

TÍTULO: TECNOLOGÍAS DE PRECISIÓN EN EL SERVICIO PEDÓLOGO AGROQUÍMICO

Autores: Ing. Idalmis Jiménez Ramírez ⁽¹⁾

Dr.C Mayda Morales González ⁽²⁾

MsC. Jaime Fardales Pérez ⁽³⁾

⁽¹⁾ *Departamento de suelos, Delegación provincial de la agricultura Sancti Spíritus.*

esp-suelos1@ctiss.ssp.minaq.gob.cu

⁽²⁾ *Universidad Central "Martha Abreu" de las Villas. maydamg@uclv.cu*

⁽³⁾ *Universidad "José Martí Pérez" de Sancti Spíritus. jfardales@uniss.edu.cu*

RESUMEN

Teniendo en cuenta el desarrollo actual de las tecnologías de precisión, así como la variabilidad espacial de las propiedades del suelo, se realiza el presente trabajo; el cual tiene como objetivo la utilización de técnicas y tecnologías de agricultura de precisión en el servicio pedológico agroquímico provincial, aplicadas en áreas de la UBPC Sur del Jíbaro. En este sentido se expone el empleo de Sistemas de Posicionamientos Global (GPS) en la fase de muestreo, obteniéndose coordenadas, para georreferenciar información manejada en Sistemas de Información Geográfica (SIG). Con la información georreferenciada y los resultados de análisis de laboratorio, a muestras de suelo, se elaboran mapas temáticos que representan la variabilidad del contenido de nutrientes, en forma de cartogramas agroquímicos dentro del servicio pedológico. Por último, se presenta un análisis de la variabilidad espacial de los parámetros agroquímicos estudiados, del suelo (fósforo, potasio y materia orgánica y pH), resultado de la aplicación de la tecnología propuesta que avala su superioridad respecto a las técnicas tradicionalmente empleadas y aun en uso en el servicio pedológico agroquímico provincial.

Palabras claves: Servicio Pedológico Agroquímico (SPA), Sistema de Posicionamiento Global (GPS), Sistema de Información Geográfico (SIG).

INTRODUCCIÓN

Los atributos de fertilidad química, física y biológica del suelo se manifiestan con gran variabilidad espacial y temporal e influyen en el potencial productivo de los ambientes agrícolas. Paralelamente, el manejo de la fertilización constituye uno de los principales condicionantes de la productividad de los cultivos. Una buena caracterización edáfica, con utilización frecuente de análisis de suelo, es el procedimiento básico para orientar la toma de decisiones en el gerenciamiento agronómico de los cultivos en la agricultura moderna...La cuestión clave es: delimitar la ubicación de esas variaciones e identificar sus causas, para entonces definir la mejor estrategia de manejo para cada lugar. (Geraldo Sena Junior & de Carvalho Pinto, 2014)

El manejo uniforme que se hace en las fincas ignora la variación espacial presente en los campos de cultivos, lo que resulta en una sobre o sub aplicación de insumos, generando problemas tanto económicos como ambientales por el ineficiente uso de las prácticas de manejo del cultivo.(Ovalles V, 2006)

Debido a la variabilidad de los suelos, en particular de los atributos relacionados con la fertilidad, surgió la necesidad de desarrollar metodologías para la aplicación variable y selectiva de los fertilizantes, que posteriormente fueron extendidas al uso de otros insumos. (Emmen, 2004.)

La agricultura vive en continuo cambio tecnológico encaminada a un perfeccionamiento en el manejo cultural hacia el máximo aprovechamiento de los recursos con una nutrición mineral ajustada, acorde con el estado fenológico del cultivo.

Existe en algunos, el falso concepto de que el uso de los fertilizantes minerales, necesariamente, es nocivo para la agricultura. Esto es solamente cierto, cuando se aplican de forma excesiva e irracional, ya que en esas condiciones resultan potencialmente agresivos para el entorno (Cancio et al., 2008).

El Servicio Pedólogo Agroquímico (SPA) se define como un sistema integral para la recomendación, distribución y aplicación de los fertilizantes y sus alternativas. Constituye una forma superior para determinar y monitorear la fertilidad de los suelos, diagnosticar necesidades de nutrientes y dictaminar el manejo de los fertilizantes, todo mediante criterios técnicos, económicos y prácticos (Cancio et al., 2008).

En 1975 se comienza en nuestro país el estudio agroquímico de los suelos, en sus inicios no existía un desarrollo en la utilización de las tecnologías de precisión, como son los Sistemas de Posicionamientos Global (GPS) y su manejo a través de Sistemas de Información Geográfica (SIG), propiciando que con el transcurso del tiempo se pierde la ubicación con precisión del resultado en el terreno, pues basta con que se cambie la estructura de los campos o se cambie la numeración de los mismos, esto hace que sea imprecisa en cuanto a localización geográfica, invalidando la evaluación de la dinámica en el tiempo, pues en muchas ocasiones esta se ha deteriorado, ignorando la variabilidad espacial de las propiedades del suelo, la cual está determinada por factores intrínsecos, como los procesos de formación del mismo y extrínsecos como el manejo y uso histórico que se le ha dado en el tiempo.

La incorporación de los Sistemas de Información Geográfica en el Servicio Pedólogo Agroquímico se ha convertido en una tendencia mundial, cuya aplicación ha facilitado la solución a esta problemática. Con el uso de esta tecnología, se analiza la información espacial y proporciona resultados confiables, además de permitir su representación en mapas. En Sancti Spíritus no se han aplicado estas tecnologías para el Servicio Pedólogo Agroquímico de los suelos.

Por tal motivo el objetivo de este trabajo se centra en la utilización de técnicas y tecnologías de agricultura de precisión en el Servicio Pedólogo Agroquímico aplicadas en áreas de la UBPC Sur del Jíbaro, perteneciente a la Empresa Agroindustrial de Granos Sur del Jíbaro, el cual se encuentra ubicado en la zona sur, municipio de La Sierpe.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realiza en la UBPC Sur del Jíbaro, perteneciente a la Empresa Agroindustrial de Granos Sur del Jíbaro, como representativa en la zona, por la importancia que tiene para nuestro país la producción del arroz como sustitución de importaciones y la necesidad de mejorar las características químico-físico del suelo.

Según NC 36:2009 de Muestreo, las muestras de suelo fueron obtenidas de los primeros 20 cm de profundidad, con un peso de 1 kg de suelo, del Polígono Municipal de Suelo la Sierpe, ubicado en la mencionada UBPC, en el lote 7, los campos :57 que tiene un área de 73.00 ha enmarcado entre las coordenadas (681050, 207610) – (681780, 206450) y el campo 58 con 70.19 ha enmarcado entre las coordenadas (680460, 207480) – (681160, 207300), para un total de 143.19 ha.

De acuerdo a la segunda clasificación genética de los suelos cubanos, vigente en nuestra provincia, del área total estudiada el 79.56 % de se clasifican como suelos tipo XV (Oscuro Plástico Gleyzado), subtipo gris, mientras el restante 20.44 % se clasifica como suelo tipo XVI (Oscuro Plástico Gleyzoso) subtipo negro grisáceo, ambos sustentados a partir de materiales transportados carbonatados y no carbonatados, saturados con un contenido de cationes de más del 75%, con profundidad pedológica menor de 20 cm,

poco profundo. Se clasifican como poco humificado, menor del 2% del contenido de materia orgánica, con una fuerte gleyzación y contiene arcilla montmorillonítica. Dada la profundidad efectiva del suelo la cual alcanza los 20 cm, el área estudiada se clasifica de suelos poco profundos. Debido al alto contenido de arcilla masiva gleyzada presenta mal drenaje superficial e infiltración muy lenta, de forma general son plásticos y adhesivos, que debido a la preparación de tierra de fangueo se ha roto su estructura y ha aumentado su compactación por lo que su porosidad ha disminuido. Por otro lugar la topografía de lugar es llana. Esto hace que el terreno bajo estudio se clasifique dentro de las categorías I y II para el cultivo del arroz y IV para el resto de los cultivos.

Para efectuar la toma de las muestras se utilizaron bolsas de nylon negras de 20X30 mm, tarjetas para la identificación de las muestras, hilo para el amarre de las tarjetas, barrenas de tipo holandesa, picos y un equipo con tecnología GPS.

A medida que se realizan las tomas de muestra se van marcando los distintos puntos con el empleo del sistema GPS, obteniéndose un conjunto de coordenadas al final del proceso de muestreo que se corresponden con la ubicación geográfica de los puntos muestreados. La ubicación de estos puntos se extrapola a un mapa en escala 1:25 000 previamente digitalizado y vigente para la realización de distintos estudios de suelo y proyectos con diversos fines. Para esta extrapolación de puntos se emplea el MapInfo 10.5, el cual constituye un Sistema de Información Geográfica de amplia aceptación en el entorno nacional y que permite el manejo de toda la información generada o disponible hasta el momento sobre las áreas o puntos georreferenciados.

Para el análisis agroquímico de las muestras de suelos se hizo uso de los servicios del Laboratorio de Análisis Químico enclavado en Camagüey y perteneciente a la Unidad de Ciencia y Técnica de Base (UCTB) de Suelos adscrito al Instituto Nacional de Suelos de Cuba. En el mismo se realizó la preparación de las muestras, secado y posterior tamizado para la determinación del pH, el contenido de fósforo, potasio y materia orgánica de cada una de las muestras. La preparación de las muestras de suelo se realizó acorde con los procedimientos establecidos. El fósforo y potasio asimilables se determinaron por el método de Oniani según la NC52:1999. La materia orgánica por el método Wakley Black, colorimétrico NC51:1999. Para la determinación del pH en agua, así como en cloruro de potasio, se empleó el método potenciométrico, en relación suelo:solución de 1:2,5, según NC10390:1999. Para el análisis estadístico se emplearon pruebas estadísticas descriptivas por frecuencias acumuladas, con descriptivos de porcentajes. Utilizando los tipos de variables continuas (Fósforo Potasio, Materia Orgánica y pH), Los resultados fueron sometidos a procesamiento estadístico con el paquete Statgraphics PLUS 5.1

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta lo planteado en el sitio web (ArgGIS, 2014) referente a que las coordenadas de un mapa permiten registrar la ubicación espacial de entidades cartográficas, cada elemento de un mapa posee una ubicación geográfica y unas dimensiones específicas que ayudan a localizarlos en la superficie de la tierra o en entidades espaciales cercanas a ella. Existen dos marcos por los cuales se pueden ubicar geográficamente los objetos, el primero de ellos se define como un sistema de coordenadas de latitud-longitud, el otro referente es el sistema de coordenadas cartesianas o planas.

Según (Longley & Goodchild, Geographic Information Systems and Science, 2005), la georreferenciación de un punto es única y nos brinda la localización de un objeto dentro de un espacio delimitado, para localizarlo en la tierra. Para la georreferenciación se usan las coordenadas. Por ello en el momento de tomar las muestras, se hace uso del sistema

de posicionamiento global (GPS) para establecer las coordenadas de los puntos que posteriormente serían georreferenciados.

De esa manera utilizamos las tecnologías, para ubicar la posición de los elementos haciendo uso de los sistemas de posicionamiento global, estos sistemas brindan señales para determinar la posición en tiempo real a cualquier hora y en cualquier lugar del mundo (Karen, 2008) estas señales se transforman en datos que de manera posterior se ingresan a los Sistemas de Información Geográfica (GIS) los cuales emplean representaciones vectoriales, cada característica geográfica se representa por medio de puntos, líneas y/o polígonos. Los mismos están definidos por un par de coordenadas X e Y referenciadas en un sistema cartográfico determinado (por ejemplo, latitud-longitud) y los atributos de tales características geográficas están almacenados en una base de datos independiente. La unión entre ambas bases de datos se realiza a través de un identificador unívoco de cada objeto geográfico según (Ortega B & Flores M, 2001)

En este sentido, para la realización del servicio pedológico resulta de interés la localización exacta de la posición donde se toman las muestras de suelo que posteriormente se analizarán. Por esta razón, a medida que se va realizando el muestreo de suelo en el terreno, se van determinando y almacenando la ubicación exacta de los distintos puntos, para lo cual se emplea un equipo GPS que registra las coordenadas de cada punto marcado, a voluntad del operador. Posteriormente, en la oficina, se descarga del equipo GPS hacia una computadora cada una de las coordenadas correspondientes a los puntos marcados durante el proceso de muestreo. Con esta lista de coordenadas y mediante el empleo del software para la gestión de Sistemas de Información Geográfica MapInfo en su versión 10.5 se georreferencia cada uno de los puntos sobre un mapa en escala 1:25 000. La georreferenciación es una de las herramientas de los softwares de SIG, con el objetivo de hacer compatible la información con cualquier formato y poder localizar espacialmente cualquier punto en un mapa, para lo cual se asigna una coordenada en el plano (X, Y) a cada uno de dichos puntos. Así, aplicando esta tecnología se puede establecer con exactitud la ubicación geográfica de cada punto de muestreo de suelo en áreas bien limitadas como las mostradas en la siguiente figura, en la cual se presenta el mapa del municipio La Sierpe conteniendo los puntos ya ubicados.

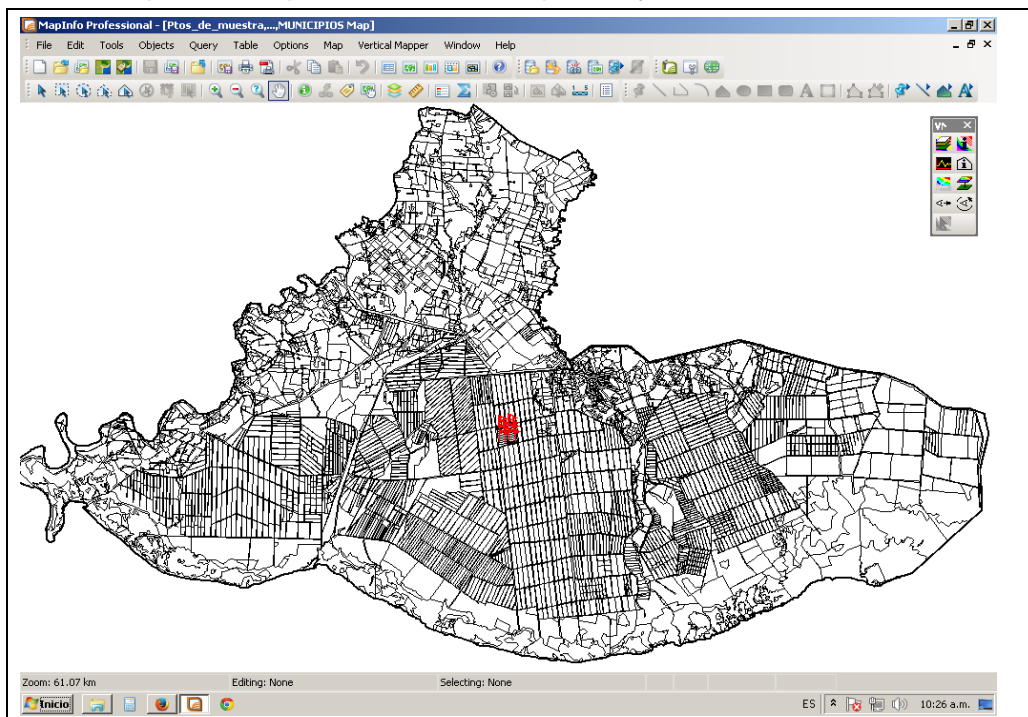


Figura 1. Georeferenciación y ubicación en el mapa del área donde se va a realizar el muestreo.

Por supuesto que sobre este mapa se pueden hacer acercamientos para poder ampliar la visualización de una zona específica y visualizar con más detalle ciertos elementos del área. Por ejemplo, en la siguiente figura se muestra un acercamiento al área estudiada donde se puede apreciar la forma de realizar el muestreo en forma de zigzag.

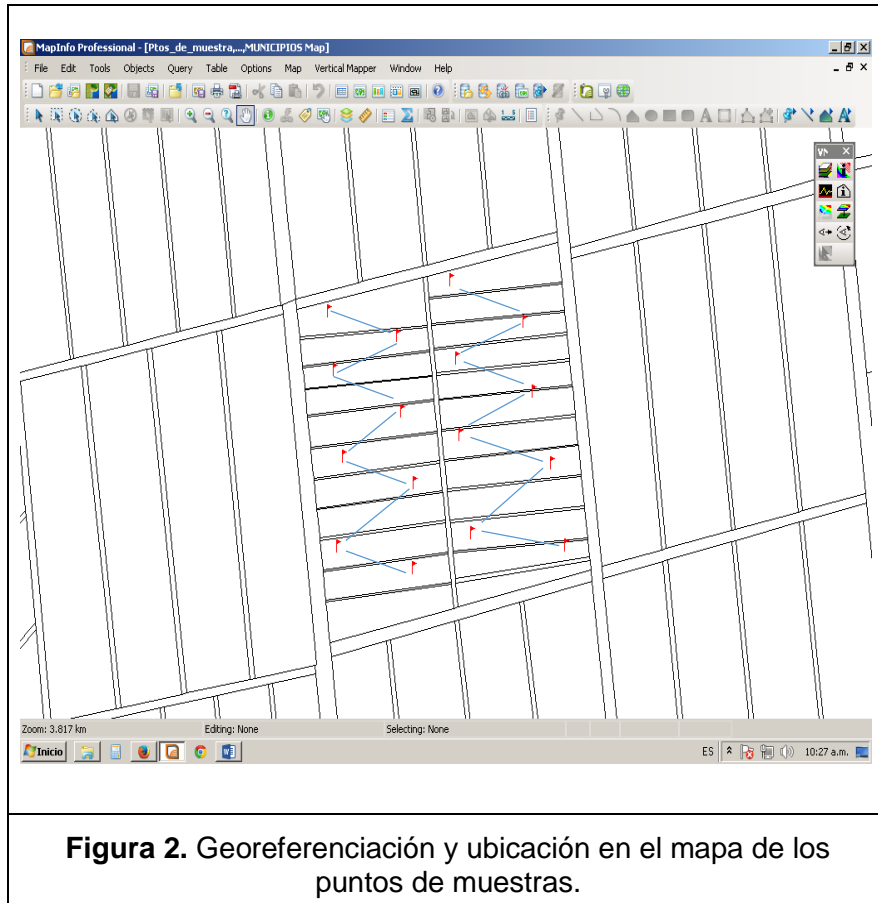


Figura 2. Georeferenciación y ubicación en el mapa de los puntos de muestras.

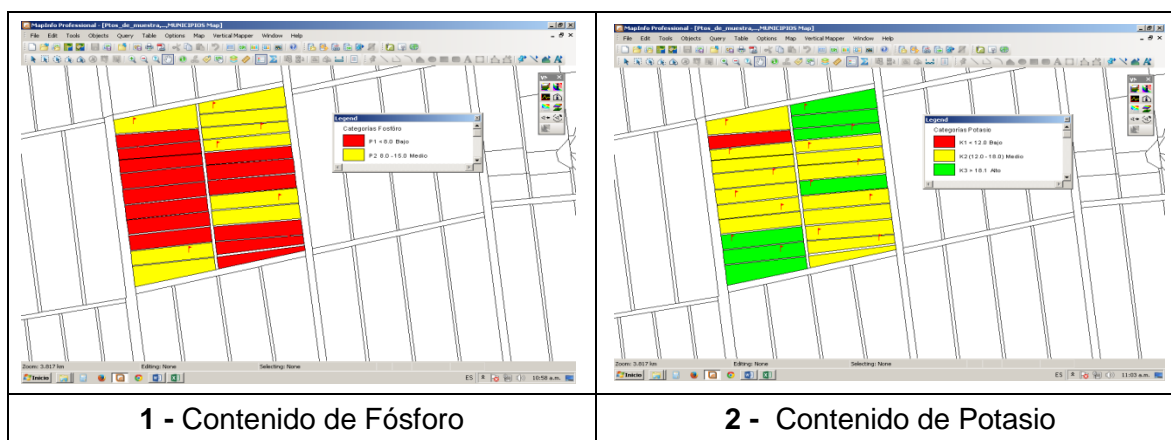
Con los resultados obtenidos del análisis de laboratorio se crea una base de datos que contiene, además de los distintos parámetros agroquímicos, las coordenadas planas que resultan de la georeferenciación de los puntos de muestra correspondientes. En la siguiente tabla se puede apreciar en forma sintetizada el contenido de dicha base de datos.

Tabla 1. Resultados del análisis agroquímico georeferenciado.

Campo	No. Muestra	Coord. Planas		PH	Cat. pH	P ₂ O ₅	Cat. Fosf	K ₂ O	Cat. Pot	M.O.	Cat. M.O.
		X	Y								
C57	453	681148	207573	6,1	LN	10,06	P2	22,2	K3	1,56	MB
C57	454	681473	207412	6,13	LN	11,45	P2	20,4	K3	1,56	MB
C57	455	681171	207267	6,18	LN	8,96	P2	15,9	K2	1,68	MB
C57	456	681514	207133	6,1	LN	5,44	P1	18,0	K2	1,56	MB

C57	458	681186	206965	6,07	LN	7,9	P1	18,7	K3	1,56	MB
C57	459	681599	206853	6,28	LN	10,34	P2	13,0	K2	1,33	MB
C57	461	681238	206574	6,36	LN	5,22	P1	11,6	K1	1,33	MB
C57	464	681659	206529	6,54	LN	5,09	P1	16,6	K2	1,44	MB
C58	466	680597	207453	6,16	LN	8,25	P2	18,0	K2	1,56	MB
C58	467	680906	207356	6,44	LN	6,0	P1	10,9	K1	1,56	MB
C58	468	680623	207219	6,15	LN	7,25	P1	16,6	K2	1,56	MB
C58	469	680925	207058	6,06	LN	5,32	P1	21,3	K2	1,56	MB
C58	470	680664	206876	5,9	LA	7,25	P1	18,0	K2	1,56	MB
C58	471	680981	206775	5,88	LA	7,0	P1	15,2	K2	1,56	MB
C58	472	680638	206525	5,99	LA	7,5	P1	19,5	K3	1,56	MB
C58	473	680977	206436	6,06	LN	10,99	P2	20,4	K3	1,5	MB

Con toda esta información georreferenciada, resulta muy fácil el procesamiento con fines geográficos de dicha información. Como ejemplo se muestran en las siguientes figuras los mapas o capas temáticas correspondientes a la distribución espacial de cada uno de los parámetros agroquímicos analizados, obtenidos de los distintos puntos muestreados en el área bajo de estudio. Con estos se pueden confeccionar los Cartogramas Agroquímicos empleados en la realización de diversos análisis, además de visualizar cada uno de los parámetros analizados y su variabilidad espacial en el suelo.



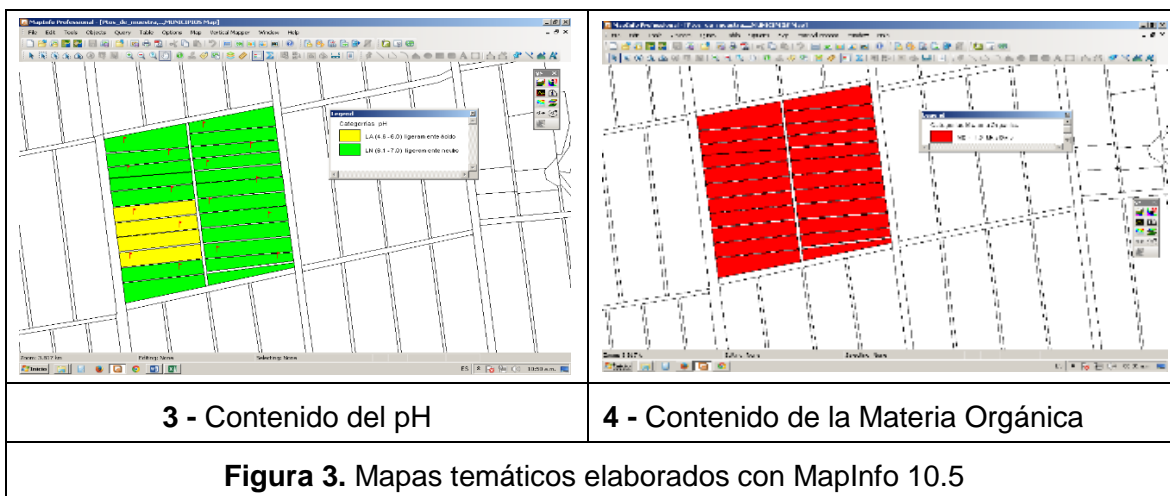


Figura 3. Mapas temáticos elaborados con MapInfo 10.5

Con un simple vistazo a estos mapas se puede apreciar la variabilidad de las propiedades agroquímicas del suelo existente en el área estudiada. Lo cual también se puede corroborar mediante un análisis analítico de dichas propiedades. Así, para el análisis de cada elemento se puede determinar el porcentaje que representa en el total del área estudiada, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2. Porcentaje que representan los niveles de contenido de nutrientes en el suelo.

Parámetro	Cant. muestras	Clasificación	%
pH	3	LA	18.8
	13	LN	81.2
P	10	P1	62.5
	6	P2	37.5
K	2	K1	12.5
	8	K2	50.0
	6	K3	37.5
M.O	16	MB	100.0

Para la interpretación de resultados se han usado los parámetros y tablas establecidos en las normas y procedimientos establecidos por el Instituto de Suelos y Fertilizantes y la Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes.

Al evaluar el pH se observa que de 16 muestras solo 3 de ellas están en el rango de 5 y 5.9, que se clasifican como ligeramente ácido, representando el 18.8 %, mientras que el resto de las muestras se encuentran en el rango de 6.1 a 6.4 clasificándose como ligeramente neutro y ocupa un 81.2 % del área estudiada.

En cuanto al contenido de fósforo total se obtuvo como resultado que, de las 16 muestras de suelo evaluadas, 10, que representan el 62.5 %, están por debajo de 8 mg de P por kg de suelo, clasificándose como P1, con bajo contenido de fósforo y tan solo 6 muestras que representan el 37.5 %, contienen de 8.9 a 11, 4 mg de P por cada kg de suelo, que se clasifican como P2, es decir, con un contenido medio de fósforo. Por tanto, existe una prevalencia en los suelos evaluados, de contenido medio a baja de fósforo, estos resultados pueden deberse principalmente a la poca aplicación de materia orgánica y la poca fertilización fosfórica.

El potasio tiene más variabilidad, evaluándose muestras con valores menores de 12 mg por cada 100 g de suelo, las cuales se clasifican como K1(bajo nivel potasio) y representan solo el 13.5 % con un bajo nivel potasio; existen 8 muestras con valores entre 12 y 18 mg por cada 100 g de suelo, clasificándose como K2 (nivel medio de potasio) representando el 50 % del área estudiada; y 6 muestras con valores mayores de 18.1 mg por cada 100 g de suelo, clasificados como suelos con contenido alto de potasio o K3 y representando el 37.5 % del área estudiada, lo que significa que existe una prevalencia de suelos con contenidos entre medio y alto de potasio.

El estudio de contenido de materia orgánica a las 16 muestras de suelo arrojó que todas son suelos muy bajos en materia orgánica, conteniendo menos del 1.8 % de materia orgánica, de acuerdo a las tablas de interpretación de análisis de suelos.

Estos análisis se representan gráficamente en la figura 1, donde se puede observar con facilidad que predomina el suelo con pH ligeramente neutro, con bajo contenido de fósforo (P1), contenido medio y altos de potasio (K2) y bajos contenidos de materia orgánica en toda el área estudiada.

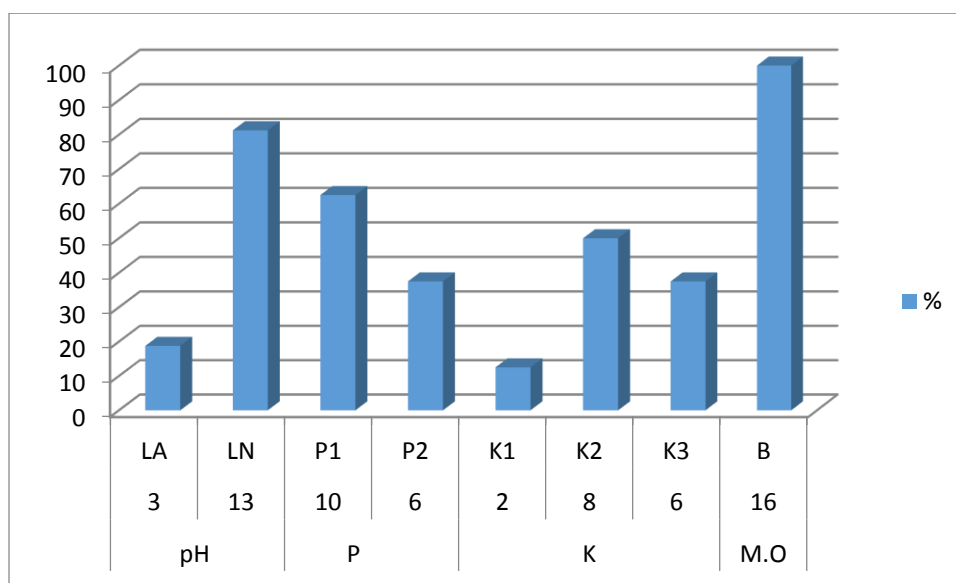


Figura 4. Porcentaje de contenido de nutrientes del suelo

CONCLUSIONES

1. Utilizando equipos que hagan uso de los servicios del sistema de posicionamiento global (GPS) se pueden establecer con exactitud la ubicación geográfica de coordenadas de los puntos de muestreo usados en el servicio podólogo.
2. Con el uso de Sistemas de Información Geográfica como los proporcionados por MapInfo se puede gestionar la información referida a propiedades agroquímicas del suelo una vez georreferenciada esta.
3. La interpretación de resultados del análisis de laboratorio, como la variabilidad espacial de las propiedades agroquímicas del suelo se puede representar con gran facilidad creando mapas o capas temáticas en forma de cartogramas agroquímicos, haciendo uso del software referido en el punto anterior.
4. La correcta interpretación de la información georreferenciada queda comprobada a través del análisis cuantitativo de la misma y además corrobora

- los datos que sobre el área bajo estudio se tenían hasta el momento, correspondientes a la segunda clasificación genética de los suelos cubanos.
5. La organización en cartogramas agroquímicos de la información georreferenciada facilita la emisión de recomendaciones agroquímicas para el cultivo del arroz, respondiendo a las demandas de los nutrientes en función de las expectativas del rendimiento y los contenidos de nutrientes variables del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- Agro Es.es. (s.f.). Obtenido de Agricultura de Precisión - Fertilización y abonado: [http://www.agroes.es/agricultura/abonos/250-agricultura de precision](http://www.agroes.es/agricultura/abonos/250-agricultura-de-precision)
- Álvarez, R. (2003). Diseño del Sistema de Información Geográfica para la Agricultura de Precisión en un área cañera seleccionada de la provincia de Holguín. . *Project Final Report CENPALAB*, 63.
- ArgGIS. (13 de 08 de 2014). *Georeferenciación y sistemas de coordenadas*. Obtenido de <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000s000000.htm>
- Australian Centre for Precision Agriculture. (s.f.). Obtenido de <http://www.usyd.edu.au/su/agric/acpa/>
- Bello, E. E., & Hardy, E. (1993). Capítulo 5. Sistemas de información geográfica en el manejo de peligros naturales de Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado. Washington, D.C.: Oficina de Asistencia para Desastres en el Extranjero de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). Recuperado el 30 de 3 de 2016, de <http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea65s/begin.htm#Contents>
- Bernier Villarroel, R. (1998). *TECNICAS DE MUESTREO DE SUELO PARA ANÁLISIS DE FERTILIDAD*. OSORNO, CHILE: Centro Regional de Investigación Remehue, Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA.
- Bragachini, M., Martini, A., & Méndez, A. (2000). La agricultura de precisión en Argentina. *Seminario Taller Agricultura de Precisión en el Cono Sur. PROCISUR*. Buenos Aires, Argentina.
- Conway, E. (1997). *An Introduction to Satellite Image Interpretation*. Baltimore: The Maryland Space Grant Consortium.
- Emmen, D. (2004.). La agricultura de precisión: una alternativa para optimizar los sistemas de producción. *Invest. Pens. Crit.* 2: . 68-74.
- Geraldo Sena Junior, D., & de Carvalho Pinto, F. d. (2014). *Manual de Agricultura de Precisión*. (E. Chartuni Mantovani, & C. Magdalena, Edits.) Montevideo: IICA, PROCISUR.
- Karen, K. (2008). *Encyclopedia of Geographic Information Science*. Thousand Oaks: SAGE.
- Longley, P., & Goodchild, M. (2005). *Geographic Information Systems and Science*. Chichester: Wiley.
- Lowenberg-De Boer, J. (1997). *What are the return to site specific management? in: Proceeding of the symposium "Managing diverse nutrient levels:Role of site specific managemnt"*. ASA-SSSA-CSSA annual meeting, Anaheim, CA.
- NC 1043. 2014. Calidad del Suelo. Determinación de los Componentes Orgánicos. (s.f.).
- NC 2001:2015. Calidad del Suelo. Determinación de pH. (s.f.).

- NC 52:1999. Calidad del Suelo. Determinación de las formas móviles de Fósforo y Potasio. (s.f.).
- NC ISO 11464: 1999 Calidad del suelo. Pre tratamiento de las muestras para los análisis físico químico. (s.f.).
- NRAG 266:2005. Suelo. Muestreo Agroquímico. (s.f.).
- Ortega B, R., & Flores M, L. (2001). Agricultura de Precisión. *Agenda del Salitre (SOQUIMICH)*.
- Ovalles V, F. A. (2006). INTRODUCCIÓN A LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN. *Revista Digital CENIAP HOY No 12, Maracay, Aragua, Venezuela. ISSN:1690-4117*.
Obtenido de <http://www.ceniap.gov.ve>
- Pingali, P., Hossein, M., & Gerpacio, R. (1997). *Asian Rice Bowls: the returning crisis*. CAB International-IRRI, Wallingford, UK.
- Wang. (2011). *Design and Realization of Precision Agriculture Information System Based on 5S*. Beijing, China.
- WIKIPEDIA. (24 de mayo de 2017). Obtenido de Agricultura de Precisión.
www.agriculturadeprecisión.org. (2004).