

EFFECTOS DE UN CANAL SOBRE EL PRIMER NIVEL ACUÍFERO

Dora Cecilia Sosa, Rodolfo Palazzo, Carlos Paoli

Centro Regional Litoral-Instituto Nacional del Agua
Ministerio de Asuntos Hídricos Provincia de Santa Fe
Patricio Cullen 6161 Santa Fe-- tel /fax 0342-4605910 –email: dorasosa@ina.gov.ar

RESUMEN

Con el fin de evacuar excedentes hídricos, desde la laguna La Picasa al Arroyo Pavón, en el Sur de la Provincia de Santa Fe, a través de un canal, se desarrollaron relevamientos hidrogeológicos a lo largo de la traza, con el objeto de señalar su efecto sobre la reserva de agua subterránea, analizar el comportamiento y cuantificar la recarga – descarga entre el agua del canal y el primer nivel acuífero.

El agua a evacuar posee concentraciones de sólidos totales disueltos, que oscilan, por variaciones estacionales, entre los 4500 y 7000 mg/l .

El canal proyectado interceptará zonas con un relieve alternado de bajos y suaves elevaciones, con calidades en el nivel freático que varían desde 600 hasta 3000 mg/l de sólidos totales disueltos

Determinar el modelo conceptual que gobierna el flujo permitió el análisis de las condiciones actuales y futuras una vez que se construya el canal, a través de modelación numérica.

Estos estudios complementaron la información de gabinete con mediciones de flujo base en canales existentes y determinaciones de pendientes piezométricas en los ambientes más característicos por los que recorre el canal.

Las conclusiones arribadas muestran el efecto que provocaría el canal en distintos escenarios estudiados.

Palabras clave: Agua subterránea, canales.

INTRODUCCIÓN

Los excesos hídricos, resultado de las precipitaciones ocurridas en la región sur de la provincia de Santa Fe, (sur este del Departamento General López, y sur este del Departamento Constitución. (Figura 1, Giacosa et al., 2002), sumadas a las modificaciones antrópicas de la cuenca, han causado graves perjuicios a la producción y a su economía regional.

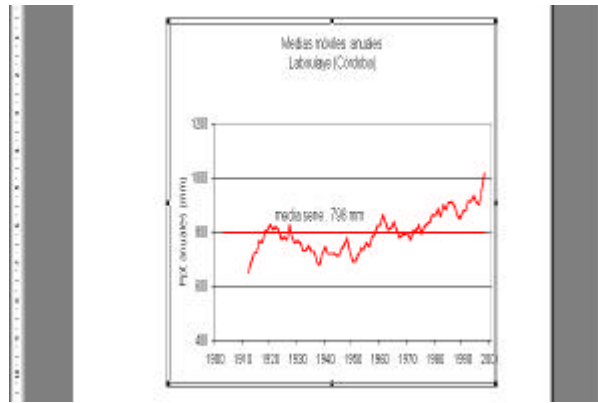


Figura 1. Medias móviles anuales

Regionalmente, el proyecto se desarrolla, dentro de un sistema sedimentario, estratigráfico, geomorfológico y ambiental bien definido, compuesto por mezclas de sedimentos finos, en su mayor parte por arenas muy finas, arenas finas limosas, limos y arcillas, que fueron depositadas por el viento y posteriormente retrabajadas

Para evacuar los excedentes, se estudió como alternativa, la construcción de un canal desde la laguna La Picasa al Arroyo Pavón, cuya longitud aproximada es de 170 km. La traza proyectada transita por relieves diferentes, donde las condiciones hidrogeológicas presentan variaciones desde el punto de vista geológico y ambiental.

Se vierten los resultados de los estudios hidrogeológicos realizados en el primer nivel acuífero y la modelación numérica que permitió el análisis de los escenarios contemplados.

El objetivo perseguido fue estudiar el comportamiento del canal y su efecto en el primer nivel acuífero. Se evaluaron las condiciones del medio con altas recargas, comparadas con las situaciones conocidas, con menor precipitación.

TAREAS EFECTUADAS

Se desarrollaron las siguientes tareas:

1. Inventario de 350 puntos de agua.
2. Se ejecutaron 60 perforaciones para piezómetros distribuidas convenientemente, se examinó el perfil litológico atravesado cada 0.30 m y se extrajeron muestras de agua
3. En los pozos censados y en los piezómetros construidos se determinó nivel piezométrico y conductividad eléctrica.

4. Se seleccionaron muestras de aguas representativas para realizar análisis físico-químicos completos.
5. Con la información obtenida y con apoyo de cartografía IGM, se elaboraron mapas de curvas isopiezas y de isoconductividad.
6. Se efectuaron 70 SEV y se trazaron perfiles geoelectricos a los efectos de estudiar los espesores acuíferos.
7. Se construyeron perforaciones de reconocimiento, pozos de observación Ensayos de bombeo y recuperación en el tramo desde la Laguna La Picasa a la Laguna Los Patos, hasta 50 m de profundidad.
8. Se fijaron los criterios de selección de las zonas para realizar la modelación
9. Implementación del modelo.

CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

Desde la Laguna Los Patos hacia Las Encadenadas, se interceptan una serie de bajos interconectados, alternados con sectores particularmente ondulados -pocos elevados- y otros planos, donde el drenaje superficial está normalmente impedido, formando cuencas cerradas (Figura 2).

Se observan sedimentos superficiales loésicos, cubiertos en parte por arenas finas que corresponden al médano invasor con espesor próximo a 10 m. Por debajo, continua, una secuencia de arenas muy finas y de limos arenosos de 40 a 60 m (Formación Pampeana), en esta, se intercalan sedimentos eólicos, palustres, alternados con limos arenosos y limos pocos arcillosos de tonalidad castaña rojiza a amarillenta, con concreciones de carbonatos de calcio y de manganeso, de menor permeabilidad que los limos eólicos (Palazzo et al., 1999).

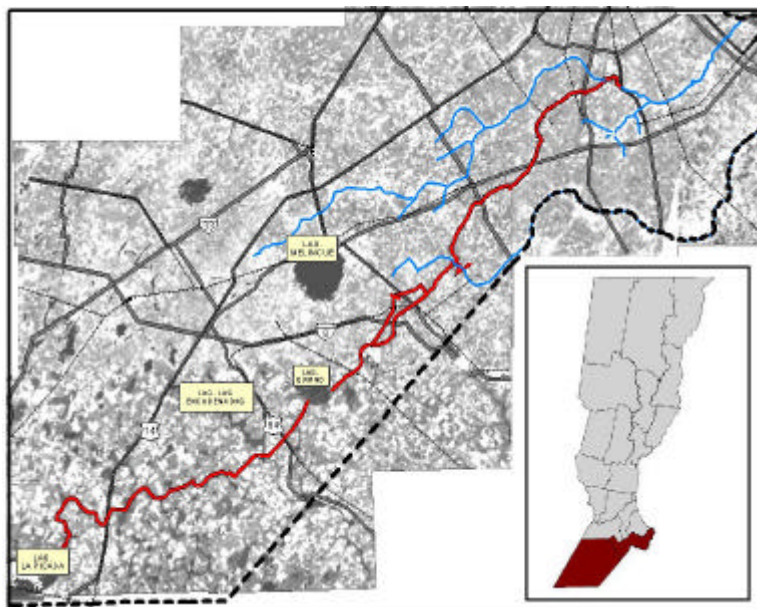


Figura 2. Localización del área de estudio y posición en la provincia de Santa Fe

Este espesor sedimentario se comporta como un acuífero libre con drenaje diferido, los caudales de explotación son importantes a pesar de la variación de la permeabilidad del material.

La recarga local producto de las precipitaciones tiene importancia preponderante, agilizada por la buena permeabilidad vertical de los sedimentos, desde las cuales escurren las aguas infiltradas hacia los sectores con relieve más bajo o hacia las lagunas.

La Formación Puelche, se encuentra a una profundidad que supera los 60 m, saturada con agua muy mineralizada.

De la “Laguna de Quirno a los Bañados del Pavón”, la configuración del relieve está vinculada con movimientos del basamento, que afecta el drenaje general y la distribución de los sedimentos, determinando sectores o regiones con características geomorfológicas y de suelos diferentes. El relieve es poco diferenciado, las zonas bajas, deprimidas, forman bajos y cañadas que dan lugar a la formación de lagunas temporarias

Desde la Laguna de Quirno hasta las inmediaciones de la Ruta Nacional N° 8, próximo a las localidades de Hughes, Wheelwright y Labordeboy persiste superficialmente la presencia de loess y la fracción arenas muy finas alternadas con limos friables. En esta zona, la Formación Pampeana tiene una potencia próxima a los 120 m y está compuesta por limos arcillosos y arcillas limosas y por limos intercalados con arenas finas en la base, se observan tonalidades castañas y amarillentas. Por debajo, se encuentran arenas finas bien seleccionadas de la Formación Puelche que alojan aguas mineralizadas.

El recurso subterráneo que se explota, corresponde a distintos niveles de la Formación Pampeana y según la región, se comporta como un acuífero multiunitario o como semiconfinado, su calidad es variable.

La influencia de las precipitaciones en la recarga de estos acuíferos es significativa, ya que un importante porcentaje de ella se infiltra. Los niveles estáticos históricos registrados, fluctuaban entre los 4 y 7 m, y en periodos húmedos están próximos a la superficie.

Desde este sector (Hughes, Wheelwright y Labordeboy), la traza del canal proyectado recorre un relieve más elevado vinculado a un control estructural, predominan sedimentos superficiales limosos y arcillosos, el espesor del Pampeano desarrolla una potencia de 110 m compuesta por sedimentos limosos-arcillosos y arcillas limosas intercaladas con nódulos de carbonatos de calcio y manchas de óxido de manganeso. Entre los 110 m y 120 m arenas medianas a finas con intercalaciones de gravilla (Formación Puelches ?) y hasta los 130 m arcilla plástica verde oliva con restos fósiles (Palazzo et al.,2002).

Laguna La Picasa a Laguna de Quirno- Piezometría y conductividades

La profundidad del primer nivel acuífero, en este sector varía entre 0,70 y 4,50 m.

Las zonas bajas son lagunas permanentes o semipermanentes con los niveles en superficie y aflora en los canales de la zona.

Las curvas presentan cierto paralelismo a la línea de traza indicando un escurrimiento perpendicular a la misma (Figuras 3 y 4 Sosa et al.,2004)

La Laguna de Quirno (origen estructural), presenta un importante condicionamiento al escurrimiento en la zona, ya que se constituye en el nivel de base hacia donde aporta el sistema acuífero del primer nivel. Las curvas equipotenciales que la circundan muestran espaciamientos reducidos, indicando un aumento del escurrimiento, favorecido además por las características arenosas del suelo.

En las (Figuras 5 y 6 Sosa et al.,2004) se representan los rangos de conductividades del agua (tomados en campo) según los siguientes intervalos: entre 300 – 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 1000-2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 2000 – 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y mayores de 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, predominan valores de del primer y segundo intervalo, agua de baja a regular mineralización

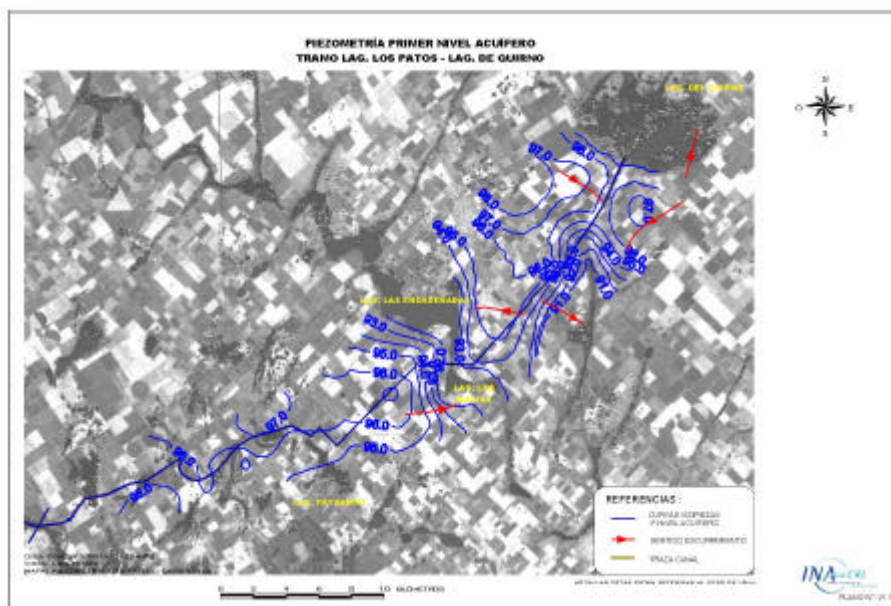


Figura 3. Piezometría Lag. Los Patos Lag. Quirno

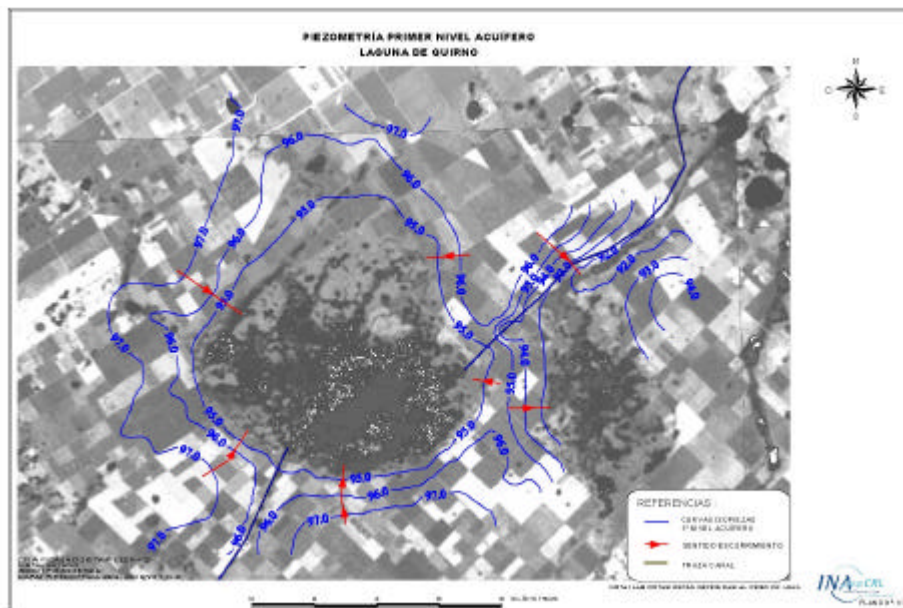


Figura 4. Piezometría Laguna Quirno

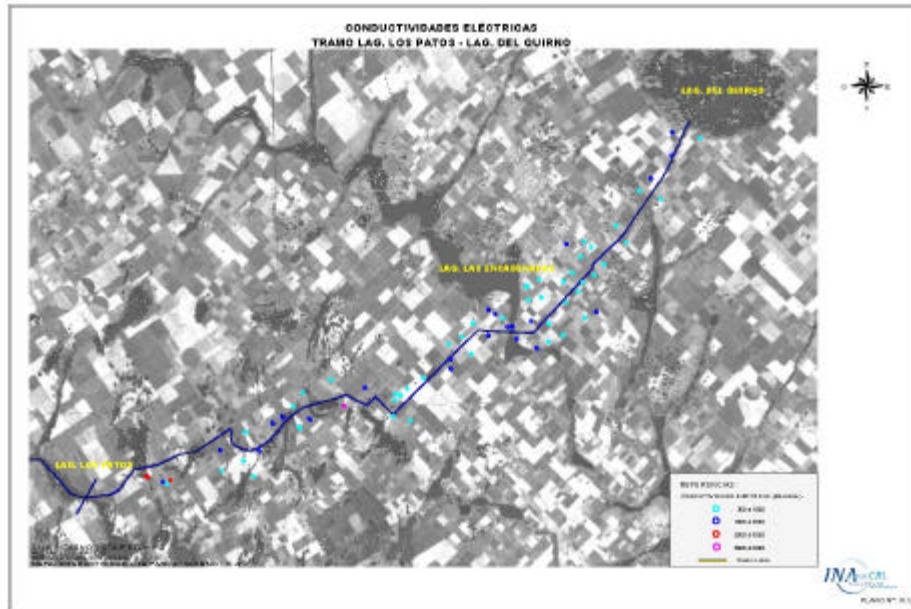


Figura 5. Conductividades Laguna Los Patos Lag. Quirno

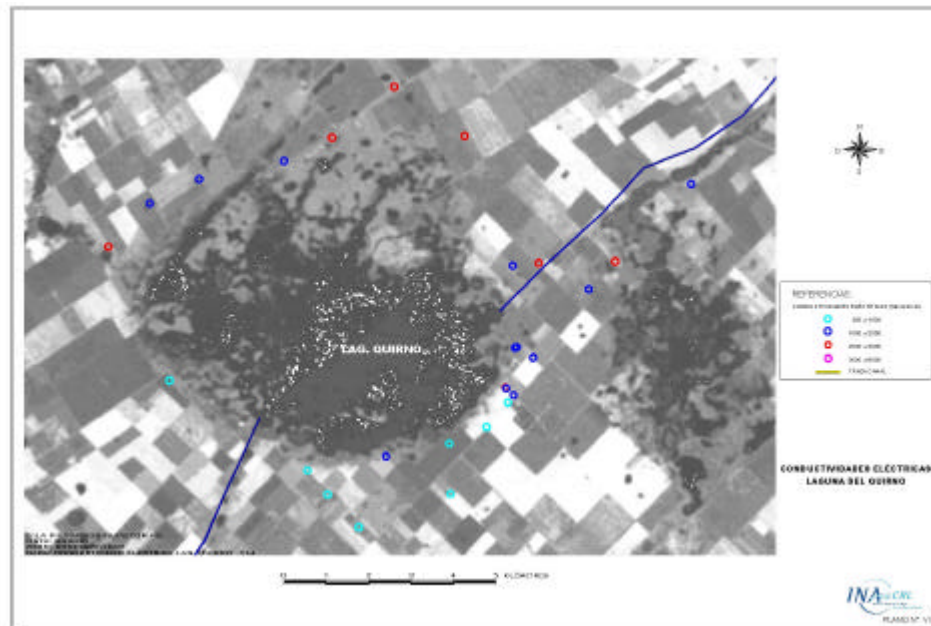


Figura 6. Conductividades Lag. Quirno

Laguna de Quirno a Baños del Arroyo Pavón- Piezometría y conductividades

La profundidad del primer nivel acuífero está entre 1,30 y 2,50 m. En correspondencia con la morfología superficial, se identificaron sectores con comportamiento hidrodinámico diferente.

A la salida de la Laguna de Quirno se manifiesta un incremento notable de los valores de conductividad eléctrica respecto a la región ya descrita.

Los bajos son lagunas permanentes o semipermanentes con los niveles aflorantes y actúan como zona de descarga del agua subterránea.

Antes de llegar a la localidad de Alcorta, presenta una zona con mayor relieve, escaso escurrimiento y de bajo gradiente en el sentido horizontal. La profundidad de la superficie piezométrica, en esta loma, varía entre los 0.70 m y 1,30 m. Esta zona, se constituye en un área de recarga local con buena permeabilidad vertical, ya que los sedimentos superficiales, tienen porosidad, limos friables con un espesor de casi 1,00 m, por debajo, se observaron intercalaciones limosas arcillosas de color castaño rojizo, hasta los 1,60 m de profundidad.

Las conductividades medidas de las muestras de campo manifiestan valores comprendidos entre el segundo y tercer intervalo, agua de regular a elevada mineralización.

DESCRIPCIÓN SOBRE EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ACUÍFERO

El volumen de infiltración es muy importante por las características de los sedimentos superficiales, que facilitan una rápida recarga del primer nivel acuífero y de los niveles inferiores.

En zonas bajas, a medida que se deprimen los niveles superficiales, se produce un aumento del gradiente entre la freática y el agua superficial, que facilita el aporte subterráneo, por lo que las depresiones son las últimas en bajar su nivel, e incluso pueden llegar a aumentarlo, aunque no se produzcan lluvias, constituyendo el nivel de base del sistema.

En sectores de escaso relieve, el almacenamiento natural y el movimiento vertical del agua dominan sobre los procesos horizontales. En las zonas elevadas, la recarga manifiesta un rápido aumento de los niveles piezométricos: cuando es mínima, por razones climáticas, los niveles decrecen rápidamente por efecto de los gradientes.

La permeabilidad de los sedimentos y el relieve, condicionan la circulación del agua subterránea y la distribución de las áreas de recarga y descarga, creando sistemas de flujos locales más que regionales, ya que el agua de lluvia es la fuente principal de recarga.

La interpretación de los resultados arribados, se contraponen al comportamiento conocido, ya que la condición del agua almacenada del acuífero superior, fue alterada por efecto de dilución, se han observado zonas bajas con menor concentración de sales que lo conocido. La recarga fue favorecida por la permeabilidad de los sedimentos, confiriéndole a la región un "régimen químico", comportándose como zona de recarga. Este resultado debe interpretarse como una "*variación cíclica*". Corroboran este comportamiento los resultados de análisis físicos químicos antecedentes, contrastados con muestras de agua procesadas en este estudio.

Estudios de los canales existentes en la zona

Las observaciones de campo permitieron advertir la presencia de flujo subterráneo drenando en los taludes de los canales.

Este flujo es apreciable, ya que durante las campañas realizadas se efectuó un seguimiento a lo largo de canales existentes, examinando el drenaje de la freática para lo que se implementó un plan de estudio para determinar caudales de flujo base y pendientes en taludes.

Aforos para la determinación de flujo base

Para la concreción de esta tarea se revisaron los principales canales construidos en un contexto similar a los que va a recorrer la traza, con el fin de seleccionar los sitios más apropiados para realizar los aforos.

El canal San Urbano, y otros próximos a la localidad de Alcorta, fueron seleccionados para las observaciones programadas

Los aforos se realizaron por vadeo, con precisión, para evitar que los errores propios del método disturben los resultados, utilizándose micromolinete y seleccionando secciones que permitieran un buen cálculo de las áreas. A modo ilustrativo se presenta la tabla 1:

Tabla 1 Valores medidos en Canal San Urbano (Sector A)

Sección N°	Caudal (m ³ /s)	Area (m ²)	Velocidad (m/s)	Fecha
1	5.209	8.592	0.606	14/11/02
2	5386	6.230	0.864	14/11/02
3	4.238	6.815	0.622	14/11/02
4	0.372	3.285	0.113	14/11/02

Sección N°	Caudal (m ³ /s)	Area (m ²)	Velocidad (m/s)	Fecha
1	3.981			18/11/02
4	0.140			18/11/02
6	3.529	8.678	0.407	18/11/02
7	0.053	0.138	0.384	18/11/02

Sección N°	Caudal (m ³ /s)	Area (m ²)	Velocidad (m/s)	Fecha
1	3.337			20/11/02
2	3.732			20/11/02

Los caudales bases determinados a partir de estos aforos denotan una gran variación. En el canal San Urbano se midieron caudales base desde 21 l/Seg/km de canal a 187 l/seg/km en algunos tramos, se aclara que este canal se encuentra en sedimentos limosos.

En otros canales menores los valores medidos resultaron inferiores a los 10 l/seg/km.

Determinación de pendientes piezométricas en canales

Se seleccionaron 2 áreas para la ubicación de Estaciones piezométricas.

Los lugares seleccionados, corresponden a sedimentos del tramo arenoso (Christophersen sobre el canal alternativa norte, sector ruta N° 14), y sedimentos limosos (afluente al canal Alcorta).

En cada estación para determinación de pendientes de la superficie piezométrica, se construyeron dos piezómetros y se instaló una escala en el cuerpo de agua.

Los resultados obtenidos se resumen en las (Figuras 7 y 8, Sosa et al., 2004)

Además se ilustra la pendiente piezométrica en un cuerpo de agua importante como la laguna de Quirno, dentro de un ambiente de transición entre las dos zonas antes mencionadas (Figura 9, Sosa et al., 2004)

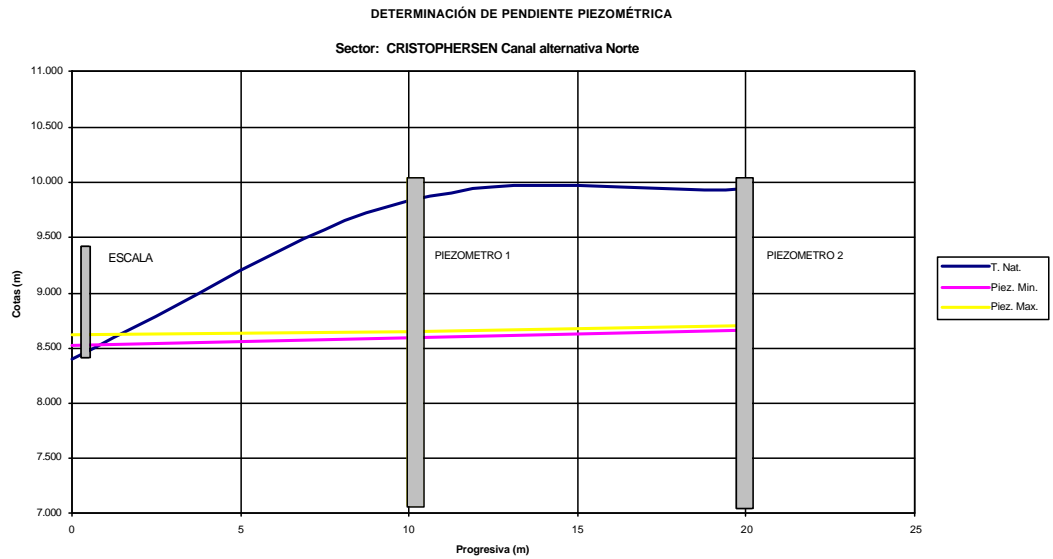


Figura 7. Perfil Piezométrico Canal Alternativa Norte

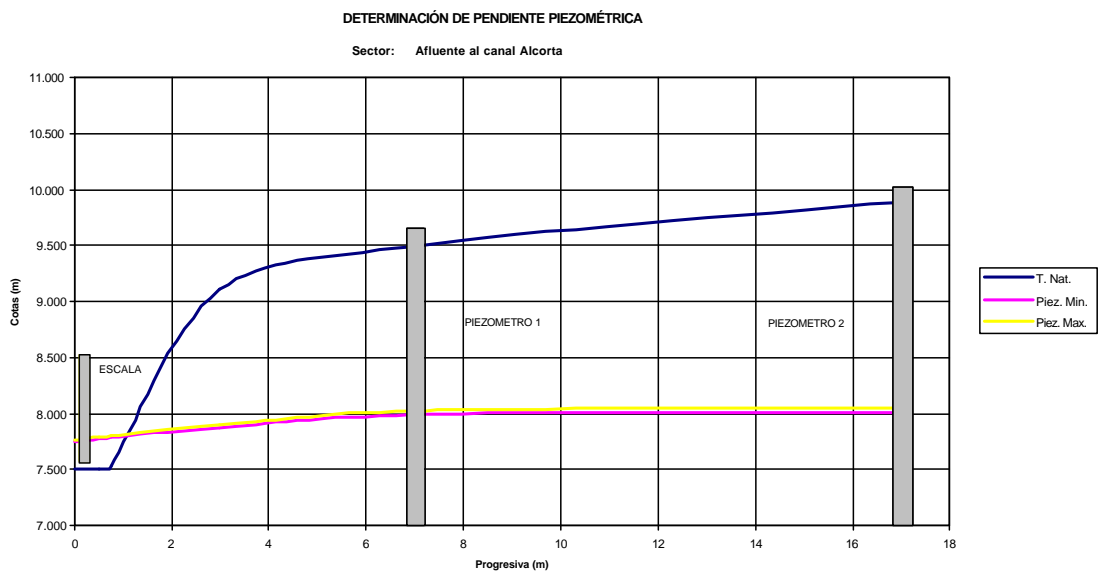
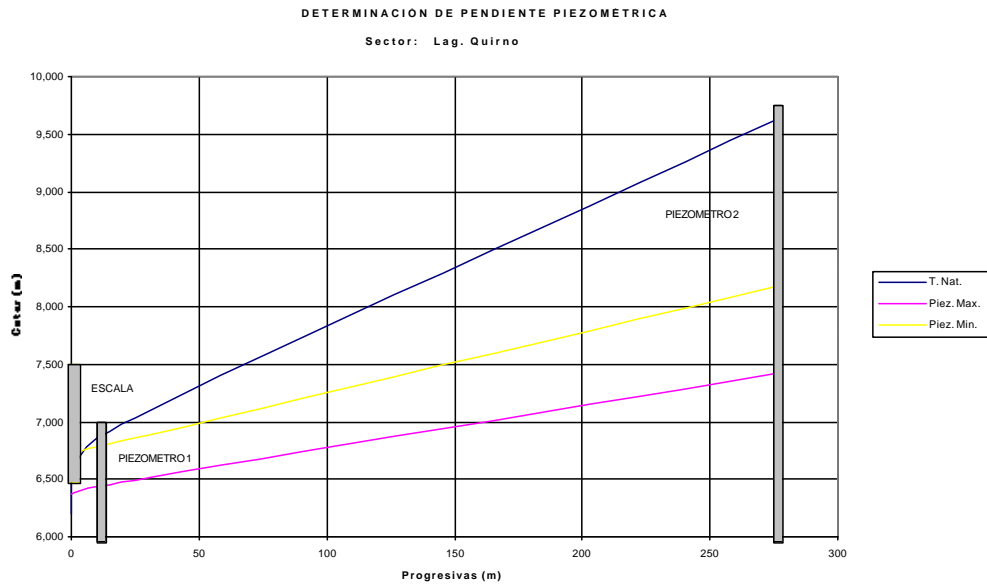


Figura 8. Perfil Piezométrico Afluyente Canal Alcorta



Estimaciones de Velocidades de flujo subterráneo(Darcy) en el entorno de las estaciones

En la Tabla 2, se observa que las mayores pendientes se dan en los sedimentos más finos, pero su influencia se restringe a pocos metros del canal (ver pendiente en Alcorta), por lo tanto las velocidades calculadas se refieren también a un entorno muy reducido.

Tabla 2. Pendientes y velocidades

Estación	Permeab. m/d	Pte. máx	Pte- mín.	Vel. máx. m/d	Vel. mín. m/d
Christophersen	7	0.0065	0.00475	0.045	0.033
Lag. De Quirno	4.32	0.00524727	0.00380727	0.022	0.016
Alcorta	1.7	0.03728571	0.03428571	0.063	0.058

Respecto de la pendiente piezométrica en la margen Este de la laguna de Quirno, responde al origen estructural de la laguna, con un sector elevado y el otro deprimido que manifiesta la representación gráfica obtenida.

Criterio de selección de áreas a modelar

Sobre la traza del canal proyectado se volcaron los valores de los niveles piezométricos para determinar en forma general a lo largo de todo el trayecto las zonas de recarga al acuífero y de drenaje desde el acuífero.

Dos lomas que van a ser interceptadas por el canal proyectado, se consideraron convenientes modelar, en distintos ambientes Loma de Villa Cañas y Loma de Alcorta, la primera en sedimentos arenosos y la segunda en sedimentos limo arcillosos.

Modelación numérica

En base a las mediciones realizadas y al modelo conceptual que gobierna el funcionamiento del sistema se aplicó Modflow en dos zonas una en la salida de Las Encadenadas reconocida como Loma de Villa Cañás con predominio de arenas finas y otra con sedimentos más limosos, Loma de Alcorta.

Escenarios seleccionados para la aplicación del modelo.

Se seleccionaron dos situaciones para la modelación. a) El canal funcionando durante 3 años*, con los niveles piezométricos relevados del área de influencia y con un tirante dentro del canal correspondiente al del proyecto $h = 1.5$ m. Y b) El canal funcionando durante 1 año**, con los niveles piezométricos relevados y con un tirante dentro del canal correspondiente $h = 0.10$ m

Justificación de los tiempos

3 años* = tiempo previsto de funcionamiento continuo del canal para descender la cota de la laguna La Picasa.

1 año** = tiempo extremo estimado con máxima sequía (caso que durante un año no transporte agua)

Loma de Villa Cañás

Las conductividades se determinaron en campo mediante los ensayos con pozos barrenados análisis por Van Beers. En función de la litología predominante en la región, se adoptó: a) Un modelo de 3 capas, b) La capa superior, conductividades hidráulicas comprendidas entre 4.32 m/día y 3.9 m/día. c) Capa del medio conductividad hidráulica de 3.5 m/día, d) Capa inferior 3 m/día, e) Condiciones de borde constante según la piezometría y el nivel de base de las Encadenadas.

En la recarga de la zona se estudiaron antecedentes del Convenio DPOH – FICH. (Dirección Provincial de Obras Hidráulicas de la Provincia de Santa Fe – Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas UNL), 1999.

En la Figura 10 se representan las curvas equipotenciales obtenidas de los datos medidos del modelo.



Figura 10. Piezometría observada y del modelo

Régimen transitorio. Canal con tirante de proyecto 1.5 m por encima de la cota de fondo. La Figura 11 Perfil transversal del cono de descensos a 1 año de funcionamiento del canal con tirante de proyecto y la Figura 12 Perfil transversal de cono de descensos luego de 3 años de funcionamiento del canal con tirante de proyecto.

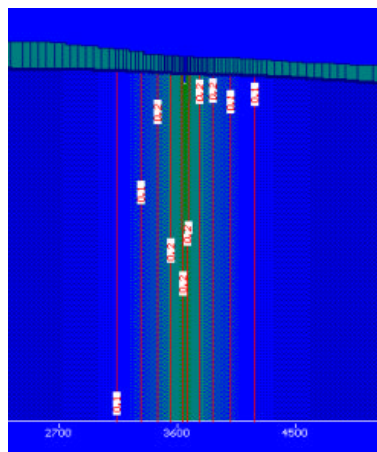


Fig. 11. 1 año

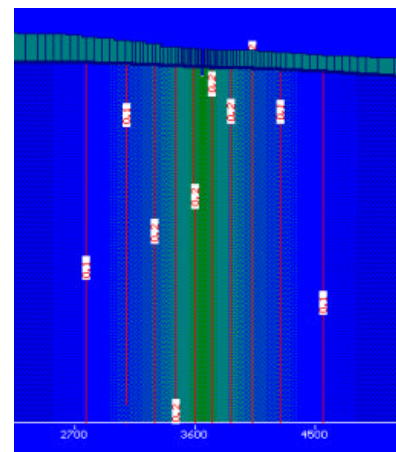


Fig. 12. 3 años

El cono de descensos al año de funcionamiento del canal con tirante $h = 0.10$ m en la zona central del modelo manifiesta depresiones mayores a 0.60 m hasta los 300 m a cada lado del canal.

Conclusiones sobre el funcionamiento de la loma de Villa Cañas

En las situaciones modeladas, el canal con tirante de proyecto $h = 1.5$ m. tiene una afectación mínima ya que la superficie del primer nivel acuífero casi coincide con el tirante, las depresiones son pequeñas, próximas a 0.20 m. El caudal estimado sobre la zona central del modelo al año es de 2 l/s/km, como erogación al año. A los tres años se reduce a 1.5 l/s/km

Situación de canal con $h = 0.10$ m, la zona de afectación, al año, manifiesta depresiones mayores a 0.60 m hasta los 300 m, a cada lado del canal. El caudal estimado sobre la zona central del modelo es de 12 l/s/km al cabo del año. La zona presenta mucha sensibilidad en los niveles piezométricos. por efecto de la recarga

Loma de Alcorta

En función de la litología predominante en la región, se adoptó: a) Un modelo de 4 capas, b) Capa superior, conductividades hidráulicas comprendidas entre 2.42 m/día y 1.7 m/día, c) Capa segunda conductividad hidráulica 0.86 m/día, d) Capa tercera 2 m/día, e) Capa cuarta 0.86 m/día, f) Condiciones de borde constante según la piezometría. La Figura 15, muestra las equipotenciales obtenidas por el modelo y las trazadas a partir de los datos de campo. La Figura 14 muestra las equipotenciales del modelo y las trazadas a partir de los datos de campo.

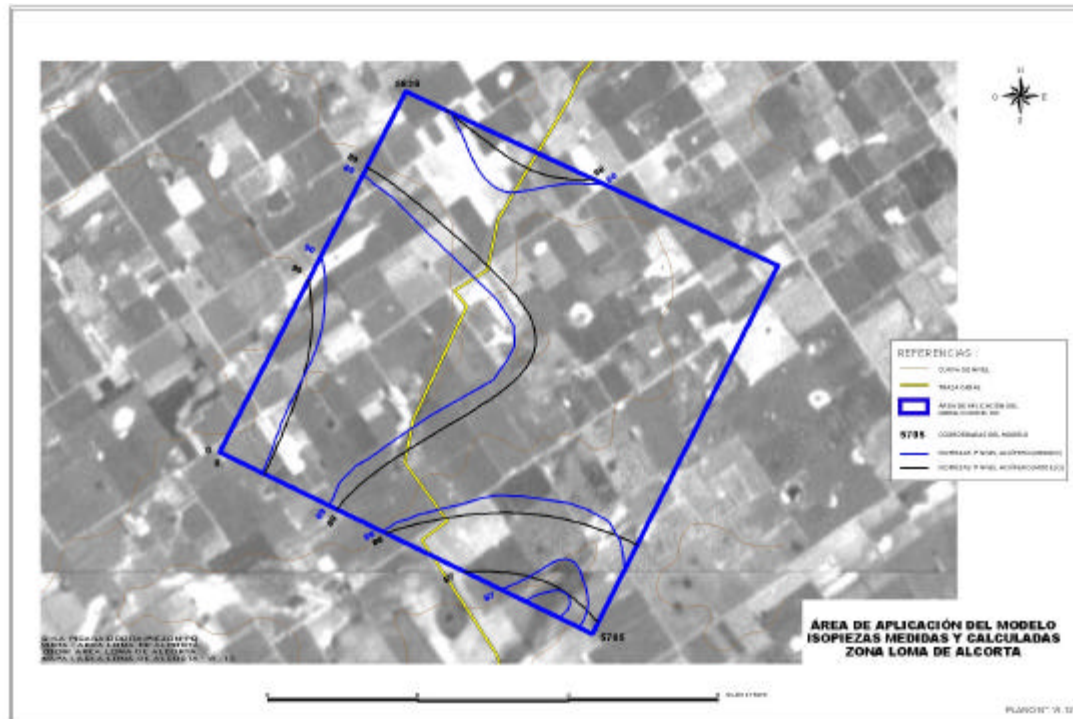


Figura 13. Piezometría observada y del modelo

La Figura 14 muestra el cono de depresión del primer nivel acuífero a tres años con $h = 1.5$ m. y la Figura 15 el cono de descensos Canal con $h = 0.10$ m (canal vacío)

En el modelo se manifiesta el abatimiento de los niveles por efecto de la profundidad del canal. La zona de afectación con variaciones de nivel mayores a 0.60 m en tres años se extiende hasta 600 m hacia ambos lados en situación de tirante de proyecto

Respecto a los caudales de descarga -pérdida del acuífero se obtiene magnitudes de 35 l/s/km, para un año de funcionamiento y de 15 l/s/km a los tres años, considerando régimen variable y el descenso piezométrico provocado en el entorno del canal

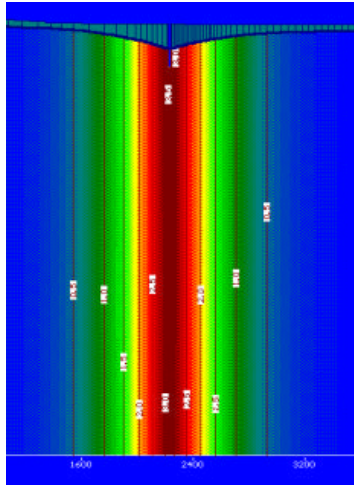


Figura 14 . 3 años h= 1.5 m

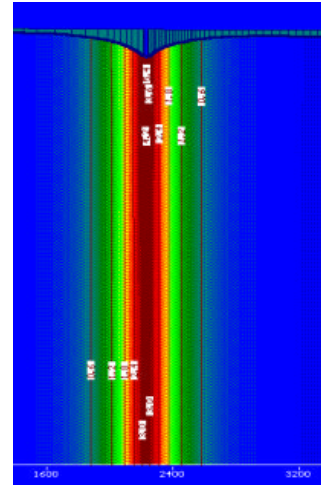


Figura 15 1 año h= 0.10 m

Al año de funcionamiento en condición de canal vacío, $h = 0.10$ y considerando que aun en la loma se mantienen los niveles piezométricos, el cono de depresión provocado denota descensos mayores de 0.60 m hasta 300 m a ambos lados del canal.

En este escenario por más que se consideren tirantes de 1.5 m o inferiores, dentro del canal, la situación de los descensos tiene una afectación lateral similar, ya que la diferencia de los niveles piezométricos altos en el área de la traza del canal (89 m) presenta un gran impacto al funcionar con cota de fondo entre 83.54 m y 84.05 m.

Los caudales de pérdida del acuífero en esta situación al año se estiman en el modelo de 35 l/s/km.

Conclusiones sobre el funcionamiento en la Loma de Alcorta

Del análisis realizado, se observa que los descensos son similares en los casos planteados provocando conos extendidos en el área de influencia de la traza del canal. El tirante dentro del canal se puede ver afectado por niveles piezométricos elevados del entorno.

Los descensos presentan una pendiente importante y el nivel en el canal puede superar al tirante del proyecto ya que se observa en la salida del modelo una importante zona de rezume.

Efectos sobre la calidad del primer nivel acuífero en la zona de Villa Cañas

En esta zona, a diferencia de lo encontrado en el caso de la loma de Alcorta, se advierte un comportamiento de recarga del canal al acuífero en función de la simulación realizada.

De los datos recopilados se tiene que los STD. del primer nivel acuífero no superan los 600 mg/l. En el canal se consideró agua de 4000 mg/l de STD valor promedio para la laguna La Picasa.

Se efectuó una corrida con el código computacional MT3DMS para estimar posibles comportamientos de STD del agua que transporta el canal y el medio acuífero. Para este análisis se

estimó un comportamiento de la piezometría que facilite la recarga. El tirante en el canal $h = 1.50$ metros, en situación de recarga al acuífero. La Figura 16 muestra la zona afectada al año de funcionamiento con los niveles freáticos por debajo del fondo del canal, la afectación llegan hasta una distancia del canal de 100 m.

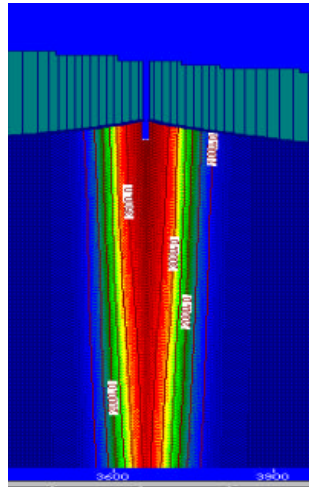


Figura 16 Zona de afectación

Se observa que la intrusión afecta en función de las pendientes hidráulicas generadas entre el pelo de agua del canal y los niveles piezométricos presentes en el entorno

CONCLUSIONES

Las aguas subterráneas descargan regionalmente hacia los espejos de agua ubicados hacia el Oeste y hacia el Este, de esta manera la presencia del canal proyectado en períodos húmedos como el actual drenaría las aguas aledañas.

En las áreas bajas, zonas naturales de descarga, la construcción del canal proyectado no causaría impacto negativo, en los acuíferos del lugar.

En áreas elevadas donde por las características hidrogeológicas del área se alojan bolsones de agua de buena calidad, aumentaría el grado de vulnerabilidad, sobre el acuífero ya que provocaría un incremento en los tenores salinos de las mismas. Se deben tomar medidas a fin de proteger la calidad de las aguas subterráneas en las zonas con relieve elevado donde se practica el riego, en consecuencia de que induciría una recarga desde el canal al acuífero a través del bombeo.

El caudal de aporte subterráneo calculado a partir del ModFlow, en el sector arenoso, es de 12 l/s/km al cabo del año para $h = 0.10\text{m}$. En la zona limosa, el caudal calculado por el modelo para $h = 0.10 \text{ m}$ es de 35 l/s/km , para el mismo período, en este caso el aumento del caudal específico por km de canal se atribuye al efecto que produce la pendiente piezométrica, lo que se condice con las pendientes medidas en el campo.

La zona presenta mucha sensibilidad frente a variaciones de los niveles freáticos por efecto de la recarga.

A través de la modelación se aprecia, que la pendiente que existe entre el pelo de agua dentro del canal y los niveles del acuífero, regula el grado de intrusión salina, la que puede alcanzar hasta 100 m, en un año de escasa recarga (niveles piezométricos bajos)

Es necesario implementar un monitoreo y seguimiento de los efectos que los canales producen en el primer nivel acuífero, ya que este nivel es casi siempre interferido.

BIBLIOGRAFÍA

Convenio D.P.O.H. – F.I.C.H. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL (1999).- “Estudio de diagnóstico área de aportes a la Laguna La Picasa”. Informe Parcial.

Giacosa, R.; Sosa, D.; et al. (2002). “*Influencia de los acueductos proyectados en la provincia de Santa Fe sobre los niveles freático*” Informe Técnico, T. 1 y 2, Instituto Nacional del Agua-CRL, Santa Fe, Argentina.

Palazzo, R.; Cruz, G.; et al. (1999). “*Estudio hidrogeológico laguna La Picasa*”, Informe Técnico, Primera Etapa, Ministerio Obras, Servicios Públicos y Vivienda-DPOH-SPAR, Santa Fe, Argentina.

Sosa, D. C.; Palazzo, R.; et al. (2002). *Recopilación de información hidrogeológica de la Provincia de Santa Fe*, Instituto Nacional del Agua-CRL, Dirección Provincial de Obras Hidráulicas-SPAR, T. 1 y 2, Santa Fe, Argentina.

Sosa, D. C.; Palazzo, R.; et al. (2004). “*Informe final del Proyecto Descarga de la Laguna La Picasa al Río Paraná*”, Capítulo VI, Instituto Nacional de Agua-CRL y Ministerio de Asuntos Hídricos de la Provincia de Santa Fe, (Inédito), Santa Fe, Argentina.