

# COMPORTAMIENTO DEL NIVEL FREÁTICO EN EL TERCIO INFERIOR DEL ÁREA BAJO RIEGO DEL RÍO ATUEL. MENDOZA – ARGENTINA.

Rafael Pereira <sup>1</sup>; José A Morábito <sup>2 3</sup>

(1) *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)*

(2) *Instituto Nacional del Agua – Centro Regional Andino* (3) *Fac. Ciencias Agrarias – U.N. de Cuyo. Belgrano Oeste 210, CP: 5500, Mendoza – Argentina. Fax: 0261-4288251 e-mail: [jmorabito@ina.gov.ar](mailto:jmorabito@ina.gov.ar)*

*Presentado en CONAGUA 2011. Resistencia Chaco, Argentina. 22 al 25 de junio.*

## Resumen

En este trabajo se evalúa el comportamiento del nivel freático (NF) en el área de regadío de 75.774 ha 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 distribuidos con datos de lecturas de niveles freáticos desde 1980 a 2008 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 estacionales de isohipsas e isobatas medias. Se definieron indicadores de factor de reacción freática y del índice de eficiencia del sistema; además, se elaboraron planos de isolíneas y tablas de salinidad (conductividad eléctrica) media del agua subterránea.

El análisis de los registros recopilados indica sentido de flujo de agua estable y variaciones del comportamiento del NF estacional. 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.

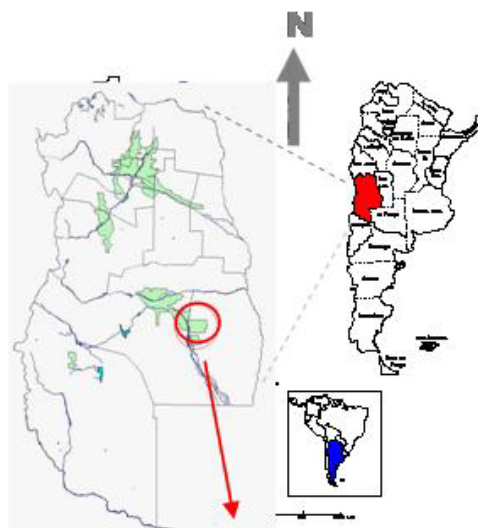
Los resultados logrados ofrecen una herramienta local y una fuente de información actualizada para la planificación del uso del suelo en la zona y, para la implementación y priorización de planes de mejora en la infraestructura.

**Palabras clave:** agua subterránea, freática, isobatas, freatómetro, salinidad, recarga, indicadores hídricos.

## 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. (Fig. 1)

El clima es árido templado-frío con una precipitación media de 315 mm.año<sup>-1</sup> (DGI-SARA) siendo la temperatura media anual de 14,7 °C, la máxima media de 23.8 °C y mínima media de 8.1°C. La máxima registrada alcanzó a los 44 °C en verano y la mínima a -10 °C en invierno.



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

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 dSiemens.m<sup>-1</sup> (C3S1 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.

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.

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.

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 Soitué - Jaime Prats: Está regada 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 m.ha<sup>-1</sup>)

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 m.ha<sup>-1</sup>)

### Material y Método

Se utilizó una red de 193 freaímetros, 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 freaímetro cada 64 ha, (Ezcurra 1990). Mientras que en la zona de Soitué y Jaime Prats la densidad alcanza solamente a 1 freaímetro cada 2.000 ha (Tabla 1 y Fig. 2).

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

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

Estos freaímetros 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 freaímetro.

La red de freaímetros 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 existente.

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

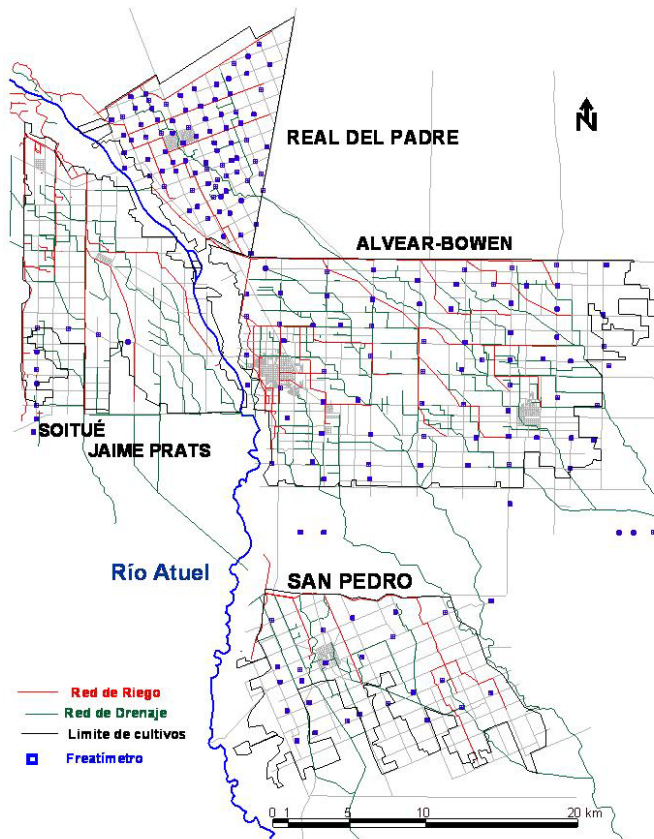


Figura 2 - Distribución de la red de freaímetros

Para estimar el FRF se utilizó la metodología propuesta por Bos et al (1989), (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.

$$CT = ETc / (R+P) \quad (1)$$

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), (CNA Act95 1995), (CNA 2002) calculados con el método de FAO Penman-Monteith, (Allen 2006), (Morábito et al 2005), (Harza-Hissa 1999).

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.

$$IES = \frac{\sum_{1}^{12} CT}{12} \quad (2)$$

CT: Consumo total

## Resultados

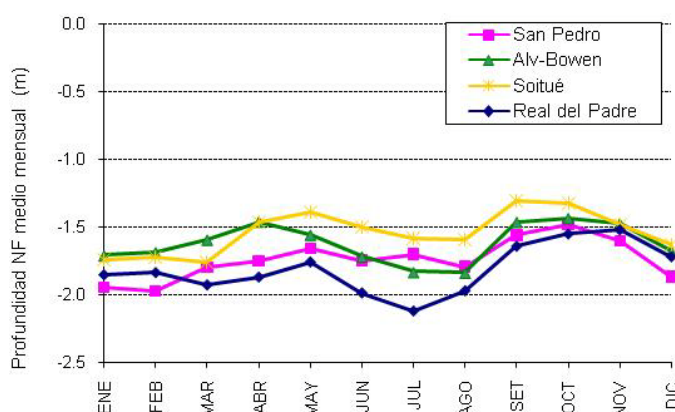
### Isobatas medias

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. 3)

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

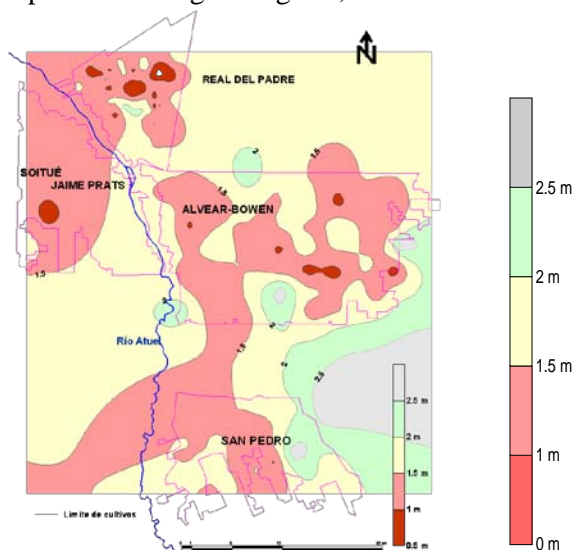
| Zona           | ENE  | FEB  | MAR  | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO  | SET  | OCT  | NOV  | DIC  |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Soitúé         | 1,74 | 1,72 | 1,76 | 1,46 | 1,39 | 1,50 | 1,59 | 1,60 | 1,31 | 1,32 | 1,48 | 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 |

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.

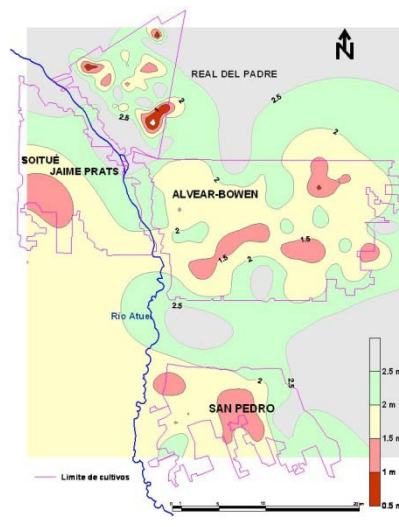


**Figura 3:** Profundidad media mensual del NF (m) por subzona de riego

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. 4). Al iniciarse el período de riego en agosto, el ascenso de NF es muy significativo. (Fig. 5)



**Figura 4:** Isobatas Media INVIERNO



**Figura 5:** Isobatas Media PRIMAVERA

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. 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. 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% e invierno el 12%.

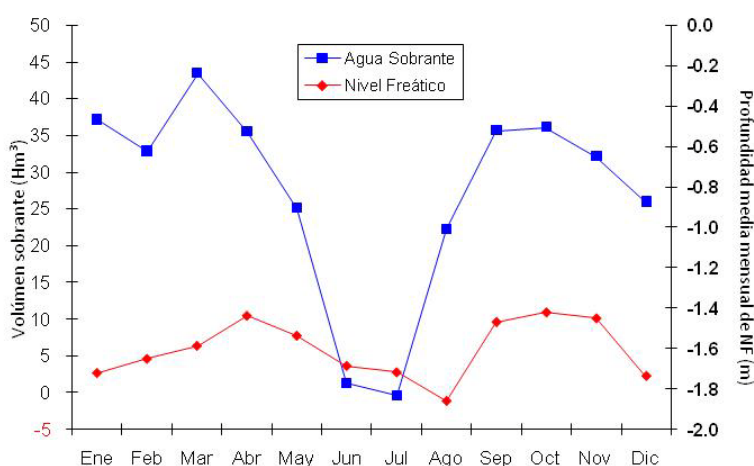
La variación de NF ( $\Delta NF$ ) presenta un retardo respecto a los cambios mensuales de agua sobrante de superficie, los cuales se pueden interpretar para un lapso de dos meses, según la expresión siguiente:

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

En la Tabla 3 y el Fig. 6 se presentan los resultados del análisis conjunto de las variaciones del agua neta sobrante y de la profundidad del agua.

**Tabla 3:** 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 |



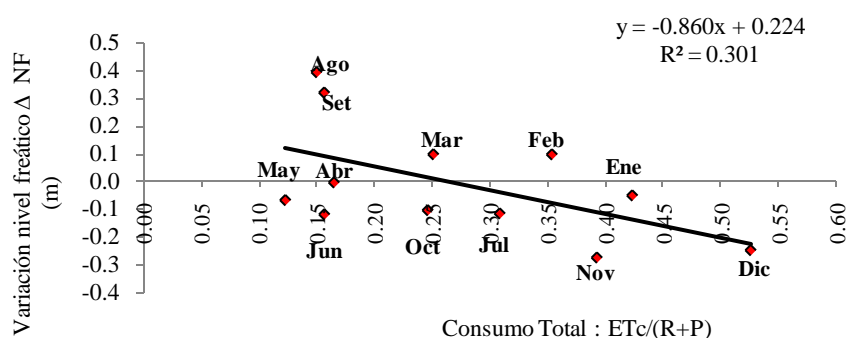
**Figura 6:** Volúmenes excedentes de agua (hm<sup>3</sup>) y NF (m). Zona Alvear-Bowen.

En la Tabla 4 se presenta la relación entre el balance hídrico del suelo y la variación del nivel del agua subterránea en forma mensual.

**Tabla 4:** 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     |
| $\Delta NF$    | -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   |

La representación gráfica del Factor de Reacción Freática (FRF) se obtiene a partir de los datos de la Tabla 4 y vinculan el comportamiento de la variación de NF ( $\Delta NF$ ) respecto al consumo de agua de los cultivos (CT). Los valores de la variable fueron obtenidos a partir de los valores promedios mensuales para la serie de años considerada. (Fig. 7)



**Figura 7:** 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. En Tabla 5 se deducen las relaciones establecidas por la recta de regresión.

**Tabla 5:** Relación entre el Consumo Total y la variación de NF (en metros) para la zona Alvear-Bowen. Serie 1980-2008

|                  |             |
|------------------|-------------|
| $CT = Etc/(R+P)$ | $\Delta NF$ |
| 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  $R^2$  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 4), 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).

$$\text{IES (Indicador de eficiencia del sistema)} = \frac{\sum \text{Etc mensual}}{\sum (\text{R} + \text{P}) \text{ mensual}} / 12$$
$$\text{IES} = 27\%$$

Es decir, que solamente el 27% del agua incorporada a la red de riego termina siendo utilizada directamente por el cultivo y el resto pasa a constituir recarga superficial de napas subterráneas.

### 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 cantidad de freáticos existentes suponen mayores estudios para su evaluación.

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. 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.

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

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 proliferación, (suelos en barbecho, abandonados, con vegetación natural, etc.) cuya influencia es importante en la ETC total para épocas de otoño y primavera principalmente.

El índice de eficiencia del 27% 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 freático cada 400 ha es adecuada para estudios zonales en esta cuenca.



## Bibliografía

- 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.**(1997) "Performance indicators for irrigation and drainage, and Drainage Systems". Volume 11.2, p.119-137.
- 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
- Casamiquela, O; Mizuno, I; Rocca, E** (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, D; Mays, L:** (1994) Hidrología Aplicada. McGraw-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)
- 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** (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.
- Harza-Hissa UTE Consultoras** (1999) Aprovechamiento Integral del Río Grande - Traslado del Río Grande al Río Atuel.
- Kendy,E; Gérard-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
- Morábito, J.; Salatino,S.; Mirábito, C.; Chambouleyron, J.** (1998) "La Operación del Agua de Riego en el Río Tunuyán Inferior-Mendoza- Argentina. Indicadores de Desempeño" - Instituto Nacional del Agua.
- Morábito, J.; Hernández, R; Salatino,S; Mirábito,C.** (2005) Cálculo de las necesidades de riego de los principales cultivos del oasis Sur. Mendoza. Argentina.
- Ortiz 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
- 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
- Smedama, 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.** (1970) Balance de sales y necesidades de lavado. Teoría de drenaje agrícola y de la escorrentía. 33º Curso de Drenaje Agrícola. University of Agriculture, Wageningen