0.49	0.70	1.34	3.48	2	2.86	2	1.84	2	1.70	2	3.07
317	10	3.97	1.18	1.08	2.70	6.08	2	3.43	2	4.52	2	3.88	2	4.02
318	7	5.87	2.63	1.62	4.03	8.63	1	6.50	1	8.63	1	7.06	2	4.72
319	7	7.70	1.03	1.01	6.26	8.89	1	6.86	1	6.26	1	8.89	2	7.83
320	9	3.26	2.22	1.49	0.70	5.65	2	1.91	1	2.72	2	4.39	2	3.66
321	7	8.99	2.17	1.47	6.81	10.34	2	7.29	2	8.94	0		2	10.07
322	4	2.89	0.43	0.66	2.35	3.84	1	2.35	1	2.62	0		2	3.29
323	1	3.18			3.18	3.18	0		1	3.18	0		0	
324	10	7.50	5.39	2.32	4.23	12.42	2	5.17	2	9.83	2	7.78	2	8.72
325	10	2.68	1.00	1.00	1.76	4.99	2	2.44	2	1.91	2	3.13	2	3.59
326	7	1.83	0.53	0.73	0.25	2.49	1	0.25	1	2.08	1	2.49	2	2.13
327	10	3.15	0.49	0.70	1.90	4.32	2	2.79	2	3.69	2	3.27	2	3.70
328	5	13.00	1.52	1.23	11.52	14.51	0		1	14.51	1	13.74	1	13.24
329	7	2.04	0.02	0.14	1.82	2.25	1	1.97	1	2.06	1	1.96	2	2.00
330	7	6.92	1.66	1.29	5.66	8.52	1	5.66	1	6.08	1	5.97	2	8.15
331	6	5.24	1.85	1.36	3.93	7.76	1	3.93	1	7.76	1	5.45	1	5.31
332	0						0		0		0		0	
333	0						0		0		0		0	
334	0						0		0		0		0	
335	0						0		0		0		0	
336	0						0		0		0		0	
337	4	7.34	0.37	0.61	6.76	7.93	1	6.76	1	6.87	1	7.78	1	7.93
338	8	2.98	1.75	1.32	2.01	6.06	1	6.06	2	2.82	1	2.63	2	2.52
339	8	3.49	1.07	1.03	1.86	4.66	2	4.28	2	2.76	0		2	3.97
340	7	3.83	0.41	0.64	3.07	4.82	1	3.97	1	3.07	1	4.26	2	4.45
341	7	4.96	7.08	2.66	1.25	9.21	1	3.59	1	1.25	1	3.07	2	6.50
342	7	3.31	0.66	0.81	2.01	4.12	1	3.33	1	2.01	1	2.41	2	3.94
343	7	2.68	0.15	0.38	2.44	3.48	1	2.45	1	2.50	1	2.85	2	2.96
344	8	2.52	4.97	2.23	0.71	7.32	1	3.60	1	0.71	2	1.94	2	4.05
345	5	6.93	2.11	1.45	5.78	9.46	1	6.24	1	6.65	0		2	7.99
<b>PROMEDIO</b>	<b>7</b>	<b>4.44</b>	<b>1.74</b>	<b>1.17</b>	<b>2.94</b>	<b>6.39</b>	<b>1</b>	<b>3.93</b>	<b>1</b>	<b>4.23</b>	<b>1</b>	<b>4.41</b>	<b>2</b>	<b>4.81</b>

## Anexo 14 – ZONA SAN PEDRO – SALINIDAD media agua subterránea

(Serie 2005-2008) - Valores en dS.m<sup>-1</sup>

Freat.Nº	Nº Lecturas Totales	PROMEDIO	VARIANZA	DESV.EST	MIN	MAX	VERANO		OTOÑO		INVIERNO		PRIMAVERA	
							Nº Lecturas	CE. (mS)	Nº Lecturas	CE (mS)	Nº Lecturas	CE. (mS)	Nº Lecturas	CE. (mS)
201	9	6.68	13.25	3.64	1.66	12.86	2	8.26	2	5.31	3	6.03	2	7.44
202	9	3.97	33.83	5.82	0.76	19.33	2	10.37	2	1.76	3	2.37	2	2.18
203	9	4.19	0.30	0.55	3.24	4.96	2	3.85	2	4.54	3	3.96	2	4.56
204	9	3.44	0.21	0.46	2.73	4.11	2	3.21	2	3.95	3	3.22	2	3.49
205	9	4.46	1.94	1.39	1.46	6.39	2	3.46	2	4.03	3	4.60	2	5.68
206	8	5.62	8.39	2.90	1.88	10.55	2	8.35	1	2.08	3	5.83	2	4.35
207	9	4.29	0.44	0.66	3.47	5.47	2	3.94	2	4.45	3	4.32	2	4.42
208	9	9.43	0.73	0.86	8.14	10.56	2	9.03	2	9.36	3	9.55	2	9.72
209	8	3.66	2.01	1.42	0.80	5.08	1	2.62	2	2.16	3	4.33	2	4.68
210	0						0		0		0		0	
211	9	3.26	3.11	1.76	1.30	6.12	2	3.44	2	1.64	3	3.47	2	4.38
212	9	8.82	24.54	4.95	2.42	16.93	2	5.82	2	7.52	3	9.23	2	12.50
213	9	5.34	0.19	0.43	4.52	5.82	2	4.90	2	5.69	3	5.30	2	5.46
214	9	8.27	3.95	1.99	4.59	10.39	2	7.56	2	7.01	3	8.74	2	9.57
215	9	3.40	0.50	0.71	2.00	4.29	2	4.15	2	3.34	3	2.92	2	3.42
216	9	3.81	3.47	1.86	0.63	5.98	2	4.06	2	3.05	3	4.51	2	3.27
217	0						0		0		0		0	
218	1	3.33					1	3.33	0		0		0	
219	0						0		0		0		0	
220	3	1.90	1.47	1.21	1.05	3.29	0		1	1.05	2	2.33	0	
221	9	2.50	1.71	1.31	1.18	5.39	2	1.66	2	2.07	3	3.41	2	2.42
222	8	4.21	5.02	2.24	0.72	7.04	2	2.71	2	2.40	2	6.15	2	5.58
223	7	2.37	8.23	2.87	0.62	8.35	2	6.10	2	0.94	2	0.94	1	0.62
224	6	7.20	29.29	5.41	1.31	15.33	1	3.40	1	15.33	2	6.73	2	5.52
225	0						0		0		0		0	
	<b>7</b>	<b>4.77</b>	<b>7.13</b>	<b>2.12</b>	<b>2.22</b>	<b>8.41</b>	<b>1</b>	<b>5.01</b>	<b>1</b>	<b>4.38</b>	<b>2</b>	<b>4.90</b>	<b>1</b>	<b>5.22</b>

**Anexo 15 – ZONA SOITUÉ - JAIME PRATS – Salinidad media agua subterránea (Serie 2005-2008) - Valores en dS.m<sup>-1</sup>**

Freat	Cantidad	Promedio	Varianza	Desv.	Min	Max	VERANO		OTOÑO		INVIERNO		PRIMAVERA	
							Nº Lecturas	CE. (mS)	Nº Lecturas	CE (mS)	Nº Lecturas	CE. (mS)	Nº Lecturas	CE. (mS)
601	9	6.98	9.66	3.11	1.61	10.59	3	6.74	2	5.58	2	8.65	2	7.07
602	10	3.53	1.37	1.17	1.30	5.39	3	3.43	2	2.57	3	3.67	2	4.44
603	10	13.96	19.36	4.40	6.75	20.00	3	12.85	2	13.45	3	15.87	2	13.26
604	10	5.05	3.82	1.95	1.58	8.21	3	4.08	2	3.22	3	6.36	2	6.37
605	0						0		0		0		0	
606	10	3.06	1.06	1.03	1.20	4.66	3	3.05	2	1.87	3	3.10	2	4.23
607	10	3.84	1.40	1.18	1.47	5.33	3	3.18	2	3.72	3	4.35	2	4.18
608	6	4.49	0.55	0.74	3.43	5.17	2	5.17	1	3.43	1	3.78	2	4.70
609	0						0		0		0		0	
	<b>7</b>	<b>5.84</b>	<b>5.32</b>	<b>1.94</b>	<b>2.48</b>	<b>8.48</b>	<b>2</b>	<b>5.50</b>	<b>1</b>	<b>4.83</b>	<b>2</b>	<b>6.54</b>	<b>2</b>	<b>6.32</b>



**Anexo 16 – ZONA REAL DEL PADRE – Salinidad media agua subterránea  
(Serie 2005-2008) - Valores en dS.m<sup>-1</sup>**

Freat.Nº	Cantida d	PROMEDI O	VARIANZ A	DESV.ES T	MIN	MAX	VERANO		OTOÑO		INVIERNO		PRIMAVERA	
							Nº Lectura s	CE. (mS)	Nº Lectura s	CE. (mS)	Nº Lectura s	CE. (mS)	Nº Lectura s	CE. (mS)
1	0						0		0		0		0	
2	2	3.95	3.01	1.73	2.72	5.18	2	3.95	0		0		0	
3	4	6.66	0.03	0.17	6.45	6.85	3	6.74	1	6.45	0		0	
4	11	4.34	2.03	1.42	1.11	5.78	5	4.36	3	4.91	1	4.25	2	3.52
5	0						0		0		0		0	
6	8	5.49	3.22	1.79	4.08	9.412	4	6.59	2	4.34	2	4.45	0	
7	12	4.80	8.47	2.91	0.55	11.90	5	5.26	4	5.07	1	4.30	2	3.37
8	15	3.24	2.36	1.53	0.23	5.76	5	3.27	5	3.28	3	2.76	2	3.77
9	6	3.78	0.10	0.32	3.41	4.3	3	3.53	2	3.90	1	4.30	0	
10	6	14.74	11.15	3.34	10.5 2	20.75	3	14.57	2	17.13	1	10.52	0	
11	16	7.40	18.17	4.26	1.20	15.74	5	6.41	4	9.43	5	7.55	2	5.53
12	6	7.80	2.85	1.68	6.59	10.82	3	6.70	2	9.81	1	7.10	0	
13	11	3.88	2.78	1.66	0.93	6.4	4	4.14	3	3.62	3	3.63	1	4.38
14	0						0		0		0		0	
15	7	5.04	0.33	0.57	4.1	5.9	3	5.06	2	4.69	2	5.38	0	
16	7	10.72	0.38	0.62	10.1	11.9	3	10.78	2	11.05	2	10.31	0	
17	10	4.31	4.31	2.07	1.24	7.5	4	4.23	3	4.62	1	1.88	2	5.28
18	5	6.59	7.60	2.75	5.06	11.52	3	7.45	2	5.33	0		0	
19	7	4.60	0.10	0.31	4.1	4.90	3	4.79	2	4.39	2	4.53	0	
20	0						0		0		0		0	
21	10	3.84	0.86	0.92	2.14	4.76	4	3.74	3	4.05	3	3.77	0	
22	13	2.99	1.52	1.23	0.98	6.08	5	2.93	5	3.20	2	3.10	1	2.02
23	13	4.91	2.48	1.57	2.53	8.09	5	5.64	3	5.15	3	4.61	2	3.23
24	3	6.20	2.56	1.60	4.86	7.98	1	7.98	2	5.32	0		0	
25	7	12.96	352.16	18.76	5.26	55.5	3	6.16	2	30.55	2	5.58	0	
26	10	6.46	2.00	1.41	3.33	7.98	4	5.78	3	6.75	2	6.90	1	7.45
27	5	8.91	0.20	0.45	8.43	9.63	3	8.84	2	9.03	0		0	
28	12	4.64	3.32	1.82	1.17	7.66	4	5.12	3	3.54	4	4.66	1	5.95
29	0						0		0		0		0	
30	5	5.17	3.26	1.80	2.02	6.65	3	4.53	2	6.13	0		0	
31	7	7.30	0.78	0.88	5.6	8.12	3	7.96	2	7.33	2	6.31	0	
32	5	3.72	0.61	0.78	3.02	5.06	3	3.35	2	4.29	0		0	
33	6	8.39	3.63	1.90	6.30	10.65	3	7.82	2	8.61	1	9.70	0	
34	12	7.44	18.47	4.29	3.95	19.96	5	9.00	3	6.75	3	5.45	1	7.77
35	11	2.66	0.77	0.88	0.95	4.29	4	2.81	3	2.64	2	3.03	2	2.03
36	8	3.49	0.37	0.61	2.9	4.78	4	3.54	2	3.58	2	3.30	0	
37	6	6.99	0.35	0.59	6.05	7.89	3	6.73	1	7.12	2	7.35	0	
38	7	3.26	0.48	0.69	1.98	4.2	3	2.72	2	3.39	2	3.95	0	
39	7	4.79	1.70	1.30	2.48	6.31	3	5.06	2	4.80	1	6.31	1	2.48
40	13	3.62	0.41	0.64	2.46	4.86	5	3.77	4	3.26	3	3.98	1	3.31
41	7	4.60	0.17	0.42	3.81	5.06	3	4.41	2	4.83	2	4.68	0	
42	11	7.60	4.67	2.16	4.86	11.9	4	6.52	3	9.14	3	8.19	1	5.61
43	1	6.75					0		1	6.75	0		0	

**Cont. Anexo 16 – ZONA REAL DEL PADRE – Salinidad media agua subterránea**

44	4	3.95	0.15	0.39	3.68	4.54	2	3.71	0		0		2	4.20
45	7	4.06	0.36	0.60	3.5	4.96	3	4.26	2	4.17	2	3.65	0	
46	5	5.18	0.93	0.96	4.1	6.70	3	5.57	2	4.61	0		0	
47	0						0		0		0		0	
48	9	5.70	5.81	2.41	1.44	10.41	4	7.05	2	4.91	2	5.96	1	1.44
49	10	13.63	19.71	4.44	4.6	21.4	3	15.96	2	9.33	3	11.87	2	17.1
50	6	8.41	41.18	6.41	3.32	21.05	3	7.16	2	3.96	1	21.05	0	
51	11	8.34	25.24	5.02	1.17	16.35	5	7.52	3	8.51	1	11.40	2	8.65
52	6	4.42	0.92	0.96	3.4	6.17	3	4.13	2	5.39	1	3.40	0	
53	14	5.64	1.90	1.38	3.55	7.86	5	5.43	5	5.30	2	5.81	2	6.89
54	6	7.00	0.45	0.67	6.30	7.98	3	7.54	1	6.30	2	6.56	0	
55	0						0		0		0		0	
56	6	5.43	0.53	0.73	4.6	6.8	3	5.27	2	5.00	1	6.80	0	
57	0						0		0		0		0	
58	5	3.51	0.16	0.41	2.8	3.82	3	3.74	2	3.18	0		0	
59	5	4.16	0.34	0.59	3.2	4.8	2	4.23	2	3.78	1	4.80	0	
60	8	11.95	31.16	5.58	3.17	16.95	3	12.45	2	12.86	2	14.69	1	3.17
61	8	3.39	1.87	1.37	1.71	5.71	1	4.00	5	2.87	0		2	4.39
62	4	8.43	6.41	2.53	6.8	12.16	0		2	9.53	2	7.35	0	
63	0						0		0		0		0	
64	0						0		0		0		0	
65	0						0		0		0		0	
66	8	7.00	3.46	1.86	3.96	9.02	2	8.23	4	5.98	1	9.02	1	6.61
67	4	2.53	0.62	0.79	1.70	3.6	1	1.71	2	2.41	1	3.60	0	
68	5	3.89	0.18	0.42	3.3	4.5	1	3.96	2	3.60	2	4.15	0	
69	0						0		0		0		0	
70	1	1.51					0		1	1.51	0		0	
71	0						0		0		0		0	
72	6	3.94	0.78	0.88	2.8	5.01	1	4.94	3	3.95	2	3.45	0	
73	11	8.08	33.92	5.82	2.71	17.29	2	3.84	4	8.01	3	13.83	2	3.84
501	11	4.51	0.23	0.48	3.38	5.06	3	4.59	4	4.39	2	4.58	2	4.59
502	10	4.23	0.65	0.81	3	5.69	2	4.27	3	4.71	3	4.08	2	3.71
503	15	3.46	0.27	0.52	2.71	4.49	3	3.46	5	3.63	5	3.41	2	3.18
504	14	3.10	3.24	1.80	0.72	6.3	3	1.63	5	3.78	4	4.07	2	1.68
505	12	5.00	2.57	1.60	3.2	8.85	3	4.63	4	6.10	3	3.74	2	5.24
506	6	9.14	1.21	1.10	7.89	11.11	2	10.12	2	8.92	2	8.40	0	
507	11	4.39	1.56	1.25	2.4	6.53	2	2.93	5	4.64	2	4.79	2	4.86
508	12	4.19	3.17	1.78	1.3	7.01	3	3.47	5	4.10	2	5.91	2	3.77
509	11	7.46	11.66	3.41	1.9	13.6	2	3.15	4	7.56	4	9.09	1	9.24
510	9	3.42	1.92	1.38	1.57	6.17	3	3.59	4	2.97	0		2	4.08
<b>Prome dio</b>	<b>7</b>	<b>5.76</b>	<b>9.86</b>	<b>1.92</b>	<b>3.49</b>	<b>9.18</b>	<b>3</b>	<b>5.59</b>	<b>2</b>	<b>6.03</b>	<b>1</b>	<b>6.20</b>	<b>1</b>	<b>4.92</b>