

NANESOIL: UNA BASE DE DATOS PARA EL CÁLCULO DE LOS REQUERIMIENTOS HÍDRICOS EN LOS CULTIVOS

Nami Morales-Durán^{1,2}; Sebastián Fuentes³; Carlos Chávez^{3*}

¹Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolas de los Garza 66451, Nuevo León, México.

²Centro Centro de Investigación en Biotecnología y Nanotecnología, Facultad de Ciencias Químicas, Parque de Investigación e Innovación Tecnológica, Universidad Autónoma de Nuevo León, Apodaca 66629, Nuevo León, México.

³Centro de Investigaciones del Agua. Departamento de Ingeniería de Riego y Drenaje. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Querétaro. C.U. Cerro de las Campanas, SN. Col. Las Campanas, C.P. 76010, Querétaro, México.

chagcarlos@uaq.mx - +52 (442) 192 1200, ext. 6036 (*Autor de correspondencia)

Resumen

Para realizar el cálculo de las necesidades hídricas de los cultivos se requiere del conocimiento de algunas propiedades en el suelo que normalmente implican tiempo para obtenerlas. Una gran cantidad de estudios han sido realizados en las últimas décadas, pero tienen la limitante de ser a pequeña escala o en suelos con texturas similares. Sin embargo, la producción de los cultivos se realiza en una gran variedad de texturas y el conocimiento de sus propiedades es importante para producir de manera eficiente. El objetivo de este trabajo es presentar una base de datos, *NaneSoil*, que contiene información de 900 muestras y abarca 10 de las 12 clases texturales. Las muestras fueron obtenidas del Distrito de Riego 023 San Juan del Río Querétaro en el periodo 2016-2018 y procesadas de acuerdo con las metodologías convencionales. Cada muestra tiene la siguiente información: contenidos de arena, limo y arcilla, densidad aparente, contenido volumétrico de humedad a saturación, capacidad de campo, punto de marchitamiento permanente y conductividad hidráulica a saturación.

Palabras claves: Gasto Óptimo, Lámina de Riego, Riego por Gravedad, Uso Eficiente del Agua.

Introducción

La cantidad de agua por aplicar para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos requiere del conocimiento de algunas propiedades del suelo que cambian en función de la textura, así como de las prácticas y manejo que se les da a las parcelas (Allen *et al.*, 1998; Rai *et al.*, 2017; Lorite *et al.*, 2018). De acuerdo con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) el suelo se puede clasificar en doce texturas en función de los contenidos de arena, limo y arcilla (Soil Science Division Staff, 2017). La textura del suelo define, en primera instancia, la velocidad con la que el agua infiltrará a capas más profundas. Así, un suelo arenoso tendrá una velocidad de infiltración más rápida que en un suelo de textura arcillosa. Conocer este valor es de vital importancia para diseñar de manera eficiente los sistemas de riego presurizados o el cálculo del gasto óptimo que debe de suministrarse en cada surco o melga (Chávez y Fuentes, 2019; Fuentes y Chávez, 2020).

Los contenidos de humedad a saturación, punto de marchitamiento permanente y capacidad de campo, son de gran utilidad para determinar la lámina de agua que debe de aplicarse al suelo para satisfacer las necesidades de los cultivos en un evento de riego. Sin embargo, al igual que la conductividad hidráulica saturada, se puede obtener mediante pruebas de campo y laboratorio, pero son costosos y tardados. En los últimos años, también se ha optado por obtener estos valores mediante funciones de pedotransferencia (Wösten *et al.*, 2001; Trejo-Alonso, *et al.*, 2021) o redes neuronales (Erzin *et al.*, 2019; Trejo-Alonso, *et al.*, 2023) que relacionen más propiedades del suelo que se esté analizando. Sin embargo, para hacer uso de estos métodos se requiere de datos suficientes para que se puedan obtener ecuaciones representativas del tipo de suelo que se esté estudiando y la menor incertidumbre al momento de realizar la interpretación de los resultados. Además, algunas ecuaciones existentes en la literatura requieren de una mayor cantidad de propiedades y que en la mayoría de los casos no se cuenta con esa información: pH, CIC, Contenido de Materia Orgánica, entre otros (Vereecken *et al.*, 1989; Hodnett y Tomasella, 2002).

NaneSoil contiene información de 900 muestras (Figura 1) de suelo que fueron colectadas en parcelas que pertenecen al Distrito de Riego 023, San Juan del Río Querétaro, en donde se siembra de manera tradicional sorgo, trigo, avena, frijol, cebada, zanahoria y alfalfa en los ciclos primavera-verano y otoño-invierno (Morales-Durán *et al.*, 2023a). Contiene la mayoría de los parámetros agronómicos necesarios para el estudio de los requerimientos hídricos de los cultivos en diferentes suelos, y, por lo tanto, es una excelente herramienta que puede ser utilizada por agricultores, académicos, estudiantes, y personas que se dediquen a la producción de alimentos en el campo. El financiamiento para obtener la base de datos fue apoyado como parte de una colaboración entre la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA); El Distrito de Riego 023, San Juan del Río, Querétaro y la Universidad Autónoma de Querétaro, bajo el programa RIGRAT 2015-2019.

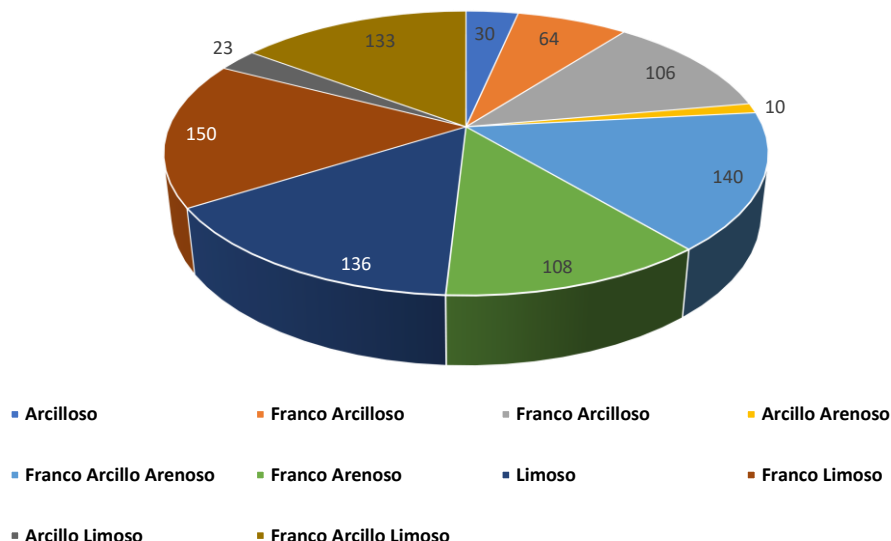


Figura 1. Número de muestras por clase textural contenidas en la base de datos.

Materiales y Métodos

Información contenida en la base de datos

Las muestras de suelo fueron colectadas, de manera aleatoria a una profundidad de 30 cm, durante un periodo de 3 años, y analizadas en el laboratorio siguiendo las metodologías convencionales. La conductividad hidráulica saturada se obtuvo utilizando el permeámetro de carga variable, la densidad aparente mediante el cilindro de volumen conocido, los contenidos de humedad a saturación, capacidad de campo y punto de marchitamiento permanente mediante la olla de membrana de presión, y los contenidos de arena, limo y arcilla se obtuvieron mediante la curva granulométrica utilizando el análisis de mallas y el hidrómetro de Bouyucos. La clasificación textural se realizó con base en los contenidos de arena, limo y arcilla, siguiendo el triángulo del USDA. Para una revisión a profundidad de la metodología empleada, colecta de datos y validación técnica, se sugiere revisar el artículo de Morales-Durán *et al.* (2023a).

La información contenida en la base de datos está ordenada en 13 columnas y 901 filas, que contiene la información detallada en el Cuadro 1. La base de datos puede descargarse, para su uso y manipulación en *Excel*® desde la siguiente liga: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.22190185.v2> (Morales-Durán *et al.*, 2023b).

Cuadro 1. Información contenida en la base de datos

Columna	Información	Unidades
A	Identificador de la muestra	
B	Coordenada Este	UTM zona 14
C	Coordenada Norte	UTM zona 14
D	Área representativa	hectáreas
E	Contenido de arena	%
F	Contenido de limo	%

Columna	Información	Unidades
G	Contenido de arcilla	%
H	Clasificación textural	-
I	Densidad aparente	g/cm ³
J	Contenido de humedad a saturación	cm ³ /cm ³
K	Contenido de humedad a capacidad de campo	cm ³ /cm ³
L	Contenido de humedad a punto de marchitamiento permanente	cm ³ /cm ³
M	Conductividad hidráulica saturada	cm/h

Algunas relaciones encontradas en la base de datos

En la base de datos se puede encontrar una gran cantidad de relaciones que el usuario puede manipular de acuerdo con sus necesidades, por ejemplo, a mayor contenido de arcilla en el suelo la velocidad de infiltración disminuye (Figura 2) y en este mismo sentido, a mayor contenido de arcilla el contenido de humedad a saturación también aumenta (Figura 3). Sin embargo, se recomienda revisar en la literatura las funciones de pedotransferencia o redes neuronales para una mejor estimación. De importancia hacer notar que en las investigaciones en donde no se cuenta con el contenido de humedad a saturación, ésta es asimilada a la porosidad del suelo (ϕ) que se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\phi = 1 - \frac{\rho_a}{\rho_s} \quad (1)$$

donde ρ_a es la densidad aparente del suelo [g/cm³] y ρ_s la densidad de las partículas de cuarzo tomada como 2.65 g/cm³.

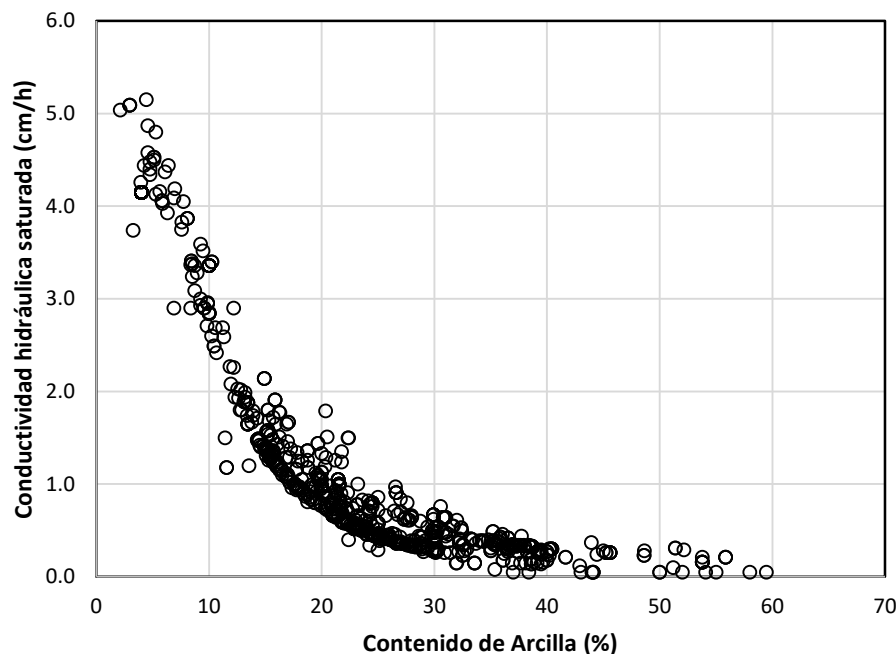


Figura 2. Relación del contenido de arcilla con la conductividad hidráulica saturada.

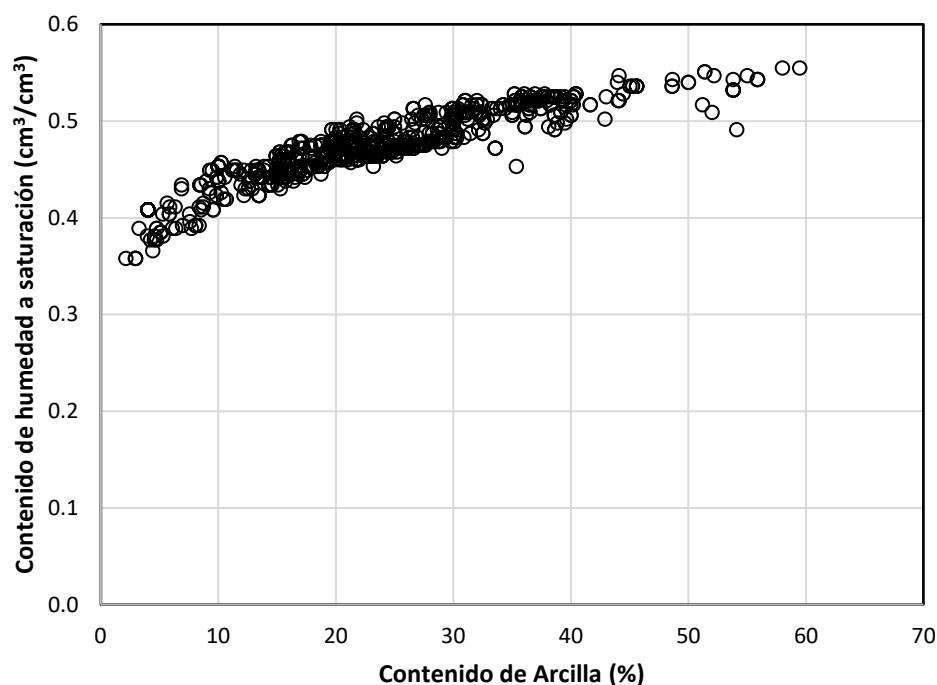


Figura 3. Relación del contenido de arcilla con el contenido de humedad a saturación.

Conclusiones

La base de datos aquí presentada contiene la mayoría de los parámetros agronómicos que se requieren para calcular los requerimientos hídricos de los cultivos, siguiendo las metodologías y planteamientos convencionales del sistema Agua-Suelo-Planta-Atmósfera, así como el cálculo del gasto óptimo en los sistemas de riego por gravedad o presurizados. La gran cantidad de información que contiene de cada muestra en la mayoría de las texturas, la hacen una base robusta y que pueda ser usada como referencia para futuros estudios en las aulas, propuestas de investigadores, y también, ser de utilidad para los profesionales que se dedican a hacer de la agricultura, una actividad productiva más sustentable.

Finalmente, el objetivo de esta base de datos es proporcionar a la comunidad científica información suficiente para que puedan realizar una gran cantidad de análisis, por ejemplo, desarrollo de funciones de pedotransferencia, cálculo de requerimientos hídricos en las plantas en suelos con características similares, modelación de la infiltración, entre otros. La base de datos también alienta a la comunidad científica a contribuir con sus propias mediciones para seguir fortaleciendo el conocimiento del medio poroso.

Referencias Bibliográficas

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. & Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirements FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Fao, Rome 300, D05109.
- Chávez, C. & Fuentes, C. 2019. Design and evaluation of surface irrigation systems applying an analytical formula in the irrigation district 085, La Begoña, Mexico. *Agric. Water Manag.* 221, 279–285.
- Erzin, Y., Gumaste, S. D., Gupta, A. K. & Singh, D. N. 2009. Artificial neural network (ANN) models for determining hydraulic conductivity of compacted fine-grained soils. *Can. Geotech. J.* 46, 955–968.
- Fuentes, C. & Chávez, C. 2020. Analytic Representation of the Optimal Flow for Gravity Irrigation. *Water* 12, 2710.
- Hodnett, M. G. & Tomasella, J. 2002. Marked differences between van Genuchten soil water-retention parameters for temperate and tropical soils: a new water-retention pedo-transfer functions developed for tropical soils. *Geoderma* 108, 155–180.
- Lorite, I. J. et al. 2018. Water Management and Climate Change in Semiarid Environments. in *Water Scarcity and Sustainable Agriculture in Semiarid Environment* 3–40, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813164-0.00001-6>.
- Morales-Durán, N., Fuentes, S. & Chávez, C. 2023a. A soil database from Queretaro, Mexico for assessment of crop and irrigation water requirements. *Sci Data* 10, 429. <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02332-7>.
- Morales-Durán, N., Fuentes, S. & Chávez, C. 2023b. NaneSoil. fgshare <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.22190185.v2>.
- Rai, R. K., Singh, V. P. & Upadhyay, A. 2017. Estimating Irrigation Design Parameters. in *Planning and Evaluation of Irrigation Projects* 243–282, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811748-4.00006-6>.
- Soil Science Division Staff. *Soil Survey Manual*. 2017. (United States Department of Agriculture)
- Trejo-Alonso, J. et al. 2021. Saturated Hydraulic Conductivity Estimation Using Artificial Neural Networks. *Water* 13, 705.
- Trejo-Alonso, J., Fuentes, S., Morales-Durán, N. & Chávez, C. 2023. Evaluation and Development of Pedotransfer Functions and Artificial Neural Networks to Saturation Moisture Content Estimation. *Water* 15, 220.
- Vereecken, H., Maes, J., Feyen, J. & Darius, P. 1989. Estimating the Soil Moisture Retention Characteristic from Texture, Bulk Density, and Carbon Content. *Soil Sci.* 148, 389–403.
- Wösten, J. H. M., Pachepsky, Y. A. & Rawls, W. J. 2001. Pedotransfer functions: bridging the gap between available basic soil data and missing soil hydraulic characteristics. *J. Hydrol.* 251, 123–150.