

# La textura del suelo ¿Qué método de análisis granulométrico conviene?

A. A. del Carmen Rollán\*, O. A. Bachmeier

Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Recursos Naturales. Cátedra de Edafología. Córdoba, Argentina.

\* [arollan@agro.unc.edu.ar](mailto:arollan@agro.unc.edu.ar)

## RESUMEN

Si bien las evidencias experimentales hacen referencia al método de la pipeta como método estándar para el análisis granulométrico debido a su precisión para estimar la fracción de arcilla dados su costo y “complejidad” operativa es continúa la búsqueda para encontrar otro/s método/s que proporcione/n el valor de cada fracción con la menor desviación posible. El objetivo de esta investigación fue determinar las fracciones granulométricas utilizando el método del hidrómetro y comparar los resultados obtenidos con los medidos por el método de la pipeta. Para ello de entre las muestras recibidas y procesadas en el laboratorio de suelos y agua de la FCA se seleccionaron aquellas cuya granulometría había sido medida por el método de la pipeta y se procesaron por el método del hidrómetro. La mayor correlación entre los valores medidos correspondió al % de arena seguido del % limo y la menor correlación fue la del % arcilla. Por lo cual es posible inferir el tratamiento dispersante del método del hidrómetro resultaría insuficiente lo que hace que los resultados obtenidos se vean distorsionados.

**Palabras clave:** arcilla – carbonato – pretratamiento – clase textural.

## INTRODUCCIÓN

La granulometría es la proporción de partículas de diferentes tamaños (arena, limo y arcilla), también llamadas fracciones granulométricas (*fg*), expresadas en porcentaje (%) que existen en la fracción mineral del suelo (Weil and Brady, 2016). La relación entre los %, de cada partícula, da lugar a lo que se denomina clase textural cuya determinación se realiza utilizando el triángulo de textura propuesto por el USDA (1938).

Variaciones porcentuales de las *fg* determinan que suelos con la misma clase textural presenten un comportamiento diferencial de otras propiedades físicas tales como: permeabilidad, capacidad de retención de agua, fertilidad potencial, susceptibilidad a la erosión, entre otras (Taboada y Álvarez, 2008) de allí la importancia de conocer con la mayor certeza posible el % de cada *fg*.

La clase textural puede determinarse a campo (textura al tacto) mientras que el % de cada *fg* solo puede ser determinado analíticamente y los resultados varían según la metodología empleada por el laboratorio. Behrends Kraemer et al. (2016) atribuyen este hecho a la mayor o menor efectividad de los distintos pretratamientos que se realizan en cada método.

En nuestro país el análisis granulométrico se realiza en base a la Norma IRAM 1505:2005 “Agregados. Análisis Granulométrico” a través de dos ensayos: para las partículas más grandes – grava y arena – se utiliza el proceso de tamizado y, para las partículas más finas – limo y arcilla – el análisis es hecho por sedimentación (Red Argentina Protierra, 2020).

Los métodos utilizados para la medida de las *fg* finas pueden ser: el método del hidrómetro (Bouyoucos, 1936) o el método estándar de la pipeta (Day, 1965). Ambos se fundamentan en la Ley de Stokes.

Según datos brindados por la Unidad de Transferencia Tecnológica (UTT) de la FCA-UNC Suelos 3.0 y otros laboratorios de referencia (Laboratorio de suelos EEA INTA Manfredi), la demanda de esta medida analítica durante los últimos 5 años se elevó entre un 30 a un 50 % por ciento (comunicación personal directora laboratorio de suelos EEA INTA Manfredi).

El laboratorio de suelos y aguas de la FCA utiliza el método de la pipeta método estándar de medida para la clasificación taxonómica de los suelos (Moreno y Ibáñez Asensio, 2020).

Durante las últimas campañas agrícolas la incertidumbre en relación con la disponibilidad de insumos (reactivos), sus excesivos y cambiantes precios (en dólares) puso en evidencia la necesidad de evaluar otras técnicas de medida frente a la significativa demanda de técnicos/asesores/y empresas por este tipo de análisis.

Así surgió la inquietud de comparar la correlación de entre los valores de las *fg* medidas por el método de la

pipeta (laborioso, costoso y de baja capacidad de procesamiento) vs el método del hidrómetro (simple y de menor costo operativo).

El objetivo de esta investigación fue determinar las fracciones granulométricas utilizando el método del hidrómetro y comparar los resultados obtenidos con los medidos por el método de la pipeta.

método del hidrómetro vs el dato obtenido por el método de la pipeta, se observó en tres muestras cuyo contenido de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  era  $> 1\%$  cuyos datos corresponden a los puntos distantes a la recta de regresión como se observa en la Figura 1 y 2.

La acción del  $\text{CO}_3\text{Ca}$  como agente cementante sería la causa del comportamiento observado. Elfaki et al., (2016) señalan que en estos casos (presencia de carbonatos en la masa de suelo) el tratamiento dispersante del método del hidrómetro resulta insuficiente lo que hace que los resultados obtenidos se vean distorsionados. Un comportamiento similar atribuible a la presencia de  $\text{CaSO}_4$  fue reportado De igual manera al comparar ambos métodos Sidding and Sallam (2016) y Sulieman and Sallam, (2016) quienes al comparar ambos métodos observaron diferencias significativas en las fracciones medidas de arcilla y limo de muestras con contenidos de yeso.

El mayor coeficiente de determinación correspondió a la fracción arena (Figura 3) este resultado difiere del obtenido por La Manna et al (2016) quienes observaron que las cantidades de arena determinadas por el método del hidrómetro eran más elevadas que los cuantificados por el método de la pipeta principalmente en muestras de clase textural franco arcilloso o franco arcilloso cuyo contenido promedio de arena es del 40%.

En el caso de este estudio este efecto no se observó debido a los bajos contenido de arena de las muestras analizadas, con excepción de una muestra cuyo contenido de arena era  $> 40\%$ , en las restantes no supero el 20%

Para las muestras bajo estudio el menor coeficiente de determinación correspondió a la fracción arcilla ( $R^2=0,57$ ). Resultados similares fueron mencionados por Sulieman y Sallam (2016). En función de ello y tal como concluyen Elfaki et al. (2016) la determinación de la composición granulométrica mediante el método del hidrómetro debe evitarse cuando los datos serán utilizados para la clasificación de suelos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las determinaciones se llevaron a cabo en la UTT Suelos 3.0 de la Facultad de Ciencias Agropecuarias-UNC. Del total de muestras analizadas por el LabSA bajo el protocolo físico-químico completo que incluye la medida de las *fg* se seleccionaron 20 procedentes de distintas localidades de Córdoba, todas de clase textural franco limosa a limosa.

Los valores máximos, mínimos y promedio de las propiedades químicas y fisicoquímicas de las muestras del estudio se presentan en la Tabla 1.

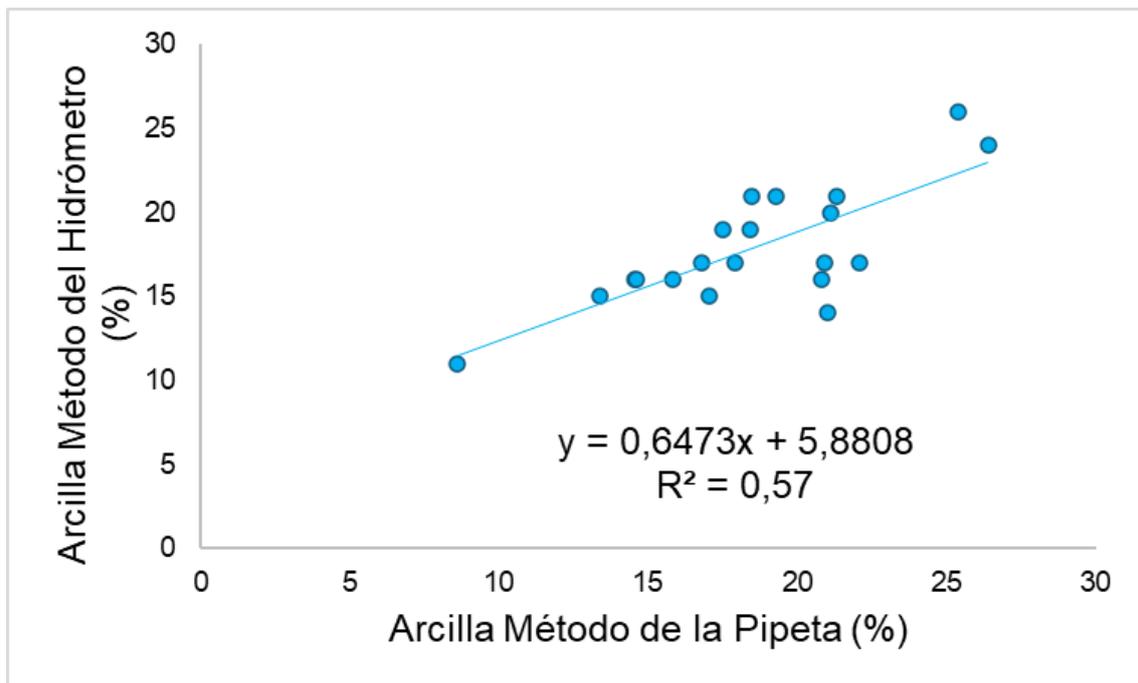
El análisis granulométrico se realizó siguiendo el protocolo descrito por Gee y Bauder (1986) para cada uno de los métodos evaluados: el de la pipeta (Day, 1965) y del hidrómetro (Bouyoucos, 1936).

El tratamiento estadístico de la información se efectuó mediante análisis de correlación de Pearson y regresiones simples

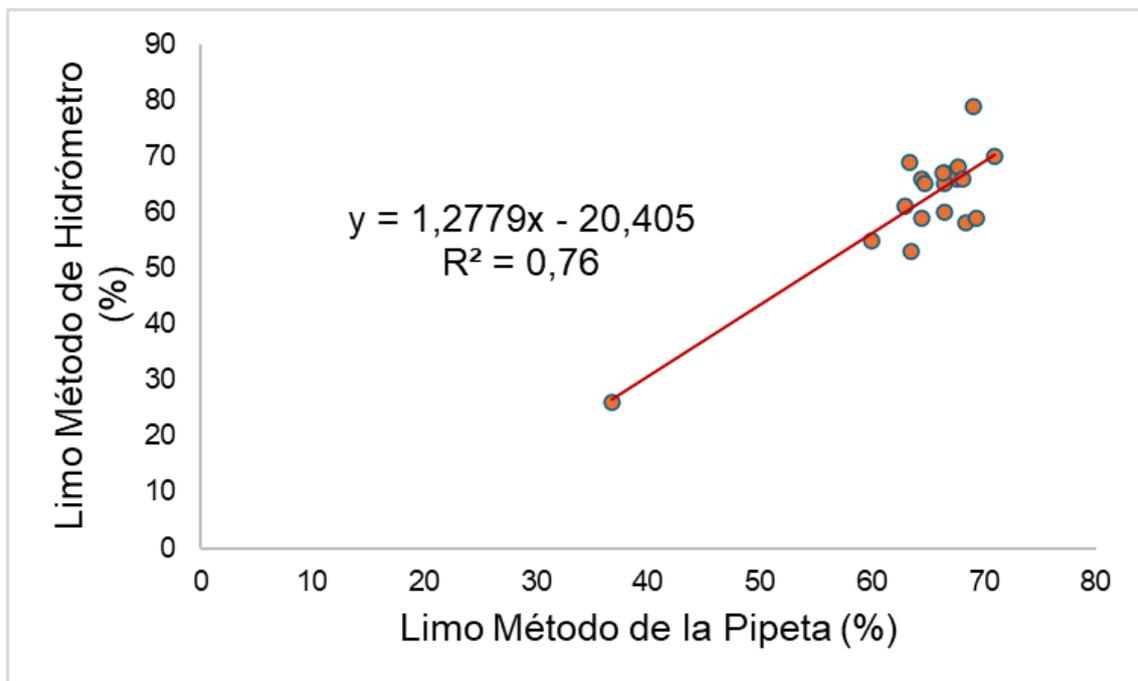
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La clase textural determinada por el método del hidrómetro en todos los casos fue franco limoso a limosa al igual que las determinadas por el método de la pipeta Estos resultados coinciden con los de Arteta, (2000), Coates and Hulse, (2012); La Manna et al., (2016), Taubner, Roth, Tippkötter (2009) quienes obtuvieron la misma o similar clase textural a partir de las *fg* medidas por distintos métodos aún con diferencias significativas entre ellos. Esto se debe a que el área correspondiente a cada clase en el triángulo textural abarca un % relativamente amplio de cada *fg* (ejemplo una muestra de clase textural arcillosa puede contener entre un 20 a más de un 40 % de arcilla) por lo cual variaciones en el % medido no producen necesariamente un cambio de clase textural (USDA 1983).

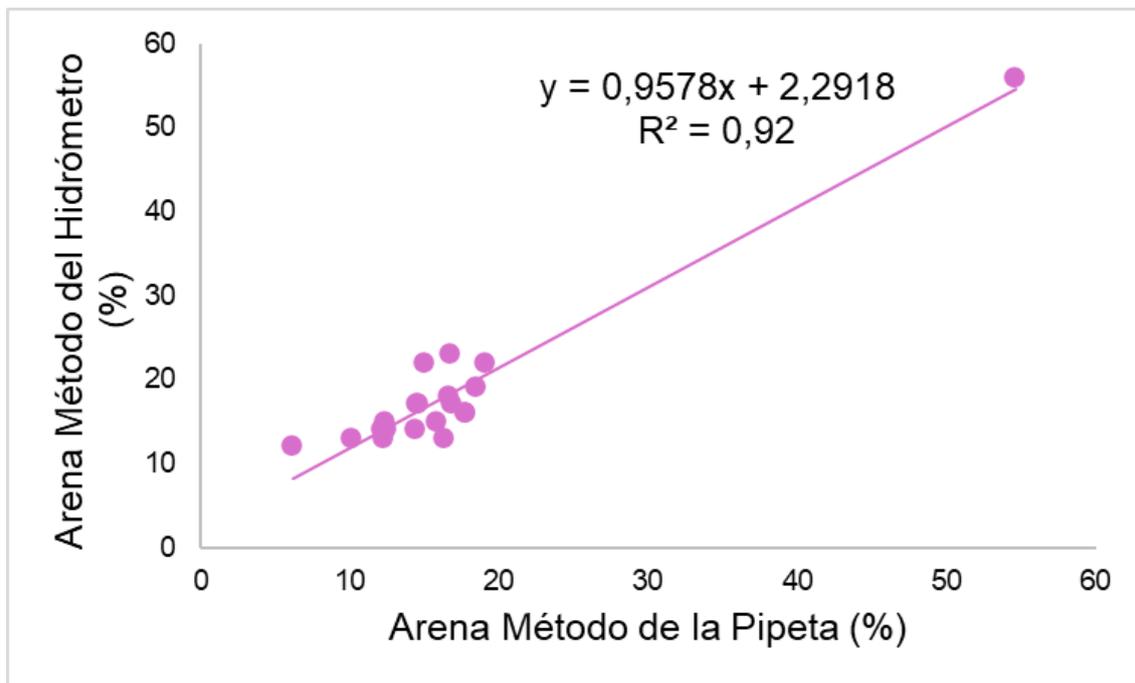
Las mayores diferencias entre los contenidos de arcilla y limo ( $P<0,5$ ), entre los valores cuantificados por



**Figura 1.** Contenido de las fracciones arcilla determinadas por el método de la pipeta (eje x) vs método del hidrómetro (eje y). Las ecuaciones representan el modelo de regresión lineal simple, con su coeficiente de determinación (R2).



**Figura 2.** Contenido de la fracción limo determinado por el método de la pipeta (eje x) vs método del hidrómetro (eje y). Las ecuaciones representan el modelo de regresión lineal simple, con su coeficiente de determinación (R2).



**Figura 3.** Contenido de la fracción arena determinado por el método de la pipeta (eje x) vs método del hidrómetro (eje y). Las ecuaciones representan el modelo de regresión lineal simple, con su coeficiente de determinación ( $R^2$ ).

## CONCLUSIONES

Dada la mayor correlación con fracción limo y la menor con la fracción arcilla es posible inferir que los pseudo agregados que no se dispersan con el método de Bouyoucos están constituidos en mayor proporción por arcilla y en menor grado de limo.

A futuro, se debe dar más énfasis a la automatización del proceso de medida para evitar la dependencia de operadores manuales, así como la mejora (reducción) de los tiempos de medida incrementando la capacidad operativa del laboratorio de suelo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arteta, R.L. (2001). Comparación de métodos de análisis mecánico de suelos. *TERRA* 19 (3):219-225.
- Behrends Kraemer, F. Fernández, P.L., Bacis Ceddía, M., Chagas, C.I. Y Morrás, H.M.J. (2016). Efectividad de distintos pretratamientos en el análisis granulométrico de tres suelos contrastantes de la región pampeana. *CIENCIA SUELO* (34(1): 163-172.
- Bouyoucos, G., J. (1936). Directions for Making Mechanical Analysis of Soils by the Hydrometer Method. *Soil Sci.* 4: 225-228.

Buol, S., Hole, F., Mc Cracken, R. (1991). Génesis y clasificación de suelos. Ed. Trillas. México. 417 p.

Coates, F., G. and Hulse A., C., (2012). A comparison of four methods of size analysis of fine-grained sediments. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 28:369-380.

Day, P., R. (1965). Particle Fractionation and Particle-Size Analysis. In C. A. Black (ed) *Methods of Soil Analysis*. Part I. Soil Sci. Soc. Amer. USA. p. 553-562.

Elfaki, J., Gafei, M., Sulieman, M. and Ali, M. (2016). Assessment of Calcimetric and Titrimetric Methods for Calcium Carbonate Estimation of Five Soil Types in Central Sudan. *Journal of Geoscience and Environment Protection*.4: 120-127.

Espinosa M., Jorge A., Rivera, D., y Haro Prado, R. (2023). Generation of soil maps permeability. Case study in two cantons of Loja province, Ecuador. *Siembra*, 10(1), e4321. <https://doi.org/10.29166/siembra.v10i1.4321>

Gabriels, D. y Lobo, D. (2006). Métodos para determinar granulometría y densidad aparente del suelo. *Venesuelos* 14: 37-48.

García, J., Medina, H., Núñez, D. (2008). El método del hidrómetro: influencia de los tiempos de lecturas en

- el cálculo de la distribución del tamaño de partículas en suelos de la Habana. *Cultivos Tropicales* 29 (2) 21-26,
- Gee, G.,W. and Bauder, J.W. (1979) Particle Size Analysis by Hydrometer: A Simplified Method for Routine Textural Analysis and a Sensitivity Test of Measurement Parameters. *Soil Sc. Soc. Am. J.* 43: 1004–1007.
- Hasan, M.F. and Abuel-Naga, H. (2024) An Alternative Method of Obtaining the Particle Size Distribution of Soils by Electrical Conductivity. *Minerals* 14: 804-811.
- La Manna, L., Rostagno, C.,M., Buduba, C., G. Y Irisarri, J., Navas, A. (2016). Determinaciones de granulometría en suelos volcánicos: comparación entre distintos métodos analíticos. *Ciencia del Suelo (Argentina)* 34(2): 355-364.
- Moreno R. H. y Ibáñez Asensio, S. (2020). Soil Taxonomy: Nomenclatura y principios de clasificación de los suelos. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural Universitat Politècnica de València. Disponible en: [hrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/146033/Moreno?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/146033/Moreno?sequence=1)
- Red Argentina Protierra (2020). Protocolo de ensayos de laboratorio para la identificación de suelos. Disponible en: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://redprotierra.com.ar/wp-content/uploads/2020/11/Protocolo-de-ensayos-de-laboratorio-para-la-identificaci%C3%B3n-de-suelos.pdf](https://redprotierra.com.ar/wp-content/uploads/2020/11/Protocolo-de-ensayos-de-laboratorio-para-la-identificaci%C3%B3n-de-suelos.pdf)
- Sidding, M.,S.,M., and Sallam, Sh., A. (2016). Improved method to determine particle size distribution for some gypsiferous soils. A case study from Al-Ahsa Governorate, Saudi Eurasian Journal of Soil Science 5(4):322
- Suliman M. M., and Sallam, Sh., A. (2016). Develop a method to determine particle size distribution for some gypsiferous soils selected from Al-Ahsa province, Saudi Arabia. *Eurasian Journal of Soil Science* 5(4):322
- Taboada, M. y Álvarez, C. (2008). Fertilidad Física de los Suelos. Editorial Facultad Agronomía (UBA), 2da edn. 272 p.
- Taubner, H., Roth, B., Tippkötter, R. (2009). Determination of soil texture: Comparison of the sedimentation method and the laser-diffraction analysis. *Journal Plant Nutr. Soil Sci.* 172: 161–171.
- USDA (United States Department of Agriculture). (1938). *Soils & Men: yearbook of Agriculture*. Washington, D.C., USA: USDA.
- Weil, R., R. and Brady, N.C. (2016). *The Nature and Properties of Soils* 15 th Ed. Pearson Education. Columbus.