



CONFECCIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS PARA EVALUAR LA FERTILIDAD DEL SUELO EN LAS ÁREAS AGRÍCOLAS DEL INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

Making thematic maps to evaluate soil fertility on areas of the National Institute of Agricultural Sciences

Alfredo Calderón Puig[✉], David Lara Franquiz y Adriano Cabrera Rodríguez

ABSTRACT. Usually, fertility of soils is evaluated based on chemical, physical or biological analysis, comparing the results obtained with preset calibration scales. This is in some way tedious and with little or any spacial visualization of their edaphic behavior. Taking on consideration the above-mentioned features, a work was developed at Las Papas farm belonging to the National Institute of Agricultural Sciences (INCA), whose main objective was to elaborate thematic maps of pH, organic matter, assimilable P and exchangeable cations to use them in the handling of there soils. The soil sampling was carried out with a drill, to a depth of 0-20 cm, using the zigzag method, and where sampled chemical analyses were carried out, using the analytic techniques used at the laboratory of INCA where each lot, whit 4,6 ha were evaluated, taking five composed samples for area. The maps show the prevalence of lightly sour to sow soils, with low to medium contents of organic material and high content of P and high to medium in K, low values of Ca and Mg, although in the last one, with few exceptions, there exist areas with medium content. Take decisions about the fertilization, amendments and the crops to grow, on that soils.

Key words: soil, sampling, soil chemicophysical properties, soil fertility, nutrients

RESUMEN. Habitualmente, la fertilidad de los suelos se evalúa a partir de análisis químicos, físicos o biológicos, comparando los resultados con escalas de calibración preestablecidas. Esto resulta en alguna medida tedioso y con poca o ninguna visualización espacial del comportamiento edáfico. Tomando en consideración lo anterior, se desarrolló un trabajo en la Finca «Las Papas» perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), cuyo objetivo fue elaborar los mapas temáticos para el pH, la materia orgánica, el P asimilable y los cationes intercambiables y su utilización en el manejo de los suelos. El muestreo de suelo se realizó con barrena a una profundidad de 0-20 cm, empleándose el método del zigzag y se muestrearon todos los lotes con aproximadamente 4,6 ha cada uno a razón de cinco muestras compuestas por área. Los análisis químicos se realizaron utilizando las técnicas analíticas establecidas en el laboratorio de suelos del INCA, para cada propiedad química evaluada. En los mapas se visualiza predominio de los suelos ligeramente ácidos y ácidos, contenidos de bajo a medio de materia orgánica, posible fosfatamiento de los suelos, contenidos alto y medio de K predominando los primeros, valores bajos de Ca y Mg, aunque para este último catión, en pocas excepciones, se refleja la existencia de áreas con valores medios. Los mapas confeccionados permiten tomar decisiones para el establecimiento de los cultivos y el manejo de la fertilización.

Palabras clave: suelo, muestreo, propiedades físico-químicas suelo, fertilidad del suelo, nutrientes

INTRODUCCIÓN

Los suelos son el medio fundamental de producción en la agricultura; y juegan un papel primordial en el contexto económico actual, por eso la aplicación de un modelo de agricultura de altos insumos y las causas sociales como

la separación del hombre de la tierra influyó de manera determinante en el estado de los mismos (1).

El análisis de fertilidad de suelo es el procedimiento por el cual se mide las reservas de elementos esenciales que tiene el mismo, para saber su capacidad de suministrar nutrientes, lo cual puede proporcionar a los investigadores y agricultores una base precisa y confiable para que puedan tomar decisiones apropiadas respecto a las enmiendas y fórmulas de fertilización que requieren sus experimentos o parcelas. La fertilidad de los suelos se evalúa a partir de análisis químicos, físicos o biológicos, lo que resulta en alguna medida tedioso y con poca o ninguna visualización

M.Sc. Alfredo Calderón Puig y M.Sc. David Lara Franquis, Especialistas; Dr.C. Adriano Cabrera Rodríguez Investigador Titular del departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las plantas, Instituto Nacional Ciencias Agrícolas, gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32700

✉ calderon@inca.edu.cu; dolara@inca.edu.cu; nani@inca.edu.cu

espacial del comportamiento edáfico, por ende, su conocimiento resulta importantísimo para el manejo adecuado de los suelos.

La degradación de los suelos, ha tomado dimensiones internacionales afectando con mayor incidencia a las regiones tropicales, de las que no se excluyen a los suelos agrícolas de Cuba, en los que se combinan los factores naturales con los de manejos por el hombre ya que los procesos ocurren en forma más enérgica como resultado del cambio climático, la aplicación de tecnologías sofisticadas con altos insumos en la agricultura y los factores propios del subdesarrollo (2). La Sociedad de la Ciencia del Suelo ha identificado a la degradación de las tierras, como el principal problema ambiental de Cuba, con 76,8 % de las tierras productivas afectadas por al menos un factor limitante de su productividad y citan el manejo inadecuado de nutrientes (incumplimiento de la Ley de retorno), el riego, el monocultivo y las malas prácticas aplicadas a los suelos y la vegetación (3). Las Ciencias del Suelo están llamadas a influir de forma determinante, en propiciar que el suelo ocupe, como elemento fundamental del ecosistema, el lugar que le corresponde en la formulación de políticas ambientales, agrarias e institucionales, encaminadas a revertir o atenuar la situación actual (4).

Cuba es un territorio sometido a la antropogénesis tropical (5), dentro del país la llanura Roja de la Habana-Matanzas es una de las regiones con mayor influencia de la agricultura en las propiedades de los suelos, con más de cuatro siglos de explotación agrícola según Crawley en 1917 citado por (6). La mayor parte de los suelos Ferralíticos Rojos presentan una alta degradación, dada por los bajos contenidos de materia orgánica, compactación, pH altos, erosión fuerte y, en general baja productividad (7). Dentro de este contexto se ubica, el escenario finca «Las Papas», de San José de las Lajas, de la provincia Mayabeque. Tomando en consideración esta problemática nos proponemos como objetivo: establecer los mapas temáticos de las principales propiedades químicas de los suelos de la finca, para el establecimiento de los cultivos y el manejo de la fertilización.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en la finca «Las Papas» del departamento de Servicios Agrícolas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, de San José de las Lajas provincia Mayabeque, ubicada en las coordenadas 23° 00' de latitud Norte y 32° 12' de longitud Oeste, a 138 msnm, próximo a la Autopista Nacional en el km 24, cuyos suelos son Ferralítico Rojo Lixiviado eútrico siguiendo la Nueva Clasificación de los Suelos (8), que se correlaciona con un Nitisol Ferrálico (éutrico, ródico) de acuerdo a lo establecido por (9). La finca cuenta con una superficie cultivable de 110,88 ha, de la que 68,88 ha, corresponden a los 16 lotes con aspersión semiestacionaria, las otras 42 ha pertenecen a dos sistemas de Máquinas Eléctricas de Pivote Central (MEPC).

El muestreo de suelo se realizó con barrena a una profundidad de 0-20 cm, empleándose el método del zigzag, se muestrearon todos los lotes con aproximadamente 4,6 ha. cada uno, a razón de cinco muestras compuestas por áreas. Las Fotos 1 y 2 ilustran el momento del muestreo.



Foto 1. Proceso de la toma de muestras



Foto 2. Muestras de suelos para el laboratorio

Las muestras después del proceso de secado, cuarteado y molinado se llevaron al laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas y según metodología propuesta por (10) se efectuaron las siguientes determinaciones químicas: pH, medido potenciométricamente con la relación suelo: agua (1:2,5), el contenido de materia orgánica por digestión húmeda con dicromato en medio ácido (Walkley y Black). Los cationes intercambiables por: extracción con NH_4AC , 1 mol.L⁻¹ a pH 7 y determinación por valoración con EDTA (Ca y Mg) y fotometría de llama (Na y K). Además, se realizaron las determinaciones de fósforo, analizándose P disponible por extracción con ácido sulfúrico por la técnica de Oniani (11). Para establecer las categorías del pH y de la fertilidad para cada nutriente nos basamos en las tablas de interpretación propuesta por (12).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el mapa temático de la reacción del suelo (pH) se puede observar que esta propiedad química del suelo varía para los diferentes lotes en cuatro categorías: ácido, ligeramente ácido, neutro y ligeramente alcalino (Figura 1).

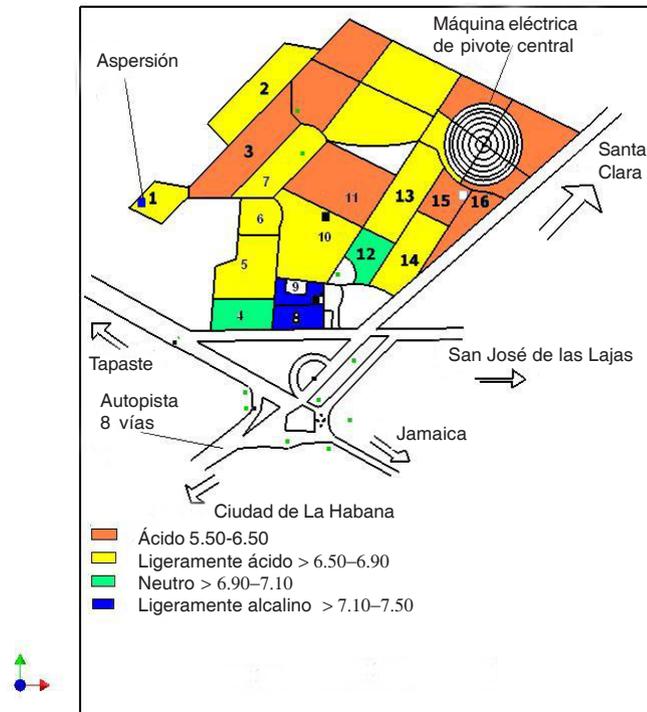


Figura 1. Mapa temático de la reacción del suelo, pH

En la mayoría de los lotes y todos los cuadrantes de ambas máquinas de riego el pH se presenta como ligeramente ácido y ácido, a excepción de los lotes 4 y 12 con carácter neutro y, 8 y 9 que se comportan como ligeramente alcalino. Estudiando varios perfiles de suelos en esta finca algunos investigadores encontraron que para la mayoría de los perfiles el pH es cerca de neutro en superficie, disminuyendo por debajo de 40-50 cm (13). En relación con esta temática (14) desarrollaron un experimento en la Empresa «Niña Bonita» en Bauta sobre un suelo FRL (8) y determinaron un pH de 6.5 considerado como ácido, lo cual es muy similar a lo obtenido por otro científico que investigando en un suelo FRL del municipio Santa Cruz del Norte informó pH de 6.4 y 6.5 para dos años consecutivos (15), los que presentaron una reacción ácida, en ambos casos fueron valores típicos y representativos para estos suelos.

Los valores de pH clasificados como alcalinos en este estudio corroboran en cierta medida los resultados alcanzados unos años antes en las investigaciones sobre evaluación de perfiles de suelos en área de cultivo intensivo en esta finca experimental, cuyos investigadores informaron de algunos pH en H_2O en la profundidad de 0-22 cm como ligeramente alcalinos (13), estos son suelos que han sido muy utilizados en la investigación científica o en la producción agrícola con diferentes cultivos.

Sin embargo, encontraron una disminución relativa del pH en los perfiles más conservados, debido quizás, a que estos últimos han estado menos expuestos a la explotación agrícola intensiva. También se encontraron valores de pH ligeramente alcalinos y alcalinos para el montaje y desarrollo de sus experimentos en esta finca (16). Por otra parte se reportó pH ligeramente ácido, ligeramente alcalino y alcalino (17). Otros autores (18) encontraron un pH ligeramente alcalino estudiando en dichas áreas el cultivo del trigo duro (*Triticum durum*), todo lo cual demuestra una variabilidad de la reacción del suelo en los diferentes lotes.

No obstante, otros consideran que en los últimos 10 años se viene registrando un aumento del pH, principalmente en las áreas de baja explotación agrícola con cultivos varios, en los Suelos Ferralíticos Rojos de la provincia de Mayabeque, y suponen entonces, que en las áreas de baja producción agrícola intensiva, el pH está ascendiendo sistemáticamente, debido al funcionamiento del suelo, el cultivo intensivo y el cambio climático (13).

Estas diferencias de pH para un mismo tipo de suelo en diferentes localidades pudiera deberse al cambio y nivel de explotación agrícola de la tierra (19, 20), pero también, puede haber sido provocado por el manejo intensivo del riego aplicado al mismo con aguas de alto contenido de Ca (21).

En el mapa temático de la materia orgánica (MO) se destacan dos categorías: medio y bajo. Los valores bajos fueron reportados en la mayoría de las superficies, localizándose los contenidos medio en los lotes 5, 6, 12, 14, 15 y 16 para la superficie semiestacionaria (Figura 2).

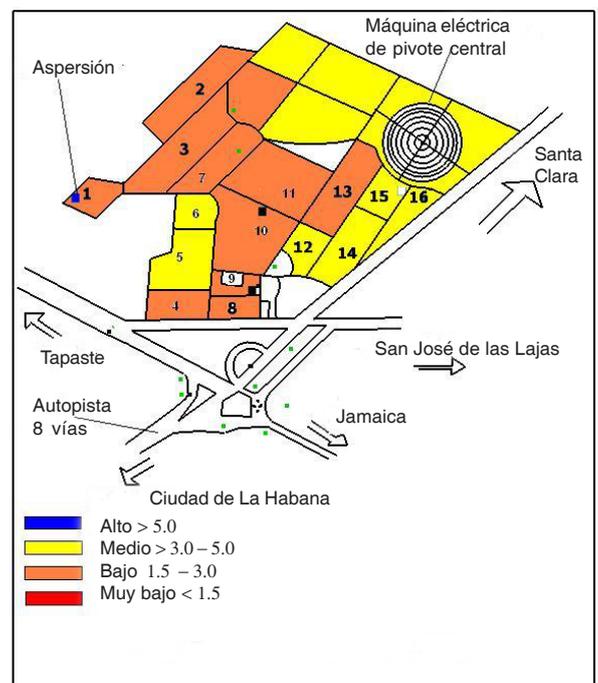


Figura 2. Mapa temático de la materia orgánica (%)

Para las máquinas eléctricas de pivote central fueron encontrados en todos los cuadrantes valores medios, excepto para el cuadrante I de la (MEPC) no. 2 donde se reporta un valor bajo.

Analizando un grupo de perfiles en este predio (13) concluyeron, que en los suelos que han estado bajo cultivo intensivo encontraron un contenido menor de 2% a diferencia de otros perfiles con cierto grado de conservación del suelo, donde los porcentajes fueron superiores. En diferentes áreas de la finca varios autores (16, 17, 22) encontraron contenidos de materia orgánica bajos, lo cual pudiera deberse a que todas estas áreas han sido sometidas a una explotación agrícola intensiva con diferentes cultivos y durante varios años, sin un adecuado manejo del suelo o sin recibir ningún tipo de mejora nutricional desde hace mucho tiempo.

En experimentos realizados en este tipo de suelo del municipio Santa Cruz del Norte en dos años diferentes se reportaron valores de 1.13 y 1.20 % de materia orgánica considerados como muy bajos, lo cual demuestra una vez más el nivel de degradación de la fertilidad del suelo por el uso de la tierra en el monocultivo intensivo de la caña (15). También como prueba de la no conservación de suelos están los resultados informados por otros autores al obtener en el municipio Bauta en suelos de este tipo dedicado a los pastos un 2.7 % evaluados como bajos (14). En relación con esto se expresó que uno de los componentes del suelo que más afectado se ve por los cambios en las condiciones climáticas, es la materia orgánica y esto se refleja en sus características (23).

Esta problemática fue destacada por Crawley en 1917 citado por otros (6), cuando expuso que las tierras rojas de Mayabeque necesitaban de la aplicación de abonos y de la implantación de un sistema de rotación de cosechas, debido a su pérdida de fertilidad; en correspondencia con esto se señala que las malas prácticas agrícolas es un factor que afecta los suelos por un mal manejo agronómico (24) y que como plantearon algunos (25) por eso han sido recomendadas también, algunas gramíneas como abonos verdes por su alta producción de masa seca y acumulación de nutrientes, para poder mejorar los factores limitantes expuestos (26) que inciden en las cosechas y sus rendimientos por la pérdida de su fertilidad.

Los porcentajes medios de materia orgánica, fueron localizados en áreas donde se ubican plantaciones de cafeto y algunos frutales con más de 30 años, que han producido cierto efecto de conservación sobre las propiedades químicas del suelo, especialmente sobre la materia orgánica y a lo que se añade las áreas de los lotes que durante años han permanecido en estado de barbecho, conociendo que han sido reportadas 15 especies arvenses, cuyos residuos han sido depositados de manera natural como restos orgánicos que han incrementado el contenido de materia orgánica en la superficie agrícola de estos lotes (27). Solamente algunos investigadores (16, 18, 28) en las áreas de esta finca determinaron porcentajes ligeramente superiores al 3 %. Otros trabajos se refieren a la importancia de mejorar el contenido de la misma en el suelo (29).

Uno de los problemas graves que tienen los suelos en las regiones tropicales es el alto grado de mineralización de la materia orgánica, sobre todo cuando se ponen en explotación agrícola. Según el cultivo que se implante, el clima y manejo agrícola, será el contenido de esta en el suelo (19, 30). Es bien conocido y ampliamente debatido el papel de la misma en los suelos, la materia orgánica conjuntamente con el hierro forma microagregados estables en la parte superior del perfil, como parte de la formación natural del suelo y estos tienden a descomponerse por la influencia antropogénica, cuando el suelo es sometido al cultivo intensivo (31). El contenido de materia orgánica que en general mostró valores medios y bajos, indica la necesidad de la mejora de estos suelos con otras buenas prácticas, pues no solo está relacionada con la fertilidad sino también con otras propiedades edáficas como son la densidad aparente, el coeficiente de dispersión y la porosidad total (32).

Los cambios globales ocurren en todas las regiones del planeta, principalmente en las zonas tropicales, debido a la variable incidencia del clima (altas temperaturas, humedad y lluvias con alta intensidad), así como la aplicación de grandes paquetes tecnológicos en la agricultura que propician el incremento de estos problemas, y, estos factores por supuesto conllevan a una rápida destrucción de la materia orgánica del suelo, con el subsecuente deterioro de la estructura de su capa superficial arable, influyendo principalmente en el suelo y sus propiedades (33).

Últimamente para mejorar la producción y reducir la aplicación de fertilizantes químicos, se ha intentado buscar tecnologías alternativas, entre ellas, la utilización de residuos de plantas, abonos animales, composta, humus de lombriz, biofertilizantes, bioproductos y abonos verdes que incorporan materia orgánica al suelo, mejoran su fertilidad al incidir en las propiedades físicas, químicas y biológicas y aumenta las poblaciones microbianas que contribuyen a mejorar la eficiencia en la toma de nutrientes (14, 15, 18, 24, 25, 33, 34, 35, 36,).

El mapa temático del suministro de P_2O_5 ($mg \cdot kg^{-1}$) plantea que para el caso del suministro de fósforo se encontraron para todos los lotes valores superiores a los $50 mg \cdot kg^{-1}$ de P_2O_5 , por lo que todos se ubicaron en una sola categoría, la de un suministro muy alto del elemento incluyendo los cuatro cuadrantes de cada una de las máquinas eléctricas de pivote central (Figura 3).

En la finca todos los resultados encontrados para este elemento hablan de cantidades muy altas (16, 17, 18, 22) reportaron contenidos muy elevados en todas las áreas experimentales. También en Bauta y Santa Cruz del Norte se consideran altos para los suelos FRL al estar por encima de 100 ppm. En este trabajo se reportan tenores muy altos debido quizás, al efecto residual de una fertilización fosfórica sistemática o aplicaciones intensivas durante muchos años por el desarrollo de experimentos de diferentes cultivos, causando un posible fosfatamiento de estos suelos (14, 15).

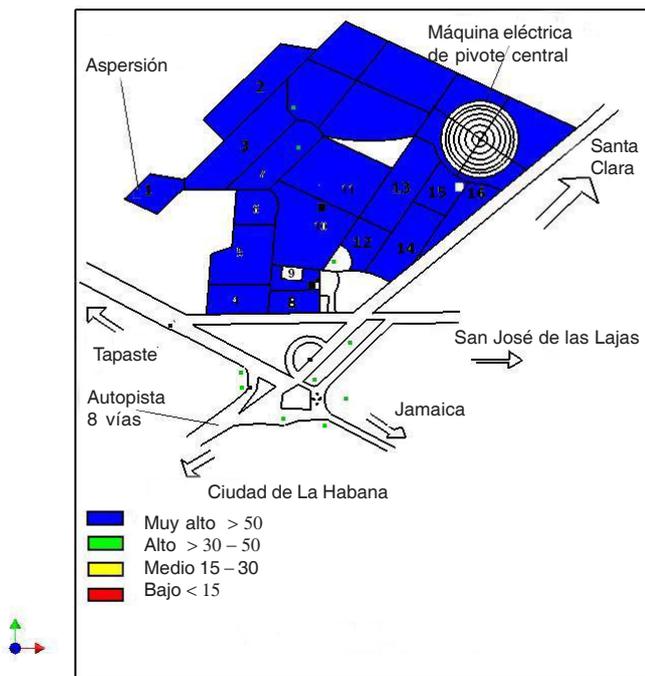


Figura 3. Mapa temático del suministro de P_2O_5 ($mg.kg^{-1}$)

Sin embargo, el contenido de fósforo en los suelos de regiones cálidas tiende a ser bajo, en Colombia en los suelos para estas regiones se considera un contenido alto de P asimilable cuando es superior a 40 ppm (37) el que depende por lo general del fósforo nativo que casi siempre es bajo, salvo que se hayan hecho aplicaciones de fertilizantes, ya que para muchos suelos y cultivos hay poco efecto residual de la fertilización fosfórica (38).

En el mapa temático del suministro de potasio ($cmol.kg^{-1}$) se manifiestan contenidos altos, medios y bajos de este catión (Figura 4).

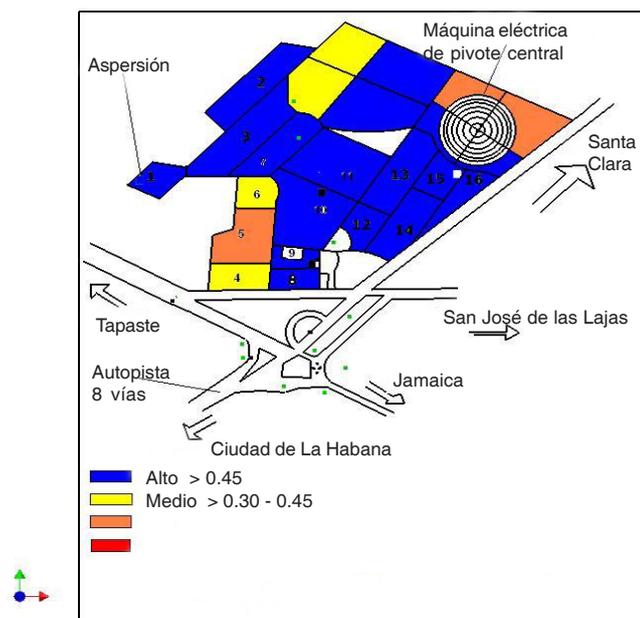


Figura 4. Mapa temático de suministro de potasio del suelo ($cmol.kg^{-1}$ de K)

Se aprecia que los valores bajos se encontraron en el lote 5 y en los cuadrantes II y III de la máquina eléctrica de pivote central no. 1, superficies correspondientes a lotes con plantaciones viejas de aguacate, cítricos, cafetos y plátanos por ser plantas que tienen un alto consumo de potasio sobre todo el plátano, y que son cultivos perennes que no han recibido ningún tipo de fertilización o manejo alternativo durante muchos años en intensa explotación. En sus estudios (17) determinó el valor más bajo de este catión que fue de 0.16 cmol.kg^{-1} . Frecuentemente el contenido de potasio de los suelos tropicales tiende a ser bajo y muy bajo, debido a la misma naturaleza de los materiales parentales, procesos avanzados de meteorización, gran solubilidad del elemento y una alta extracción por las plantas (39).

Por otra parte, los contenidos medio de este elemento se ubicaron en los lotes: 4 y 6, y cuadrantes: I y II de la máquina eléctrica de pivote central no. 2 donde hubo experimentos de cítricos y piña con manejo de la fertilización potásica durante años y donde existía hasta el momento del trabajo una antigua plantación de cafeto.

En la mayor cantidad de lotes y en los cuadrantes III y IV de la máquina eléctrica de pivote central no. 2 se encontraron contenidos extremadamente altos del elemento ($> 0.45\text{ cmol.kg}^{-1}$ de K). Referente al contenido de potasio en estos suelos de la finca se reportó un contenido de 0.64 cmol.kg^{-1} (22), así como otros investigadores plantearon contenidos de 0.50 cmol.kg^{-1} para las áreas de cultivo intensivo y 0.90 cmol.kg^{-1} para el perfil más conservado (13). Por otra parte se determinaron valores hasta 0.87 cmol.kg^{-1} (17) y en análisis suelo de distintas áreas para desarrollar experimentos se reportaron contenidos desde 0.46 hasta 1.28 cmol.kg^{-1} (16). Esto pudiera deberse a que en la mayoría de estos lotes se realizaron investigaciones en los cultivos de plátano, piña, cafeto, caña de azúcar, cítricos y papas con diferentes dosis de este elemento llegando incluso a utilizarse algunas muy elevadas (40, 41). Sin embargo, evaluando el contenido de potasio en zonas cálidas se propusieron valores críticos de 0.25 , 0.35 y $0.45\text{ meq.}100\text{ g}^{-1}$ (42).

Mapa de suministro de calcio del suelo ($cmol.kg^{-1}$). Se reportan para el Ca tenores bajos, muy bajos y medios (Figura 5).

En la mayoría de los lotes estos fueron bajos, reportándose como medio solo en el cuadrante IV de la máquina eléctrica de pivote central no. 2 y como muy bajos en el lote 5 y en el cuadrante III de la máquina eléctrica de pivote central no. 1, algunas submuestras presentan contenidos de este elemento superiores a 20 cmol.kg^{-1} , lo cual se puede deber a la aplicación de encalado en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum spp*) en los años antes y después de la década de 1970, lo que pudiera ser un factor que deba tenerse en cuenta para los experimentos que se establezcan en las áreas de esos lotes con alto contenido del elemento. En investigaciones realizadas en esta finca se informaron contenidos de calcio mayores de 15 cmol.kg^{-1} (13, 18);

después de realizado este trabajo y en investigaciones efectuadas otro autor informó resultados de este elemento superiores a 12 cmol.kg^{-1} en un grupo de experimentos desarrollados precisamente en estos suelos (16), quien consideró fueron típicos de los mismos y que garantizaron un adecuado suministro de este nutriente para los cultivos, resultados que son corroborados por este trabajo y reafirmados por otro autor (17) quien también se refiere a valores similares en trabajos posteriores. En suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados de Bauta y Santa Cruz del Norte se reportaron $10,27$ y $10,57 \text{ cmol.kg}^{-1}$ respectivamente, tenores de este catión considerados como adecuados para este tipo de suelo (14, 15).

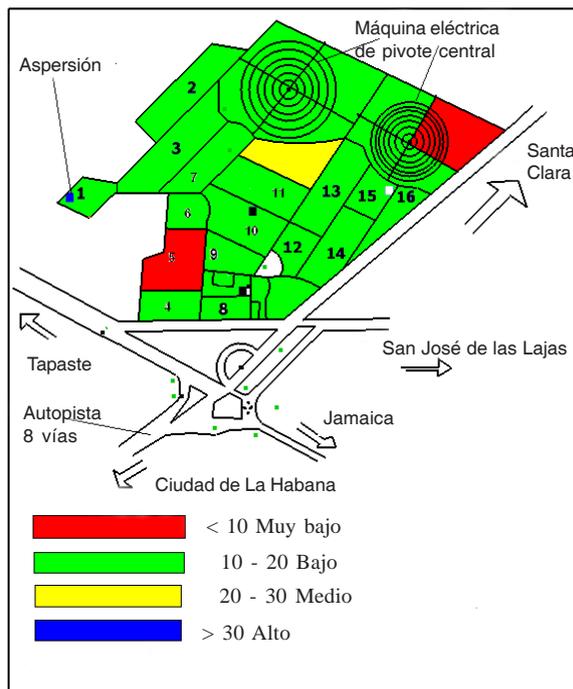


Figura 5. Mapa temático de suministro del calcio (cmol.kg^{-1})

Mapa del suministro de magnesio del suelo (cmol.kg^{-1}). El mapa ilustra que los contenidos del Mg oscilan entre bajos y medios (Figura 6). En la mayoría de los lotes los contenidos del elemento fueron bajos, los contenidos medios se encontraron en los lotes 6, 10 y 11, y en los cuadrantes III y IV de la máquina eléctrica de pivote central no. 2 y en los cuadrantes I y III de la no. 1. Para estos suelos se determinaron valores entre 2 y 2.8 cmol.kg^{-1} (13). Sin embargo, otros investigadores (18, 22) hablaron de contenidos superiores a $3.00 \text{ cmol.kg}^{-1}$, pero ya refiriéndose a este catión se reportaron valores en un caso hasta por encima de $4.00 \text{ cmol.kg}^{-1}$ y en otros; sin embargo, solamente superiores a 2.0 cmol.kg^{-1} , planteando que los contenidos de Mg intercambiable fueron típicos de estos suelos y también garantizaron un adecuado suministro del nutriente para los cultivos en estudios (16). Para otros experimentos en el propio escenario los mayores contenidos estuvieron por encima

de $3.00 \text{ cmol.kg}^{-1}$ (17). Por otra parte se han reportado valores de $2.24 \text{ cmol.kg}^{-1}$ en Bauta (14) y de 4.10 y $4.90 \text{ cmol.kg}^{-1}$ en Santa Cruz (15) reportó valores para dos años, los que se consideran bajos.

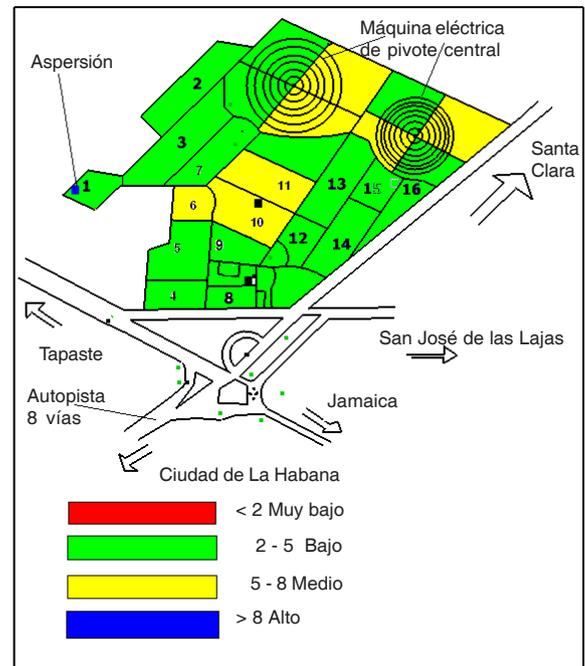


Figura 6. Mapa del suministro de magnesio del suelo (cmol.kg^{-1})

En general los contenidos de Mg son bajos y en determinados lotes se presentan como medio mostrando tendencia a subir, estos últimos se han presentado en los lotes con mayores posibilidades de conservación al estar en barbecho muchos años, en la condición de bosque de frutales o donde hubo plantaciones de plátano con una alta aplicación de este elemento. En cuanto al contenido de bases cambiables se refiere, los horizontes superficiales son más ricos (20); sin embargo, estos autores encontraron un contenido superior de las bases en los perfiles más conservados que en los sometidos a cultivos intensivos, por el aporte de calcio y magnesio de las hojas en el ciclo biológico de las sustancias. El aporte de una gran cantidad de hojarasca contribuye a la formación de un horizonte orgánico (O) en la parte superior del perfil, lo que lo diferencia de los horizontes del perfil menos conservado. Por lo que hay que tener en cuenta el suelo como sistema y el ingreso que recibe en bases (calcio y magnesio principalmente) por la agricultura intensiva, sin coberturas o arropes y generalmente con riego, con aguas duras, como son las aguas subterráneas de la provincia Mayabeque. Por el funcionamiento de estos suelos, se conoce que no tienen una salida inmediata de las aguas, sino que la humedad en épocas de seca asciende a la superficie con un lavado inverso, retroalimentando el horizonte superficial en cationes como el calcio y el magnesio; entonces, si se ha añadido más cantidad de agua con cationes, esto conlleva al aumento del contenido normal de Ca y Mg en la parte superior

media del perfil y el consiguiente aumento también del pH.

Los valores de Na intercambiable en general fueron muy bajos ($< 1.0 \text{ cmol.kg}^{-1}$). En estas propias áreas (17, 34) encontraron contenidos que se mantuvieron dentro de los rangos admisibles para los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados, otros investigadores para esta misma condición de suelo también han reportado valores muy bajos (16, 18).

La importancia de contar con los resultados de suelo en dicho trabajo nos proporciona una información bastante exacta y segura sobre el balance nutricional que actualmente poseen los suelos de este escenario, y la certeza de buscar un adecuado balance en el suministro de nutrientes y otras alternativas para el reciclaje de los mismos, con el fin de lograr el adecuado crecimiento y desarrollo de los cultivos que se establezcan tanto con carácter experimental como los que puedan constituir la modalidad de producción de alimentos, desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo al aspirar a rendimientos superiores con el manejo.

La importancia de estos monitoreos, incluso teniendo en cuenta los rendimientos de los cultivos, pueden identificar las áreas que pudieran necesitar un manejo especial, así como las que requieran diferentes niveles de nutrientes.

Existen evidencias científicas que demuestran que pueden existir grandes diferencias en la disponibilidad de nutrientes entre áreas de un mismo campo o parcela, pero el manejo de esta variabilidad para su corrección requiere de más trabajo y rigor, aunque los beneficios serán, a la postre, más sustanciosos (43).

Tomando en consideración todo lo abordado en el trabajo, recomendamos la no realización de experimentos para evaluar respuesta de los cultivos a la fertilización fosfórica en la finca, debido a los altos contenidos de este nutriente en el suelo. Así como la realización de experimentos para evaluar respuesta a la fertilización potásica, donde los altos contenidos de este nutriente en el suelo no comprometan la respuesta de los cultivos. De igual forma, para el establecimiento de aquellos cultivos, que se siembren o planten para la producción de alimentos, se deben considerar los altos contenidos de fósforo y potasio.

REFERENCIAS

1. Ponce de León, D. Política Agraria y Ciencia del Suelo, Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo. *Boletín-e de la SCCS*, 2007, vol. 2, no. 4. Edición Especial. ISSN: 1992-4089.
2. Morell, F. Degradación de las propiedades agrobiológicas de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados por la influencia antropogénica y su respuesta agroproductiva al mejoramiento. [Tesis de Maestría]. INCA, 2006, 97 p.
3. Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo. *Boletín-e de la SCCS*, 2007, vol. 2, ISSN: 1992-4089.
4. INFOAGRO. Análisis de Suelos, 2007. [Consultado: 17/12/2007]. Disponible en: <http://www.infoagro.com/>.
5. Hernández, A.; Morales, M.; Morell, F.; Borges, Y.; Moreno, I.; Ríos, H. y Vargas, D. Algunos resultados sobre las pérdidas de carbono en ecosistemas con suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados en clima tropical subhúmedo de Cuba. *Cultivos Tropicales*, 2007, vol. 28, no. 3, p. 55-60.
6. Hernández, A.; Morell, F.; Ascanio, M. O.; Borges, Y.; Morales, M. y Yong, A. Cambios globales de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados (Nitisoles Ródicos Eutricos) de la provincia La Habana. *Cultivos Tropicales*, 2006, vol. 27, no. 2, p. 41-50.
7. Febles, J. M. Estrategias agroecológicas para la conservación de suelos. En conferencias: Curso de Maestría en Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes. INCA, La Habana, 2009.
8. MINAG. Instituto de Suelos. Nueva versión de clasificación genética de los Suelos de Cuba. La Habana, Agrinfor, 1999, p. 64.
9. IUSS Working Group WRB. World Reference Base for soil resources. World Soil Resources Reports. FAO, Rome, 2006, No. 103, 128 p.
10. Paneque, V. M.; Calaña, J. M.; Calderón, M.; Borges, Y.; Hernández, T. y Caruncho, M. Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos. Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas. INCA, 2010, ISBN: 978-959-7023-50-0, 92 p.
11. ONN. Calidad del suelo-determinación de las formas móviles de fósforo y potasio. *Norma cubana-52*. Editado por: Oficina Nacional de Normalización. La Habana, 1999, p. 12.
12. Paneque, V. M. y Calaña, J. M. La fertilización de los cultivos. Aspectos teóricos prácticos para su recomendación. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas. La Habana, 2009, p. 29.
13. Morell, F.; Hernández, A.; Fernández, F. y Toledo, Y. Caracterización Agrobiológica de los Suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados de la Región de San José de las Lajas, en relación con el cambio en el Manejo Agrícola. *Cultivos Tropicales*, 2006, vol. 27, no. 4, p.13-18.
14. Calderón, M. y González, P. J. Respuesta del pasto guinea (*Panicum Maximun*, cv. Likoni) cultivado en suelo Ferralítico Rojo Lixiviado a la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares. *Cultivos Tropicales*, 2007, vol. 28, no. 3, p. 33-37.
15. González, J. Efecto de los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) y un fitoestimulador sobre los cultivos de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) y el boniato (*Ipomoea babata* Lam) en suelo Ferralítico Rojo Lixiviado. [Tesis de Maestría]. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Empresa Agropecuaria «Camilo Cienfuegos». La Habana. 2008, 85 p.
16. Martín, G. M. Manejo de la inoculación micorrízica arbuscular, la *Canavalia ensiformis* y la fertilización nitrogenada en plantas de maíz (*Zea mays*) cultivadas sobre suelos Ferralíticos Rojos de La Habana. [Tesis de Doctorado]. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 2009, 161 p.
17. Mujica, Y. Efectividad de la inoculación líquida con HMA en la nutrición del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en suelo Ferralítico Rojo Lixiviado. [Tesis de Maestría]. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana. 2009, 73 p.

18. Plana, R.; González, P. J.; Dell'Amico, J. M.; Fernández, F.; Calderón, A. y Marrero, Y. Efecto de dos inoculantes micorrízicos arbusculares (base líquida y sólida) en el cultivo del trigo duro (*Triticum durum*). *Cultivos Tropicales*, 2008, vol. 29, no. 4, p. 35-40.
19. Borges, Y. Contribución al estudio de la degradación de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados por el cambio de uso de la tierra. [Tesis de Diploma]. UNAH. 2004, 67 p.
20. Hernández, A.; Ascanio, M. O.; Morales, M.; Morell, F. y Borges, Y. Cambios globales en los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados (Nitisol ferrálicos, ródicos, éutricos) de la llanura roja de La Habana. *Cultivos Tropicales*, 2006, vol. 24, no. 2, p. 51-55.
21. Hernández, A.; Morell, F.; Morales, M.; Borges, Y. y Ascanio, O. Consideraciones sobre impactos de los cambios globales en los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados (Nitisoles ródicos éutricos) de Cuba. *Cultivos Tropicales*, 2006, vol. 27, no. 2, p. 41-50.
22. Martín, G.M.; Riera, M. y Mujica, Y. Estimación de la fijación biológica del nitrógeno de la *Canavalia ensiformis* por el método de la diferencia de N total. *Cultivos Tropicales*, 2007, vol. 28, no. 4, p. 75-78.
23. Morales, M.; Hernández, A. y Vantour, A. Los cambios globales y su influencia en el contenido de la materia orgánica en los suelos de Cuba. *Agricultura Orgánica*, 2003, no. 2, p. 15-17.
24. Martín, N. J. y Pérez, G. Evaluación agroproductiva de cuatro sectores de la provincia de Pastana en la Amazonía Ecuatoriana. *Cultivos Tropicales*, 2009, vol. 30, no. 1, p. 5-10.
25. Perin, A.; Santos, R. H. S.; Urquiaga, S. S.; Cecon, P. R.; Guerra, J. G. M. y Fritas, G. B. Sunnhemp and millet as green manure for tropical maize production. *Horticultura Brasileira*, 2005, vol. 23, no. 2, p. 184-188.
26. Hernández, A. Conferencia: Los factores limitantes agroproductivos. Curso de edafología del programa de doctorado. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 2009.
27. Blanco Y. y Leyva, A. Las arvenses y su entomofauna asociada en el cultivo del maíz (*Zea mays*, L.) posterior al período crítico de competencia. *Cultivos Tropicales*, 2009, vol. 30, no. 1, p. 11-17.
28. Sánchez, R.; Ordaz, V. M.; Benedicto, G. S.; Hidalgo, C. I. y Palma, D. J. Cambios en las propiedades físicas de un suelo arcilloso por aportes de lombricompostado de cachaza y estiércol. *Interciencia*, 2005.
29. Morales, M.; Hernández, A. y Vantour, A. Los cambios globales y su influencia en el contenido de la materia orgánica en los suelos de Cuba. *Agricultura Orgánica*, 2003, no. 2, p. 15-17.
30. Hernández, A. y Morell, F. Función ecológica de los suelos y su transformación de los ecosistemas a agroecosistemas: suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados. Conferencia. En: Encuentro Nacional de Papas, INCA, La Habana, 2005.
31. Morell, F.; López, D. y Hernández, A. Finca La Rosita II: Factores limitantes de los suelos. *Cultivos Tropicales*, 2008, vol. 29, no. 2, p. 17-20.
32. Hernández, A.; Ascanio, O.; Morales, M.; Bojórquez, J. I.; García, N. E. y García, J. D. El suelo: fundamentos de su formación, cambios globales y su manejo. Editorial Universidad de Nayarit, México, 2006b, ISBN: 968-833-072, 255 p.
33. Morell, F.; Hernández, A.; Borges Y. y Marentes F. L. La actividad de los hongos micorrízicos arbusculares en la estructura del suelo. Revisión bibliográfica, *Cultivos Tropicales*, 2009, vol. 30, no. 4, p. 25-31.
34. Mujica, Y. y Medina, N. Respuesta del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a la formulación líquida de cuatro cepas de *Glomus* en condiciones de campo. Comunicación Corta. *Cultivos Tropicales*, 2008, vol. 29, no. 3, p. 23-25.
35. Sánchez, C.; Caballero, D.; Cupull, R.; González, C.; Urquiaga, S. y Rivera, R. Los abonos verdes y la inoculación micorrízica de plántulas de *Coffea arabica* sobre suelos Cambisoles Gléyicos. *Cultivos Tropicales*, 2009, vol. 30, no. 1, p. 25-30.
36. Mayor, J. L. Respuesta de la caña de azúcar (*Saccharum sp.*) en el ciclo retoño, a la aplicación de un fitoestimulante de producción nacional. [Tesis de Maestría]. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas y Empresa Azucarera «Boris Luís Santa Coloma». La Habana, 2009, 84 p.
37. León, A. y Martínez, A. Alternativas de la fertilización fosfatada en Colombia. Suelos ecuatoriales XVIII, SCCS, Bogotá, no. 1, 1998, p. 91-97.
38. Guerrero, R. Los fertilizantes químicos. Propiedades y comportamiento agronómico. Colección Punto Verde, monómeros colombo-venezolanos, Bogotá, 1983, no. 3.
39. Marín, G. Fertilidad de suelos con énfasis en Colombia. *Manual de Asistencia Técnica*, 1986, no. 39, Programa de Suelos, ICA, Tibaitatá.
40. García, R.; Guijarro, R. y Díaz, G. Modificaciones del estado nutricional del banano por efecto del potasio en suelos rojos de Cuba. Relación con el rendimiento y control de la fertilidad. *Cultivos Tropicales*, 1979, vol. 1, no. 1, p. 9-22.
41. Martín, J. R. Fertilización del café cultivado al sol en suelo Ferralítico Rojo. I. Efecto de la fertilización con N, P y K sobre las características químicas del suelo. *Cultivos Tropicales*, 1980, vol. 2, no. 2, p. 219-245.
42. Frye, A. EL potasio en suelos de las zonas cálidas secas de Colombia. Suelos ecuatoriales, 1978. IX, no. 2, SCCA, Bogotá.
43. Tecnoagro. Resistencia del trigo al estrés. Avances tecnológicos y agrícolas. Cultivos extensivos, Expoagro «SINALOA», México, año no. 26, 2006, p. 40-42. Disponible en: <<http://www.tecnoagro.com.mx>>.

Recibido: 10 de septiembre de 2010

Aceptado: 9 de noviembre de 2011

¿Cómo citar?

Calderón Puig, Alfredo A.; Lara Franquiz, David O. y Cabrera Rodríguez, Adriano. Confecion de mapas temáticos para evaluar la fertilidad del suelo en las áreas agrícolas del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. *Cultivos Tropicales*, 2012, vol. 33, no. 1, p. 11-18. ISSN 1819-4087