

Application Note AN-NIR-133

Análisis de suelos con espectroscopia NIR

Determinación multiparamétrica del suelo en pocos segundos

El suelo es una matriz compleja formada por materia mineral orgánica e inorgánica, agua y aire. La materia orgánica varía desde humus descompuesto y estable hasta residuos particulados frescos de diferentes fuentes [1]. La textura afecta el comportamiento del suelo (por ejemplo, la capacidad de retención de agua, la retención y el suministro de nutrientes, el drenaje y la lixiviación de nutrientes [2]) y depende de la proporción en peso de arena, limo y arcilla que contenga. La capacidad de intercambio catiónico (CIC), una medida de la capacidad para retener iones con carga positiva, influye en la estabilidad de la estructura del suelo, la disponibilidad de nutrientes, el pH y su reacción a los fertilizantes y otros mejoradores. Los principales iones asociados con la CIC en los suelos son Ca^{2+}, Mg^{2+}, N / A^{+}, y K^{+} [3]. El pH del suelo influye directamente en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, la actividad microbiana y la salud general del suelo, lo que afecta el crecimiento de las plantas, el rendimiento de los cultivos y la sostenibilidad de las prácticas agrícolas. Este estudio describe cómo se midieron el contenido de materia orgánica, el valor de pH, el contenido de limo, arcilla y arena, el calcio y magnesio intercambiables y el contenido de piedra caliza en el suelo en segundos mediante espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS).

EQUIPO EXPERIMENTAL

Muestras de suelo secadas al aire [4] se midieron en un analizador NIR Metrohm. Todas las mediciones se realizaron en modo de reflexión (1000–2250 nm) utilizando el accesorio de copa grande. Las muestras se midieron en rotación para recopilar datos espectrales de varias áreas. El promedio espectral de senales de varios puntos ayudó a reducir la falta de homogeneidad de la muestra. Se utilizó el software Metrohm para toda la adquisición de datos y el desarrollo del modelo de predicción.

RESULTADO

Los espectros NIR obtenidos de muestras de suelo (Figura 1) se utilizaron para crear modelos de predicción para la cuantificación de materia orgánica, pH, limo, arena, piedra caliza, arcilla y calcio y magnesio intercambiables. La calidad de los modelos de predicción se evaluó mediante diagramas de correlación. (Figuras 2–9) que muestran una alta correlación entre la predicción NIR y los valores de referencia medidos con los métodos estándar descritos en Tabla 1Las respectivas figuras de mérito (FOM) muestran la precisión esperada de una predicción durante el análisis de rutina.

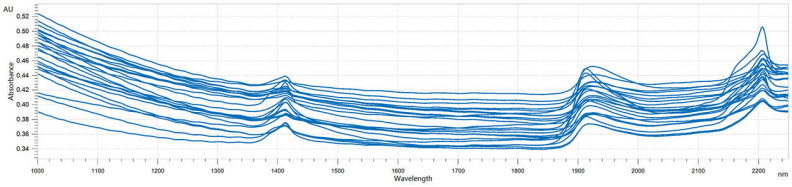


Figure 1. Espectros NIR de muestras de suelo analizadas en un analizador NIR Metrohm.

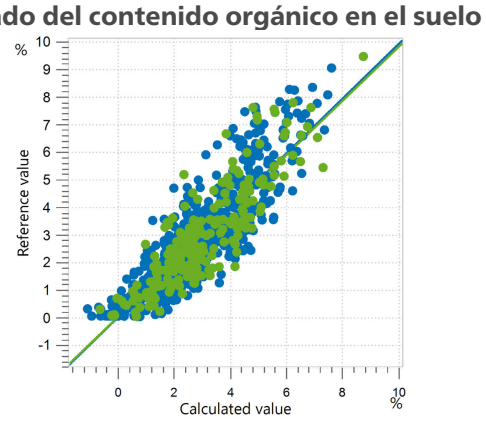


Figure 2. Diagrama de correlación y las respectivas figuras de mérito para la predicción de materia orgánica en el suelo.

R^2	SEC (%)	Valor de mercado secundario (%)	SEP (%)
0,994	0,14	0,21	0,87

Resultado pH en el suelo

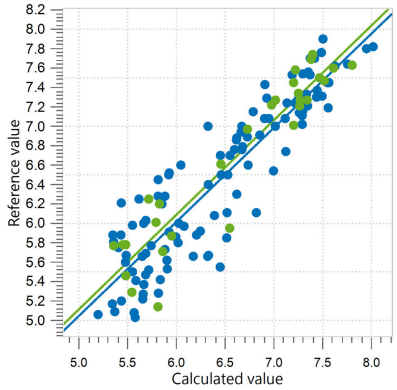


Figure 3. Diagrama de correlación y las respectivas figuras de mérito para la predicción del pH en suelo.

R^2	SEGUNDO	SECV	SEP
0,887	0,30	0,34	0,29

Resultado del contenido de caliza en el suelo

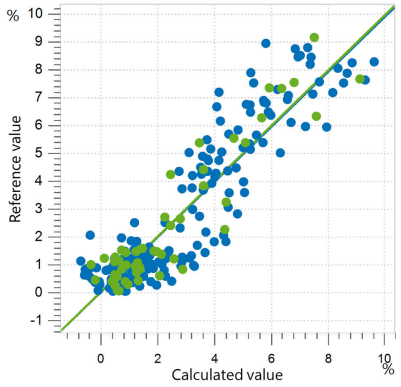


Figure 4. Diagrama de correlación y las respectivas figuras de mérito para la predicción del contenido de caliza en el suelo.

R^2	SEC (%)	Valor de mercado secundario (%)	SEP (%)
0,843	1,08	1,14	1,11

Resultado del contenido de arcilla en el suelo

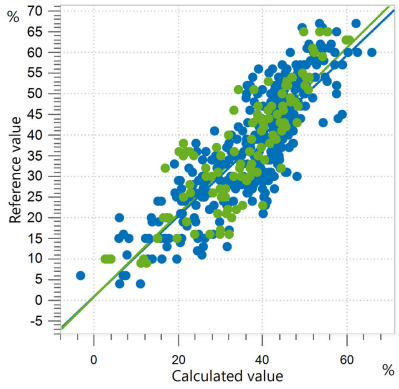


Figure 5. Diagrama de correlación y las respectivas figuras de mérito para la predicción del contenido de arcilla en el suelo.

R^2	SEC (%)	Valor de mercado secundario (%)	SEP (%)
0,724	6,97	7,45	7,58

Resultado del contenido de limo en el suelo

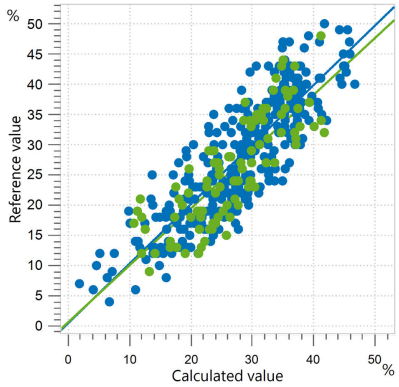


Figure 6. Diagrama de correlación y las respectivas figuras de mérito para la predicción del contenido de limo en el suelo.

R^2	SEC (%)	Valor de mercado secundario (%)	SEP (%)
0,663	5,01	5,13	5,20

Resultado del contenido de arena en el suelo

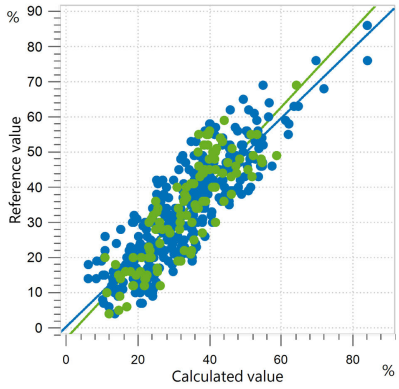


Figure 7. Diagrama de correlación y las respectivas figuras de mérito para la predicción del contenido de arena en el suelo.

R^2	SEC (%)	Valor de mercado secundario (%)	SEP (%)
0,732	7,44	7,57	7,64

Resultado del calcio intercambiable en el suelo

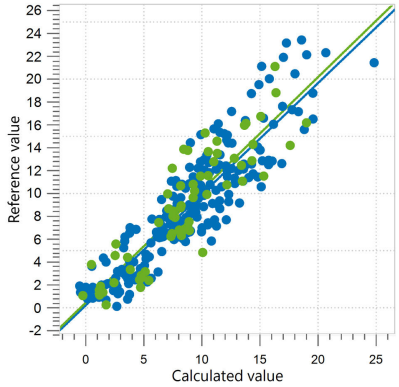


Figure 8. Diagrama de correlación y las respectivas figuras de mérito para la predicción del calcio intercambiable en el suelo.

R^2	SEC (‰)	SECV (‰)	SEP (‰)
0,783	2,09	2,24	2,36

Resultado del magnesio intercambiable en el suelo

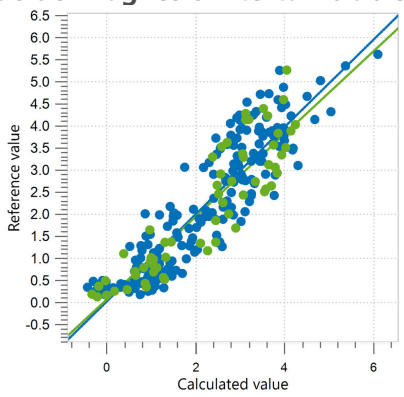


Figure 9. Diagrama de correlación y las respectivas figuras de mérito para la predicción del magnesio intercambiable en el suelo.

R^2	SEC (‰)	SECV (‰)	SEP (‰)
0,804	0,57	0,60	0,63

CONCLUSIÓN

Esta nota de aplicación muestra los beneficios de utilizar la espectroscopia NIR para el análisis de suelos. Todos los parámetros de calidad del suelo presentados se pueden medir simultáneamente en sólo unos segundos. En comparación con otros métodos convencionales (Tabla 1), el análisis de suelo mediante espectroscopia de infrarrojo cercano no requiere preparación de muestras ni disolventes. En última instancia, esto conduce a una reducción de la carga de trabajo y de los costos relacionados, además de mantener al personal del laboratorio más seguro.

Tabla 1. Descripción general de los diferentes métodos estándar utilizados para la determinación de valores de referencia para varios parámetros de calidad del suelo.

Parámetro	Norma	Método
Valor de pH	ISO 10390:2021 Suelo, biorresiduos tratados y lodos – Determinación del pH	Medición del pH
Materia orgánica	ISO 23400:2021 Directrices para la determinación de las reservas de carbono orgánico y nitrógeno y sus variaciones en suelos minerales a escala de campo	Valoración
Arcilla, limo, arena	ISO 11277:2020 Calidad del suelo — Determinación de la distribución del tamano de partículas en material de suelo mineral — Método por tamizado y sedimentación	Tamizado y sedimentación
Sodio y magnesio intercambiables	ISO 11260:2018 Calidad del suelo: determinación de la capacidad efectiva de intercambio catiónico y del nivel de saturación de bases utilizando una solución de cloruro de bario	ICP-AES
Caliza	ISO 10693:1995 Calidad del suelo — Determinación del contenido de carbonatos — Método volumétrico	Valoración

REFERENCIAS

1. Stenberg, B.; Viscarrá Rossel, R. A.; Mouazen, A. Metal. Capítulo cinco - Espectroscopía visible e infrarroja cercana en la ciencia del suelo. En *Avances en Agronomía*;Sparks, D. L., Ed.; Academic Press, 2010; Vol. 107, págs. 163–215. DOI:10.1016/S0065-2113(10)07005-7
2. *Manejo del suelo*. https://www.ctahr.hawaii.edu/mauisoil/a_factor_ts.aspx (consultado el 15-05-2025).
3. *Cationes y capacidad de intercambio catiónico | Hojas informativas | soilquality.org.au*. https://www.soilquality.org.au/factsheets/capacidad-de-intercambio-cational (consultado el 15-05-2025).
4. *ISO 11464:2006*. YO ASI. https://www.iso.org/standard/37718.html (consultado el 23-05-2025).

CONTACT

Metrohm México
Calle. Xicoténcatl #181, Col Del Carmen, Alcaldía Coyoacán.
04100. Ciudad de México
México

info@metrohm.mx