

ISSN 2469-164X · Vol. 10. N° 41, Diciembre 2022 | Pergamino, Bs. As., Argentina

RITA

REVISTA DE
TECNOLOGÍA
AGROPECUARIA

TEC
NO
LO
GI
A
GRO
PE
CUA
RIA



INTA | Ediciones

STAFF

Editor Responsable:

Dr. (MSci) Ing. Agr. Horacio Acciaresi

Comité Editor:

Dra (MSci) Ing. Agr. Silvina B. Restovich
Dra (MSci) Ing. Agr. Raquel A. Defacio
Dra (MSci) Ing. Agr. Silvina M. Cabrini
Méd. Vet. Virginia Fain Binda
Dr. (MSci) Ing. Agr. Alfredo G. Cirilo
Ing. Agr. (MSci) Javier Elisei
Ing. Agr. (MSci) José A. Llovet
Dr. (MSci) Ing. Agr. Juan Mattera

Diseño y Edición:

Lic. DG. Georgina Giannon

Portada:

Fotografía de Luciano Bissone.
Primer premio del concurso
fotográfico realizado por los
110 años de la EEA Pergamino

Director EEA Pergamino:

Ing. Agr. (MSci.) Ignacio Terrile

Director del Centro Regional Buenos Aires Norte:

Ing. Agr. Hernán Trebino

DATOS EDITORIALES

Vol. 10. N° 41
Diciembre 2022.
Pergamino, Bs. As., Argentina
Registro DNDA N° 19.036
ISSN Edición impresa 0328-7750
ISSN Digital 2469-164X

Estación Experimental Agropecuaria
INTA Pergamino - Buenos Aires
Av. Frondizi (Ruta Prov. 32) km. 4,5
2700 - Pergamino
Tel.: 02477 439 026
<http://inta.gov.ar/pergamino>
eeapergamino.rta@inta.gov.ar



Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria
Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca



Ministerio de Economía
Argentina

Esta publicación es propiedad del Instituto Nacional
de Tecnología Agropecuaria. RP 32, km. 4,5.
Pergamino. Buenos Aires, Argentina.

SUMARIO

5

Respuesta a la fertilización en soja según variedad, grupo de madurez y año climático

*Gustavo Ferraris y Fernando
Mousegne.*

11

Efecto de la densidad de siembra sobre el establecimiento de festuca alta

*Cristian Cuervo, Ezequiel
Pacente, Guadalupe Tellería
y Omar Scheneiter.*

16

Ensayo comparativo de rendimiento de maíz en tres densidades de siembra. Campaña 2021/2022

*Fernando Mousegne, Fernando
Jecke y María Cecilia Paolilli.*

22

Cultivos de cobertura: incidencia en el impacto ambiental, uso de herbicidas y productividad de grano

*María Victoria Buratovich
y Horacio Abel Acciaresi.*

27

Análisis de materia orgánica en suelos por espectroscopia de infrarrojo cercano

*Ana María Di Martino y Leticia
Soledad García.*

32

Estrategias de relevo generacional en empresas familiares del agro pampeano

*María Cecilia Paolilli, Carlos
Pablo Calcaterra y Héctor
Gabriel Varela.*

38

Implementación de herramientas de fenotipado de alto rendimiento para evaluar el marchitamiento por *Verticilliumdahliae* en girasol

*Matías Domínguez,
Juan F. Montecchia, Salvador
Nicosia, Paula Fernández,
Carolina Troglia, J. González
y Norma Paniego.*

44

Verificación de una metodología analítica para cuantificación de fósforo total por espectrofotometría

*Julietta Chale, Bernardo Christe-
ler y María Soledad Moro.*

49

Supresión de la emergencia de malezas con distintos rastrajes de cultivos

*Gabriel Picapietra y Horacio
Abel Acciaresi.*

55

Efecto del pastoreo de cultivos de cobertura sobre el carbono, nitrógeno y fósforo del suelo

*Silvina Beatriz Restovich, D.
C. Hortis, Ana Paula Giannini,
Omar Scheneiter, Juan Mattera
y Ezequiel Pacente.*

60

XII Congreso Nacional de Maíz Abordaje general y ejes temáticos

*Alfredo Cirilo, Roberto Lorea
y María Rossini.*

63

XXVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo Suelos saludables, sustento de la sociedad y el ambiente

Manuel Ferrari y Alicia Irizar.

Editorial

Estimados Lectores:

Luego de haber transitado difíciles momentos marcados por la pandemia, la Revista de Tecnología Agropecuaria vuelve a editar un nuevo número. Esta producción gráfica incluye la publicación de trabajos que resultan de las acciones en diversas temáticas que se abordan en la EEA Pergamino.

Durante este 2022 la EEA Pergamino cumple 110 años en funciones. Durante este fecundo tiempo se ha generado y transferido información y conocimiento de relevancia al sector agroindustrial, agroalimentario y agrobiológico. La Revista de Tecnología Agropecuaria, desde sus inicios, ha sido siempre una herramienta fundamental para dar a conocer y transmitir los resultados de las experiencias logradas en la unidad.

Esta edición viene acompañada de cambios en el comité editorial como así también de formato para adaptarnos a las nuevas demandas y herramientas disponibles al momento de lograr una difusión y llegada a los lectores que encuentran en esta revista fuente de información técnica de calidad.

Las temáticas abordadas en los trabajos incluidos en este número evidencian lo amplio y diverso de las líneas de investigación y desarrollo como así también estrategias de extensión y transferencias que se abordan en la EEA Pergamino. Los documentos tienen como objetivo reflejar las acciones que se llevan adelante para atender los problemas, resolver conflictos y aprovechar las oportunidades para promover el desarrollo y crecimiento del territorio donde se asienta la unidad.

Finalmente, mi agradecimiento a todos los que han sido partícipes de cada una de las ediciones, desde los inicios hasta los actuales ya que sin sus aportes no se lograría nada de lo que aquí pueden encontrar.

Ing. Agr. (MSci.) Ignacio Terrile
Director EEA INTA Pergamino

05

Análisis de materia orgánica en suelos por espectroscopia de infrarrojo cercano

ANA MARIA DI MARTINO*

Y LETICIA S. GARCÍA

Laboratorio de Calidad de Alimentos,
Suelos y Agua, EEA INTA Pergamino –
Ruta Prov. 32 km. 4,5 – Pergamino
* dimartino.ana@inta.gob.ar

La metodología para la determinación de materia orgánica en suelos por combustión húmeda (Walked y Black) data de 1934, genera residuos contaminantes y expone al analista a reactivos cancerígenos como el cromo VI. Desarrollamos una metodología alternativa que es rápida y confiable, sin la utilización de reactivos ni la generación de residuos.

Palabras clave: Carbono, Análisis, NIRS, Suelo.

Introducción

La sustentabilidad de la producción agrícola, forestal, de ganadería extensiva y del ambiente en general, está ampliamente relacionada con el manejo y conservación del suelo. Dicha sustentabilidad solo puede alcanzarse a partir del conocimiento científico y técnico de este recurso. El suelo es de vital importancia para la vida debido, entre otras razones, al rol que juega en el ciclo de algunos elementos. El conocimiento de sus características físicas, químicas y biológicas se considera fundamental para la toma de mejores decisiones sobre el manejo del mismo.

Las propiedades del suelo generalmente son determinadas mediante métodos de laboratorio, por química húmeda o seca, los cuales en la mayoría de los casos son laboriosos y costosos; además de generar residuos químicos que, de no manejarse en forma adecuada, pueden causar contaminación ambiental. Sumado a lo anterior, algunas características químicas del suelo tienen un ciclo muy dinámico y una gran variabilidad espacial. Esto dificulta

y encarece la obtención de información confiable, lo cual hace indispensable el análisis de grandes cantidades de muestras para lograr un buen conocimiento del comportamiento de dichas propiedades.

Por lo anterior, existe una necesidad a nivel mundial de desarrollar métodos rápidos, económicos, precisos y confiables para analizar las propiedades edáficas.

En las últimas décadas se han desarrollado muchas aplicaciones de la espectroscopia infrarroja, tanto en ciencias agrícolas como en las ambientales, debido a que son muy sensibles en la detección de constituyentes orgánicos del suelo.

En particular, NIRS es un método que permite cuantificar, de manera indirecta, algunas propiedades del suelo con base en la interacción de la materia con un haz de luz incidente, en el que una porción de fotones es absorbida (absorbancia) y el resto reflejada (reflectancia).

La tecnología NIRS tiene numerosas ventajas frente a los análisis convencionales: es rápida, eficaz, no destructiva, de bajo costo, sencilla; requiere tiempo mínimo de análisis por muestra, y puede ser un complemento ideal, o incluso sustituir a los métodos clásicos, una vez que se desarrollan calibraciones robustas. Además, posee la capacidad de predecir diversas propiedades a partir de un solo espectro.

En el área de la agronomía, la espectroscopia NIR abarca diversos campos. Uno de ellos es la determinación de propiedades del suelo, como el contenido de nitrógeno, carbono y nitrógeno totales (Fuentes *et al.*, 2012), materia orgánica (MO), porcentaje de arena, limo y arcilla, (Macías Corral *et al.*, 2015), respiración basal, ^{13}C y clasificación de suelos. Esta tecnología también se usa para la detección indirecta de enfermedades en plantas, así como para la evaluación de la calidad de algunos forrajes.

El objetivo de este trabajo fue crear un modelo de predicción para el contenido de MO en muestras de suelos de Pergamino y Casilda, mediante espectroscopia en la región espectral NIR.

Materiales y Métodos

La presente investigación se llevó a cabo en 2020 en el Laboratorio de Calidad de Alimentos, Suelos y Agua de la EEA INTA Pergamino. Se analizaron 200 muestras de suelos, colectadas en 2019 y 2020, procedentes del campo experimental de la AER INTA Casilda (Santa Fe) y de los ensayos de pastoreo de cultivo de cobertura y de secuencias de cultivos y labranzas de INTA Pergamino (Buenos Aires). Las muestras fueron secadas a 40°C, posteriormente se molieron y tamizaron en malla de 2 mm de apertura. Se almacenaron a temperatura ambiente, en bolsas plásticas cerradas.

Se determinó el contenido de carbono orgánico total mediante el método tradicional de combustión húmeda (Walkley y Black, 1934). Los valores de MO se obtuvieron multiplicando los valores de carbono orgánico (COS) determinados por el método de Walkley y Black (1934) por el factor de Van Benmelen (1,724).

$$\text{MO} = 1,724 \times \text{COS}$$

El desarrollo del modelo NIRS consistió de cuatro etapas básicas:

1. Análisis de todas las muestras por el método convencional,
2. Obtención del espectro de cada una,
3. Calibración de las ecuaciones de regresión y
4. Validación del modelo (Macías Corral *et al.*, 2015).

Para la realización del modelo NIRS se utilizó un equipo *Perkin Elmer Spectrum One NTS* con accesorio *Spinner* que permite la rotación de la muestra. La reflectancia medida fue un promedio de 25 escaneos por muestra en un intervalo de longitud de onda de 1200 a 2500 nm (región infrarrojo cercano) con 0,4 nm entre puntos de datos colectados. Para la calibración se utilizaron 180 muestras. La ecuación de calibración se obtuvo con el software

SpectrumQuant+ v4.51 (PerkinElmer, Inc.) mediante algoritmo PCR+, con normalización SNV (Standard Normal Variate) & Detrend para la corrección de problemas de dispersión y tamaño de partícula y la opción Full cross-validation. Los datos espectrales fueron generados en la región comprendida entre 1200 y 2500 nm (10000 a 4000 cm^{-1}). La validación externa del modelo de predicción se llevó a cabo con 20 muestras del total recibidas, las cuales no se incluyeron inicialmente en el proceso de calibración. Estas se usaron para determinar la exactitud y precisión del modelo desarrollado para predecir MO, mediante una comparación entre los valores predichos y los calculados con el método tradicional. La colecta de espectros se hizo con el software *Spectrum v6.0.2* (PerkinElmer, Inc.) con los mismos parámetros usados en el proceso de calibración, mientras que las operaciones quimiométricas se realizaron con el software *SpectrumQuant+ v4.51* (PerkinElmer, Inc.).

La exactitud del modelo se evaluó en base al porcentaje de varianza explicado por el modelo (% Var) y a la desviación predictiva residual (RPD) calculada como el cociente entre el error estándar de predicción (SEP) y la desviación estándar de las muestras.

Un valor de % Var de 66 a 81 corresponde a un buen modelo, entre 82 y 90 revela buena predicción, mientras que una superior a 91 se considera excelente (Williams, 2003). En el caso de los valores de RPD, los criterios utilizados en este trabajo fueron los desarrollados por Chang *et al.* (2001), quienes definen tres categorías: A= $\text{RPD} > 2,0$: Bueno; B= $1,4 \leq \text{RPD} \leq 2,0$: Aceptable; y C: $\text{RPD} < 1,4$: No fiable.

Resultados

Los valores predichos por el modelo NIRS desarrollado para MO variaron entre 1,33 % y 4,79 %, con una media de 2,68 % y una desviación estándar de 0,723.

El valor de % Var para el modelo de calibración fue de 92. El RPD fue de 3,3 por lo cual el modelo se clasifica con buena capacidad de predicción, dentro de la categoría A, definida por Chang *et al.* (2001). El modelo para la determinación de MO en suelos generado en este estudio mostró un elevado nivel de correlación y una buena capacidad de predicción. Evidencia su robustez al explicar el 92 % de la varianza de las muestras en calibración y un elevado valor de RPD (3,3) en coincidencia con lo citado previamente por otros autores. El grupo de validación externa fue independiente y presentó una buena correlación con R² de 0,9044 (figura 1).

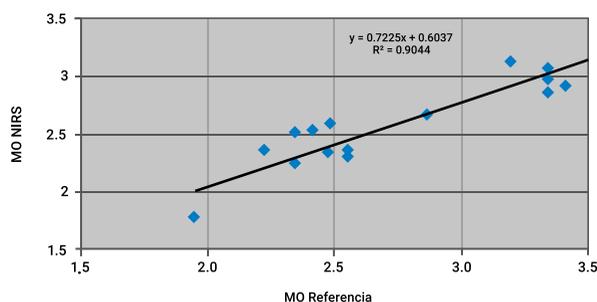


Figura 1. Relaciones entre los resultados del método convencional (referencia) y los predichos con el modelo NIRS en el proceso de calibración de la variable MO.

Conclusión

Los valores de % Var y RPD muestran la alta capacidad de predicción del modelo NIRS para la concentración de MO en suelos agrícolas. La espectroscopia NIR ha demostrado ser una técnica alternativa al método de análisis convencional de MO en suelo, posee potencial para obtener de modo rápido

La concentración de MO en el suelo es una propiedad que posee una amplia base teórica, respecto al desarrollo de modelos de predicción. Sin embargo, cuando las ecuaciones de calibración han sido desarrolladas, estas deben ser validadas constantemente con muestras independientes, pero dentro del intervalo considerado en el modelo inicial. Posteriormente, las muestras validadas son agregadas a la base de datos inicial, lo cual permite el desarrollo de nuevos modelos con un intervalo más extenso, y por lo tanto, con mayor capacidad de predicción. Se destaca además la ventaja de utilizar un método que no presenta riesgos a la salud del analista ni generación de residuos contaminantes.

y preciso predicciones sobre las propiedades químicas del suelo.

En este trabajo nos centramos en desarrollar una metodología alternativa a Walked y Black para la determinación de MO, pero existen publicaciones

que evidencian la factibilidad de determinar otras variables de interés agronómico en suelos, como por ejemplo Nitrógeno total o respiración edáfica basal.

Agradecimientos

Las autoras agradecen a los responsables de los ensayos por permitirnos hacer uso de los datos generados para el desarrollo de este trabajo.

Bibliografía

Chang, C. W.; Laird, D.; Mausbach, M. J.; Hurburgh, C. R. 2001. *Near-infrared reflectance spectroscopy-Principal components regression analyses of soil properties*. Soil Science Society of America Journal 65: 480-490.

Fuentes, M.; Hidalgo, C.; González-Martín, I.; Hernández-Hierro, J. M.; Govaerts, B.; Sayre, K. D.; Etchevers, J. 2012. *NIR Spectroscopy: An Alternative for Soil Analysis*. Communications in Soil Science and Plant Analysis 43(1-2): 346-356.

Macías Corral, M.A.; Cueto Wong, J.A.; Muñoz Villalobos, A.; Landeros Márquez, Ó. 2015. *Predicción de propiedades del suelo de importancia agronómica por espectroscopia de reflectancia de infrarrojo cercano*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 6(6): 1317-1329.

Walkley, A.; Black, I.A. 1934. *An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method*. Soil Science 37:29-38.

Williams, P. 2003. *Near-infrared Technology Getting the Best Out of Light*. PDK Grain. Nanaimo, Canadá. 132p.