

CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIACIONES FREÁTICAS EN UN ÁREA DEL NORESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES.

Laurencena, P.; Varela, L.*; Kruse, E**.; Rojo A.* y M. Deluchi**

** CIC. FCNyM – Universidad Nacional de La Plata*

*** CONICET – Universidad Nacional de La Plata*

Abstract. The Northeast region of the province of Buenos Aires has a topography with very gentle slopes where vertical movements of water are dominant. In this situation recharge processes are of special interest since they are the main source of groundwater. In this environment, two continuous recording phreatic and 35 periodical control stations are located at the Arroyo El Pescado basin, 5 km to the south of La Plata. This paper is intended to contribute to the knowledge of the recharge processes based on the observation of water table fluctuation. Such variations were analyzed on a daily basis for the period 1994-2000 and linked to the daily rainfall and hydrologic excess. Monthly and daily hydrological excess and deficit were obtained through Thornthwaite and Mather (1955) hydrological balance were calculated. The recharge assessment and its controls is relevant to know the water behaviour in the hydrological cycle and the aquifer system reserves assessment.

Resumen. El Noreste de la provincia de Buenos Aires corresponde a un ambiente llano con pendientes muy bajas, donde tienen gran relevancia los movimientos verticales del agua, resultando de especial interés los procesos de recarga ya que constituyen la principal fuente de alimentación del sistema subterráneo. Dentro de este ámbito, en la cuenca del Arroyo El Pescado, distante 5 Km al sur de la ciudad de La Plata, se ubican dos estaciones freáticas de registro continuo y 35 estaciones de control periódico. El objetivo de esta comunicación es avanzar en el conocimiento de los procesos de recarga en base a las variaciones registradas en los niveles freáticos. Se analizaron las variaciones diarias de dichos niveles para el período 1994-2000 vinculadas a registros de precipitaciones y excesos diarios. Los excesos y déficit mensuales y diarios se obtuvieron mediante el balance hídrico de Thornthwaite y Mather (1955). La estimación de la recarga y sus mecanismos es relevante tanto para discernir el comportamiento del agua en el ciclo hidrológico como para la evaluación de las reservas del sistema acuífero.

Keywords: recharge, infiltration, groundwater, water table, Buenos Aires Province

INTRODUCCIÓN

En los ambientes de llanura, como es el caso del Noreste de la Provincia de Buenos Aires, existe un predominio de los movimientos verticales del agua (evapotranspiración – infiltración) sobre los horizontales (escurrimientos). En general existe una deficiencia o falta de información hidrométrica histórica que facilite la cuantificación de dichos fenómenos.

La estimación de la infiltración en particular, adquiere significación no sólo para comprender en forma adecuada el comportamiento del ciclo del agua, sino que resulta un elemento básico para la evaluación de la recarga y consecuentemente de las reservas de aguas subterráneas.

En varios trabajos se han efectuado evaluaciones de la recarga de las aguas subterráneas para la zona estudiada a distintas escalas.

Como parte de un estudio regional EASNE (1972), se menciona un valor de 55 mm/año que representa un 6 % de la precipitación, considerando el período 1921 – 1950. Auge (1995) calcula una infiltración (recarga) de 241 mm/año, que corresponde al 24 % de la precipitación para el lapso 1909 – 1992. Laurencena et al (1999) en un estudio específico de la cuenca del A° El Pescado establece para el período 1909 – 1997 un valor de recarga de 191 mm/año (20 % de la precipitación media anual).

La estimación de la recarga en los casos citados fue por diferencia con las otras variables intervinientes en el balance hidrológico.

El objetivo de esta comunicación es mejorar la estimación de la recarga en base a las variaciones registradas en los niveles freáticos relacionando dichos procesos a la precipitación y los excesos de agua del balance hidrológico, según distintos períodos de tiempo.

GENERALIDADES DEL ÁREA

La cuenca del Arroyo El Pescado se ubica en la región hidrológica "Noreste" de la Provincia de Buenos Aires (Sala et al 1983), hallándose a unos 5 Km al Sur de la ciudad de La Plata. Tiene una superficie próxima a los 400 Km² que comprende parte de los partidos de La Plata (300 Km²) y Magdalena (100 Km²). Figura 1.

Se encuentra en un ambiente de llanura con suaves ondulaciones y pendiente regional hacia el noreste. Morfológicamente Fidalgo y Martínez (1983) reconocen dos unidades diferenciadas tanto por su génesis como por su forma: la planicie costera y la zona interior.

El arroyo nace en la zona interior, a una cota de aproximadamente 20 m.s.n.m. y luego de recorrer 30 Km. llega a la planicie costera donde es canalizado para posibilitar su desembocadura hasta el nivel del Río de La Plata.

La Zona Interior abarca la llanura que se desarrolla entre las cotas de 5 y 25 m.s.n.m. donde se emplaza mayormente la cuenca del Arroyo El Pescado. Presenta pendientes que varían entre 0.5

y 1%, exceptuando la zona de divisorias donde la pendiente es del orden de 0.1% determinando en la misma el predominio de los procesos de infiltración a diferencia de la zona que presenta mayor pendiente, donde tienen mayor relevancia los procesos de escurrimiento superficial. Los sedimentos limoarenosos y limoarcillosos con intercalaciones calcáreas que abarcan este área reciben el nombre de "sedimentos pampeanos" (Fidalgo et al, 1975) de edad Pleistoceno.

La Planicie Costera comprende cotas por debajo de los 3 m.s.n.m. en un 90%, lo cual define pendientes locales del orden de 0.05%. Este ámbito constituye una zona de descarga parcial del sistema, caracterizado por la presencia de zonas anegables y niveles freáticos someros o aflorantes según la época del año, en donde prevalece la evapotranspiración, descargando el resto al Río de La Plata. Esta planicie está formada sobre sedimentos limoarcillosos y arenosos que reconocen distintos orígenes (fluvial, marino, lacustre) denominados "Postpampeanos" de edad Holoceno. Figura 2.

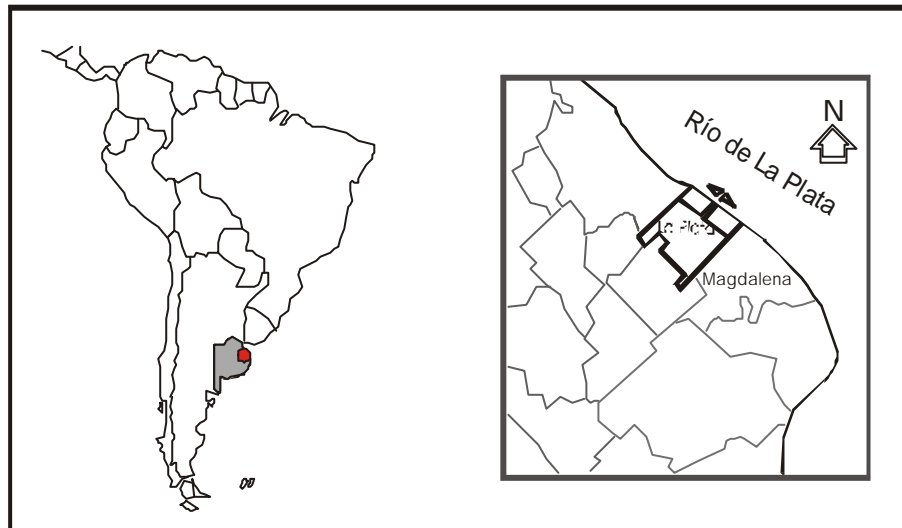


Figura 1. Mapa de ubicación.

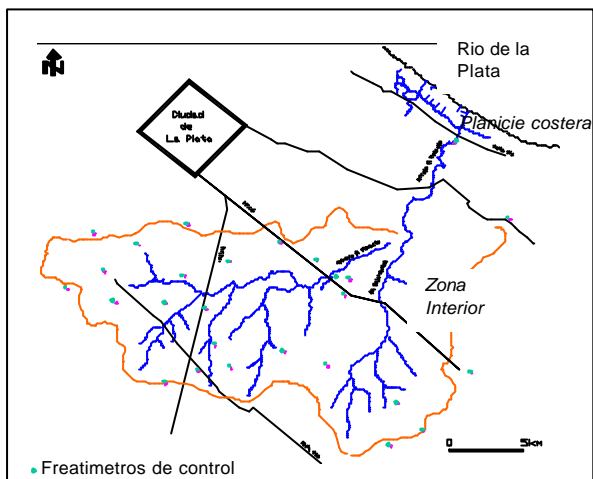


Figura 2. Cuenca Arroyo El Pescado

La zona analizada responde al típico cuadro hidrogeológico regional que caracteriza al Noreste de la Provincia de Buenos Aires, en el cual desde un punto de vista práctico, las unidades geológicas del subsuelo menos profundo: Arenas Puelches, Pampeano y Pospampeano resultan las más conocidas y presentan una mayor significación en relación a las variables hidrometeorológicas del ciclo hidrológico.

Las características hidrogeológicas reconocidas por las perforaciones, asociada al conocimiento del comportamiento regional, permiten establecer la existencia de un único sistema hídrico subterráneo, de carácter multiunitario, que incluye a los acuíferos freático, Pampeano y Puelche. Es posible considerar que presentan una continuidad hidráulica, a pesar que existen diferencias verticales de permeabilidad, (Sala y Auge 1973).

METODOLOGÍA

Entre los métodos que pueden ser utilizados para la estimación de la recarga en distintas escalas de espacio y tiempo, se encuentran los derivados del análisis de las variaciones de los niveles freáticos. (Healy y Cook 2002).

En el caso que se analiza se asocian las variaciones generales observadas en una red de monitoreo a nivel de cuenca y la información freatimétrica puntual de dos estaciones de medición continua.

a- evaluación areal de variaciones freáticas

A partir de mapas freáticos de distintas épocas, obtenidos en una red de monitoreo que

incluye a 35 freatímetros se construyeron mapas de curvas de igual altura de fluctuación entre diferentes períodos. Se analizaron períodos con excesos hídricos de significación por representar épocas de mayor alimentación a la capa freática. En estos períodos, se calculó las variaciones del almacenamiento de agua en el acuífero en base al área de la cuenca, las variación de los niveles freáticos y la porosidad eficaz de los sedimentos. De esta forma se estimaron volúmenes almacenados y se compararon con los resultados con balances hidrológicos.

Se asumió una porosidad eficaz para los sedimentos en los que se encuentra la capa freática de 0,10. (Laurencena op cit).

b- variaciones puntuales de niveles freáticos

Esta metodología permite lograr una mejor aproximación cuando se consideran cortos períodos de tiempo (días) y en regiones de nivel freático poco profundo (Scanlon et al 2002).

Para el estudio de eventos puntuales de detalle se contó con información freatimétrica obtenida de dos estaciones ubicadas, una en un sector de divisoria, en Estación Arana y la otra próxima a la planicie de inundación en Ignacio Correa.

Los freatígrafos son de registro continuo, efectuándose una lectura diaria de los datos. Se analizaron los datos diarios entre 1 de enero de 1994 y 31 de diciembre de 2000. Los valores mensuales de los niveles freáticos se estimaron a partir de un promedio de los valores diarios. El análisis mensual permitió reconocer las características de las oscilaciones freáticas y seleccionar aquellos eventos que se manifestaron como picos de ascenso significativos relacionados con lluvias o excesos muy importantes.

La técnica empleada para estimar la recarga se basa en considerar los ascensos de niveles freáticos como la manifestación del proceso. La recarga es calculada según el cambio de nivel de agua en un tiempo determinado ($\Delta h / \Delta t$) multiplicado por la porosidad eficaz (S_y).

Con el objeto de relacionar los valores estimados de recarga con los excesos de los balances hidrológicos del suelo se utilizó el método de Thornthwaite y Mather (1955). La precipitación y temperatura diaria se recolectaron de la estación meteorológica del Servicio Meteorológico Nacional de La Plata del período 1987/2000.

RESULTADOS

El análisis de las fluctuaciones areales y temporales de los niveles freáticos permitió seleccionar un período representativo (febrero de 1989 a noviembre de 1991) en el que los ascensos del nivel freático denotan un claro predominio de la recarga sobre la descarga subterránea. En este caso el ascenso medio de los niveles fue de 1,13 metros. Se reconoció en el período una tendencia general ascendente de los niveles freáticos, con mayores variaciones (ascenso entre 2 y 3 metros) en coincidencia con las zonas de recarga, variaciones intermedias se registraron en la zona de conducción (ascenso entre 1 y 2m) y menores variaciones (ascenso inferior a 1 m) en la zona de predominio de descarga.

El ascenso medio de 1,13 m implica un volumen de agua de 340 Hm³. Un balance hidrológico indicativo (Laurencena et al, 1999) para ese período (1989-1991) señala que los excesos hídricos superaron en 132 mm/año el valor medio del período 1909-1997. De ello se deduce que existe una relación directa entre los excesos hídricos y la fluctuación media de los niveles freáticos.

El análisis puntual de las variaciones mensuales de niveles freáticos (período 1994 – 2000) permite verificar las características de las oscilaciones freáticas y su vinculación con los

excesos y las precipitaciones. A partir de la caracterización mensual se describen a nivel diarios los eventos seleccionados para ser estudiados con un mayor detalle.

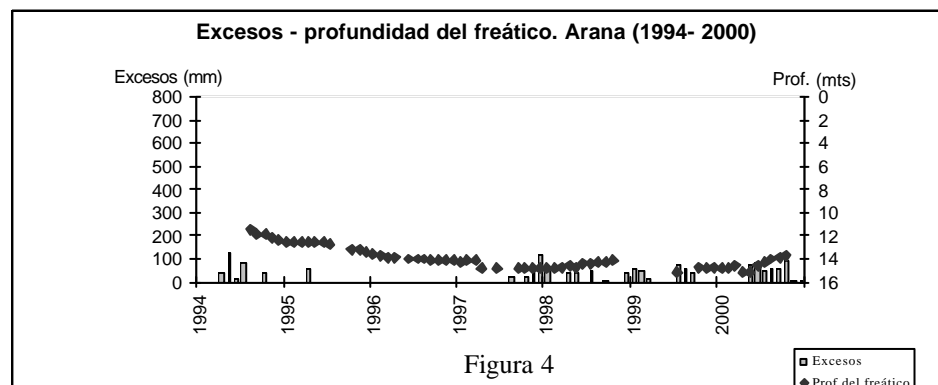
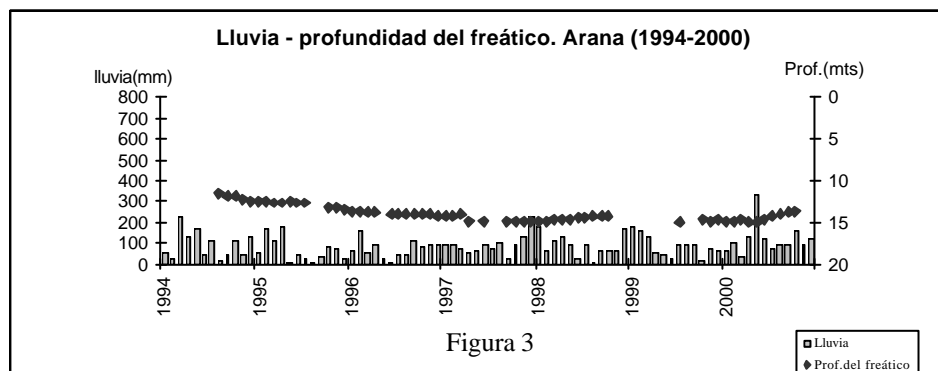
Dada la distinta profundidad a que se encuentran los niveles freáticos en las dos estaciones analizadas resulta conveniente efectuar un tratamiento por separado.

- Niveles freáticos a mayor profundidad (sector de divisoria)

En la zona de divisoria (Arana), se observa una profundización de los niveles desde el año 1994 hasta el año 2000 (de 11,4 metros bajo boca de pozo a 13,7 m.b.b.p), tendencia que comienza a revertirse hacia fines de este último año.

La relación lluvia – profundidad de nivel freático pareciera no ser una relación directa, sin embargo los años 1995 y 1996 coinciden con el inicio del descenso de los niveles freáticos y son los años en los que los valores de precipitación se ubican por debajo de la media (810 mm y 857 mm respectivamente).

En cambio la relación exceso–profundidad presenta una mayor correspondencia observándose el descenso de los niveles cuando no hay excesos (1995 y1996) y la recuperación de los mismos a partir de los primeros excesos a fines de 1997 .Figuras 3 y 4.



El análisis diario se realizó sobre eventos (entre 7 y 10 días) en los que dada la significación de las precipitaciones y de los excesos hídricos se observó una respuesta del nivel freático.

En la mayoría de los casos el proceso de respuesta cuantificable de variación de niveles duró 5 días aproximadamente y las diferencias de profundidad oscilaron entre 5 y 40 cm. Tanto las variaciones menores como las mayores se corresponden con eventos importantes de precipitación. Sin embargo, en general las menores variaciones se producen después de un período prolongado sin excesos. En la Figura 5 se muestra el caso de una mínima variación registrada en el período 1-2-98/7-2-98. A medida que se suceden períodos con excesos, es mayor la proporción de la precipitación que produce variaciones en los niveles freáticos. Esto se observa en los eventos del año 2000 en donde en el período 28-4-00/6-5-00 (Figura 6) la recarga significa sólo el 2 % de la precipitación, en el período 12-5-00/18-5-00 (Figura 7) la recarga corresponde al 27 % de la lluvia y en el período 6-

6-00/11-6-00 (Figura 8) el 52 % de la precipitación contribuye a la recarga. (Figuras 5 al 8).

- Niveles freáticos a menor profundidad

En las proximidades de la planicie de inundación (I. Correas) los niveles varían entre 1,5 m y 3,9 metros de profundidad, observándose ciclos anuales donde los niveles freáticos se profundizan en coincidencia con los meses de verano.

En esta zona existe una respuesta más rápida y directa de los niveles freáticos, a las variaciones de los excesos de agua en el año hidrológico. Las fluctuaciones se presentan en períodos cortos debido a la recarga de los excesos de agua. En este caso, dado el escaso espesor de la zona no saturada es reconocido el efecto de la evapotranspiración en la profundización de los niveles freáticos, en los meses en que existen déficit de agua (verano). Figuras 9 y 10.

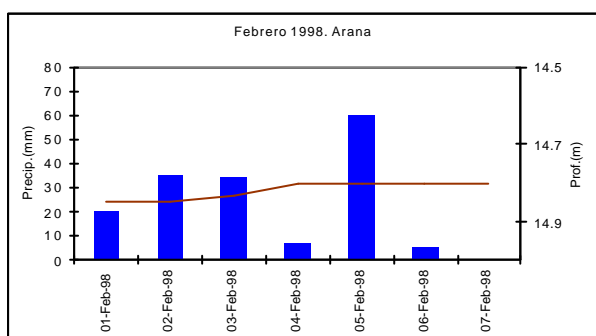


Figura 5

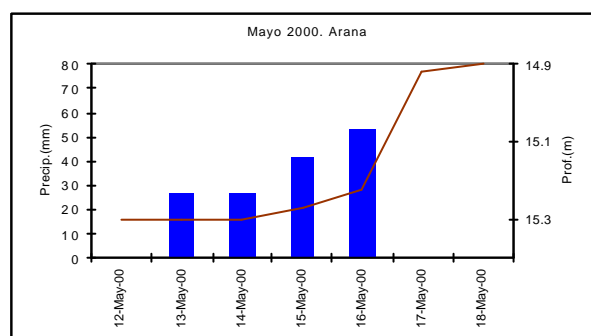


Figura 7

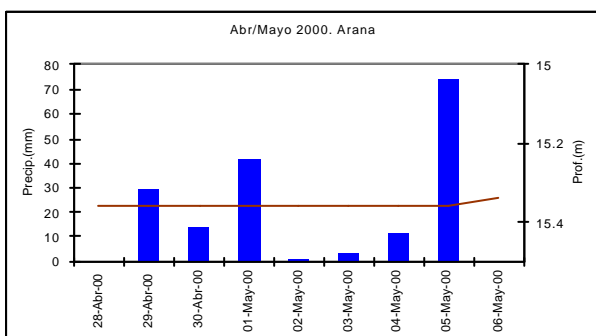


Figura 6

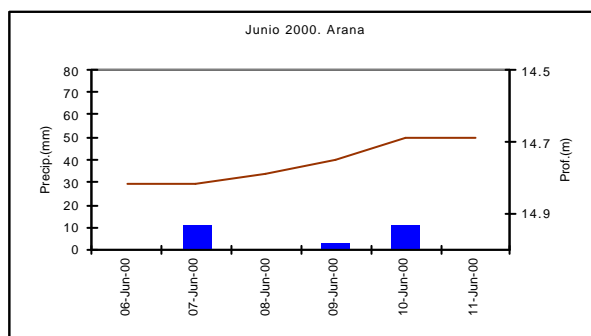


Figura 8

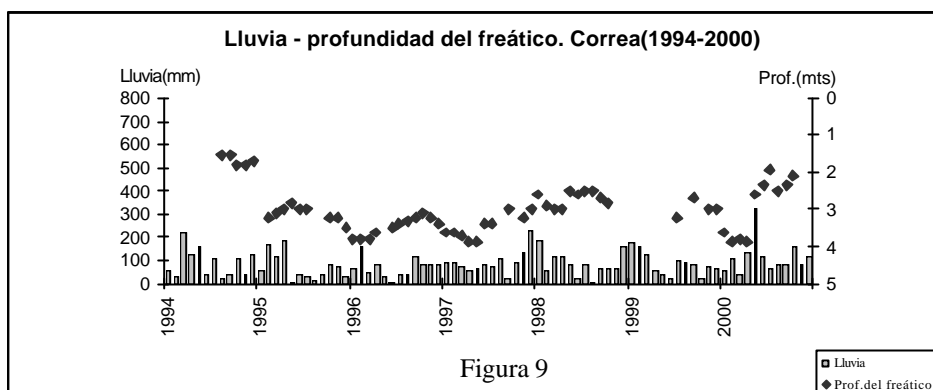


Figura 9

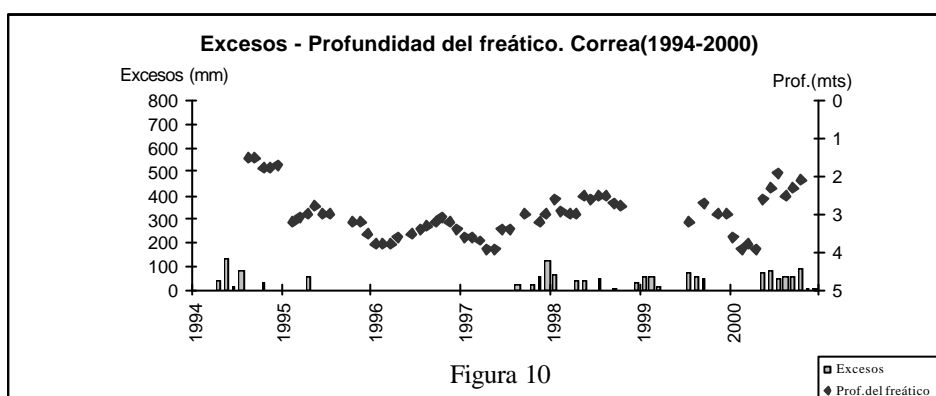


Figura 10

Con el mismo criterio que para la zona de divisoria se seleccionaron eventos representativos del funcionamiento de la recarga del acuífero freático. Los tiempos de respuesta varían entre 1 y 7 días.

En general en los meses de verano la reacción de los niveles freáticos es menos manifiesta frente a las precipitaciones. En la Figura 11 se muestra la respuesta de los niveles en el lapso 2-1-98 al 7-1-98. Las máximas

variaciones diarias se registran entre abril y junio. En la Figura 12 se observa que en el período 28-4-00 al 6-5-00, el ascenso de los niveles significó un 65% del total precipitado. Entre el 12-5-y el 18-5-00 represento un 44% (Figura 13). También se ilustra en la Figura 14 lo ocurrido entre el 6-4-95 y el 14-5-95 donde el valor estimado de recarga representa un 27% de la lluvia.

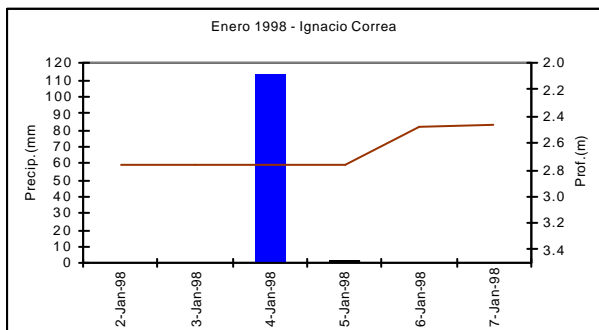


Figura 11

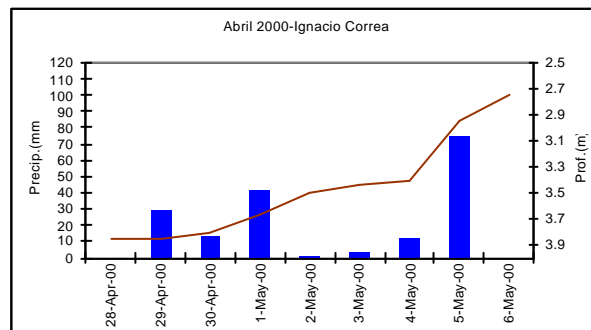


Figura 12

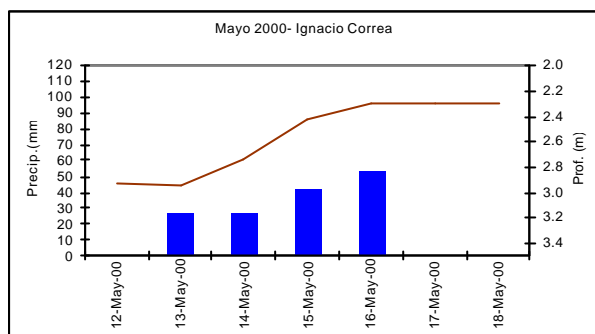


Figura 13

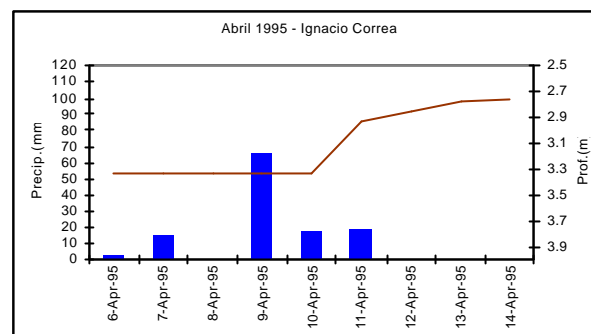


Figura 14

DISCUSIÓN

Las variaciones de agua almacenada en la capa freática tiene influencia en las reservas del nivel acuífero Puelche. El ascenso de los niveles freáticos posibilita un aumento en la diferencia del potencial hidráulico entre ambos niveles acuíferos, significando una mayor recarga hacia el Puelche, tal como fue demostrado en esta región por Auge (1997).

La estimación de recarga nivel diario representa una primera aproximación y un valor mínimo de la recarga a la capa freática.

En esta estimación preliminar se han asumido una serie de simplificaciones de los procesos involucrados, cuya influencia puede tener distinto peso si se desea efectuar una evaluación de mayor detalle.

Entre las simplificaciones citadas, que le fijan limitaciones a los valores obtenidos deben mencionarse:

El tiempo de respuesta entre la lluvia y el ascenso de los niveles freáticos es relativamente corto (no mayor de 7 días) y con ello se asume que la influencia de este proceso en dicho período es superior a aquellos vinculados a las otras variables del balance hidrológico (evapotranspiración, almacenamiento en la zona no saturada, escurrimiento en la capa freática).

Las precipitaciones y en especial los excesos de agua en los eventos considerados resultan significativos. Lluvias de poca magnitud o aisladas implican valores de infiltración menores y pueden no tener una manifestación cuantificable en los registros.

La respuesta está en función del espesor de la zona no saturada y de la importancia del escurrimiento freático con respecto al agua recargada. Ello marca una diferencia importante entre los registros de la zona donde el nivel freático se encuentra a mayor profundidad (zona

de divisoria) y a menor profundidad (próximo a la planicie de inundación).

En la zona de mayor profundidad de los niveles freáticos existe un retardo en la respuesta del nivel freático frente a los excesos de agua, dado que el mayor desarrollo de la zona no saturada produce una amortiguación del efecto de los volúmenes infiltrados. En la zona de menor profundidad de los niveles freáticos la respuesta es más directa y los valores obtenidos pueden tender a representar una mejor aproximación del fenómeno.

CONCLUSIONES

A partir de mapas de fluctuaciones de niveles freáticos se realizó una evaluación del volumen de agua almacenada, que a nivel de cuenca representó para el período febrero de 1989 a noviembre de 1991, un incremento de 340 Hm³, con respecto a los valores medios. Ello posibilita definir la magnitud y controlar la evolución de las reservas reguladoras del sistema.

Si se consideran los registros continuos se reconoce que las mayores fluctuaciones se producen como consecuencia de alternancia de épocas secas y húmedas de periodicidad plurianual.

La estimación preliminar de la recarga en períodos diarios (con valores que alcanzan al 65% de la precipitación) relacionado con eventos de lluvias y excesos hídricos significativos confirman las hipótesis planteadas a nivel medio o anual, acerca de la importancia de esta componente del ciclo hidrológico en esta región y como fuente de alimentación a los escurrimientos subterráneos local y regional.

Referencias

Auge M.P. 1995 . Manejo del agua subterránea en La Plata, Argentina.(Groundwater management in La Plata. Argentina) Convenio IDRC - UBA. Informe Final. La Plata.

Auge M.P. 1997. Piezometría de los acuíferos Pampeano y Puelche en Poblet, La Plata – Argentina.(Pampeano and Puelche aquifers piezometry in Poblet La Plata) *I Congreso Nacional de Hidrogeología* 145 - 152. Bahía Blanca.

EASNE, 1972. Contribución al estudio geohidrológico del Noreste de la Provincia de Buenos Aires.(Contribution to the geohydrological study in the NE of Buenos Aires Province) *EASNE-CFI*. Serie. Téc.24, Tomo I y II.

Fidalgo F., De. Francesco, F y R. Pascual 1975. Geología superficial de la llanura bonaerense. (Surface geology of Buenos Aires plain.) *Relatorio VI Congreso Geológico Argentino*. Bahía Blanca

Fidalgo F., y Martinez R. 1983. Algunas características geomorfológicas dentro del Partido de La Plata, Provincia de Buenos Aires.(Geomorphological features in La Plata, Buenos Aires Province) *Revista Asociación Geológica Argentina*, XXXVIII (2), 263 - 279. Buenos Aires

Healy R.W. y Cook P.G. 2002 Using groundwater levels to estimate recharge. *Hydrogeology Journal* 10 (1) ,91-109.

Laurencena P., Varela L. y Kruse E. 1999 Variación de la recarga subterránea. Cuenca arroyo El Pescado(Provincia de Buenos Aires).(Groundwater recharge variation. El Pescado basin. Buenos Aires Province).*VII Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales*. Actas 183 – 192.Santa Rosa La Pampa.

Sala J.M. y Auge M. 1973. Presencia de capas filtrantes en el noreste de la Provincia de Buenos.Aires. Su determinación. (Leaky layer presence in the NE of Buenos Aires Province. Determination) *Actas V Congreso Geológico Argentino* Tomo V, 185 – 194. Buenos Aires

Scanlon B., Healy R.W. y Cook P.G. 2002. Choosing appropriate techniques for quantifying groundwater recharge . *Hydrogeology Journal* 10 (1),18-39

Thornthwaite C.W. y Mather J.R. 1955. Instruction and tables for computing the potential evapotranspiration and the water balance. *Climate Crewel Inst. of Technology*. 10(3).