

DINÁMICA DEL AGUA EN MALLINES DE LA PATAGONIA

III. COMPORTAMIENTO ESPACIAL DEL ESCURRIMIENTO SUBTERRÁNEO

DUFILHO Ana C.¹ , HORNE, Federico E.¹ , POLLA Gabriela M.¹

Palabras clave: mallines, hidrología subterránea, riego, drenaje.

SUMMARY

A mathematical groundwater model is applied to a wet meadow or "mallín" located in north Patagonia. The aim is to evaluate the effect of drains and recharge channels for controlling ground water (GW) levels. The GW heads control allows to supply evapotranspiration demand from groundwater(subirrigation) as presented by Polla et al 1998 y Horne et al 1998. The simulation show to be a very useful tool for designing drains and recharging channels in mallines.

INTRODUCCIÓN

La importancia de los mallines en la región patagónica como fuente de recursos para la producción ganadera, ha llevado durante mucho tiempo a manejos, que no siempre han resultado ser los más adecuados. Un caso es la aplicación de riego por superficie, lo cual condujo a sistematizaciones de suelo costosas y de gran impacto y en algunos casos agudizó los procesos de erosión laminar y en cauces.

En este trabajo se desea comprender la dinámica espacial del agua en un mallín. Luego de alcanzado este objetivo, se pueden diseñar los sistemas de riego y drenaje adecuados para mantener al mallín subirrigado en los meses con déficit de humedad. Por otro lado, juntamente con los resultados obtenidos en el estudio del movimiento del agua en el perfil (Horne et al, 1998), se intentan definir los parámetros más importantes que hay que relevar a efectos de poder planificar un adecuado uso del agua, del suelo y de la producción de un mallín.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se modeló matemáticamente un mallín de 300 ha. -de uso principalmente ganadero- para una condición de déficit hídrico (verano), obteniéndose la zonificación según la

¹ Cátedra de Hidráulica e Hidrología Agrícola - Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, Argentina. CC85, 8303 Cinco Saltos, RN. E-mail: cdufilho@uncoma.edu.ar

profundidad del nivel freático (isobatas), que tiene una correlación directa con el tipo y estado de la vegetación presente (Cremona et al 1995).

Luego, se procedió a simular sistemas de riego y drenaje para distintas características hidrogeológicas (conductividad hidráulica (k) y porosidad (n)) obteniéndose los correspondientes mapas de isobatas.

Modelo matemático

El modelo matemático se basa en una función analítica desarrollada por Strack (1989). Para calcular la altura potencial en cada punto del acuífero, usa el principio de superposición que permite contabilizar las acciones de recarga uniforme (precipitación, evapotranspiración), canales, desagües y áreas circulares de recarga (lagos).

Se utiliza la ecuación continuidad para igualar los valores del vector de descarga en la dirección del flujo y la magnitud del potencial de descarga con el volumen que pasa a través de una sección unitaria.

La ecuación analítica es linearizada expresándola en términos de descarga potencial de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\Phi(x,y) = -Q_0(x\cos\alpha_\mu + y\cos\alpha_\nu) + C$$

donde: Q_0 = flujo uniforme por ancho unitario de acuífero = $k \cdot B \cdot i$ (L^2/T) (k =conductividad hidráulica, B =espesor saturado, i =gradiente)
 x, y = coordenadas de los puntos
 α_μ = ángulo entre el flujo y el eje x
 C = constante que se computa a partir de una altura de referencia

Esta descarga potencial es convertida en altura piezométrica (ϕ) mediante la siguiente ecuación:

$$\phi = \sqrt{\frac{2\Phi}{k}}$$

Características físicas del mallín

El mallín estudiado está ubicado en la precordillera de la provincia de Neuquén. El Clima es templado frío, con temperaturas diurnas de verano que oscilan entre 20° y 30° durante el día, 0 y 5° las nocturnas. La precipitación media anual ronda los 500 mm y ocurren principalmente en invierno (mayo a julio), siendo el verano una estación seca. La evapotranspiración potencial (ETP) calculada para el mes de enero es de 100 mm.

El sustrato lo forman intercalaciones de rocas efusivas (andesitas) y tobas de edad triásica (Geología Regional Argentina, 1979, (vol. I)). Existen basaltos cuaternarios - potencia de hasta 30m- que son una buena fuente de infiltración y almacenamiento de agua. El acuífero del

mallín está formado por sedimentos -bloques, rodados, gravas y arenas- de origen continental, con espesores que no superan los 15 m.

La topografía del lugar se obtuvo de la Carta topográfica Ea.Lolén, esc. 1:50000.

Los suelos son hidromórficos poco maduros, de granulometría entre limo-arcilloso a limo arenoso. No se han observado horizontes turbosos.

La conductividad hidráulica (k) se conoce indirectamente por el tipo de suelo y acuífero. Se tomaron valores de $k=1, 10$ y 50 m/día, lo que para 20 m de espesor saturado, representa una transmisividad (T) de 20, 200 y 1000 m^2/d , los cuales son valores adecuados para este tipo de roca. Se consideró un comportamiento medio único para todo el acuífero dado que son sedimentos gruesos de origen fluvial y además, debido a que las reducidas dimensiones del mallín permiten suponer condiciones de homogeneidad a efectos de este trabajo.

La porosidad de los sedimentos es alta, oscilando entre 0.4 a 0.6. Por ser un acuífero de funcionamiento fundamentalmente libre, la porosidad efectiva es igual al rendimiento específico. Se consideró una porosidad homogénea para toda la zona.

La profundidad del hidroapoyo se obtuvo de Turner, (1963). En la Figura 1 se resumen esquemáticamente las características mencionadas del hidroapoyo, acuífero y suelo, procesos que actúan como flujo de agua en el acuífero y evapotranspiración, y la condición hídrica resultante del balance de humedad en el perfil del mallín.

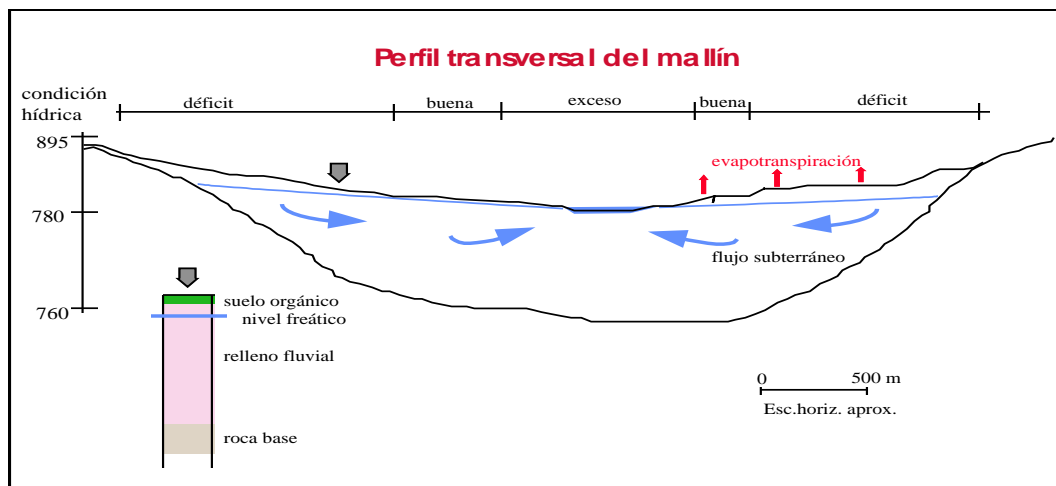


Figura 1: perfil transversal del mallín

La profundidad de la napa observada en algunos pozos en mallines de la zona (Turner, 1963) está cerca de los 10m.

En la Figura 2 se observa que existe una zona central con exceso de agua en el perfil, dado por una profundidad de napa entre 0 y 0.6 m. Alrededor de esta hay una aureola con una profundidad de napa entre 0.6 y 1.4 m, lo cual

identifica una zona con buenas condiciones hídricas, apta para la producción de especies forrajeras. La zona más alejada presenta déficit causado por escurrimiento hacia las partes centrales del mallín, debido fundamentalmente a un gradiente alto (2 %) y la ausencia de recargas laterales o de lluvia en el período estival.

En estas condiciones de verano se debería estudiar el drenaje natural, a partir de algunas mediciones de nivel freático y conductividad.

El flujo principal se realiza desde la periferia hacia el centro, desde las mayores equipotenciales hacia las menores, según la dirección del gradiente hidráulico.

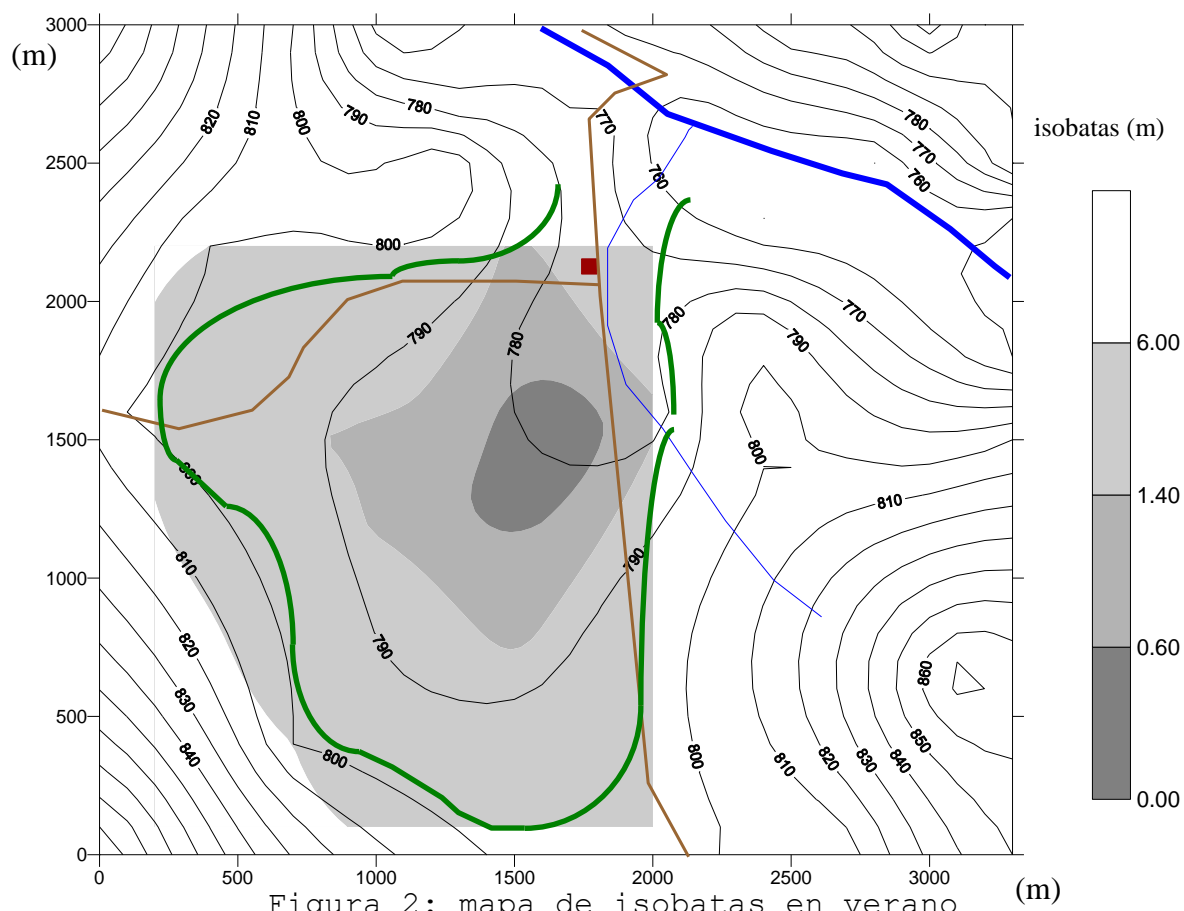


Figura 2: mapa de isobatas en verano (m)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir del estado actual del mallín, se distribuyó el agua existente en el sistema a efectos de obtener una profundidad de napa adecuada que permita la subirrigación (Horne et al, 1998) en toda el área, evitando que el exceso de agua se acumule en la zona central y que la periferia quede sin recursos.

Se simuló un sistema de canales con carga constante (color fucsia en la Figura 3), que permiten la infiltración de agua a través de su lecho para recargar el acuífero, en todo su trayecto. Como consecuencia de esta redistribución

surgen zonas con exceso (mayormente en el centro deprimido) que fue necesario drenar mediante la simulación de desagües (color amarillo en la Figura 3).

Como ya se mencionó, la característica física más importante, la conductividad hidráulica, no se midió en el campo, por lo tanto es la que más incertidumbre aporta al conocimiento del estado del sistema. Por esta razón se consideraron distintos valores de k y se diseñó el riego necesario para cada situación. La Figura 3 contiene las isobatas simuladas para valores cercanos a 20 m/d. Los flujos resultantes en el riego y en el drenaje son mayores a medida que aumenta la conductividad. Una observación interesante es que cuando el acuífero es menos transmisible se requieren canales de infiltración más próximos para lograr resultados aceptables. Esto nos indica la importancia que tienen las características espaciales de suelos y acuífero.

Para cada conductividad considerada se simularon distintos valores de porosidad (0.1; 0.3; 0.5 y 0.7). El efecto sobre las isobatas es despreciable en todos los casos.

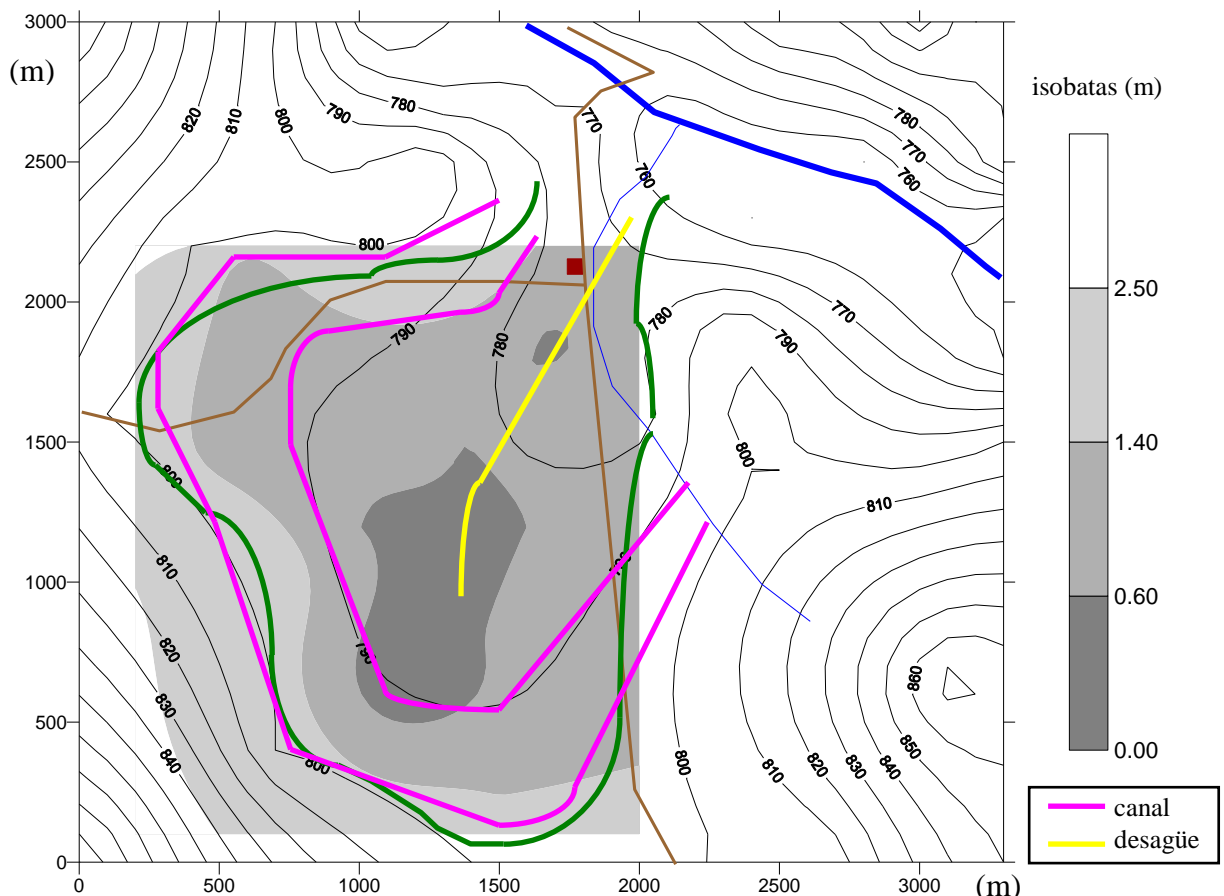


Figura 3: mapa de isobatas simuladas con riego. $k = 20$ m/d

Los resultados que se observan en la Figura 3, son mejorables ya que persisten zonas fuera del rango deseado de profundidad de napa: 0.6 y 1.4 m. No se prosiguió con la

calibración ya que la ausencia de datos de distribución areal de los parámetros no justifica perfeccionar un sistema que dependerá de las características del suelo y del acuífero, recarga y balance hídrico en general. Los términos del balance hídrico no se detallan en este trabajo, pues fueron analizados en el primero de esta serie de estudios sobre dinámica en los mallines patagónicos.

CONCLUSIONES

Es posible realizar un manejo del agua en el mallín que permita obtener una buena distribución espacial del agua y un nivel de la freática adecuada, según el tipo de suelo, para la subirrigación del mallín en los meses de mayor demanda. Es recomendable un estudio más adecuado para los canales de recarga y los drenes, a efecto de minimizar los costos ingenieriles.

Los resultados y conclusiones basados en la aplicación de un modelo matemático, deberán ser convalidados por observaciones a campo que además permitan

- 1) evaluar la influencia de los canales y drenes en la freática
- 2) medir la variabilidad espacial de los parámetros físicos, especialmente k .

LITERATURA CITADA

- Carta Topográfica Estancia Lolén, escala 1:50000. Servicio Nacional Minero Geológico.
- Cremona, M.V.; Lanciotti, M.L.; Bonvissuto, G.L., 1995. Dinámica del agua en mallines con diferente condición de pastizal en Patagonia Norte. INTA EEA Bariloche.
- Geología Regional Argentina, 1979. Academia Nacional de Ciencias de Córdoba. Volumen I y II.
- Horne, Federico et al, 1998. Dinámica del agua en los mallines de Patagonia. II. Movimiento del agua en el perfil. (Inédito).
- Polla, Gabriela et al, 1998. Dinámica del agua en los mallines de Patagonia. I. Balance Hídrico. (Inédito).
- Strack, O.D., 1989. Groundwater Mechanics.
- Turner Juan C.M., 1963. Carta Geológica-Económica de la República Argentina, Hoja 37 a, b, Junín de Los Andes. Servicio Nacional Minero Geológico.