

LA ZONA NO SATURADA EN ÁREAS DE LLANURA. ESTIMACIÓN DE VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN POR CORRELACIÓN DIARIA APORTES-FREATIGRAFÍA.

N. González, M. M. Trovatto y M. A. Hernández

Facultad de Cs. Naturales y Museo -Universidad Nacional de La Plata. CISAUA
Calle 3 Nº 584 (1900) La Plata. Argentina. Email mario_h@sinectis.com.ar

RESUMEN

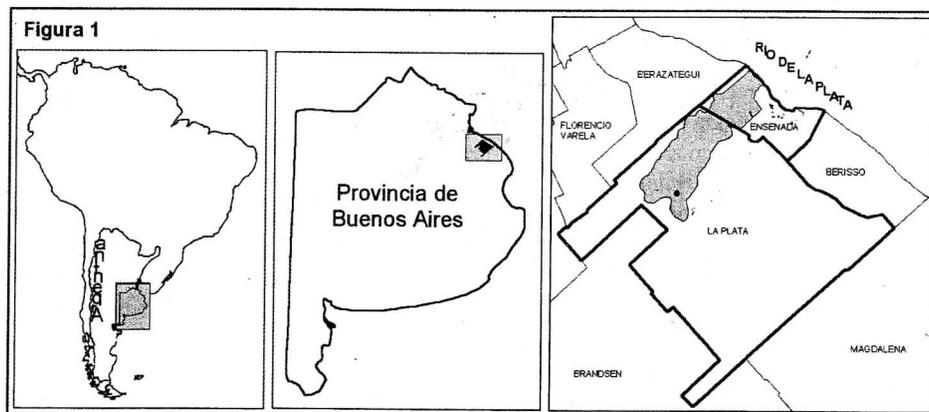
Se intenta una aproximación de un valor medio de velocidad de infiltración utilizando una correlación de información diaria pluviográfica, freaticográfica, de excesos hídricos y déficit de saturación del suelo. El objetivo es obtener valores referenciales y regionalizables en comarcas llanas, con superficie freática profunda.

Palabras clave: Geohidrología, Zona No-Saturada, Llanuras, Velocidad de infiltración.

INTRODUCCIÓN

Se abordan aquí algunos aspectos atinentes al fenómeno de infiltración, ocurrente al igual que el de evapotranspiración en el ámbito de la Zona No Saturada (ZNS). Como allí se dijese, la prevalencia en regiones llanas de estos movimientos de agua en sentido vertical maximiza el papel de la ZNS en este tipo de paisaje.

La cuenca objeto (130 km²) emplazada en un ambiente de llanura extrema, con pendientes medias del orden de $1 \cdot 10^{-3}$ y tributaria del Río de La Plata (Figura 1), cuenta con tres áreas



experimentales en los sectores superior, medio e inferior, en las cuales se han implementado estaciones de registración, donde se practican además mediciones periódicas y toma de muestras para análisis físicos del terreno y químicos del agua de la ZNS y acuífero freático.

En la restante contribución a esta Conferencia (Hernández et al) se manejan datos provenientes del área experimental Parque Ecológico, ubicada en el sector medio. En este caso se utilizan los procedentes del área Estancia Chica, representativa del sector superior de la cuenca.

La elección de esta última, ante la misma disponibilidad de información registrada, radica en la mayor profundidad de la superficie freática que en el caso del análisis del fenómeno de infiltración, posibilita una mejor definición al involucrar un trayecto mayor del agua grávida y mejor aproximación que los clásicos ensayos de superficie

El objetivo es analizar la respuesta de la superficie freática a las variables que intervienen en el aporte vertical neto, provenientes de la resolución de un balance edáfico, intentando estimar un valor medio referencial de la velocidad de infiltración.

METODOLOGÍA

La determinación de velocidad de infiltración por métodos expeditivos de anillo o doble anillo, o la infiltrometría con dispositivos del tipo disco de succión (Vauclin, 1994) o similares, puede resultar en cifras representativas, en tanto y en cuanto la potencia de la ZNS no sea considerable. De lo contrario, deberían extenderse las pruebas durante mucho tiempo, corriéndose el riesgo de dispersión lateral y consecuente alejamiento de las condiciones teóricas de verticalidad. Nilda González, María M. Trovatto y Mario A. Hernández,

Disponiendo de registros diarios de lluvia y temperatura y de profundidad del nivel freático, procedentes de un freatígrafo con paso de seis horas instalado en el lugar (Estancia Chica), como parte de la implementación de registración, se planteó la posibilidad de lograr una estimación de una velocidad media de infiltración utilizando dicha información para el lapso 16/06/1999 - 31/01/2001.

Con los datos de precipitación y temperatura diarios, se corrió un balance seriado día por día utilizando la metodología de Thornthwaite & Mather (1957), validada para la cuenca por medio de un balance hidrológico a nivel de la ZNS (Hernández et al, op cit). Se utilizó una reserva de agua útil de 200 mm, determinada en laboratorio para el suelo del sitio (*Argiudol vértico, familia fina, illítica, térmica*, perfil A, BA, Btss1, Btss2, Btss3, BC, 2Btbk, 2BCbk). En la Fig. 2 se reproduce la marcha freatimétrica, de la precipitación diaria y de los valores de excesos hídricos y de déficit de saturación del suelo para un almacenaje de 200mm.

El freatígrafo está instalado en un sondeo de 18.30 m de profundidad, durante cuya construcción se tomaron muestras con sacatestigos cada 0.50 m que fueron analizadas texturalmente, lográndose un perfil completo de la ZNS. Los registros de frecuencia 6 hs fueron promediados

para cada día a fin de compatibilizarlos con los indicadores señalados más arriba, lográndose la gráfica serial mostrada en la mencionada figura.

Como más adelante se comenta en la discusión de los resultados, la mejor vinculación de los máximos freáticos se logra con la ocurrencia de los excesos hídricos y lógicamente, con los mínimos del déficit de saturación del suelo.

Se tomó para los momentos de excesos que se manifiestan en el nivel freático: a) el desfase temporal entre el comienzo de cada exceso y la primer respuesta del nivel freático y b) el desfase temporal entre cada uno de los picos de excesos y los de respuesta del nivel freático. Fueron relacionados con la distancia que media entre el límite inferior del paquete de horizontes retentivos del suelo Btss1, Btss2, Btss3, BC (1.30 m b.n.t.) y la profundidad media de la superficie freática, en cada caso para el lapso de ocurrencia de los excesos. Este valor representa el trayecto a recorrer por una gota hipotética de agua, desde el momento en que el suelo entra en capacidad de campo, es decir desde que está en condiciones de ocurrir la infiltración.

La velocidad de infiltración resultaría entonces de relacionar el trayecto con el tiempo de desfase entre excesos hídricos y niveles freáticos.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El alcance de esta contribución es simplemente analizar las oscilaciones de la superficie freática, por cotejo con la ocurrencia de precipitaciones y excesos hídricos del balance, todo ello en un paso diario. De la observación de la Fig. 2 puede advertirse una mayor correspondencia de la freatigrafía con los excesos, lo cual es lógico porque sabido es que los aportes pluviales en buena parte del año van a satisfacer la capacidad de campo sin producirlos. Para su apreciación se añade a las series mencionadas la marcha del déficit de saturación del suelo para un almacenaje de 200 mm.

Se creyó posible intentar un valor al menos aproximativo de la velocidad de infiltración, a partir de considerar el trayecto desde el piso del horizonte BC hasta el nivel freático en cada intervalo de excesos, por estarse así en condiciones de definición del fenómeno. Al tratarse de una superficie freática relativamente profunda (7.90 m a 12.85 m en el período registrado), el trayecto involucra mayormente la subzona intermedia de la ZNS y la franja capilar, lo cual resulta más real que los ensayos infiltrométricos de superficie, donde existe una marcada influencia de las vías preferenciales de circulación vertical.

De las opciones planteadas en el apartado anterior para apreciar la dimensión temporal del desfase entre excesos hídricos y repuesta freática, la primera adoleció de una seria dificultad en la estimación, especialmente en los intervalos de tendencia ascendente del nivel de agua y cuando los momentos de excesos ocurren relativamente próximos. El resultado se tradujo en valores elevados, del orden de los 2.3 m/d a 4.3 m/d, como consecuencia probable de fenómenos tales como la dinámica del aire intersticial bajo el frente de humedad, efectos pistón, participación en la respuesta de la franja capilar, etc.

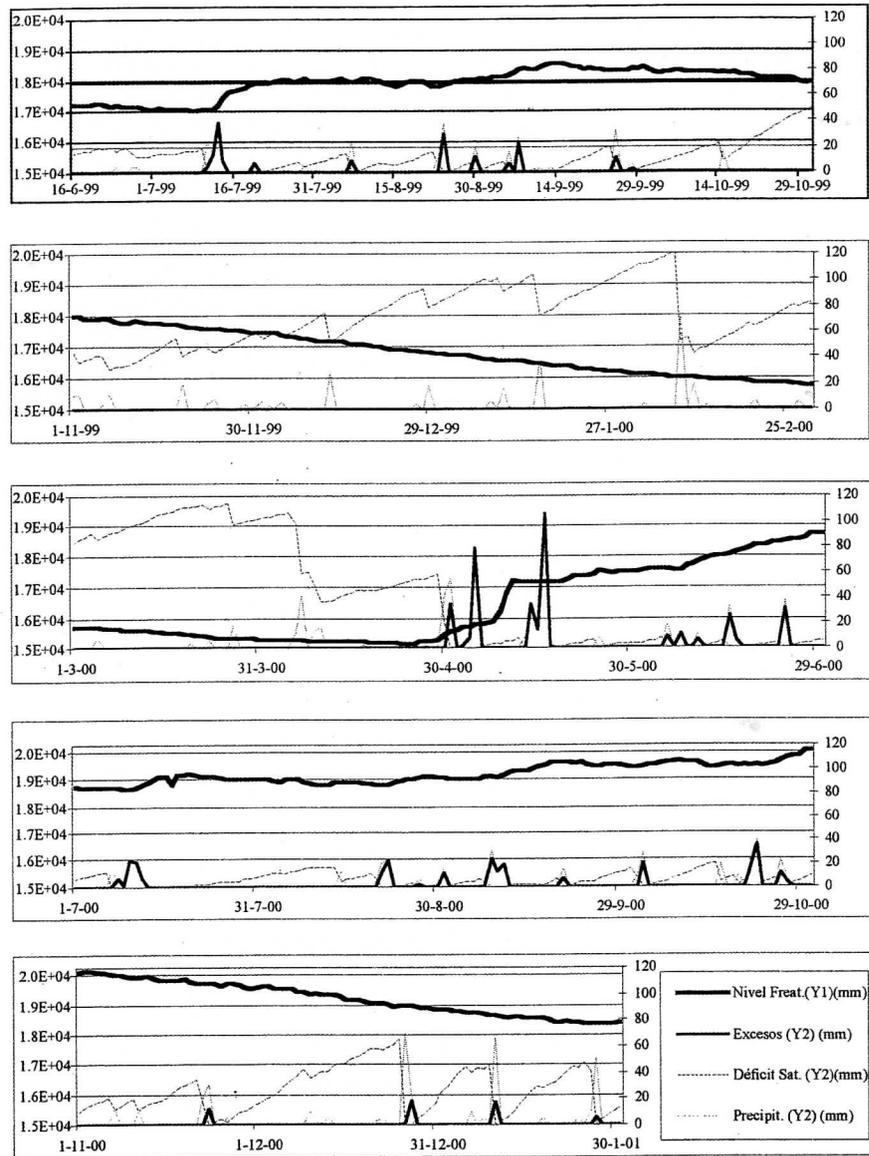


Figura 2

La segunda opción, que considera el intervalo entre picos, arrojó resultados más coherentes producto de una mejor distinción de estos segmentos, especialmente en aquellos excesos que se producen luego de un lapso depletivo. Persistió cierta dificultad cuando ocurren sucesivamente, provocando una tendencia ascendente del nivel. Es necesario tener en cuenta que el tipo de tormentas en la región es fundamentalmente frontal, con lluvias prolongadas durante varios días. Los valores estimados para 19 intervalos (no se tomaron los excesos puntuales de monto pequeño) ofrecen un promedio de **1.26 m/d** con extremos de 0.61 m/d y 2.17m/d.

Entre las limitaciones de esta estimación de valores medios referenciales, en parte apuntadas por Custodio (1997) y Samper Calvete (1997) cabe acotar las siguientes:

- La distancia considerada en los cálculos es rectilínea cuando en realidad cada partícula de agua sigue una trayectoria más tortuosa, vinculada a la geometría de los espacios intergranulares, que llega a ser hasta 1.33 veces mayor (Schoeller, 1962). Por lo tanto, la velocidad estimada debería ser considerada como una mínima media.
- El tiempo de tránsito como insumo de la velocidad depende del contenido de humedad del perfil de la ZNS y del monto del exceso infiltrable (Custodio, 1997), además de la posición relativa de la superficie freática, no habiéndose considerado los dos primeros factores en estos primeros cálculos.
- El tiempo de respuesta freática para un evento de recarga está regido por efectos hidráulicos, no necesariamente supone el movimiento físico del agua (Custodio, op cit), por lo cual se ha considerado el movimiento hipotético para una partícula de agua, no su desplazamiento real.
- Existe un efecto inercial en las tendencias descendentes de la superficie freática, que debe ser superado antes de producirse la respuesta, factor no dimensionado en la estimación realizada.
- La proximidad de pequeños excesos sucesivos en períodos húmedos con tendencia ascendente del nivel, hace algo imprecisa la apreciación de los intervalos y generalmente se asocia con los mayores valores de velocidad.

Como observaciones de interés, debe rescatarse que se ha considerado un trayecto por debajo de los horizontes retentivos del suelo, en condiciones de capacidad de campo, por lo que esta velocidad media corresponde a una infiltración eficaz. Las magnitudes obtenidas están acordes al tipo litológico del material de la ZNS y la profundidad relativa de la superficie freática.

Los valores mayores se corresponden con situaciones relativamente altas del freatigrama a profundidades mayores, mientras que los más bajos ocurren en idéntica localización, pero con la superficie freática más somera.

BIBLIOGRAFÍA

- Custodio, E. 1997. Recarga a los acuíferos: Aspectos generales sobre el proceso, la evaluación y la incertidumbre. En *La evaluación de la recarga a los acuíferos en la Planificación Hidrológica*. ITGE, pp 19-39. Madrid.

- Hernández, M.A., N. González & M.M. Trovatto. 2001. La zona no-saturada en áreas de llanura. Estimación de la evapotranspiración real por medio de un balance hidrológico para la ZNS. Presentado a la *Conferencia Internacional Las Caras del Agua Subterránea*, Barcelona, Setiembre de 2001.
- González, N., Hernández, M.A. & V.A. Ruíz de Galarreta. 1997. Balance Hidrológico a nivel de la Zona No-Saturada en un área de la cuenca de los Arroyos Martín y Carnaval. La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *III Seminario Hispano-Argentino sobre Temas Actuales de Hidrología Subterránea. Actas*, pp.97-106. Bahía Blanca
- Ruíz de Galarreta, A.V., M.A. Hernández & N. González. 1997. Hidrodinámica de la Zona No-Saturada en el Parque Ecológico Municipal La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *III Seminario Hispano-Argentino sobre Temas Actuales de Hidrología Subterránea. Actas*, pp.49-60. Bahía Blanca.
- Samper Calvete, F.J. 1997. Métodos de evaluación de la recarga por la lluvia por balance de agua: utilización, calibración y errores. En *La evaluación de la recarga a los acuíferos en la Planificación Hidrológica. ITGE*, pp 41-81. Madrid.
- Schoeller, H. 1962. Les eaux souterraines. Masson et Cie. Ed. Paris
- Thornthwaite, C.W. & J.R. Mather. 1957. Instructions and tables for computing the potential evapotranspiration and the water balance. *Climatology. Drexel Inst. of Tech. Lab. of Climatology* **10,3**:185-311.
- Vauclin, M. 1994. Modélisation du transport de solutés dans la zone non saturée du sol. *Revue des sciences de l'eau* **7**:81-102. Grenoble.