

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

Pereira, Rafael

*Subdelegación de Aguas del Río Atuel, Departamento General de Irrigación.  
Olascoaga 98. CP. 5620, General Alvear. Tel. 02625-422012*

[rpereir@irrigacion.gov.ar](mailto:rpereir@irrigacion.gov.ar)

## RESUMEN

En este trabajo se evalúa el comportamiento del nivel freático en el área de regadío del 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, con las prácticas de riego y con los escurrimientos sub-superficiales de zonas más elevadas.

En la zona existe una red de freatómetros con datos de lecturas de niveles freáticos desde 1980 para distintas épocas 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 niveles freáticos permitió elaborar planos de isohipsas e isobatas de mínimas y medias estacionales. Se definieron indicadores de factor de reacción freática y del índice de eficiencia del sistema; además, se elaboraron planos de isolíneas y tablas de conductividad eléctrica (CE) media del agua freática.

El análisis de los registros recopilados indica sentido de flujo de agua estable y variaciones del comportamiento del nivel freático estacional. La evidencia de zonas de recarga de napa freática posibilita, junto a los otros planos, una rápida identificación de zonas vulnerables al ascenso freático.

Los resultados logrados ofrecen una herramienta local y una fuente de información actualizada para la planificación del uso del suelo en la zona y, para la implementación y priorización de planes de mejora en la infraestructura.

**Palabras clave:** agua freática, isobatas, freatómetro, salinidad, revenición, Río Atuel.

## INTRODUCCIÓN

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. Se encuentra entre los 501 y 430 metros sobre nivel del mar (msnm) tomados entre ambos extremos del sector de estudio.

El clima es árido templado-frío con una precipitación media de 315 mm.año<sup>-1</sup>, siendo la temperatura media anual de 14,7 °C, la máxima media de 24.3 °C y mínima media de 8.1°C. La máxima registrada alcanzó a los 43 °C en verano y la mínima a -7 °C en invierno.

El agua de riego en la zona de estudio proviene del río Atuel y tiene una conductividad eléctrica media (CE) de 1,7 dSiemens.m<sup>-1</sup> (C<sub>3</sub>S<sub>1</sub> según clasificación de Riverside) con variaciones anuales entre 1,6 dS.m<sup>-1</sup> en verano y 1,9 dS.m<sup>-1</sup> en primavera. El río Atuel está regulado por el dique embalse El Nihuil (227 Hm<sup>3</sup>) y el compensador Valle Grande (161 Hm<sup>3</sup>), permitiendo durante el periodo agosto – mayo la regulación de caudales para riego e hidroelectricidad. En junio y julio se almacena el agua para la próxima primavera.

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 del 90) y 9,05 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> (noviembre del 87) y tenores salinos medios ponderados de 4,5 dS.m<sup>-1</sup>, (C<sub>5</sub>-S<sub>3</sub> según clasificación de Riverside) con máximo de 5,3 dS.m<sup>-1</sup> (julio 93) y mínimo de 3,7 dS.m<sup>-1</sup> (marzo 92), (CRAS - DI 225, 1994).

Teniendo en cuenta la composición granulométrica predominan las texturas gruesas arena - franco y franco-arenosa, existen situaciones con texturas más finas, aunque el limo supera ampliamente a la arcilla.

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 DGI (Departamento General de Irrigación – Subdelegación de Aguas del Río Atuel).

La zona de estudio comprende un total de 72.491 ha, las que representan 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 Soitué - Jaime Prats:** Está 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:** Es dotada por el canal Matriz Nuevo Alvear (31.257 ha), el canal más importante de la cuenca (caudal máximo de  $20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ), 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 ( $6 \text{ m} \cdot \text{ha}^{-1}$ )

**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 ( $7 \text{ m} \cdot \text{ha}^{-1}$ )

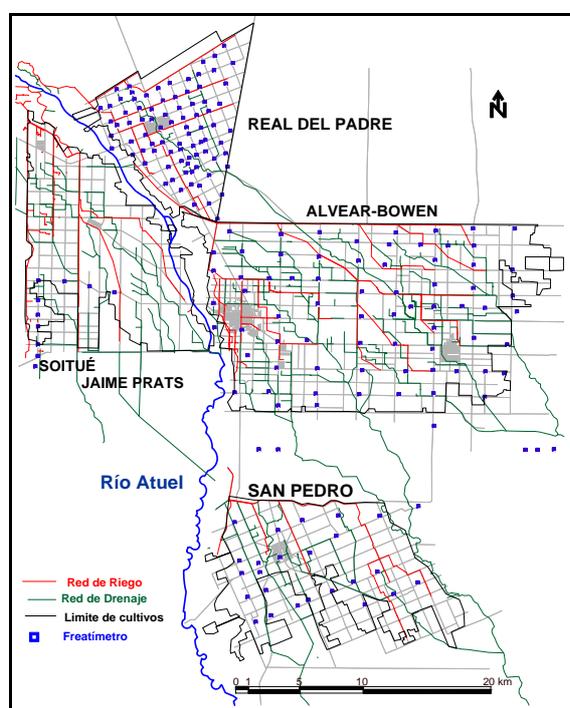
## MATERIALES Y METODOS

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.

Existe una red de 193 freaímetros, ubicados con una equidistancia promedio de 2 km entre sí (densidad media para la zona en estudio de 1 cada 393 ha).

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

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



**Figura 1 - Distribución de la red de freaímetros**

Estos freaímetros están construidos 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 freátmetro.

La red de freátmetros fue integrada a la cartografía mediante la implementación de un SIG desarrollado en ArcView. Las coordenadas de cada uno de estos puntos fueron tomadas en campo con GPS. 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, 1980) y punto fijos existentes de la red de Catastro de la Provincia e IGN (Instituto Geográfico Nacional).

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 con el software Surfer versión 8.0. Las áreas correspondientes a las superficies encerradas por dos curvas fueron cuantificadas con el software Autocad

Para estimar el Factor de Reacción Freático (FRF) se utilizó la metodología propuesta por Morábito(2005) que interrelaciona el indicador de consumo total (CT) con el nivel freático medio mensual (NF). El indicador CT se define como el cociente entre las necesidades netas de riego y el volumen incorporado a la red.

Para el análisis del comportamiento medio mensual del nivel freático se selecciono la subzona Alvear-Bowen por la disponibilidad de estadísticas de cultivos, precipitación y caudales de riego. 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 (serie 1980-2008) y se les restó la evapotranspiración media mensual de los cultivos existentes (ponderados según datos de censos disponibles:1980-1988-1995-2002 calculado con el método de FAO Penman-Monteith, Allen (2006), Morábito et al (2005), Harza-Hissa (1999).

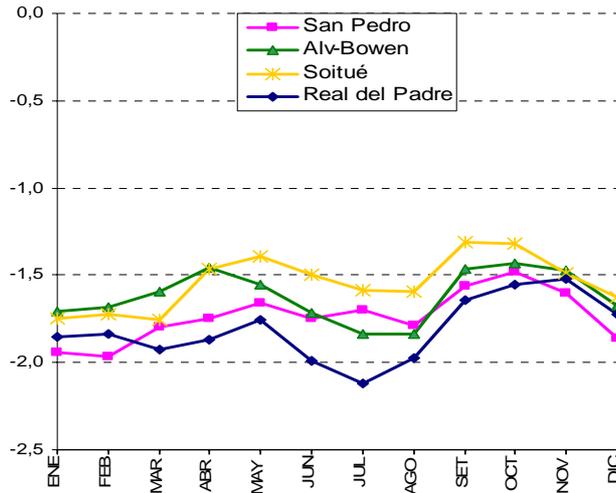
## RESULTADOS

### 1- 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 (gráfico 1).

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

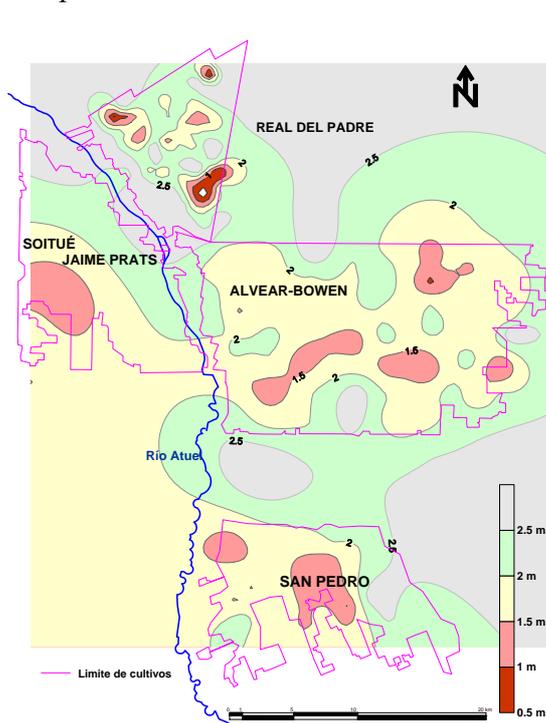
Zona	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Soitué	1,74	1,72	1,76	1,46	1,39	1,50	1,59	1,60	1,31	1,32	1,48	1,63
Real del Padre	1,85	1,84	1,93	1,87	1,76	1,99	2,12	1,97	1,64	1,55	1,52	1,72
Alvear-Bowen	1,71	1,69	1,59	1,46	1,56	1,72	1,83	1,84	1,46	1,43	1,47	1,68
San Pedro	1,94	1,97	1,80	1,75	1,66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



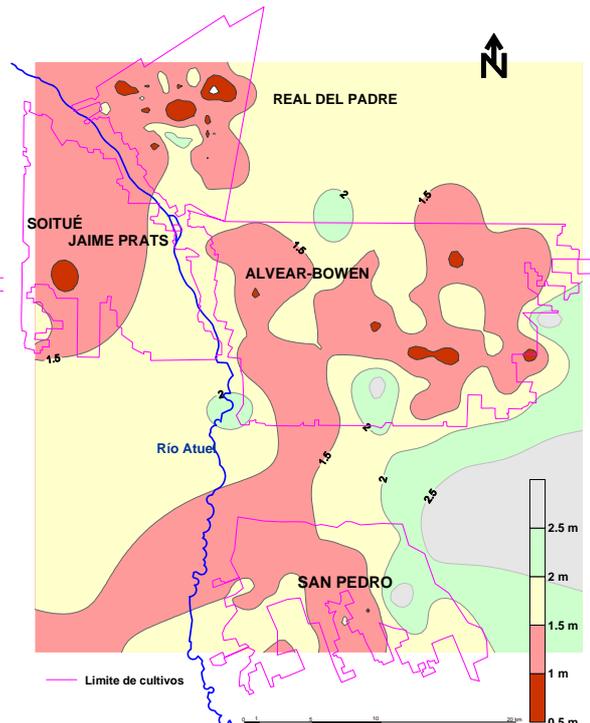
**Gráfico 1: Profundidad media mensual (m) por subzona de riego**

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.

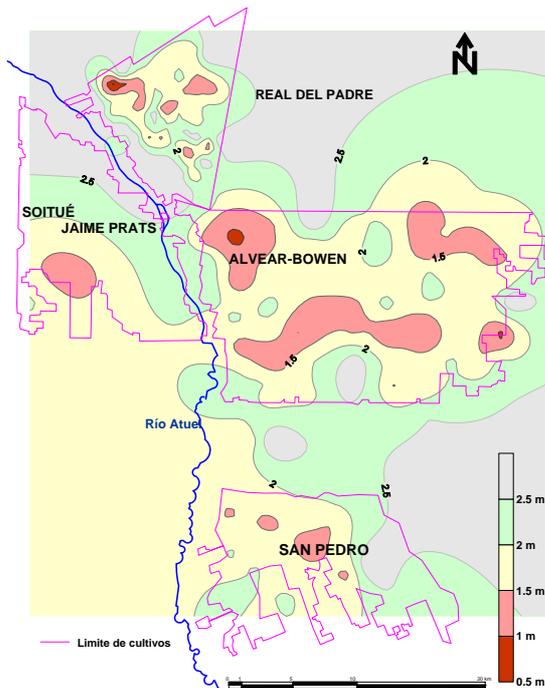
A partir comportamiento estacional del nivel freático medio, se elaboraron planos para cada período.



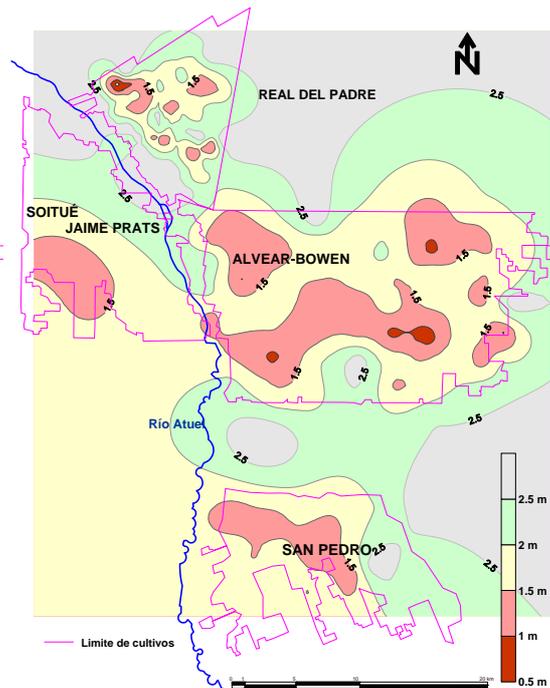
**Figura 2: Isobatas Media INVIERNO**



**Figura 3: Isobatas Media PRIMAVERA**



**Figura 4: Isobatas Media VERANO**

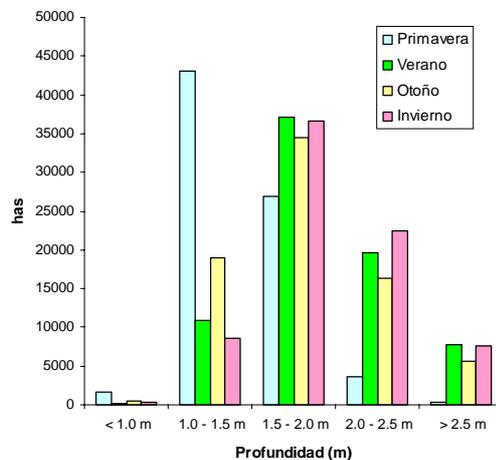


**Figura 5: Isobatas Media OTOÑO**

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 regantes 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).

**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

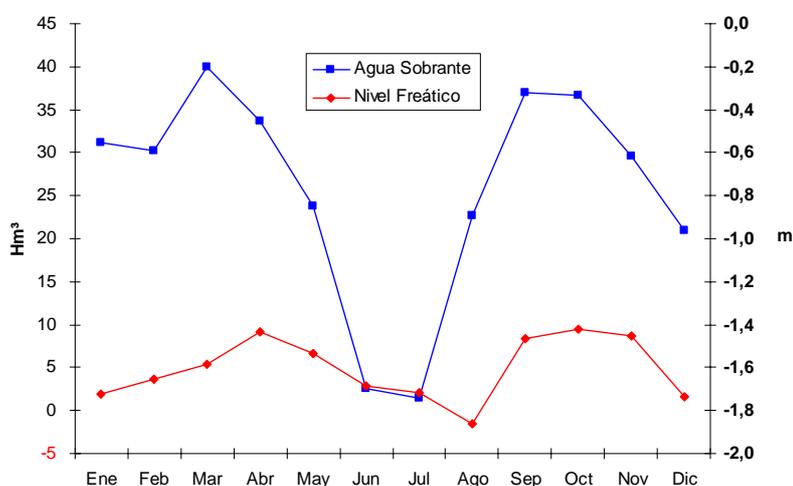


**Gráfico 2: Áreas (ha) por rango de profundidad**

En términos porcentuales, a partir de los planos elaborados en primavera el 59% de la zona tiene freática menor a 1.5 m, en verano el 14%, otoño el 25% e invierno el 12%. Los resultados del análisis conjunto de las variaciones del agua neta sobrante y de la profundidad del agua se presentan en la tabla 5 y el gráfico 11

**Tabla 4: 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



**Gráfico 3: Volúmenes excedentes de agua (hm<sup>3</sup>) y Nivel freático (m). Zona Alvear-Bowen.**

**Tabla 5: Indicador de Consumo Total y Variación de nivel freático 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
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

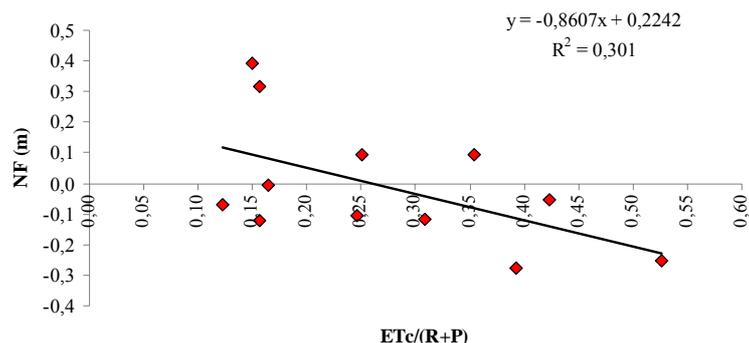
$$CT = ETc / (R+P)$$

**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) a partir de los datos de la Tabla 6, vinculan el comportamiento freático ( $\Delta NF$ ) respecto al consumo de agua de los cultivos (CT).



**Gráfico N° 4: Factor de Reacción Freático para la zona Alvear-Bowen**

El CT indica que al año se incorpora en promedio 3.7 veces más agua que la **requerida por los cultivos, lo cual es indicativo que la zona posee una buena capacidad de drenaje**. 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, el cual es similar a lo citado en la bibliografía para la zona bajo riego de esta cuenca (Casamiquela, 1984) (DGI, 1998) (DGI, 2006).

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

$$IE = 0,27 = 27\%$$

Es decir, que solamente el 27% del agua incorporada a la red de riego termina siendo utilizada directamente por el cultivo y el resto pasa a constituir recarga superficial de napas freáticas. Este indicador es coherente con la capacidad de drenaje del suelo observada con el Factor de Reacción Freático.

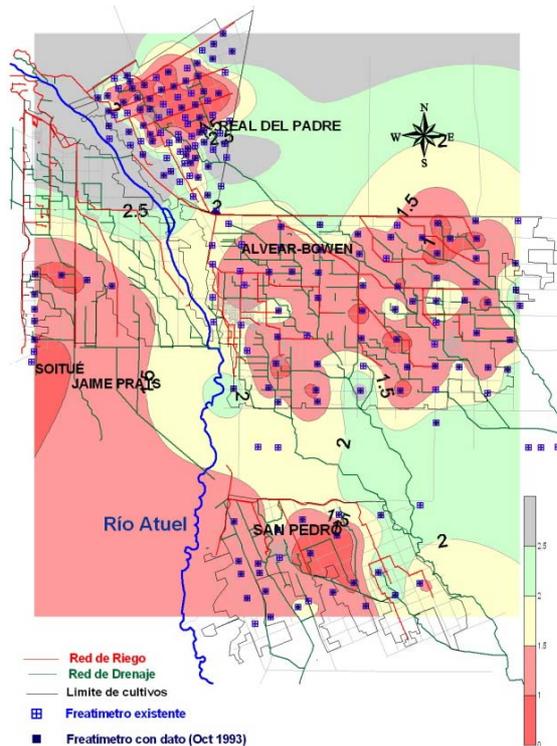
## 2- Isobatas mínimas

Las isobatas mínimas representan el mínimo nivel freático 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 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 metros, 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%.

**Tabla 8: Superficies afectadas (ha) con niveles freáticos mínimos (Campaña Oct93)**

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%



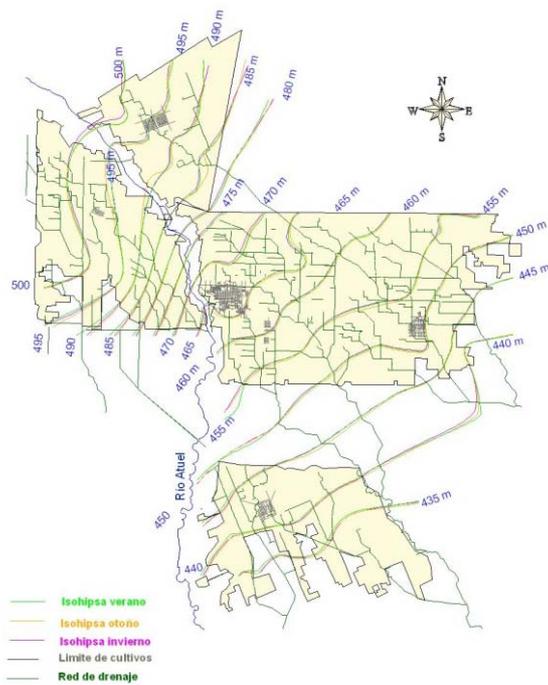
**Figura 12: Plano de Isobatas mínima (Octubre 1993)**

### 3 - Isohipsa media estacional

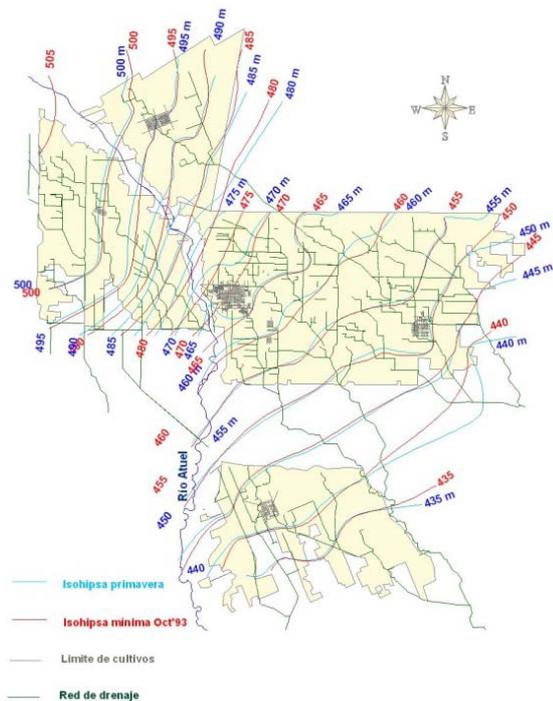
Se definen como líneas imaginarias que unen puntos de NF de igual cota respecto al nivel del mar. La componente perpendicular a ellas determina el sentido de flujo y su separación el gradiente. En la zona el sentido es NW a SE acompañando la pendiente general del terreno. Se superpone en el plano la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

Los resultados del estudio de niveles medios estacionales muestran que la dirección predominante del flujo del agua freática es de Noroeste a Sureste con un gradiente hidráulico medio de 1,5 ‰.

Las isolíneas de verano, otoño e invierno, ya que en general el comportamiento del flujo freático es muy similar entre sí. Es de destacar como el río Atuel, en la zona que divide Real del Padre de Soitúe 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.



**Figura 13: Plano de isohipsas medias estacionales de verano, otoño e Invierno (serie 1980 – 2008).**



**Figura 14: Plano de isohipsas medias estacionales de primavera y mínima de Oct'93**

En la figura 14 se presentan las isóneas de primavera en conjunto con las de mínima de Oct'93, 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 freático.

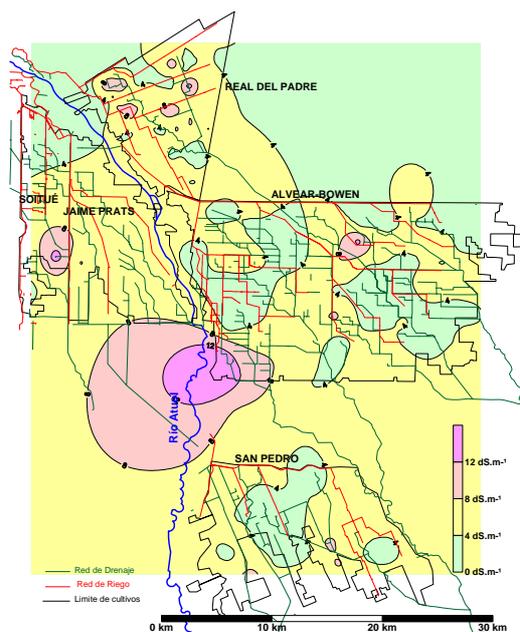
#### 4 - Isolíneas de salinidad de niveles freáticos

Como índice de la salinidad del agua freática se tomaron datos de Conductividad Eléctrica (CE), expresada en  $dS.m^{-1}$ , medida "in situ" durante las campañas de lecturas de niveles freáticos. 2005 a 2008.

**Tabla 9: Conductividad Eléctrica ( $dS.m^{-1}$ ) del agua freática. Serie 2005-2008**

ZONA	Cantidad Freatímetros	Nº Campañas	PROMEDIO $dS.m^{-1}$	VARIANZA	DESV EST	Mín $dS.m^{-1}$	MAX $dS.m^{-1}$
REAL DEL PADRE	83	7	5.76	9.86	1.92	3.49	9.18
SOITUÉ- JAIME PRATS	7	7	5.84	5.32	1.94	2.48	8.48
ALVEAR-BOWEN	71	6	5.05	4.12	1.62	2.93	7.15
SAN PEDRO	21	7	4.77	7.13	2.12	2.22	8.41

La CE del agua freática se encuentra en un rango  $< 8 dS.m^{-1}$  para el 96% de área del proyecto, con una proporción mayor de rangos entre 4 y  $8 dS.m^{-1}$ , lo que se puede también observar en la tabla 11 y en el gráfico 14.



**Figura 15: Plano de isolíneas de salinidad freática media anual (dS.m<sup>-1</sup>). Serie 2005-2008**

**Tabla 11: Superficies (ha) clasificadas por rango de CE (dS.m<sup>-1</sup>) del agua freática. (2005-08)**

ZONA	< 4	4 - 8	8 - 12	> 12	TOTAL
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>	<b>29.2%</b>	<b>67.1%</b>	<b>3.6%</b>	<b>0.1%</b>	<b>100%</b>

## 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 agua freática es de 1,65 m, con una mínima media de 1.31m. La CE media anual del agua freática 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 metros.

EL comportamiento anual del NF manifiesta periodicidad estacional, con dos épocas de ascenso: abril-mayo y setiembre-octubre, por excedentes de riego y precipitaciones. El descenso freático se presenta alternado con los ascensos. La corta de invierno se extiende entre 60 y 70 días anualmente.

En primavera, el manejo del riego principalmente produce una importante recarga del acuífero freático, que en promedio alcanza al 59% de la zona. La superficie afectada hasta 1,0 metro 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.

En las sub-zonas Alvear–Bowen y San Pedro, entre el 70% y 60% de sus superficies respectivamente, son susceptibles de ascensos freáticos a menos de 1,5 metros 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 (gráfico 1), la capacidad de drenaje es menor en Soitué-Jaime Prats, y aumenta en San Pedro y Real del Padre, siendo esta última la que mejor comportamiento tiene respecto a la capacidad de drenaje de suelos del área de estudio.

Es importante mejorar el ajuste estadístico del FRF, la profundización de otras variables no incluidas, como el ETc de la vegetación natural y malezas. Los terrenos sin cultivos superan al 50% del área de estudio, (suelos en barbecho, abandonados, con vegetación natural, etc) cuya influencia en la Etc total para épocas de otoño y primavera principalmente, debe ser significativo. Otra variable a incorporar es la recarga lateral de zonas adyacentes (Kendy, 2003) y los caudales de salida del sistema a través de los cauces colectores de drenaje.

Los centros urbanos producen una recarga permanente de la freática, principalmente por el uso de pozos sépticos (la red cloacal de la ciudad de Alvear y Bowen abastece menos del 50% del área)

La salinidad media de la freática oscila entre 4,5 y 6,0 dS.m<sup>-1</sup>, con variaciones estacionales y zonales en menor medida.

El índice de eficiencia del 27% pone en evidencia una necesidad de avanzar en la mejora del sistema de riego intrafinca y en la impermeabilización de los cauces de conducción y también el área servida por cada cauce cuyas eficiencias según estudios serían mayores entre 70 y 300 ha (Kendy, 2003), con la posibilidad de incrementar la producción en volumen y superficie.

La densidad de un freátmetro cada 400 hectáreas es adecuada para estudios zonales en esta cuenca.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO ANTÓN, A; N. MARTINIS, N** (1978). *Estudios de las cuencas hidrográficas de los ríos Diamante y Atuel e hidrogeomorfología de la cuenca subterránea Diamante-Atuel*. CRAS - Centro Regional de Aguas Subterráneas
- ALLEN, RICHARD G., L. S. PEREIRA; D. RAES; M. SMITH, M.** (2006) *Evapotranspiración del cultivo: Guías para determinación los requerimientos de agua de los cultivos*. Food & Agriculture Org. FAO. Roma. 322 pp
- CASAMIQUELA, O; I. MIZUNO; E. ROCCA** (1984) *Pericia Agronómica Río Atuel Expte L195 Tomo I* SCJN (Suprema Corte de Justicia de la Nación)
- CNA** – *Censo Nacional Agropecuario* (2002)
- CRAS** - Centro Regional de Aguas Subterráneas. (1983) *Inventario de los puntos de extracción de agua subterránea de la cuenca de los ríos Diamante y Atuel*
- CRAS** - Centro Regional de Aguas Subterráneas (1994) *Datos hidrológicos e hidrometeorológicos correspondientes ala cuenca de los ríos Diamante – Atuel. Período 1987-1993. DI-225.*
- 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 (2006) *Proyecto de Modernización del Sistema de Riego Matriz Nuevo Alvear- Estudio de factibilidad – Anexo 3: Evaluación ambiental*

- 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 - Trasvase del Río Grande al Río Atuel.*
- HERNÁNDEZ, J; N. MARTINIS** (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; P. GERARD-MARCHANT; M. TODD WALTER; Y. ZHANG; C. LIU; T. STEENHUIS** (2003) *A soil-water-balance approach to quantify groundwater recharge from irrigated cropland in the North China Plain.* Hydrol. Process. 17, 21 pp
- MORABITO, J.; S. SALATINO; J. C. MILLER** (2001) *Informe para el Banco Mundial.*
- MORÁBITO, J.** (2002) *Estado de situación de los problemas de drenaje en Mendoza e información complementaria*
- MORÁBITO, J.; R. HERNÁNDEZ; S. SALATINO; C. MIRÁBILE** (2005) *Cálculo de las necesidades de riego de los principales cultivos del oasis Sur. Mendoza. Argentina.*
- MORÁBITO, J. 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
- PAZOS J.; M. VELGAS; C. RODRÍGUEZ; G. BOZZO; B. 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
- 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.; J. MARTINEZ BELTRAN; W. OCHS** (2007) *Guidelines and computer programs for the planning and design of land drainage systems.* FAO. Irrigation and drainage paper 62. Rome