



COEFICIENTE HIGROSCÓPICO Y SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA EN LA CLASIFICACIÓN Y CARTOGRAFÍA DE SUELOS DE LA PAMPA ONDULADA

Morrás, H.^{1*}, E. Bressan¹, F. Biondi¹, L. Contardo¹, L. Benedito¹, J. Laghi¹

¹ Instituto de Suelos, CIRN – INTA, Las Cabañas y N. Repetto, (1686) Hurlingham, Prov. de Buenos Aires;

* morras.hector@inta.gob.ar; hector.morras@usal.edu.ar

RESUMEN

Se estudiaron cuatro perfiles de suelo localizados en una transecta en el predio perteneciente al INTA-CNIA, ubicado en el Partido de Hurlingham, en el área metropolitana de Buenos Aires. Los suelos aquí analizados, un Argiudol vértico, dos Argiudoles típicos y un Argialbol típico, se encuentran localizados en distintas posiciones topográficas y, de acuerdo a otros antecedentes, sus propiedades así como su clasificación taxonómica estarían relacionadas con su desarrollo en materiales parentales diferenciados en su composición mineralógica. En este trabajo se analizó la relación existente entre el Coeficiente higroscópico (CoH) y la Susceptibilidad magnética (SM) con otras variables físicas y físico-químicas de estos perfiles. Los resultados obtenidos ponen en evidencia el interés de la utilización conjunta del CoH y la SM como *proxy data* de variables relacionadas con la clasificación taxonómica de estos suelos, constituyendo una herramienta de gran potencialidad para los trabajos de cartografía en la Pampa Ondulada.

Palabras clave: higroscopicidad, susceptibilidad magnética, mineralogía.

INTRODUCCION

El agua higroscópica es aquella que es adsorbida a partir de la humedad atmosférica y se encuentra fuertemente fijada como delgadas películas alrededor de las partículas del suelo. El contenido total de agua retenida por los componentes higroscópicos es función de la humedad y de la temperatura de la atmósfera en la que se encuentra el suelo, denominándose Coeficiente de Higroscopicidad (CoH) el contenido máximo de humedad adsorbido por una muestra cuando se encuentra en equilibrio con una atmósfera saturada en vapor de agua. Varios autores, entre ellos Banin y Amiel (1969), Verstraten y Livens (1971) y Wuddivira et al. (2012), han señalado una correlación significativa del agua higroscópica con el contenido de arcilla, con la superficie específica y con la capacidad de intercambio catiónico del suelo. Recientemente, Morrás et al. (2020) elaboraron un protocolo metodológico para el análisis de la higroscopicidad de suelos y evaluaron diversos factores determinantes de la humedad higroscópica en un conjunto de muestras correspondientes a suelos de los órdenes Molisol, Vertisol y Ultisol. Los análisis de correlación mostraron una relación directa del CoH con otros coeficientes hídricos y en particular una fuerte correlación con el Punto de Marchitez Permanente, así como también con la CIC del suelo. Correlaciones directas pero de menor grado se observaron con el % de arcilla, con el índice de plasticidad y con el COLE de las muestras. Las muestras de suelos Molisoles de la Pampa Ondulada y y Vertisoles de Entre Ríos caracterizadas por arcillas de tipo 2:1 de láminas fijas (illita) y expandibles (interestratificados I-E y esmectitas) presentaron un comportamiento lineal en la relación del CoH con diversas variables, en tanto las muestras de un Ultisol de Misiones con arcillas caoliniticas se apartaron ligeramente constituyendo un grupo diferenciado.

Por otro lado, la susceptibilidad magnética (SM) de los suelos es función de las características y concentración de los minerales magnéticos. En estudios realizados inicialmente por Nabel et al. (1999) en suelos de



la Pampa Ondulada en el área Metropolitana de Buenos Aires se encontró que diferencias en la mineralogía en la fracción de arcilla se correlacionaban con diferencias en los parámetros magnéticos. Posteriormente Morrás et al (2004-a) confirmaron valores menores de SM en un suelo esmectítico y mayores en suelos illíticos, en tanto Morrás et al (2004-b) en un número considerable de perfiles de suelos en el mismo sector encontraron una relación inversa entre la humedad equivalente y la susceptibilidad magnética. Más tarde Liu et al. (2010) estudiaron las propiedades magnéticas de un Argiudol típico y un Argiudol vértico situados muy próximos entre sí en el mismo sector de la Pampa Ondulada, poniendo en evidencia que la mayor parte del valor de la SM es heredado del material parental. El conjunto de estos trabajos indica que en este sector los suelos en las posiciones altas del relieve poseen un mayor contenido de esmectita y en consecuencia una mayor retención de humedad, presentando al mismo tiempo valores menores de SM debido a un mayor contenido de cuarzo en la arena. Por el contrario los suelos en posiciones intermedias poseen una mayor proporción de illita y comparativamente menor retención de humedad, presentando valores mayores de SM debido a un mayor contenido de minerales ferro-magnesianos en la fracción arena (Morrás y Moretti, 2016). Recientemente, Morrás et al. (2022) analizaron la susceptibilidad magnética y el coeficiente higroscópico de 49 perfiles de suelo en la Pampa Ondulada encontrando una relación inversa entre ambas variables, de mayor grado con los horizontes C de los perfiles. Los resultados mostraron por un lado un incremento del CoH hacia el río Paraná en coincidencia con el incremento de los suelos con propiedades vérticas, y por otro lado una disminución progresiva de SM en la misma dirección.

Dado estos antecedentes, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la relación existente entre el CoH y la SM con otras variables físicas y físico-químicas de suelos de la Pampa Ondulada diferenciados taxonómicamente y localizados en distintas posiciones del relieve, así como la posible utilización conjunta de esos dos parámetros como *proxy data* de características relacionadas con el contenido y tipo de arcilla, la retención de agua, y las propiedades de expansión-contracción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron cuatro perfiles de suelo localizados en una transecta en el predio perteneciente al INTA-CNIA, ubicado en el Partido de Hurlingham en el área metropolitana de Buenos Aires (Biondi, 2021). Este predio es atravesado por cursos menores tributarios del río Reconquista y presenta un relieve característico de la Pampa Ondulada (figura 1). En términos generales y de acuerdo a la cartografía, en los planos altos se presentan Argiudoles vérticos, en los planos intermedios: Argiudoles típicos y en los planos bajos Natracuoles típicos (Gómez, 1993). En base a los estudios detallados realizados sobre suelos y sedimentos de este predio, Morrás y Moretti (2016) y Morrás et al. (2022) han elaborado un modelo geopedológico sobre la evolución de los suelos y el paisaje en este sector de la Pampa Ondulada, y particularmente una nueva interpretación sobre la génesis de los suelos vérticos del área. En el presente trabajo el perfil T1 se localiza en un sector plano en la posición más baja de la transecta estudiada; este suelo presenta un horizonte E de carácter álbico y se clasifica como Argialbol típico (figura 1). El perfil T2 se localiza en la parte media-baja de una suave pendiente y se clasifica como Argiudol típico. El perfil T3 se localiza en un plano alto y se clasifica como Argiudol vértico. El perfil T4 se encuentra también en un sector topográficamente elevado del predio pero muy próximo a un curso de agua (Arroyo de Soto); este hecho y no obstante la ubicación topográfica, habría impreso a este suelo características composicionales y de evolución pedológica que lo asimilan a los Argiudoles típicos.





Figura 1. Plano del predio del INTA-CNIA. Localización de los perfiles estudiados y su posición en el relieve, en un modelo digital de elevación del terreno.

En función de los objetivos mencionados, para este trabajo se consideraron los siguientes parámetros en cada uno de los horizontes de los perfiles de suelo seleccionados: contenido de arcilla (%) obtenido por el método de la pipeta, índice plástico (%) de acuerdo al método de Atterberg, humedad equivalente (%) determinada por centrifugación, capacidad de intercambio catiónico (CIC) por saturación con acetato de NH_4 , coeficiente de higroscopicidad (%) de acuerdo al procedimiento mencionado en Morrás et al. (2020) y la susceptibilidad magnética específica en masa (χ). Los datos de estos parámetros fueron evaluados y comparados mediante métodos gráficos y análisis de correlación estadística obteniéndose el r^2 entre los pares de variables analizadas.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la figura 2 se presentan los datos de algunas de las variables analizadas en cada uno de los perfiles en función de la profundidad. En todos los perfiles, el porcentaje de arcilla (figura 2-A) muestra un incremento a nivel horizonte Bt respecto al horizonte superficial y los horizontes más profundos. En estos horizontes los contenidos de arcilla son relativamente próximos entre los perfiles, oscilando alrededor de un 35%. En el Argialbol típico se evidencia además una disminución del valor de este parámetro en el horizonte E. Por su parte los datos de la CIC, al mismo tiempo que evidencian variaciones equivalentes a las de la arcilla con la profundidad, ofrecen una mayor discriminación entre los suelos estudiados (figura 2-B). Comparando los perfiles entre sí, es notoria la mayor capacidad de intercambio catiónico en el Argiudol vértico (perfil T3); el Argialbol (T1) presenta el valor más reducido, en tanto los dos Argiudoles típicos (T2 y T4) presentan valores intermedios. Los datos de la humedad equivalente (no mostrados) han presentado también una cierta coincidencia con las curvas de la CIC, particularmente en cuanto a la separación de los perfiles en tres grupos. En cuanto al Coeficiente de higroscopicidad (figura 2-C) resulta notoria la coincidencia de las oscilaciones de las curvas en función de la profundidad con las oscilaciones de la CIC. Además, este parámetro separa también claramente los suelos en los tres grupos antes mencionados. Finalmente los datos de la susceptibilidad magnética (χ) (figura 2-D) muestran un comportamiento inverso al de los parámetros anteriores, observándose que el Argiudol vértico presenta los valores menores de SM, el Argialbol típico los mayores, en tanto los Argiudoles típicos registran valores intermedios. Además, entre estos dos, el perfil T4 localizado en posición

alta del paisaje muestra valores de SM más bajos que el T2 localizado en la pendiente.

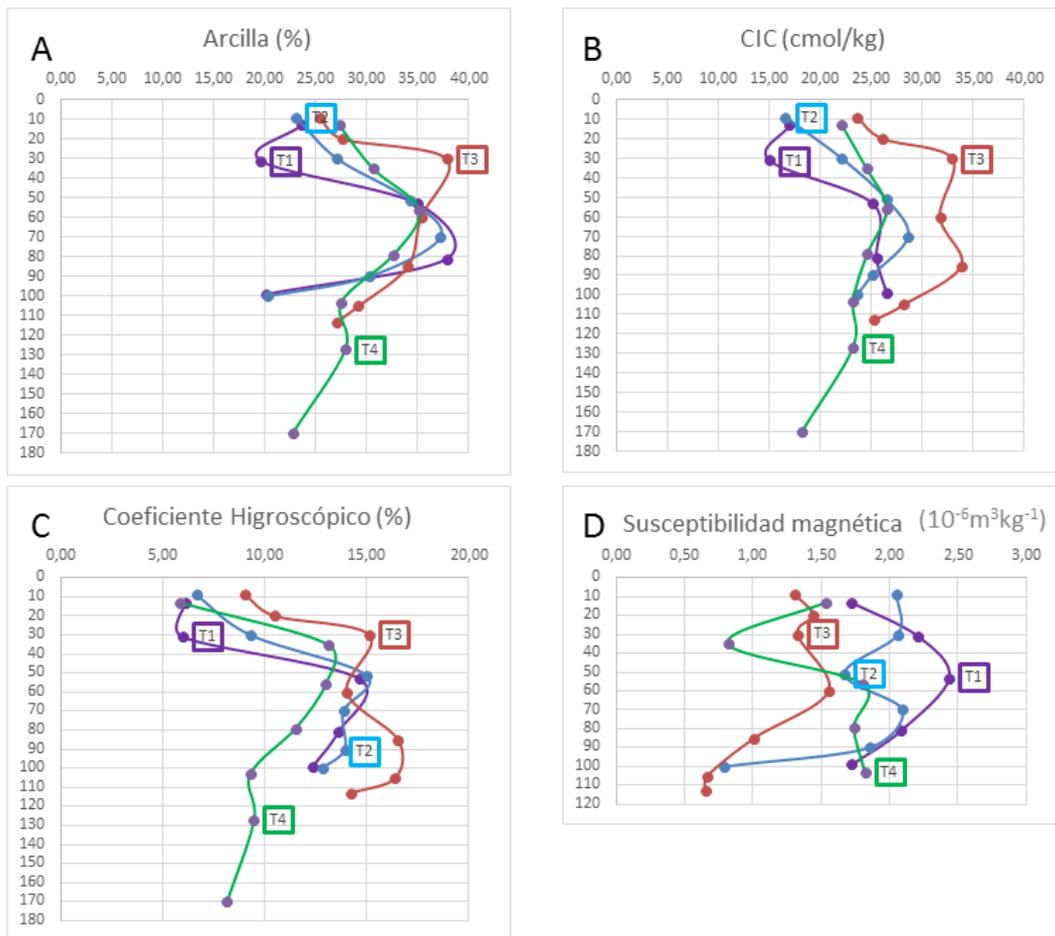


Figura 2. Variación con la profundidad en los perfiles de algunos de los parámetros analizados. A: contenido de arcilla. B: capacidad de intercambio catiónico. C: coeficiente higroscópico. D susceptibilidad magnética en masa (χ).

Por otro lado, los análisis de correlación del coeficiente higroscópico con las otras variables aquí consideradas (figura 3) muestran resultados similares a los obtenidos anteriormente en otros perfiles de la Pampa Ondulada. Entre las variables físicas, si bien el grado de correlación con el contenido de arcilla es bueno ($R^2 = 0,43$), la correlación es mejor con la humedad equivalente ($R^2 = 0,65$) y con el índice plástico ($R^2 = 0,74$). Por su parte la capacidad de intercambio catiónico del suelo, evidencia una relación directa y alta ($R^2 = 0,73$) con el coeficiente higroscópico. Esta estrecha correlación estadística entre el CoH y la CIC pone de relieve la relación de ambos parámetros con la superficie específica del suelo y particularmente con la de la fracción arcilla. Por otro lado, y de acuerdo a lo observado en estudios anteriores (Morrás et al., 2020) resulta de interés constatar que el índice de correlación entre CoH y CIC es mayor que el obtenido entre CoH y % arcilla.

Por su parte, el CoH y la SM evidencian una relación inversa de bajo grado al evaluar el conjunto de muestras, en coincidencia con los resultados obtenidos en trabajos precedentes en suelos de una amplia porción de la Pampa Ondulada (Morrás et al., 2022). Además, estos resultados son coincidentes con estudios anteriores de otros suelos del mismo predio del INTA en Castelar, en los que se pudo establecer que los suelos en posiciones topográficas más elevadas y con mineralogía de arcilla esmectítica presentaban valores de SM inferiores a los suelos en posición topográfica más baja y con mineralogía de tipo illítico (Nabel et al., 1999; Morrás et al., 2004-a,b; Liu et al., 2010).



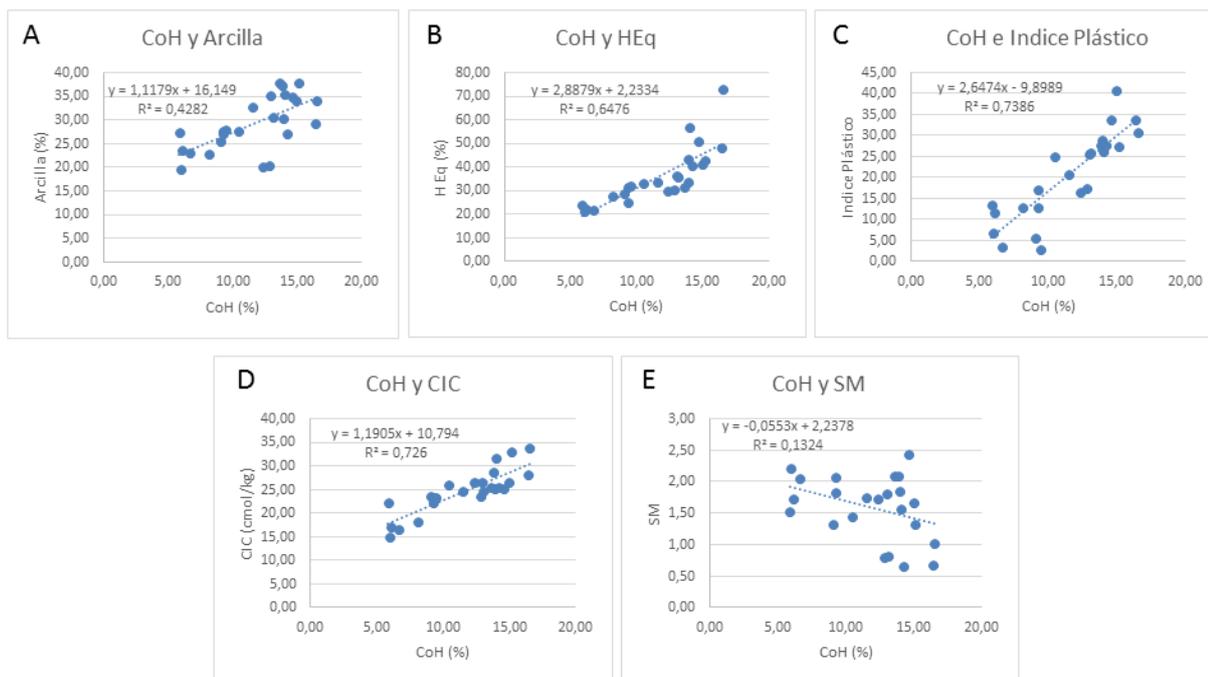


Figura 3. Relación en las muestras de suelo estudiadas entre el Coeficiente higroscópico (CoH) con el porcentaje de arcilla (A), con la humedad equivalente (B), con el índice plástico (C), con el capacidad de intercambio catiónico (D) y con la susceptibilidad magnética en masa (E),

CONCLUSIONES

El coeficiente higroscópico es un parámetro relacionado directamente con la superficie específica del suelo, integrando información sobre la cantidad y tipo de arcilla, la retención de agua y las propiedades de expansión-contracción. Para contenidos similares de arcilla, el CoH aumenta con el incremento de los minerales expandibles (esmedtita e interestratificados illita-esmedtita). Inversamente, en esta región la susceptibilidad magnética disminuye con el incremento de los minerales expandibles. Estos resultados ponen en evidencia el interés de la utilización conjunta del CoH y la SM como proxy data de variables relacionadas con los materiales parentales y con la clasificación taxonómica de suelos (mineralogía, expansibilidad), constituyendo una herramienta de gran potencialidad para los trabajos de cartografía en la Pampa Ondulada.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Lic. Leonardo Tenti Vuegen por la realización del mapa con el modelo digital de elevación del terreno que acompaña este trabajo. Este trabajo ha sido realizado en el marco del Proyecto SIGEVA USal – INTA 80020210100022US.

BIBLIOGRAFIA

- Banin, A. & Amiel, A. 1970. A correlative study of the chemical and physical properties of a group of natural soils of Israel. *Geoderma*. 3:185-198.
- Biondi, F. 2021. Relación existente entre materiales parentales y la distribución de los suelos en la Pampa Ondulada, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Tesis de Grado, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, 45 p.
- Gómez, L.A. 1993. Carta básica semidetallada de suelos Complejo de Investigaciones Castelar. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Provincia de Buenos Aires. 114 p., un mapa.
- Liu, Q., Torrent, J., Morrás, H., Hong, A., Jiang Z. & Su, Y. 2010. Superparamagnetism of two modern soils from the northeastern Pampean region, Argentina and its paleoclimatic indications. *Geophysical Journal International* 183 (2): 695-705.
- Morrás, H., Altinier, M., Castiglioni, M & Tessier, D. 2004a. Relación entre la mineralogía de arcillas y la susceptibilidad magnética en tres suelos del sur de la Pampa Ondulada. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. II Simposio Nacional sobre Suelos Vertisólicos



Paraná. Libro de Resúmenes, p. 352.

- Morrás, H., Ciari, G., Grasticini, C., Cruzate, G., Altinier, M. & Castiglioni, M. 2004b. Variación espacial y relación entre la retención de humedad y la mineralogía magnética en suelos de la Pampa Ondulada. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. II Simposio Nacional sobre Suelos Vertisólicos. Paraná. Actas (en CD-Rom).
- Morrás, H & Moretti, L. 2016. A new soil-landscape approach to the genesis and distribution of Typic and Vertic Argiudolls in the Rolling Pampa of Argentina. En: Zinck, A., Metternich, G., Bocco, G. y del Valle, H. (eds.). *Geopedology: An Integration of Geomorphology and Pedology for Soil and Landscape Studies*. Chapter 11: pp. 193-209. Springer. Heidelberg, Alemania.
- Morrás, H., Benedito, L., Bressan, E. & Laghi, J. 2020. El coeficiente higroscópico de suelos. Ensayos metodológicos y aplicación al estudio de la fracción coloidal y diversas propiedades físicas y químicas asociadas. XXVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Corrientes. En: Dalurzo, H., Toledo, D., Perucca, R., Perucca, S. (Eds.). Actas. AACCS, Buenos Aires. Archivo digital: descarga y online. Pp. 11-17. Poster: <https://bit.ly/3iQyKQU>
- Morrás, H., Bressan, E., Angelini, M., Tenti Vuegen, L., Rodríguez, D. & Schulz, G. 2022. Poligenic Vertisols and "hidden" Vertisols of the Paraná river basin, Argentina. En: del Valle, H., Metternich, G. y Angelini, M. (eds.). *Geopedology (2nd edition)*: Springer. Heidelberg, Alemania (en edición)
- Nabel, P., Morrás, H., Petersen G. & Zech, W. 1999. Correlation of magnetic and lithologic features of soils and Quaternary sediments from the Undulating Pampa. *Journal of South American Earth Science* 12 (3):311-323.
- Verstraten, L. & Livens, J. 1971. Hygroscopicity as a valuable complement in soil analysis. 1. Characterization of the hygroscopic constant. *Geoderma*, 6:255-262
- Wuddivira, M, Robinson, D., Lebron, I., Bréchet, L., Atwell, M., De Caires, S., Oatham, M., Jones, S., Abdu, H., Verma, A. & Tuller, M. 2012. Estimation of soil clay content from hygroscopic water content measurements. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 76:1529-1535.

