

Clasificación de parámetros químicos de suelos agrícolas de los Departamentos de Misiones, Itapúa y Alto Paraná

Classifying chemical parameters of agriculture soils in Departments of Misiones, Itapúa and Alto Paraná

Diego Augusto Fatecha Fois^{1*}, Roberto William John², Elódio Sebem³, Luis Ramiro Samaniego Montiel⁴, Enrique Oswin Hahn Villalba⁴, Jimmy Walter Rasche Álvarez¹.

¹Profesor. Universidad Nacional de Asunción, UNA, Facultad de Ciencias Agrarias, FCA, San Lorenzo, Paraguay.

²Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Santa Maria, Brasil.

³Profesor. Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Santa Maria, Brasil.

⁴Universidad Católica, UCA, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Hohenau Paraguay.

*Autor para correspondencia (fatechadiego@hotmail.com)

Recibido: 15/02/2017; Aceptado: 27/03/2017

RESUMEN

La Región Oriental del Paraguay, en los últimos años, viene sufriendo una alta expansión en términos de área de producción de cultivos de granos con más de 3,5 millones de ha, representando los departamentos de Misiones, Itapúa y Alto Paraná cerca del 50% del área total de siembra en el país. El objetivo de este trabajo fue clasificar algunos parámetros químicos del suelo (M.O., P, K+, pH, saturación de bases), así como estimar la necesidad de cal agrícola, de los Departamentos de Misiones, Itapúa y Alto Paraná de la Región Oriental del Paraguay. Se generó una base de datos con resultados de análisis de suelo, clasificando 11.130 muestras en rangos de "muy bajo", "bajo", "medio", "alto" y "muy alto", en cada parámetro químico del suelo, y se estimó la necesidad de cal agrícola utilizando el método de Saturación de Bases. Del total de muestras analizadas, la MO presentó valor menor a 25 g kg⁻¹, en 47% de las muestras en Misiones, 40% en Itapúa y 35% en Alto Paraná; el P fue inferior a 8 mg dm⁻³ en 64% de las muestras en Misiones, 74% en Itapúa y 80% en Alto Paraná. El K en 95% de las muestras fue inferior a 0,12 cmol_c dm⁻³ en Misiones, y 76% y 80% mayor a 0,19 cmol_c dm⁻³ en Itapúa y Alto Paraná, respectivamente; el pH fue 100% menor a 6,0 en Misiones, 54% en Itapúa y 85% en Alto Paraná. La saturación de bases fue menor a 50% en Misiones en 96% de las muestras, 20% en Itapúa y 24% en Alto Paraná, con mayores requerimientos de cal agrícola de 3,75 t ha⁻¹.

Palabras clave: Cultivos de granos, fertilidad de suelo, acidez, encalado.

ABSTRACT

In the last years, the Eastern Region of Paraguay has undergone a high expansion in terms of grains cultivation area with more than 3,5 million ha, representing the departments of Misiones, Itapúa and Alto Paraná, about 50% of the country total sowing area. The objective of this work was to classify some soil chemical parameters (MO, P, K +, pH, base saturation), as well as to estimate the need for agricultural lime in the Departments of Misiones, Itapúa and Alto Paraná, Paraguay. A database with results of soil analysis was generated by classifying 11,130 samples in ranges of "very low", "low", "average", "high" and "very high", for each chemical parameter of the soil. The need for agricultural lime using the Basal Saturation method also was estimated. Of the total samples analyzed, MO presented a value lower than 25 g kg⁻¹, in 47% of samples in Misiones, 40% in Itapúa and 35% in Alto Paraná; P was less than 8 mg dm⁻³ in 64% of samples in Misiones, 74% in Itapúa and 80% in Alto Paraná. The K in 95% of the samples was lower than 0,12 cmol_c dm⁻³ in Misiones, and 76% and 80% greater than 0,19 cmol_c dm⁻³ in Itapúa and Alto Paraná respectively; the pH was 100% lower than 6,0 in Misiones, 54% in Itapúa and 85% in Alto Paraná. Base saturation was less than 50% in Misiones in 96% of samples, 20% in Itapúa and 24% in Alto Paraná, being the higher requirement for agricultural lime of 3,75 t ha⁻¹.

Key words: Grain crops, soil fertility, acidity, liming, ranges.

INTRODUCCIÓN

Un suelo fértil desde el punto de vista químico es aquel que contiene todos los nutrientes esenciales en cantidades suficientes, balanceadas, y en formas asimilables por las plantas, siendo que la ausencia de uno de ellos impide que la planta se desarrolle de forma normal. Actualmente escasean suelos que soporten procesos productivos, por lo cual la fertilidad del suelo es primordial para obtener altos rendimientos (Malavolta, 2006).

En este sentido, los suelos de la Región Oriental del Paraguay (RO), base del desarrollo agropecuario, están siendo afectados por problemas de degradación, por aumento de erosión hídrica y contaminación de cursos hídricos. La disponibilidad natural de nutrientes obedece al siguiente orden decreciente: potasio (K), magnesio (Mg), calcio (Ca), nitrógeno (N) y fósforo (P), entre los macros; zinc (Zn) y cobre (Cu) entre los micros (Fatecha 1999).

Los departamentos de Alto Paraná e Itapúa son los principales en cuanto a producción agrícola se refiere, y los de mayor aptitud, seguidos por Caaguazú, San Pedro, Concepción, Amambay y Canindeyú. Entretanto, los suelos con mayores limitaciones para la explotación agrícola son los de Cordillera y Paraguari, por estar excesivamente desgastados y poseer en consecuencia baja fertilidad; los suelos de los Departamentos de Guairá y Caazapá, son regularmente aptos para los cultivos agrícolas; así como en Misiones y Ñeembucú, donde predominan las tierras bajas y pantanosas, siendo apenas un 20% la fracción cultivable (MAG-IICA 2003).

Los Departamentos de Misiones (99.417 ha), Itapúa (645.729 ha) y Alto Paraná (877.343 ha) representan cerca del 50% del área total de siembra de cultivos de granos en el país (MAG, Censo 2008). Misiones está compuesto por 11 distritos en los cuales la clase de fertilidad del suelo predominante es baja, a excepción de los de San Juan y Santiago, que poseen una fertilidad media. En Itapúa, con 31 municipios, la clase de fertilidad media es encontrada en 18, la alta en 8 y la baja en 5 distritos. Por su parte en Alto Paraná, de 20 distritos el 70% presenta clase de fertilidad media y el 30% restante fertilidad baja (Fatecha 2004).

El contenido de materia orgánica (MO) en el suelo en el Departamento de Misiones se encuentra entre 13 a 28 g kg⁻³ en 58% de las muestras de ese departamento, inferiores a 13 g kg⁻³ en 30% y superiores a 28 g kg⁻³ solamente 12% de las muestras analizadas. En Itapúa y Alto Paraná predominan valores de MO entre 13 a 28 g dm⁻³ en 60% y 55% de las muestras, respectivamente (Fullaondo 2014).

Los niveles de P considerando los tres Departamentos son inferiores a 12 mg dm⁻³ en un 80% (Jorgee 2012). El nivel promedio de K en Misiones es inferior a 0,12 cmol_c dm⁻³, en un 70%. Sin embargo, en Itapúa y Alto Paraná el 50% presentan valores superiores a 0,30 cmol_c dm⁻³ (Martínez 2011).

Un suelo degradado presenta problemas de acidez (Ferreira et al. 2007). Fatecha y López (1998) mencionan como principal causa de la acidificación del suelo en la RO a la alta precipitación, que favorece la lixiviación de bases intercambiables, conjuntamente con factores antrópicos; cosechas sucesivas, exceso de mecanización, uso indiscriminado de fertilizantes de fuente amoniacal y escasa utilización de correctivos y enmiendas orgánicas. Los departamentos más afectados por la acidificación son Itapúa, Alto Paraná, Canindeyú y Amambay (González 1995), constatados por López et al. (1996), que resaltan el predominio de tierras ácidas con una estimación de más de 5 millones de ha que pueden ser susceptibles. Bataglia (2011) determinó que en los departamentos de Misiones, Itapúa y Alto Paraná, el 92%, 91% y 84% del suelo presentan valores de pH en agua inferiores a 6,0; considerado poco ideal para la mayoría de los cultivos con requerimientos promedios de cal agrícola variando entre 1,1 a 1,8 t ha⁻¹.

En base a lo expuesto, los resultados generados servirán de base para toma de decisiones e implementación de planes de manejo de suelos destinados a la producción de los principales cultivos agrícolas, como soja, maíz, girasol y trigo, y a la vez realizar una evolución de los niveles de fertilidad química del suelo en los últimos años. Siendo así, el objetivo de este trabajo fue clasificar algunos parámetros químicos del suelo (materia orgánica, fósforo, potasio, pH y saturación de bases) y estimar la necesidad de cal agrícola de los departamentos de Misiones, Itapúa y Alto Paraná de la Región Oriental del Paraguay,

MATERIALES Y METODOS

Los Departamentos de Itapúa, Alto Paraná y Misiones poseen 893.700 ha, 1.602.000 ha y 1.413.000 ha de superficie total, respectivamente. Presentan un clima clasificado según Köppen (1931) de Cfa, subtropical húmedo, mesotérmico, con veranos calientes e inviernos con heladas ocasionales. La precipitación media anual varía entre 1.300 a 1.900 mm, con lluvias distribuidas durante el año, y ocurrencia de periodos secos en los meses de julio y agosto, con rango de temperatura anual de 17 a 27°C. Presentan predominantemente suelos de orden Alfisol, así como Oxisoles y Ultisoles (López et al., 1995).

Se generó una base de datos con resultados de 11.130

análisis de suelo, del periodo comprendido entre 2011 y 2012, de los cuales 580 muestras pertenecieron a Misiones, 8.500 a Itapúa y 2.050 a Alto Paraná, representando un área de 1.670 ha, 13.400 ha y

3.560 ha, respectivamente. En la Figura 1 se observa la distribución de los puntos de colecta, abarcando aproximadamente 1,15% del área cultivada de los tres departamentos.

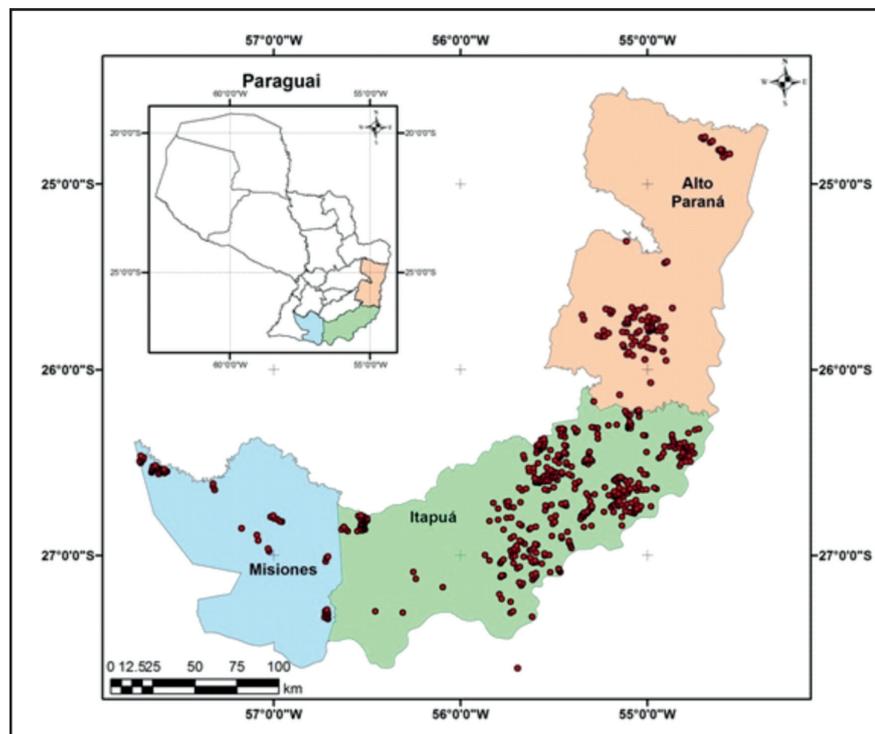


Figura 1. Distribución de puntos colectados para análisis de suelo en los Departamentos de Misiones, Itapúa e Alto Paraná, Paraguay. Zafra 2011/2012.

Los datos analíticos de la camada superficial (0-0,10 m) de materia orgánica por Walkley & Black, fósforo y potasio extraído por Mehlich I, pH en agua 1:10 (acidez activa) y saturación de bases obtenida mediante la ecuación $SB = \text{suma de bases} \cdot 100 / \text{CIC}$ pH 7, son provenientes

de los archivos del laboratorio de suelo “Sustenlab S.A.” situado en el distrito de Hohenau, Itapúa. Los parámetros químicos fueron clasificados en cinco rangos (muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto) de acuerdo a Cubilla et al. (2012), observados en la Tabla 1.

Tabla 1. Rangos de interpretación de tenores de algunos parámetros químicos de suelos agrícolas.

Parámetro	Rangos				
	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Materia Orgánica (g kg ⁻³)	< 15	15 - 25	25 - 35	35 - 45	> 45
Fósforo (mg dm ⁻³)	< 4,0	4,0 - 8,0	8,0 - 12,0	12,0 - 24,0	> 24,0
Potasio (cmol _c dm ⁻³)	< 0,06	0,06 - 0,12	0,12 - 0,19	0,19 - 0,38	> 0,38
pH	< 4,5	4,51 - 5,4	5,41 - 6,0	6,01 - 7,0	> 7,0
Saturación de bases %	<50	50- 55	55- 60	60- 65	>65

Fuente: Cubilla et al. (2012)

La necesidad de cal agrícola fue determinada por el método de Saturación de Bases, mediante la ecuación: $NC = \text{CIC} (V_2 - V_1) / 1000$; donde NC = necesidad de cal agrícola t ha⁻¹, CIC = capacidad de intercambio catiónico, V_2 = saturación de bases deseada, V_1 = saturación de bases del suelo ajustando las dosis a ser aplicadas encontrados en cada análisis de suelo, metodología establecida por Raji et al. (1996).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del total de muestras analizadas en Misiones (Fig. 2), el 47% presentaron valores de MO clasificado como “bajo”, variando entre 15 a 25 g kg⁻³, y 24% valores menores a 15 g kg⁻³, clasificado como “muy bajo”, lo que representa más del 70% de las muestras analizadas, coincidiendo con Fatecha

(2004) y Fullaondo (2014), quienes a su vez encontraron predominancia de suelos con niveles bajos de materia orgánica en el departamento. Las áreas que componen esta zona poseen características de escasa pendiente, semi-planos, muy poco aptos para el cultivo agrícola, la fracción cultivable representa apenas el 20% de la superficie departamental, el resto es utilizado en la actividad ganadera y forestal (López et al., 1995). En los departamentos de Itapúa y Alto Paraná, fueron encontradas mayor frecuencia de muestras con valores de materia orgánica superiores a 25g kg^{-3} con aproximadamente 60 y 65%, respectivamente. Estos suelos poseen predominio de arcilla en su composición textural, con alto contenido de caolinita y óxidos de hierro, que le proporcionan adecuadas propiedades físicas; buena estructura y estabilidad de agregados, mayor capacidad de retención de nutrientes y agua, que facilitan el aumento de la materia orgánica (Ferreira, 2002). Por otro lado es importante recalcar el manejo de suelo, donde en más del 90% de las áreas se adoptó la siembra directa en cultivos de granos, como sistema de producción (Cubilla et al., 2012) lo que contribuye al aumento de la MO en la camada de 0 a 10 cm de suelo.

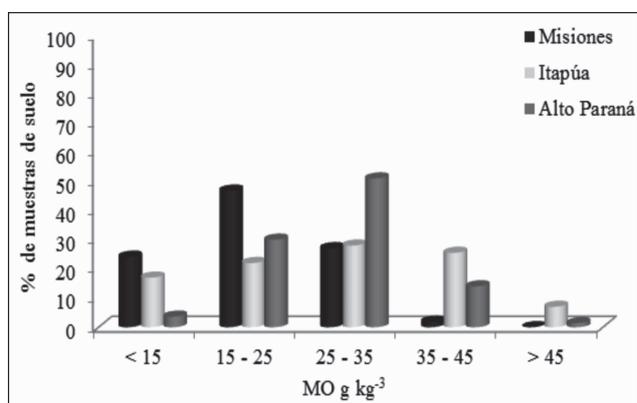


Figura 2. Clasificación de tenores de materia orgánica de los departamentos de Misiones, Itapúa y Alto Paraná de la camada 0- 0,10 m de profundidad. Zafra 2011/2012.

Los valores de P en la mayor parte de los suelos fue inferior a $8,0\text{ mg dm}^{-3}$, siendo en Misiones valores próximos a (64%), Itapúa (74%) y Alto Paraná (80%) (Fig. 3), coincidiendo con los resultados encontrados por Fatecha (2004) y Jorge (2012) quienes obtuvieron un 80%, del total de muestras analizadas, con niveles de P inferior a $8,0\text{ mg dm}^{-3}$.

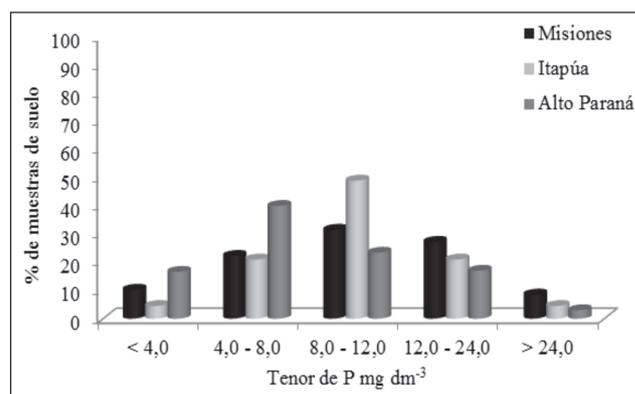


Figura 3. Clasificación de tenores de P de los Departamentos de Misiones, Itapúa y Alto Paraná de la camada 0-0,10 m. Zafra 2011/2012.

Fatecha (1999) afirma que en suelos de la RO la disponibilidad de P es baja, relacionados al material de origen; con predominio de suelos derivados de depósitos ácidos, ligados químicamente a compuestos de solubilidad dependiente del pH, siendo que la misma presenta alta susceptibilidad a procesos de acidificación bajo condiciones actuales de uso (López et al., 1996; Fatecha, 2004; Bataglia, 2011). De las 580 muestras analizadas en el departamento de Misiones, los tenores de K estuvieron en un 95% por debajo a de $0,12\text{ cmol}_c\text{ dm}^{-3}$, clasificada como “bajo” o “muy bajo”, constatándose una disminución en el contenido de K en la camada superficial, comparados a Fatecha (2004), que en media general arrojaron valores de $0,18\text{ cmol}_c\text{ dm}^{-3}$. Resultados similares fueron encontrados por Martínez (2012), quien con cantidades equivalentes de muestras analizadas de suelo encontró que el 70% de las mismas poseían valores inferiores a $0,12\text{ cmol}_c\text{ dm}^{-3}$. Esto podría explicarse debido a que naturalmente los suelos arenosos, en vía de degradación, son más pobres en K intercambiable que los arcillosos, debido a la menor CIC y al mayor lavado, además que, normalmente, contienen menores cantidades de minerales potásicos primarios (De Mello et al., 1988). En contrapartida, en Itapúa siendo analizadas 8.500 y en Alto Paraná 2.050 muestras de suelo, los valores de K intercambiable fueron superiores a $0,19\text{ cmol}_c\text{ dm}^{-3}$ en 75 y 80%, respectivamente (Fig. 4); valores similares fueron encontrados por Martínez (2012). En suelos minerales, generalmente, menos del 1% del K total se presenta en forma intercambiable, cuyas reservas adquieren mucha importancia para mantener la existencia de potasio aprovechable, sobre todo en aquellos derivados de minerales primarios (micas y feldspatos) y secundarios (illita, vermiculita y arcillas estratificadas) (De Melo y Alleoni 2009).

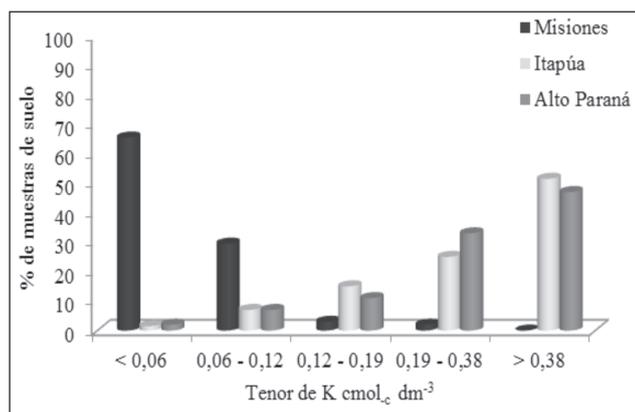


Figura 4. Clasificación de tenores de K de los Departamentos de Misiones, Itapúa y Alto Paraná de la camada 0-0,10 m. Zafra 2011/2012.

Del total de muestras analizadas en Misiones (Fig. 5), el 100% presentó valores de pH ácido (< 6,0), constatados también por López et al. (1996); Fatecha (2004) y Bataglia (2011). Casi similar comportamiento fue encontrado en Alto Paraná en donde el 85% de las muestras presentaron pH menor al rango de 6,0. Los suelos pueden ser naturalmente ácidos debido a la propia pobreza de bases en el material de origen o a procesos de formación que favorecen la remoción de elementos básicos como K, Ca, Mg, Na, etc., así también los suelos pueden ver su acidez aumentada por cultivos y abonamientos que llevan a tal proceso (Lopes, 1990). Por su parte, en Itapúa el 46% de las muestras de suelo presentaron pH superior a 6,0; mostrando un aumento de 14%, en relación a Bataglia (2011), quien encontró que en 30% de las muestras presentaron pH superior a 6,0. Actualmente, la gran mayoría de los productores consideran a la práctica del encalado como muy importante, tratando de corregir la acidez del suelo, creando en él condiciones favorables para el desarrollo de las plantas, en particular el crecimiento de las raíces, garantizando también el efecto de fertilizantes (Van Raij, 2011).

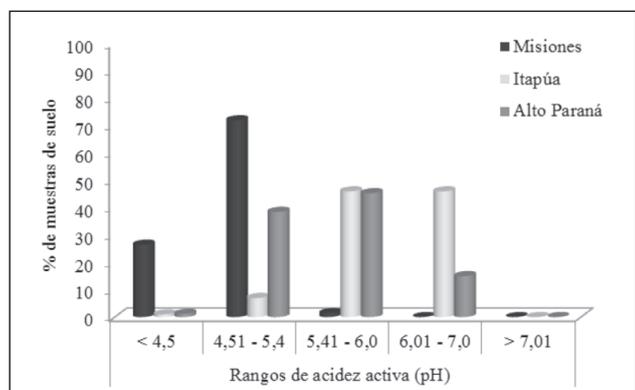


Figura 5. Clasificación de rangos de acidez activa (pH) de los Departamentos de Misiones, Itapúa y Alto Paraná en la camada 0-0,10 m de profundidad. Zafra 2011/2012.

De acuerdo a la clasificación de rangos de SB en Misiones, el 100% de las muestras analizadas presentan necesidad de aplicación de cal agrícola (Fig. 6), de los cuales el 96% poseen SB menor a 50%, con requerimiento igual o superior a 3,75 t ha⁻¹, y apenas 4% posee necesidad entre 2,0 a 1,0 t ha⁻¹ del material correctivo.

En Itapúa, el 20% de las muestras de suelo poseen SB inferior a 50%, necesitando 3,75 t ha⁻¹ o más de encalado, 11% con SB entre 51 a 55% con requerimiento entre 1 a 2 t ha⁻¹; 14% con SB entre 55-60%, con 1,0 t ha⁻¹ y el 55% con SB superior a 60% no necesita de aplicación de cal agrícola (Fig. 6).

Asimismo, en Alto Paraná, el 40% de las muestras de suelo analizadas poseen una SB alta (> 60%) sin necesidad de encalado, el 13% con SB (55-60%) necesita menos de 1,0 t ha⁻¹; 23% con SB (51-55%) de 1 a 2 t ha⁻¹ y 24% (SB < 50%) 3,75 t ha⁻¹ o más cantidad de material encalante (Fig. 6).

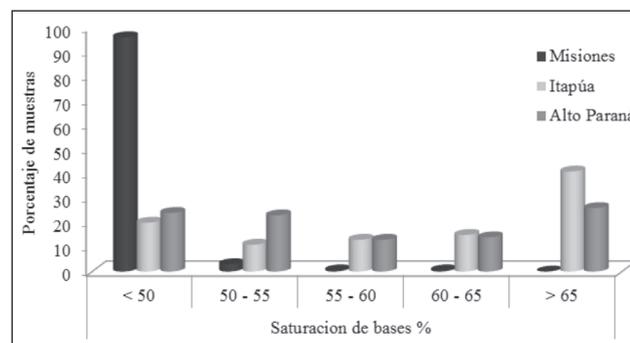


Figura 6. Clasificación de niveles de saturación de bases de los Departamentos de Misiones, Itapúa y Alto Paraná en la camada 0-0,10 m de profundidad. Zafra 2011/2012.

CONCLUSIÓN

Los suelos agrícolas situados en los departamentos de Misiones, Alto Paraná e Itapúa de la Región Oriental del Paraguay, donde son producidos los principales cultivos de granos en sistemas mecanizados de siembra directa, presentan buenas condiciones desde el punto de vista de fertilidad química del suelo, de acuerdo a los resultados de análisis de suelo de tenores de MO, P, K, pH y rangos de SB de la camada superficial de 0-0,10 m de la zafra 2011/2012.

AGRADECIMIENTO

A la empresa Sustenlab S.A., Paraguay, por la concesión de los resultados de análisis de suelos para la elaboración del trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alleoni, L.R.F.; Melo, V.F. 2009. Química e Mineralogia do Solo. Sociedade Brasileira de

- Ciência do Solo. Viçosa, MG. 1020p.
- Bataglia, V. 2011. Clasificación de los niveles de acidez activa (pH) y necesidad de cal agrícola de los suelos de la Región Oriental del Paraguay. Tesis de Grado. Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial. Carrera de Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay.
- Cubilla, M.M.; Wendling, A.; Eltz, F.L.; Amado, T.J.C.; Milelniczuk, J. 2012. Recomendaciones de Fertilización para Soja, Trigo, Maíz y Girasol Bajo el Sistema de Siembra Directa en el Paraguay. CAPECO, 2012. Asunción, Paraguay. 88p.
- Fatecha Acosta, A.; López Portillo, J. 1998. Uso de la cal agrícola en el Paraguay. Caacupé, Ministerio de Agricultura y Ganadería e Itaipú Binacional. 27 p. (Boletín de Divulgación N° 38).
- Fatecha, A. 1999. Guía para la fertilización de cultivos anuales y perennes de la Región Oriental del Paraguay. Caacupé: MAG/SSEA/DIA. 23p.
- Fatecha, D. 2004. Clasificación de la fertilidad, acidez activa (pH) y necesidad de cal agrícola de los suelos de la Región Oriental del Paraguay. Tesis de Grado. Departamento de suelos y ordenamiento territorial. Carrera de Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay.
- Ferreira, G. 2002. Lo Mejor de la Geografía del Paraguay. El Lector. Asunción, Paraguay. 123 p.
- Ferreira, R.; Alvarez, V.; Felix, N.; Fontes, R.; Bertola, R.; Lima, J., 2007. Fertilidade do solo. Brasil. 1017p.
- Fullaondo, E. 2014. Clasificación del nivel de materia orgánica de los suelos de la Región Oriental del Paraguay. Tesis de Grado. Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial. Carrera de Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay.
- González, E. 1995. Cal Agrícola: Requerimientos, técnicas de Aplicación, Suelos y Aspectos agronómicos. Geo Consultores. Asunción, Paraguay. 300p.
- Jorge, V. 2012. Clasificación de niveles de fósforo de los suelos de la Región Oriental del Paraguay. Tesis de Grado. San Lorenzo. Paraguay. Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial. Carrera de Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay.
- Koppen, W. Grundriss der Klimakunde. Berlin: Walter de Gruyter, 1931. 390p.
- Lopes, A. S. 1990. Acidez do solo e calagem. 3a ed. Ver. / A S. São Paulo, ANDA.22 p. (Boletín Técnico, 1). Disponible en <http://www.malavolta.com.br/pdf/calagemshid.pdf>. Consultado el 15 de enero del 2017.
- López G., O.; González, E.; De Llamas., P.; Molinas, A.; Franco S.; García, S.; Ríos, E. 1995. Estudio de Reconocimiento de suelos, capacidad de uso de la tierra y propuesta de ordenamiento territorial preliminar de la Región Oriental del Paraguay. Proyecto de Racionalización del uso de la tierra SSERNMA/MAG/Banco Mundial. Asunción, Paraguay.
- López, O.; Molinas, A.; Vega, S.; Galeano, M. 1996. Fertilidad de Suelos de la Región Oriental del Paraguay. I. Acidez y Necesidad de Encalado. FCA/UNA. San Lorenzo, Paraguay. 35p.
- MAG/IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, PY). 2003. PARAGUAY: En el mapa competitivo del mundo “Koalkatuta”. Informe final. Agendas subsectoriales y por Áreas Temáticas. (Disco compacto). Asunción. Paraguay.
- MAG/D.C.E.A (Dirección de Censos y Estadísticas Agropecuarias). 2008. Censo Agropecuario Nacional 2008. San Lorenzo, Paraguay. 105p.
- Malavolta, E. 2006. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres. 638p.
- Martínez, R. 2011. Clasificación de niveles de potasio de los suelos de la Región Oriental del Paraguay. Tesis de Grado. San Lorenzo. Paraguay. Departamento de Suelos y Ordenamiento Territorial. Carrera de Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay.
- Mello, F.; Oliveira, C.; Arzolla, S.; Silvera, R.; Netto, A.; Castro, J., 1988. Fertilidade do Solo. 3ra edición. Nobel. São Paulo, BR. 400p.
- Raij, B. van. 2011. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes/ Piracicaba: International Plant Nutrition Institute. 420p.
- Raij, B. van; Cantarella, H.; Quaggio, J.A.; Furlani, A.M. (Ed.) Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2. Ed. Campinas, SP: Instituto Agronômico e Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100).