

EL MUESTREO PARA ANÁLISIS QUÍMICOS DE SUELOS EN CONDICIONES SUB TROPICALES

Sampling for chemical analysis of soils in sub-tropical conditions

Carlos Javier Villalba-Martínez¹, Arnulfo Encina-Rojas²

Carlos Javier Villalba Martínez¹- Correo de correspondencia: carlos.villalba@fcpunk.edu.py; <https://orcid.org/0000-0001-9977-5882>

Arnulfo Encina Rojas² Correo de correspondencia: arencina2000@yahoo.es; <https://orcid.org/0000-0003-4320-4591>

¹ Universidad Nacional de Caaguazú, Facultad de Ciencias de la Producción.

² Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias.

El trabajo fue financiado con fondos propios. No se declara conflicto de interés

Recepción: 13-08-2024

Revisión: 02-09-2024

Aceptación: 21-11-2024

RESUMEN

El análisis químico de los suelos es utilizado en la agricultura para caracterizar químicamente el suelo y es asociado con los requerimientos de fertilizantes para la nutrición de los cultivos. Los productores agrícolas muestran actualmente mayor interés en los resultados obtenidos en los laboratorios, pero se ha puesto escasa atención en la metodología para la obtención de muestras en el campo. Los procedimientos analíticos empleados en las mediciones de los nutrientes del suelo dan por hecho que la información obtenida es apropiada para la interpretación de los resultados, pero si la muestra extraída no fue representativa puede que los resultados proporcionados no sean las concentraciones que se encuentra en las parcelas estudiadas. Todos los pasos que hacen a un programa de análisis químico de suelos afectan la calidad de los resultados obtenidos y en consecuencia al valor de la información de los datos proporcionados por el laboratorio. La necesidad de entender todo el proceso que conlleva el análisis químico de suelos es abordada en este trabajo con el fin de ofrecer un panorama aproximado acerca de la importancia del muestreo dentro del análisis químico de suelos.

Palabras clave: laboratorio, correlación, muestras.

ABSTRACT

Chemical analysis of soils is used in agriculture to characterize soil chemistry and is associated with the requirements of fertilizers for crops nutrition. Farmers are currently more interested in the results obtained in laboratories, but there was lack attention in obtaining samples methodology in field. The analytical procedures used in soil nutrient measurements assume that the information obtained is appropriate for the interpretation of the results, but if the extracted sample was not representative, the results provided may not be the concentrations found in the plots studied. All the steps that make a chemical analysis of soil affect the quality of the results obtained and consequently the value of the information of the data provided by the laboratory. The necessity to understand the whole process of a chemical analysis of soils is covered in this paper in order to provide an approximate overview of the importance of sampling in the chemical analysis of soil.

Key words: laboratory, correlation, samples.

1. INTRODUCCIÓN

El análisis químico de suelo es una práctica que se realiza, entre otros, con el fin de conocer su capacidad productiva, la concentración nutrimental y así poder determinar si existen limitantes en la disponibilidad de nutrientes. Aunque el análisis químico del suelo es una práctica agrícola-química que comprende varios pasos; el muestreo del suelo, a nivel de campo, es el primero y el más fundamental en el proceso (De Resende y Coelho 2014; Mendoza-Escalona *et al.*, 2021). Considerando que si la toma de muestra es inadecuada los resultados proporcionarán información poco precisa e incluso equivocada respecto a la capacidad productiva real del suelo. Según Prialé-Farro (2016) es reconocido que los mayores errores del análisis de suelos ocurren en el muestreo más que el proceso analítico. Lo afirmado por Prialé-Farro (2016), es muy importante tener en cuenta considerando que los suelos presentan alta variabilidad espacial, tanto física, química y biológica. El objetivo del análisis de suelos es obtener una muestra representativa de la parcela, debido a que resulta muy difícil obtener el valor exacto del contenido nutrimental del área explorada por las raíces, sino más bien el promedio de ciertas concentraciones.

2. EL ANALISIS DE SUELOS

En países donde la agricultura se ha desarrollado y avanzado a un ritmo vertiginoso y con alta incorporación de tecnología, el análisis químico de suelos también se realiza con una muy alta intensidad. Esta práctica, muy necesaria para la instalación de cultivos, ha alcanzado mucho éxito, observándose un incremento significativo en el rendimiento y calidad de las cosechas. Sin embargo, en los países denominados en vías de desarrollo el análisis de suelos no se realiza ni con la intensidad requerida ni se aplica la metodología adecuada. Esta situación se debe, entre otras: (1) a la falta de técnicas más eficientes y económicas, especialmente para determinar las necesidades de fertilizantes y enclado del suelo y (2) a la escasa inversión por parte del Estado para el desarrollo de técnicas apropiadas y de esa manera estandarizar el método de análisis.

El análisis químico, consiste en pasar en forma soluble una porción de la concentración total de los nutrientes del suelo mediante el uso de una solución química o una resina de intercambio. Cuando se realiza una extracción, la solución química actúa en todas las superficies accesibles de la muestra (molida a 2 mm o menor). Sin embargo, en condiciones de campo muchas de las raíces o los pelos radiculares de las plantas no pueden acceder a las áreas de disponibilidad nutrimental (Etchevers, 1987). En consecuencia, una interpretación correcta de los resultados deberá necesariamente tomar en cuenta la naturaleza (abundancia, extensión, distribución espacial), del sistema radicular del cultivo.

En el suelo existen dos factores definidos desde el punto de vista de la química agrícola, la intensidad y la capacidad. El primero se refiere a la solución del suelo, es decir el lugar de donde las raíces de las plantas extraen los nutrientes para su crecimiento y desarrollo (Arteaga-Chamorro *et al.*, 2022). La concentración de los elementos nutricionales es variable por encontrarse en el espacio poroso del suelo y estar expuestos a los diversos factores de pérdida como la lixiviación, percolación, evapotranspiración, entre otros (Cruzate, y Casas, 2017). Esta situación de variabilidad hace que su determinación para correcciones de suelo presente muchas limitaciones, aunque podría utilizarse con mayores éxitos en prácticas de fertirriego y aplicación de soluciones nutritivas.

El segundo factor, sin embargo, se refiere a la capacidad productiva que posee el suelo, es decir a la capacidad que tiene este para abastecer de todos los requerimientos a los cultivos durante el ciclo de la planta (Forero *et al.*, 2022). Determinar la capacidad productiva del suelo, es algo más complejo, pues se requieren de calibraciones y correlaciones estadísticas.

2.1. ASPECTOS A TENER EN CUENTA PARA EL MUESTREO DE SUELOS

El muestreo metodológicamente se define, como el proceso de seleccionar un número

finito de muestras para ser examinadas de una población definida y del cual se obtienen conclusiones (Castillo-Valdez *et al.*, 2021).

Se han descrito numerosos factores que influyen en la calidad del muestreo de suelo, siendo la más influyente, la variabilidad del medio, y están dadas por los procesos de formación, topografía y vegetación (Castillo-Valdez *et al.*, 2021), así como también por el manejo, la actividad biológica y por los procesos físicos y químicos que ocurren en el suelo de manera natural o como resultado del uso de la tierra, deyecciones de los animales, líquidos y sólidos, la adición de abonos y fertilizantes (De Resende y Coelho, 2014).

Las variaciones en el sentido vertical del suelo, son originadas por los procesos propios que dan origen al suelo, así como a las estaciones del año, el movimiento de las sales hacia las profundidades del perfil durante la estación de lluvias o el ascenso capilar de esta durante la estación seca, contribuyen a la variación del sistema de muestreo de suelos (Prialé-Farro 2016).

El primer paso para un análisis químico de suelo es el muestreo, donde a partir de una pequeña porción del mismo, se busca inferir la concentración de nutrientes, así como conocer sus limitaciones químicas con el fin de aplicar correcciones. En el estudio de las características químicas del suelo, no es posible considerar todo el volumen de una unidad de producción, por esta razón, la toma de muestras exige que se tenga en cuenta la representatividad de las mismas. Esta es fundamental, considerando al suelo como un cuerpo heterogéneo en sus sentidos horizontal y vertical en el tiempo.

Para comprender mejor la importancia del muestreo de suelos, es pertinente diferenciar la exactitud y la precisión (Astier-Calderón *et al.*, 2002). La exactitud indica, la mayor aproximación del valor del análisis de suelo respecto al promedio real del campo. La precisión, sin embargo, describe la reproducibilidad de los resultados obtenidos. La confiabilidad de ambos resultados está muy relacionada al número de muestras extraídas a nivel de campo. Resultados de varias investigaciones indicaron que a medida que

aumenta el número de sub muestras analizadas aumenta la exactitud de los resultados (Osorio y Casamitiana, 2012; De Resende y Coelho 2014).

2.2. FORMAS DE MUESTREOS DE SUELOS

Existen varios métodos para el muestreo de suelo. Sin embargo, Osorio y Casamitiana, (2012), mencionan que la forma más adecuada de realizar el muestreo es en forma de zigzag, siendo esta la más utilizada hasta el día de hoy. Cuando el objetivo es conocer la concentración nutrimental del suelo podrían mencionarse dos tipos de procedimientos, a- El muestreo a criterio del investigador y b- El muestreo sistemático.

Muestreo a criterio del investigador, este esquema hace uso del conocimiento y la experiencia del investigador para seleccionar los sitios donde obtener la muestra. Estos sitios representan la condición típica de la unidad de producción, debido a que pueden seleccionarse muestras con diferentes probabilidades de ocurrencia, es común que se produzcan ciertos sesgos. Este procedimiento, no permite probar la precisión de los resultados obtenidos, pero a pesar de estos inconvenientes, es el procedimiento que tiene mayores posibilidades de aplicación en programas rutinarios de muestreo para estudiar la fertilidad en pequeñas unidades de producción (Peverrill *et al.*, 2001; Castro Franco *et al.*, 2017). En el muestreo a criterio del investigador, se trata de aplicar una cuadrícula en un área determinada, cada punto es georeferenciado para obtener mapas digitales de la variabilidad espacial de los resultados obtenidos. En condiciones de agricultura tecnificada, es posible acoplar los resultados del diagnóstico y obtener mapas de productividad. Para la clasificación de los suelos y la realización de mapas de capacidad de uso de la tierra, sin embargo, conviene realizar la toma de muestra de manera direccionada, con un patrón definido y no al azar.

El muestreo sistemático presenta varias ventajas:

Mejorar la cobertura de estudio en una población y provee observaciones con espaciamiento equidistantes. Estos aspectos, proporcionan mayor precisión de la

distribución espacial de la variabilidad de una característica química del suelo. Entre el diseño sistemático más conocido está el de malla o rejilla, como se puede observar en la siguiente Figura.

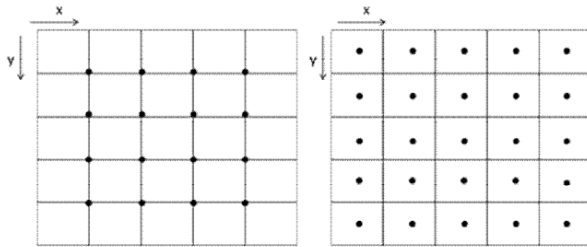


Figura 1. Muestreo en malla o rejilla.

2.2. TÉCNICAS DE MUESTREOS

Antes de la extracción propiamente de las muestras de suelos, tantas muestras simples o sub muestras y de las muestras compuestas, se deben tener muy en cuenta ciertos aspectos fundamentales respecto al terreno. Se conoce como muestra simple o sub muestra a las muestras obtenidas de cada unidad productiva o parcela y cuya mezcla producirá la muestra compuesta.

Entre los aspectos a tener en cuenta en el terreno y que permita delimitar las zonas homogéneas están la pendiente y la cobertura, el manejo de suelo recibido, así como las características físicas del suelo, entre las más importantes. La correcta delimitación, permite que las muestras de suelo sean representativas y los resultados tengan la mayor precisión, mostrando realmente la capacidad productiva de cada unidad de producción estudiada.

En general, los procedimientos del análisis químico utilizan entre menos de 10 gramos de suelo de cada muestra compuesta. A partir de éstas son extrapoladas a la superficie total en estudio. La falta de precisión en los resultados, generalmente, es causado por errores durante la toma de muestra a nivel de campo. El error del muestreo es, generalmente mucho mayor que el propio análisis químico del suelo (Osorio y Casamitiana, 2012), y suele representar entre el 80 y 95% del error total y dentro de este, del 15 al 20% corresponde al sub muestreo, en donde

se incluyen las imprecisiones del elemento utilizado (Priale-Farro (2016)).

Es importante mencionar, que el método de muestreo para determinar la fertilidad de suelos presenta diferencias significativas con otras áreas del suelo como los estudios de génesis, clasificación de suelos, impacto ambiental, contaminación de suelos.

2.3. PROFUNDIDAD DEL MUESTREO

La profundidad para la toma de la muestra, es un factor estrechamente relacionado con el objetivo que se persigue. Para evaluar la fertilidad de los suelos, se debe tener en cuenta la exploración radicular del cultivo, la textura, la estructura y profundidad del suelo. La profundidad del muestreo, debe considerar fundamentalmente el espacio de exploración de las raíces, considerando la profundidad de las raicillas, que entre las raíces son las verdaderamente activas, es decir, las que tienen mayor capacidad de absorción nutricional.

La profundidad de la capa arable es la de mayor interés, ya que es el área donde se encuentran en mayor volumen las raíces, así mismo, es el lugar de aplicación de abonos y fertilizantes, además de correctivos agrícolas (De Resende y Coelho 2014). En general, la profundidad del muestreo para la mayoría de los cultivos anuales y hortalizas es la capa arable es decir de 0 – 0,2 m. En el caso de pasturas donde los fertilizantes son aplicados superficialmente, la profundidad más conveniente a muestrear es de 0 a 0,1 m (Priale-Farro (2016)). En el caso de cultivos perennes como frutales y forestales, se recomienda tomar muestras de 0 – 0,3 m de profundidad (Etchevers, 1987). Aunque también se recomienda obtener muestras a dos o tres profundidades, 0 – 0,5 y 0,5 a 1 m o 0 – 0,25; 0,25 – 0,50 y 0,5 a 1 m. Estas profundidades pueden ser modificadas por el usuario en función de sus necesidades particulares.

En el tabla 1 se puede observar la profundidad recomendada, en general, de acuerdo a la especie de cultivo.

Tabla 1. Profundidad de muestreo de acuerdo al cultivo.

Especie de cultivo	Profundidad
	m
Pasto de pisoteo	0 - 0,1
Cultivos anuales	0 - 0,2
Cultivos semi perennes	0 - 0,3
Cultivos perennes (Frutales y forestales)	0 - 0,25; 0,25 - 0,5 y 0,5 a 1
Cultivo en Siembra Directa	0 - 0,1 y 0,1 - 0,2

Durante el muestreo propiamente dicho, es muy importante evitar la alteración de los primeros centímetros de la capa superficial, esto es debido que a esta profundidad se concentra la mayor cantidad de humus y por ende de nutrientes en el suelo.

2.4. LUGAR, EPOCA Y FRECUENCIA DEL MUESTREO

2.4.1. LUGAR DE MUESTREO

El lugar de muestreo es muy importante, porque puede afectar la precisión de los resultados finales. El sistema de labranza utilizado en una finca puede afectar, en cantidad y posición a la acumulación de nutrientes. Etchevers et al. (1991), relocalizaron una investigación en donde encontraron la mayor concentración de fósforo en las muestras colectadas en la cima de los surcos que en el fondo de los mismos, igualmente en la hilera donde se encontraba el cultivo se obtuvo menor concentración. Esto sucede debido a que el fósforo es un elemento inmóvil en el suelo, y se concentra en los lugares de aplicación de fertilizantes cuando se trata de analizar elementos más dinámicos, como el nitrógeno inorgánico, que varía con la profundidad, tiempo, el manejo y las condiciones climáticas existentes; se debe considerar el muestreo a la profundidad tradicional (Prialé-Farro (2016)). Es importante mencionar que las plantas absorben el nitrógeno, principalmente, en forma de NH_4^+ y NO_3^- y su concentración tiene

directa relación con el contenido de la materia orgánica, aunque no se puede realizar la extrapolación directa debido a la constante mineralización.

2.4.2. ÉPOCA DE MUESTREO

La época de muestreo es otro aspecto que puede afectar la precisión de los resultados. El ciclo de los nutrientes del suelo, varía con el tiempo y por lo tanto es necesario definir la época adecuada de su muestreo y análisis, considerando que los resultados del análisis son fundamentales para adquirir y aplicar, en tiempo y forma, los diferentes correctivos requeridos para cada situación.

Existen criterios dispares respecto a la época ideal del muestreo de suelo. Algunos especialistas recomiendan esperar a que el terreno esté preparado para realizar el muestreo. Sin embargo otros especialistas dicen que el tiempo ideal para el muestreo de suelos, en caso de cultivos anuales, es poco antes de la siembra o inmediatamente después de levantada la cosecha, pues facilita la tarea de recolección y se podrán localizar con mayor precisión las áreas donde se observaron el desarrollo de los cultivos. Sin embargo, están los que recomiendan realizar el muestreo de suelo con bastante anticipación a la siembra, 3 a 6 meses antes, exponiendo que los correctivos a ser utilizados tendrán más tiempo de reacción y de esta manera ser más eficiente.

Es importante tener en cuenta que la concentración de elementos químicos, entre ellos los nutrientes esenciales, varían según las estaciones del año, observándose mayor concentración de nutrientes en primavera – verano. Esta disponibilidad depende en gran medida de la temperatura y humedad del suelo, algunos nutrientes como el nitrógeno presentan menor disponibilidad en los meses fríos por una menor tasa de mineralización y por el contrario su concentración se incrementa al aumentar la temperatura.

2.4.3. FRECUENCIA DEL MUESTREO

En cuanto a la frecuencia para realizar los muestreos de suelos, esto depende de varios

factores, tales como el sistema de explotación, el nutrimento en particular y la dinámica del nutriente. Para las explotaciones de cultivos anuales extensivos, se recomienda realizar un análisis para fósforo y potasio disponible cada 2 a 3 años (;), y en los cultivos perennes cada 5 o 6 años. Para conocer la disponibilidad del nitrógeno inorgánico se debería realizar cada año, o más frecuente si se establecen dos o más cultivos por año, ya que la dosificación de este elemento requiere cuidado extremo, tanto por ser un elemento deficitario en la mayoría de los suelos, en especial en los climas tropicales por la constante mineralización del mismo. Los sistemas intensivos de producción (hortalizas, invernaderos), requieren diagnósticos más frecuentes que los cultivos anuales, es decir requieren diagnósticos anuales.

2.5. CANTIDAD DE MUESTRAS A EXTRAER

Una de las incógnitas más comunes dentro del proceso de muestreo de los suelos, está relacionada a la cantidad total de muestras simples o sub muestras y muestras compuestas que deben ser extraídas de la parcela en estudio para alcanzar la máxima precisión. Sin embargo, no existen valores cuantitativos definitivos o estandarizados, principalmente debido a que los suelos presentan mucha variabilidad espacial y temporal. De manera general, se puede decir que, a mayor homogeneidad del terreno, la cantidad de sub muestras y muestras compuestas será menor en comparación con los terrenos que muestran gran heterogeneidad de sus suelos.

Resultados de investigación han demostrado que a medida que aumentan la cantidad de sub muestras distribuidas al azar aumenta la precisión de los resultados obtenidos. Se ha encontrado que una muestra compuesta, formada de 15 a 40 sub muestras o muestras simples distribuidas en el terreno al azar, da una mayor certeza de la condición química del suelo.

En el Figura 2 se puede observar que a medida que aumenta la cantidad de submuestras se incrementa la precisión de los resultados

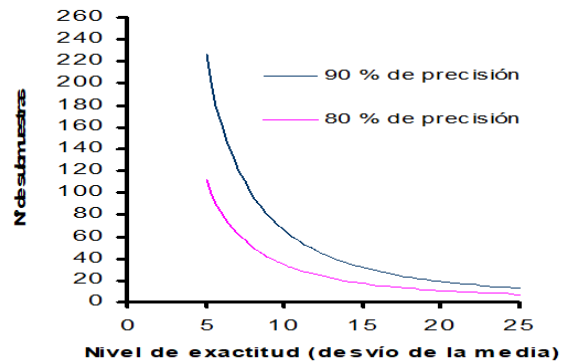


Figura 2. Número de submuestras requeridas para una muestra compuesta de N-NO₃⁻ con varios niveles de exactitud y precisión (Swenson *et al.*, 1984).

Debido a la diferencia en la heterogeneidad del suelo de una parcela, independientemente al tamaño de la unidad de muestreo los resultados tienden a ser el promedio de concentraciones existentes (Priale-Farro (2016); Etchevers, 1987). Cuando se trata de pequeñas parcelas donde la pendiente y el cultivo no presentan mucha heterogeneidad, la cantidad de submuestras podrá ser disminuida, ya que la variabilidad espacial de las concentraciones de los nutrientes y las propiedades no varían en una gran proporción.

En un ensayo realizado en suelos del Orden Ultisol y de textura franco arenosa, recién arado con una superficie de 2 hectáreas en los Departamentos San Pedro y Caaguazú se extrajo 15, 5 y 1 submuestras a una profundidad de 0,25 m, se obtuvieron los resultados que son presentados en el tabla 2.

Materia orgánica	pH	Fósforo	Calcio	Magnesio	Potasio	Nº de sub muestras
%		mg dm ⁻³		cmol _c /kg		
0,43	5,9	27,44	2,11	0,32	0,05	15
0,40	5,8	18,8	1,6	0,24	0,04	5
0,47	5,7	25,54	1,92	0,26	0,06	1
Coefficiente de variación (%)	6,6	1,8	15,5	11,2	12,4	11,3

Tabla 2. Resultados de análisis químicos con diferentes cantidades de sub muestreos.

En la Tabla 2, donde se ilustran los resultados de la cantidad de submuestras simples para formar una muestra compuesta, se observa un

coeficiente de variación de 15,5 a 11,2% en fósforo y bases intercambiables. Considerando que los resultados de los análisis de suelos son una estimación de la disponibilidad nutrimental, los porcentajes del coeficiente de variación obtenidos son aceptables desde el punto de vista agronómico. Estos resultados coinciden con los datos obtenidos por Etchevers, (1987), donde estudió 5, 10, 15 y 20 submuestras obteniendo mínimas variaciones para el caso de fósforo.

También se puede observar, que las variaciones en el pH y la materia orgánica se encuentran por debajo del 7%. Aguilar, (1987), menciona que las propiedades químicas que sufren menos cambios en sentido horizontal son la capacidad de intercambio catiónico, el pH y la materia orgánica. Los análisis de suelos como se ha mencionado comprenden varios pasos, desde lo agronómico, hasta llegar al análisis químico en sí; deben tomarse todas las precauciones para que este pueda brindar resultados confiables para los productores y así poder elevar el rendimiento de sus cultivos.

3. CONCLUSIÓN

El muestreo de los suelos constituye el paso más importante dentro de todo el proceso que implica el análisis químico, por ser el promedio de ciertas concentraciones y por la variabilidad física, química y biológica que presenta el suelo. La obtención de muestras representativas es el punto de partida para la obtención de información confiable y brinda ayuda a los agricultores que utilizan esta tecnología para aumentar el rendimiento de los cultivos agrícolas.

4. AGRADECIMIENTOS

Al Prof. Ing. Forestal. Siemens Bertoni por las sugerencias en la redacción final del trabajo.

5. BIBLIOGRAFÍA

Arteaga-Chamorro, G. A., Ortiz Calle, R. S., & Cartagena Ayala, Y. E. (2022). Dinámica de la absorción de nutrimentos en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Superchola, para la producción de semilla prebásica. *Siembra*, 9(2).

Astier-Calderón, M., Maass-Moreno, M., Etchevers-Barra, J. (2002). Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia*, 36(5), 605-620.

Castillo-Valdez, X., Etchevers, J. D., Hidalgo-Moreno, C. M. I., Aguirre-Gómez, A. (2021). Evaluación de la calidad de suelo: generación e interpretación de indicadores. *Terra Latinoamericana*, 39.

Castro Franco, M., García Ramírez, D. Y., & Jiménez López, A. F. (2017). Comparación de técnicas de interpolación espacial de propiedades del suelo en el piedemonte llanero colombiano. *Tecnura*, 21(53), 78-95.

Cruzate, G. A., Casas, R. (2017). Balance de nutrientes en los suelos agrícolas de la Argentina en la campaña 2015/16. *Informaciones agronómicas de Hispanoamérica*, 28, 14-23.

De Resende y Coelho A. V., Coelho, A. M. (2014). Muestreo para mapeo y manejo de la fertilidad del suelo.

Etchevers B., J. D., J. Rodríguez, y A. Galvis S. 1991. Generación de recomendaciones de fertilización mediante un enfoque sistémico racional. *Terra* 9: 3-10.

Etchevers, J. D. 1987. El análisis químico de suelos y porque de sus fallas. pp. 15-47. In: J.F. Tah Iuit (ed.). *El análisis químico de suelos*. La. Ed. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México.

Forero, S. E. A., Gambasica, N. V. P., Cruz, R. K. (2022). Relación entre nutrientes con carbono, nitrógeno y materia orgánica en suelos de la zona bananera de Colombia. *RIAA*, 13(2), 7.

Mendoza-Escalona, B., Torres-Rodríguez, D., Marcó, L. M., Gómez, C., Estanga-Barrios, M., García-Orellana, Y. (2021). Concentración de metales pesados en suelos agrícolas bajo diferentes sistemas de labranza. *Tecnológicas*, 24(51), 4-15.

Osorio, W., Casamitjana, M. (2012). Toma de muestras de suelo para evaluar la fertilidad del suelo. *Manejo integral del suelo y nutrición vegetal*, 1(1), 1-4.

Peveerill, D. I., L. A. Sparrow, and D. J. Reuter (eds). 2001 Soil analysis and interpretation manual, second printing. CSIRO Publishing, Collingwood, Victoria, Australia.

Prialé-Farro, C. A. (2016). Muestreo de suelos: referencias sobre el análisis e interpretación de resultados.

Rodríguez N., F. y F. Burguete V. 1987. Muestreo de suelos. In: A. Aguilar S. (ed). Análisis químico para evaluar la fertilidad de suelo. pp. 1-15. Publicación especial No. 1. Sociedad mexicana de ciencias del suelo. Chapingo, México.

Swenson, L.J., W.C. Dahnke, and D.D. Patterson. 1984. Sampling for soil testing. North Dakota State University, Dept. of Soil Sci., Res. Report N° 8.