ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO HIDRODINÁMICO EN UN SUELO DE RELLENO ARTIFICIAL

Analysis of hydrodynamic behavior in an artificial landfill soil

Scherger, Leonardo[1,2] y Lexow, Claudio[1,2]

[1]Centro de Geología Aplicada, Agua y Medio Ambiente (CGAMA). Comisión de Investigaciones Científicas. [2]Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur (UNS), San Juan 670, B8000ICN, Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina

leonardo.scherger@uns.edu.ar

Palabras clave: zona no saturada, hidrodinámica, Bahía Blanca.

Resumen

El objetivo del trabajo es determinar la curva de retención de humedad (CRH), para los suelos de relleno artificial del complejo petroquímico e industrial de la Ciudad de Bahía Blanca, a partir de datos de tensión medidos en una parcela experimental. Los parámetros hidráulicos del suelo permitirán la interpretación de los valores de potencial hidrodinámico y humedad volumétrica medidos en campo. Las CRH estimadas para el nivel limo arenoso superficial (r^2=0,72) y arenoso basal (r^2=0,71) representan correctamente el comportamiento hidráulico del subsuelo. Puede interpretarse que el flujo en la zona no saturada es mayormente ascendente, tornándose únicamente descendente dado el ingreso de agua al suelo por la precipitación, y superado el valor de capacidad de campo. Las condiciones hidrodinámicas en la base del perfil son mayormente estáticas, controladas por la posición del nivel freático.

Abstract

The objective of the work is to determine the Soil Water Characteristic Curve (SWCC), for the artificial landfills of the petrochemical and industrial complex of Bahía Blanca City, from fiel data measured in an experimental plot. The hydraulic parameter of the soil allows the interpretation of the hydrodynamic potential and volumetric moisture measured in field. The estimated CRH for the sandy loam topsoil (r^2 = 0.72) and the sandy basal level (r^2 = 0.71) correctly represent the hydraulic behavior of the subsoil. It can be interpreted that the flow in the vadose zone is mainly ascending, becoming only descending given the entry of water into the soil by precipitation, and exceeding the value of field capacity. The hydrodynamic conditions at the base of the profile are mostly static, controlled by the position of the water table.

Introducción

El complejo petroquímico e industrial de la Ciudad de Bahía Blanca fue instalado en el sector costero del estuario de Bahía Blanca, para lo cual fue necesario el acondicionamiento previo del subsuelo del área. La implementación de material de relleno, compuesto por limos arenosos compactados, en algunos lugares complementados con material de refulado del estuario, confiere al subsuelo de nuevas propiedades, que controlan el flujo de humedad en la zona no saturada (ZNS). El agua en la zona vadosa se encuentra bajo presión negativa, donde la humedad se desplaza desde los puntos de mayor a menor potencial hidráulico. La curva de retención de humedad (CRH) de un suelo, relaciona los contenidos de humedad (θ) con la tensión matricial (h) y es propia de cada suelo en particular en función de sus características texturales, arreglo geométrico de las partículas y agregados, consolidación y demás propiedades químicas y biológicas (Kutilek y Nielsen, 1994). Conocer el comportamiento hidrodinámico del sistema no saturado resulta fundamental para un manejo efectivo de los recursos agua y suelo, en particular en áreas urbanas o industriales, donde se presenta un riesgo concreto de contaminación del medio ambiente.

El objetivo de este trabajo es estimar una CRH y los parámetros hidráulicos para los suelos de relleno artificial del ámbito industrial de la Ciudad de Bahía Blanca, mediante datos de tensión matricial y humedad relevados en campo cuya relación está sometida, naturalmente, a histéresis. La determinación de esa CRH permitirá caracterizar los flujos hídricos en la ZNS, y así también la transferencia de humedad entre el suelo y el acuífero freático costero dentro del entorno industrial. En la medida que se cuenten con una mayor cantidad de datos de campo la CRH se irá ajustando progresivamente.

Materiales y métodos

Los datos de campo fueron recolectados durante el periodo agosto del 2017 a mayo del 2018, en una parcela experimental ubicado dentro del Complejo Industrial y Petroquímico. La parcela experimental cuenta con dos sets de tensiómetros (Soil Moisture Corp.) y un freatímetro. La humedad es medida periódicamente por determinación gravimétrica en laboratorio. En la Tabla 1 se describen las características texturales del subsuelo de la parcela.

La CRH del suelo fue determinada mediante la aplicación del software RECT V6.02 (Van Genuchten *et al.*, 1991). El código permite la estimación de los parámetros hidráulicos del material, a partir de datos de retención y un valor inicial aproximado a partir de la textura y densidad aparente del suelo, según la función de psedotransferencia Rosetta Lite V1.1 (Schapp *et al.*, 2001). El modelo hidráulico utilizado fue el propuesto por Van Genuthten (Van Genuchten, 1980).

$$Se = 1 + [(\alpha h)^n]^{-m}$$

Donde Se= $(\theta-\theta_r) / (\theta_s- \theta_r)$ es la humedad efectiva, α= ha^{-1} es un parámetro empírico determinado por la inversa del valor de entrada de aire, h corresponde a la tensión matricial y n y m, son parámetros empíricos siendo m=1-1/n. El ajuste se realizó sobre los parámetros θ_s, α y n, considerando que son los principales coeficientes que regulan el flujo de agua para las condiciones de tensión registradas en campo.

Tabla 4. Parámetros texturales del subsuelo, parcela experimental

Profundidad (cm)	% Arena	% Limo	% Arcilla	Clasificación	Densidad aparente (g/cm^3)
0-100	41	53	6	limo arenoso	1.45
100-180	88	10	2	arena	1.48

Resultados

Estimación de la curva de retención de humedad (CRH)

De acuerdo a los datos de campo se estimo la CRH para los limos arenosos superficiales (Figura 1A) y las arenas basales (Figura 1B). Las curvas estimadas representan correctamente el comportamiento hidráulico del subsuelo, con coeficientes de determinación de 0,72 y 0,71 respectivamente.

La forma de la CRH es determinada por los parámetros hidráulicos (θ_s, θ_r, α, n, m) y responden principalmente a las características texturales y estructurales del suelo. Las variables n y m poseen un significado netamente matemático y describen la pendiente de la CRH, la cual queda definida por el índice de distribución de tamaño de poros. Para el nivel superior la CRH se asemeja a la curva característica de suelos limosos, donde valores bajos de α y n determinan características de drenaje lento. En estos suelos son necesarios rangos mayores de tensión para obtener cambios de humedad idénticos que en suelos arenosos, caracterizados por valores altos de α y n (Wösten y Van Genuchten, 1988). Los parámetros hidráulicos para ambos niveles se expresan en la Tabla 2.

Tabla 5. Parámetros hidráulicos estimados para la parcela experimental

Profundidad	θs	θr	α	n
0-100	0,39	0,035	0,007	1,63
100-180	0,397	0,044	0,03	2,95

El valor de capacidad de campo (θ_{cc}), determina la capacidad máxima de retención de humedad de un suelo, y es un parámetro fundamental para comprenden las tasas de flujo de humedad en la ZNS. De acuerdo a las CRH estimadas, el valor de θ_{cc} puede estimarse según la humedad volumétrica equivalente a tensiones de -300 cm para suelos de textura fina y de -100 cm en suelos arenosos (Kutilek y Nielsen, 1994), determinándose un valor de 0,24 cm^3/cm^3 en los limos arenosos superiores y de 0,08 cm^3/cm^3 para las arenas basales.

JORNADAS Internacionales y Nacionales de AMBIENTE

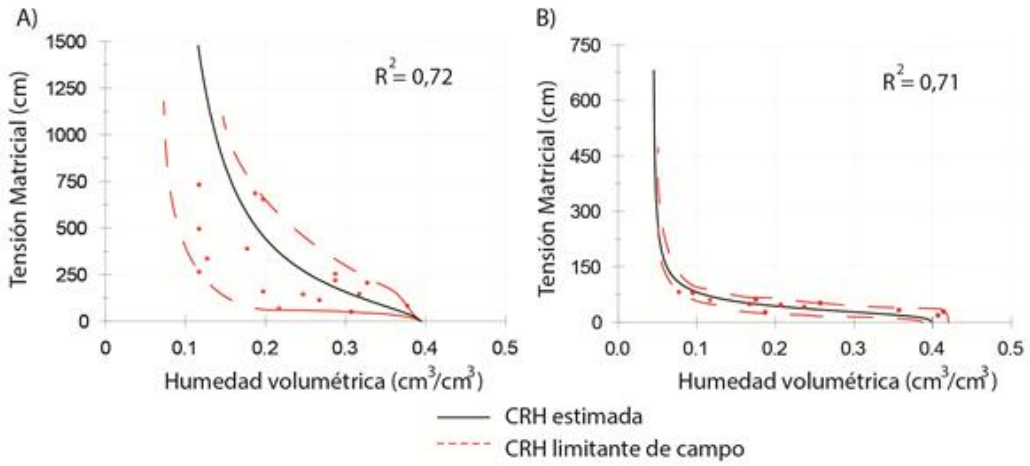

Figura 2. Curva de retención de humedad. A) Limo arenoso superior. B) Arena inferior

Comportamiento hidrodinámico

El agua en la ZNS puede moverse hacia arriba y conformar evapotranspiración, o hacia abajo y sumarse a la recarga, según sean las condiciones de potencial hidrodinámico total (PHT) a lo largo del perfil. Al analizar los datos registrados de potencial hídrico total vs profundidad (Figura 2) es posible reconocer los estadios de movimiento de agua bajo efectos mátricos capilares (flujo ascendente) o efectos gravitatorios (flujo descendente).

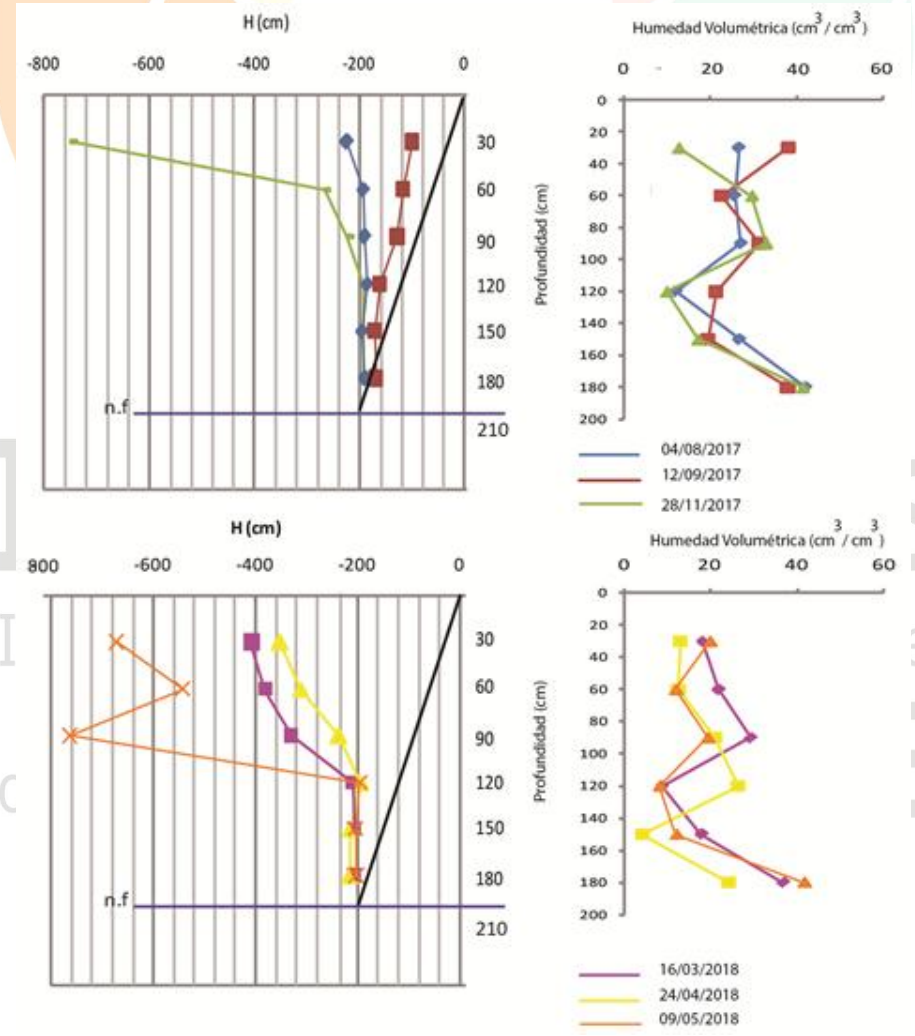

Figura 3. Potenciales hidrodinámicos totales y humedades volumétricas medidas en la parcela experimental

De acuerdo a los registros de PHT y humedad volumétrica el perfil conserva en general un comportamiento netamente ascendente, donde las máximas variaciones de humedad y potencial ocurren en el nivel limo arenoso. En este sector, la evapotranspiración produce la desecación del suelo, especialmente durante periodos secos, registrándose bajo estas condiciones los valores de potencial más extremos. Por su parte, el registro del 12/09/2017 es el único que muestra flujo netamente descendente, condiciones influenciadas probablemente por las precipitaciones de 57 mm ocurridas en los dos días previos. El ingreso de agua en la zona no saturada genera una disminución en los potenciales medidos, y cuando es superada la θ_{cc} se generan flujos descendentes.

Para los seis perfiles analizados, se observa un equilibrio relativo en el valor de potencial hidrodinámico para profundidades mayores a 120 cm, estableciéndose condiciones cuasi estáticas en la dirección vertical de flujo. Las zonas profundas del perfil se encuentran muy influencias por el nivel freático, el cual suele encontrarse a profundidades medias de 2m ±20 cm, registrando valores de potencial cercanos a 0 cm y humedades de entre 0,39 y 0,41 cm^3/cm^3 (Figura 2). Dada la configuración de los potenciales hidrodinámicos en campo, la evapotranspiración directa desde el acuífero freático es un fenómeno posible en situaciones donde la capa freática se encuentre cercana a la superficie.

Conclusiones

Los parámetros hidráulicos definen la forma de la CRH del suelo, la cual permite la interpretación de los valores de potencial hidrodinámico y humedad volumétrica registrados en campo. Los limos arenosos compactados superiores y las arenas basales, poseen un comportamiento hidrodinámico muy diferente verificado en la morfología de la CRH. Los flujos hídricos verticales en la ZNS son mayormente en sentido ascendente, predominando fuerzas capilares sobre la componente gravitatoria. Los vectores de flujo se tornan descendentes únicamente, dado el ingreso de agua al perfil por precipitación, y superándose el valor de capacidad de campo. A profundidades mayores del metro, los potenciales hidrodinámicos se mantienen mayormente constantes, generando condiciones cuasi estáticas. Las condiciones de humedad y presión matricial son controladas por la posición del nivel freático, generando ocasionalmente el fenómeno de evapotranspiración directa de la capa freática.

Bibliografía

KUTILEK, M. y D.R., NIELSEN, 1994. *Soil Hydrology*. Catena Verlag, Cremlingen-Destedt, Alemania. 370 p.

SCHAAP, M. G.F.J. LEIJI y M. TH. VAN GENUCHTEN, 2001. “Rosetta: a computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions”, Journal of Hydrology, 251(3-4), 163-176.

VAN GENUCHTEN, M. TH. 1980. “A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils”. Soil Science Society of American Journal, 44(3):892-898.

VAN GENUCHTEN, M.TH., F.J. LEIJ. Y S.R. YATES, 1991. *The RETC Code for Quantifying the Hydraulic Functions of Unsaturated Soils.* U.S. Salinity Laboratory U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service Riverside, California. 93 p.

WÖSTEN J.H.M Y M.TH. VAN GENUCHTEN, 1988. “Using Texture and Other Soil Properties to Predict the Unsaturated Soil Hydraulic Functions”. Soil Science Society of Americal Journal, 52:1762-1770.

JORNADAS Investigadores IV Nacionales de AMBIENTE