

Artículo Original

Evaluación del contenido de silicio en suelo a través de técnicas analíticas nucleares

Evaluation of silicon content in soil through nuclear analytical techniques

***Michajluk, J.¹; Gómez, R.²; Moreno H.³; Leguizamón, C.³; Cabello, J.²**

¹Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Químicas, Cátedra Química de Suelos y Agroquímicos. Paraguay

²Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Químicas, Laboratorio de Técnicas Analíticas Nucleares. Paraguay

³Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias Laboratorio de Suelos. Área de Suelos y Ordenamiento Territorial. Paraguay

RESUMEN

Antecedentes: El silicio es uno de los elementos más abundantes de la corteza terrestre, es el componente mayoritario de los minerales del grupo de los silicatos y es considerado un elemento esencial para ciertos cultivos. La técnica de activación neutrónica en fuente isotópica es una técnica analítica que permite identificar y cuantificar minerales en diferentes matrices, es una técnica analítica muy sensible y puede ser utilizada en amplios campos de interés científico. **Objetivo:** El objetivo de la investigación fue determinar a través de técnicas analíticas nucleares la concentración de silicio en suelos de la Región Oriental del Paraguay. **Metodología:** Para el estudio se utilizaron veinte muestras de suelos de nueve departamentos de la Región Oriental del Paraguay, la determinación se realizó según la metodología descrita por Iturbe (2003). Los análisis fueron realizados por triplicado, digitalizados en una planilla Excel 2007 ® (USA) y presentados los valores según su media y desvío estándar. **Resultados:** Se determinó presencia de silicio en las veinte muestras de suelo analizadas, siendo los valores más bajos los obtenidos en suelos de Katuete 17,2g/100g y Obligado 20,8g/100g, y los más elevados en Simón Bolívar 66,1g/100g, Pirayu65,3g/100g y Mbuyapey 62,6g/100g. **Conclusiones:** El análisis realizado a través de técnicas analíticas nucleares permitió cuantificar el contenido de silicio en los suelos en estudio. La técnica utilizada requirió escasa cantidad de muestra y puede ser aplicada al estudio de otros minerales en suelo e incluso en tejidos vegetales.

Palabras clave: suelo; silicio; técnicas analíticas nucleares.

ABSTRACT

Background: Silicon is one of the most abundant elements of the earth's crust, is the major component of the minerals of the group of silicates and is considered an essential element for certain crops. Neutron activation analysis is a nuclear technique that allows to identify and quantify minerals present in different matrices; it is a very sensitive analytical technique that can be used in research of scientific and technological interest. **Objective:** The objective of the research was to determine the silicon content in soil samples from the Eastern Region of Paraguay through nuclear analytical techniques. **Methodology:** For

***Autor Correspondiente: Javier Michajluk.** Email: jmichajluk@yahoo.es

Fecha de recepción: 18/05/2019 Fecha de aceptación: 02/08/2019



Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia Creative Commons

the study, twenty soil samples from nine departments of the Eastern Region of Paraguay were used, the determination was made according to the methodology described by Iturbe (2003). The analyzes were performed in triplicate, digitized in an Excel 2007 ® spreadsheet (USA) and presented the values according to their mean and standard deviation. **Results:** The presence of silicon was determined in the twenty soil samples analyzed, the lowest values were obtained in soils of Katuete 17.2g/100g and Obligado 20.8g/100g, and the highest in Simón Bolívar 66.1g/100g, Pirayu65.3g/100g and Mbuyapey 62.6g/100g. **Conclusions:** The analysis carried out through nuclear analytical techniques allowed to quantify the silicon content in the soils under study. The technique used requires a small amount of sample and can be applied to the study of other minerals in soil and even plant tissues.

Keywords: soil; silicon; nuclear analytical techniques.

INTRODUCCIÓN

El Silicio (Si) constituye el segundo elemento en abundancia en la corteza terrestre y es de vital importancia en numerosos procesos geoquímicos y bioquímicos (Araya 2015, Van Raij 2011).

Las plantas obtienen el Si por meteorización de minerales que liberan el elemento a la solución de suelo en forma de $\text{Si}(\text{OH})_4$ soluble donde la concentración del mismo oscila entre 14 a 20 mg L^{-1} (Navarro 2013).

En las plantas la distribución de silicio en los órganos es variable, desde 0,001 g/100g en la pulpa del fruto hasta 15 g/100g en tejido epidérmico, los cuales poseen alta concentración de ácidos mono y poli silícicos en la savia, proporcionando funciones de protección a nivel mecánico y fisiológico (Matichenkov2008).

Los efectos del Si en las plantas son diversos, producen aumento en la absorción de fósforo, confiere resistencia contra enfermedades fúngicas, resistencia a la sequía y también tolerancia a la toxicidad por exceso de hierro y manganeso (Araya 2015).

En suelos extremadamente meteorizados y fertilizados con silicio en forma de SiO_2 , en cultivos de arroz, pudo incrementarse la capacidad fotosintética, altura, biomasa y número de macollos del cultivo. En el mencionado trabajo se demostró además que una concentración de 2,8 mg/L de Si disponible en el suelo son suficientes para garantizar en suelos intemperizados una buena producción de arroz (Nameet al. 2004).

Estudios de fertilización combinada de nitrógeno con silicato y caliza, demostraron un aumento de los niveles de nitrógeno y silicio en el suelo, con la consecuente mejora del estado nutricional de los cultivos, produciendo también un aumento de nitrógeno y silicio en hojas y tallos en cultivos de caña de azúcar de la variedad RB855156 (Pereira et al. 2015).

La deficiencia de Si se da en suelos muy ácidos, preferentemente Ultisoles y Oxisoles debido a pérdidas por lixiviación. Su reposición puede efectuarse agregando al suelo enmiendas conteniendo silicatos de calcio y magnesio, con lo cual además se neutraliza la acidez del suelo (Araya 2015).

Actualmente aunque no exista confirmación científica, algunos investigadores consideran al silicio como un nutriente esencial para ciertas plantas como el arroz, caña de azúcar, cebada, girasol y remolacha pues lo presentan en sus tejidos como un componente constante y en elevada proporción (Navarro, 2013).

Por otro lado, según Parra (2004), en México los análisis de silicio en suelo se realizan mediante métodos combinados de fusión con hidróxido de sodio y

colorimetría, digestión ácida y gravimetría o digestión seca y colorimetría. Sin embargo, en el Paraguay los laboratorios del sector agrario no ofrecen este servicio y tampoco se encuentra información acerca del contenido de silicio en muestras de suelo o tejido vegetal. En ese sentido constituye un desafío iniciar un proceso de caracterización de nuestros suelos en relación a su contenido de silicio, atendiendo su importancia para algunos cultivos de interés en el país como el arroz y la caña de azúcar.

La técnica de activación neutrónica en fuente isotópica es una técnica analítica no destructiva, rápida y eficaz para determinar silicio, el ahorro de tiempo es significativo pues se requiere menos de una hora para su realización, permite identificar y cuantificar minerales presentes en diferentes matrices, es una técnica analítica muy sensible y puede ser utilizada en amplios campos de interés científico y tecnológico (Iturbe 2003);

El objetivo del presente estudio fue el de evaluar el contenido de silicio en muestras de suelo de la Región Oriental del Paraguay a través de una técnica analítica alternativa, utilizando una fuente isotópica de neutrones de baja intensidad y determinando la actividad generada en un detector de centelleo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio se utilizaron muestras de suelo colectadas a través de un muestro por conveniencia de los departamentos de Canindeyú, San Pedro, Caaguazú, Caazapá, Central, Cordillera, Paraguari, Itapúa y Guairá.

Se analizaron veinte lotes de muestras de nueve departamentos de la Región Oriental del Paraguay, obtenidas a una profundidad de 0 a 20 cm, secadas al aire, molidas, homogeneizadas, pasadas a través de un tamiz de 2mm y conservadas en recipientes herméticos.

Para la determinación de silicio se utilizó la técnica descrita por Iturbe (2003) y aplicada por Michajluk et.al. (2018) para determinar el contenido de aluminio en suelos. Se pesaron 15 g de suelo en viales de plástico herméticos y se colocaron en un portamuestra de cadmio, el cual se irradió por diez minutos en una fuente isotópica de neutrones. La técnica de irradiación por acción de neutrones consiste básicamente en la conversión de un nucleído no radioactivo en uno radioactivo, estos nucleídos radioactivos al desexcitarse emiten radiación gamma que puede ser visualizada a través de un detector de centelleo en el cual se mide la actividad por un tiempo de diez minutos; cada radionucleído emite una señal característica que permite su identificación. (Iturbe 2003; Moranchel et al., 2012).

Los equipos utilizados fueron balanza analítica Mettler AE 200, porta muestras de cadmio, fuente isotópica de neutrones (Amersham International), ^{252}Cf (^{95}Am y ^{150}Gd) Be, flujo de neutrones de $5,0 \cdot 10^7 \text{ ns}^{-1}\text{cm}^{-2}$ doblemente encapsulado en un diseño anular contenido en un contenedor cilíndrico blindado de 104 cm de longitud y 127 cm de diámetro. El detector de centelleo utilizado fue de NaI de 3"x3" y PC tarjeta multicanal Accuspec.

Los resultados por triplicado fueron comparados con patrones de silicio (Si) de la marca Merck con pureza de 97,5% y preparados en condiciones similares a las muestras.

Los datos fueron digitalizados en una planilla Excel 2007 ®(USA) y presentados los valores según su media y desvío estándar.

RESULTADOS

El silicio se encontró en concentraciones variables en los suelos analizados como puede observarse en la Tabla 1.

Tabla 1: Contenido de silicio expresados en g/100g en muestras de suelo de la Región Oriental del Paraguay determinado por técnicas nucleares.

Muestra	Departamento	Localidad	Promedio ¹ ±Desvío estándar
M1	Canindeyú	Katuete	17,2 ±0,67
M2	Canindeyú	Curuguaty	42,9±0,66
M3	Canindeyú	YasyCañy	37,2 ± 0,13
M4	Canindeyú	CapitanBado	59,8±0,35
M5	San Pedro	Yrybucua	45,6± 0,54
M6	San Pedro	25 de Diciembre	29,9 ± 0,14
M7	San Pedro	YvyPora	61,2±2,51
M8	Caaguazú	Raúl Arsenio Oviedo	49,3±2,70
M9	Caaguazú	Simón Bolívar	66,1±0,64
M10	Caazapá	San Juan Nepomuceno	50,7±2,26
M11	Central	Nueva Italia	38,4±1,71
M12	Central	Aregua	42,7 ± 0,51
M13	Central	Ypacarai	51,9 ± 0,59
M14	Cordillera	Tobati	57,9±2,61
M15	Paraguarí	Pirayu	65,3±0,56
M16	Paraguarí	Quiindy	54,4±2,01
M17	Paraguarí	Mbuyapey	62,6±2,11
M18	Itapúa	Obligado	20,8 ± 0,42
M19	Itapúa	Fram	25,6±1,22
M20	Guairá	Villarrica	42,6 ±0,47

¹Promedio de tres repeticiones.

DISCUSIÓN

Los menores valores de silicio se encontraron en las localidades de Katuete 17,2 g/100g y Obligado 20,8 g/100g, son suelos que derivan de rocas ígneas (basalto), clasificados como oxisol o ultisol, se caracterizan por presentar niveles bajos de silicio y altos de aluminio, según estudios realizados por Michajluk et. al. (2018) estos suelos presentan concentraciones elevadas de aluminio 18,1g/100g y 11,0g/100g respetivamente.

Por otro lado, las mayores contenidos de Si se determinaron en las localidades de Simón Bolívar 66,1 g/100g, Pirayu 65,3 g/100g y Mbuyapey 62,6 g/100g, según Fulfaro (1996) estos suelos derivan predominantemente de arenisca y presentan como característica principal alto contenido de óxidos de silicio en su estructura.

La técnica de activación neutrónica utilizando fuente isotópica de neutrones permitió determinar el contenido de silicio en los veinte lotes de suelo extraídos de los nueve departamentos en estudio.

La técnica de análisis requirió escasa cantidad de muestra, el ahorro de tiempo fue significativo en relación a otras técnicas que utilizan fusión o digestión previa y además producen la destrucción de la muestra.

Los resultados obtenidos permiten considerar futuras investigaciones aplicando esta técnica nuclear para caracterizar los suelos del país en cuanto a silicio y otros minerales, e inclusive la cuantificación del elemento en tejidos vegetales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. Boris Michajluk Strobl por la traducción del resumen al idioma inglés

Conflicto de intereses:

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Fuente de financiación:

Financiado con fondos propios de la institución.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Araya, M., Camacho, M., Molina, E., Cabalceta., G. (2015). Evaluación de fertilizantes líquidos con silicio, calcio o magnesio sobre el crecimiento del sorgo en invernadero. *Agronomía Costarricense*, Vol. 39 N° 2, 47-59. Disponible en: <http://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v39n2/0377-9424-ac-39-02-00047.pdf>
- Fulfaro, V. (1996). Geología del Paraguay Oriental. Magmatismo Alcalino en Paraguay Central-Oriental Relaciones con Magmatismo Coeval en Brasil. *Edusp/Fapesp, Sao Paulo*, pp.17-29. Disponible en: <http://www.geologiadelparaguay.com.py/Geolog%C3%ADa-del-Paraguay-Oriental.pdf>
- Iturbe, J. (2003). Análisis por activación neutrónica. Memorias, Congreso Nacional de Educación Química. Departamento de Química. Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. México D.F.
- Matichenkov, V. (2008). Deficiencia y funcionalidad del sílice en suelos, cosechas y alimentos. II Conferencia Internacional sobre Eco-Biología del suelo y el compost. SOILACE. Tenerife. Disponible en: http://www.soilace.com/pdf/pon2008/d28/Cas/21_Matichenkov.pdf
- Michajluk, J., Gómez, R., Moreno, H., Leguizamón, C., Cabello, J. (2018). Aplicación de técnicas analíticas nucleares para determinar aluminio total en suelos. *Revista Científica de la UCSA*; 5(2):6-10. Disponible en <http://scielo.iics.una.py/pdf/ucsa/v5n2/2409-8752-ucsa-5-02-6.pdf>
- Moranchel, M., García, A., Longoria, L. (2012). Análisis de activación neutrónica y actividad en el acero de la vasija de un reactor nuclear tipo BWR para su estudio sin riesgos radiológicos en microscopía y espectrometría. *Rev. Mex. Fis.*, N° 58, 488-496. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmf/v58n6/v58>.
- Name, B., Villarreal, J. (2004). Estudio de suelos Ultisoles y Alfisoles realizados en las estaciones experimentales de Calabacito, Guarumal y Rio Hato. Panamá. Disponible en: <http://bdigital.binal.ac.pa/bdp/descarga.php?f=idiapsu.pdf>
- Navarro, G., Navarro, S. (2013). *Química Agrícola*. 3ª Edición. Madrid. Mundi Prensa. p. 461-464.
- Parra, S., Baca, G., Carrillo, R., Kohashi, J., Martínez, A., Trejo, C. (2004). Comparación de tres métodos de análisis de silicio en tejido foliar de pepino. *Revista Terra Latinoamericana*; 22(4):401-407. Disponible en: <http://www.Redalyc.org/pdf/573/57311096002.pdf>
- Pereira da Silva, G., Mello – Prado, R., Batista, N., Campos – Nóia, N. (2015). Respuesta del cuarto cultivo de soca de caña de azúcar a la fertilización de nitrógeno, silicio y cal. *Rev. Agrociencia* (49): 533-544. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v49n5/v49n5a5.pdf>
- Van Raij, B. (2011). Fertilidade do Solo e Manejo de Nutrientes. Piracicaba. International Plant Nutrition Institute. p. 287-288.