

USO DEL GPS PARA MONITOREAR LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS

Lazara Expósito Gutiérrez¹, Miguel Soca-Núñez², Ida Inés Pedroso-Herrera¹

*Instituto de Geofísica y Astronomía, departamento de evaluación de riesgos. Agencia de Medio Ambiente, Ministerio
Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, La Habana, Cuba*

E-mail: lexpositogutierrez@gmail.com. ORCID: 0009-0004-3832-4219 E-mail: ida@iga.cu, ORCID.org/0000-0002-0685-7051

Recibido: julio 2023	Aceptado: noviembre 2023
----------------------	--------------------------

Resumen

La utilización del GPS en el sector Agropecuario de Cuba fue el objeto de estudio de este trabajo. Para validar la aplicación de la metodología se realizaron 2 estudios de caso. Las muestras de suelo fueron obtenidas de los primeros 20 cm de profundidad en la zona de Avilio Castro, en un área de 57.0 ha que constituye un 28 % del área para cultivos de la CCS de las 130 ha que posee el municipio de La Maya, provincia Santiago de Cuba, el segundo estudio se realizó en las áreas arroceras de la Empresa Sur del Jibaro de Sancti Spiritus. Se obtuvieron las coordenadas de los puntos de muestras y su información espacial, y su manejo o gestión, se realizó a través del SIG Mapinfo, mediante el cual se confeccionaron los mapas temáticos con el contenido de nutrientes.

Palabras Clave. Mapinfo, mapas, nutrientes, suelos

USING GPS TO MONITOR SOIL FERTILITY

Abstract:

The use of GPS in the Agricultural sector of Cuba was the object of study of this work. To validate the application of the methodology, 2 case studies were carried out. The soil samples were obtained from the first 20 cm of depth in the Avilio Castro area, in an area of 57.0 hectares that constitutes 28% of the CCS crop area of the 130 hectares that the municipality of La Maya has in Santiago de Cuba province. The second study was carried out in the rice areas of the Empresa Sur del Jibaro of Sancti Spiritus. The coordinates of the sample points and their spatial information were obtained, and their management was carried out through GIS Mapinfo, through which thematic maps with nutrient content were prepared.

Keywords: Mapinfo, maps, nutrients, soils

1. Introducción

La agricultura de precisión abarca un grupo de tecnologías que permiten, entre otras posibilidades, el manejo automatizado del sitio específico. Entre ellas se encuentran los sistemas de posicionamiento por satélite (GPS), la percepción remota y los sistemas de información geográfica (SIG), entre otros. Esto posibilita que se pueda optimizar el manejo de la fertilidad del suelo, en dependencia del potencial productivo de cada área, que en la práctica puede variar en un entorno reducido de varios metros. (Esquivel et al 2005)

Las variaciones espaciales pueden estudiarse a través de técnicas geoestadísticas que permiten elaborar mapas y delimitar áreas de manejo diferencia de la fertilidad. Se ha estudiado la variabilidad de propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo que afectan la productividad de los cultivos, reportándose asociaciones entre éstas y el rendimiento (Cambardella et al., 1996, Ortega et al. 1999).

El GPS es un instrumento científico de precisión, permite monitorear numerosos fenómenos como los movimientos de la corteza terrestre o las migraciones de muchas especies animales. Han surgido nuevas materias de investigación que dependen totalmente del GPS, como lo es la Agricultura de Precisión. Prácticamente consiste en actuar hasta con el más mínimo detalle en el sitio adecuado y en el momento oportuno, a partir de las novedades científicas que ofrecen la informática y la tecnología. (Lago González, Sepúlveda Peña, Barroso Abreu, Fernández Peña, Maciá Pérez, & Lorenzo, 2011)

El empleo del GPS permite que los agricultores puedan recopilar datos sobre sus terrenos de cultivo, ya sea durante la cosecha o previamente a ella, de tal manera que hoy por hoy los cultivos ya no han de ser necesariamente tratados como una superficie de terreno de características homogéneas, sino que pueden ser tratados acorde con sus características espaciales. Es decir, se ha pasado de trabajar en kilómetros cuadrados a trabajar en metros cuadrados. Esto se ve traducido en una mejor aplicación de pesticidas, semillas, riego, etc., todo lo cual conlleva un sustancial ahorro en costos variables de producción que, en su totalidad, compensan el gasto derivado del empleo de estas nuevas tecnologías. (Lago et al 2011)

Es importante destacar el nivel de detalle con el cual se va a trabajar, que está directamente relacionado con la densidad del muestreo. Respetando los principios de la geoestadística, se pueden obtener buenos mapas con cerca de 50 puntos de muestreo georeferenciados en el área a ser mapeada, incluso utilizando muestreos de cuadrículas poco densos, con tamaño de cuadrícula de área superior a 4 hectáreas. Obviamente, manteniendo los 50 puntos de muestreo en fincas de menor dimensión, habrá densificación del muestreo en cuadrículas, lo que repercute positivamente en la calidad de los mapas generados y resultará en mayor confiabilidad para los fines agronómicos pretendidos. Dado lo anterior se pueden conocer las afectaciones que provocan las incidencias del clima sobre la fertilidad de los suelos, por ello el objetivo del estudio es poseer una herramienta metodológica que nos permitan determinar las coordenadas de los puntos de muestreo, utilizando el sistema de posicionamiento global (GPS) y su manejo mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG) y caracterizar el contenido de nutrientes a partir del muestreo de suelo y posterior análisis de laboratorio para confeccionar el cartograma de fertilidad ante cualquier incidencia climática para conocer ante esa eventualidad la dinámica de la afectación de su fertilidad.

2. Materiales y Métodos

Para conocer la aplicación de la metodología se realizaron 2 estudios de caso. Las muestras de suelo fueron obtenidas de los primeros 20 cm de profundidad y ubicadas mediante un GPS, en la zona de Avilio Castro, en un área de 57.0 ha que constituye 28 % del área para cultivos de la CCS de las 130 ha que posee el municipio de La Maya, provincia Santiago de Cuba. Del área total 57.0 ha. de los suelos se identifican como Pardos con carbonato, carbonatado lavado los cuales están sobre arenisca calcárea sustentados de mediana profundidad (58 cm) efectiva, poca erosión, muy lavado y topografía

casi llana, textura arcillosa ligera y poca graviliosidad, presentando afectaciones de bajo contenido de materia orgánica con categoría I y II para el cultivo del tabaco y IV para el resto de los cultivos. Se utilizó además un estudio de caso de la Dirección Provincial de Suelos de Sancti Spíritus.

2.1. Fases del Servicio de Fertilidad de Suelos que comprende la propuesta

1. Muestreo de suelo.
2. Análisis de laboratorio.
3. Evaluación de los resultados.
4. Confección de cartogramas.

2.1.1. Muestreo de suelo

Se toma una muestra compuesta, integrada por 10 parciales en el área estudiada, las cuales se realizaron por el método zigzag, la profundidad de muestreo es de 0-20 cm y el tamaño o peso de la muestra es de alrededor de 1,0 kg. luego de tomada la muestra mediante el GPS se ubican las coordenadas- centro.

Ciclo fertilidad Se refiere al hecho de realizar el estudio de fertilidad en todas las áreas de un cultivo dado.

Intervalo de muestreo: En un cultivo constituye el tiempo que media entre la ejecución de un ciclo de fertilidad y el siguiente. Este indicador varía en dependencia de los siguientes factores:

1. Importancia del cultivo.
2. Intensidad de la fertilización.
3. Volúmenes de producción que se obtienen.
4. Eficacia de las recomendaciones.
5. Cambios bruscos en los contenidos de nutrientes en el suelo.

2.1.2. Análisis de laboratorio

Terminada la toma de las muestras, estas son enviadas al laboratorio debidamente identificadas y se analizan los siguientes índices:

Para todos los cultivos

- ➡ P_2O_5
- ➡ K_2O
- ➡ pH (KCl)
- ➡ Materia orgánica.

2.1.3. Evaluación de los resultados

Concluidos los análisis de laboratorio se evaluaron los resultados analíticos del Fósforo y Potasio, pH y contenido de materia orgánica, por categoría de fósforo y potasio (**Tabla I**), así como los rangos de pH (**Tabla II**) y contenido de materia orgánica establecidos para el cultivo elegido (**Tabla III**).

Tabla I. Evaluación del contenido de Fósforo y Potasio para el cultivo de tabaco

Categoría	Método Oniani			
	Simbología	P_2O_5 (mg / 100 g)	Simbología	KCL (mg / 100 g)
Bajo	P ₁	< 8	K ₁	< 12
Medio	P ₂	8a15	K ₂	12a18
Alto	P ₃	>15	K ₃	>18

En caso del pH se establecieron 3 rangos (**Tabla II**), de acuerdo a la metodología convencional. Los índices o categorías de pH se señalan a continuación para apreciar cómo van ocurriendo las variaciones:

Tabla II. Rangos de pH

pH	
< 4.6	Ácido
4.6 - 6.0	Ligeramente ácido
6.1 - 7.0	Ligeramente neutro

Los contenidos de materia orgánica se manifiestan de la siguiente forma:

Tabla III. Niveles de materia orgánica

Materia orgánica
Bajo :< 2.4%
Medio: 2.4- 3.0
Alto:> 3.0%

Concluidos los análisis de laboratorio se evaluaron los resultados analíticos del Fósforo y Potasio, pH y contenido de materia orgánica, por categoría de fósforo y potasio, así como los rangos de pH y contenido de materia orgánica establecidos para el cultivo del arroz.

2.1.4. Confección de fertilidad. Representación espacial de mapas temáticos de fertilidad de los suelos

Un **Cartograma de fertilidad** no es más que la representación en un mapa, mediante distintos colores, de la distribución de las áreas de acuerdo con su contenido de nutrientes y el grado de acidez (**Tabla IV**).

En este trabajo con la utilización del SIG MapInfo, elaboramos mapas temáticos de: Fósforo, Potasio, Valores de pH y Materia orgánica.

Tabla IV. Representación de colores para el Cartograma de fertilidad

Colores para Cartograma Agroquímico				
Materia Orgánica	pH	P	K	Color
Bajo	Ácido	P1	K1	Rojo
Medio	Ligeramente ácido	P2	K2	Amarillo
Alto	Ligeramente neutro	P3	K3	Verde

Para la ejecución del muestreo de suelo se adquirieron insumos como son:

- Bolsas de nylon negras de 20X30 mm,
- Tarjetas para la identificación de las muestras.
- Hilo para el amarre de las tarjetas.

Para efectuar la toma de las muestras las cuales se habían previamente ubicadas en un mapa a escala 1:5000, se utilizaron barrenas de tipo holandesa, en el mapa aparecen las estructuras de los campos, y con un GPS se ubicaron las coordenadas de los puntos medios de las muestras y se integraron los datos a un sistema de información geográfica, el que permite el manejo de toda información generada en el terreno, de mapas georeferenciados.

Las muestras de suelos fueron llevadas al Laboratorio de Análisis Químico de Suelos de Santiago de Cuba y Sancti Spíritus, para la preparación de muestras, secado y posterior tamizado, con la realización de los análisis necesarios para la obtención de la información que se desea.

La preparación de muestra de suelo se realizó acorde con los procedimientos establecidos. El fósforo y potasio asimilables se calcularon por el método de Oniani según la NC52:1999, la materia orgánica por el método Wakley Black, colorimétrico NC51:1999. El pH en agua y en cloruro de potasio potenciométrico, en relación suelo-solución 1:2,5; NC10390:1999.

Análisis Estadístico

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

Elaboración del Cartograma Agroquímico en mapas digitalizados vinculando los indicadores de fertilidad del suelo. En el procesamiento digital realizado, se utiliza el software MapInfo 10.5 con la base de datos cartográfica de los estudios de suelos de la provincia, utilizando mapas a escala 1:25000. Una vez ingresados los mapas, georeferenciamos los puntos de muestreo levantados en el campo y le asignamos un valor X e Y a todos los puntos del mapa, la georeferenciación 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 el mapa, luego mediante las aplicaciones del SIG realizamos mapas temáticos con cada uno de los parámetros analizados.

3. Resultados y Discusión

Los muestreos se realizaron de forma manual, utilizando el sistema de posicionamiento global (GPS), en el punto medio de cada muestra, para tomar las coordenadas y georeferenciarlas, según (Longley & Goodchild, Geographic Information Systems and Science, 2005), la georeferenciación de un punto es lo único, que nos brinda la localización de un objeto dentro de un espacio delimitado y para localizar ese objeto, en la tierra posteriormente se utilizan las coordenadas geográficas. (ArgGIS, 2014) indica 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 2 conceptos, 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.

De esa manera utilizamos esta tecnología, para ubicar la posición de los elementos haciendo uso del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), el cual permite determinar su posición en tiempo real a cualquier hora y en cualquier lugar del mundo (Karen, 2008) esta información se transforma en datos que de manera posterior se ingresan a los Sistemas de Información Geográficos (GIS), representado por medio de puntos, líneas y/o polígonos. Los mismos están definidos por sus coordenadas referenciadas en un sistema cartográfico 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 (Universidad Iberoamericana) a continuación se exponen 2 estudios de caso con el procedimiento:

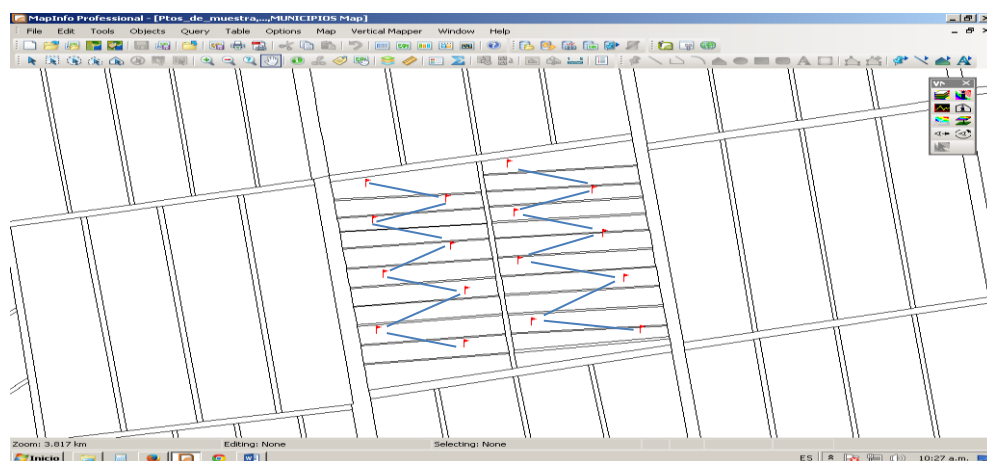


Fig. 1. Toma de muestras

Tabla V. Resultados del análisis agroquímico del laboratorio de las áreas estudiadas de la CCS Avilio Castro

Fuente: Elaborado por los autores.

Campo	Coordenadas Planas		PH	Categoría pH	P2O5 g/Kg	Categoría P2o5	K2O g/Kg	Categoría K20	MO %	Categoría MO
	X	Y								
1	636505.35	162135.39	6.15	L. Neutro	18.74	Alto	42.92	Alto	2.76	Medio
2	636451.93	162130.84	6.39	L. Neutro	23.57	Alto	50.01	Alto	3.08	Alto
3	636447.94	162054.98	5.71	L. Acido	17.8	Alto	44.34	Alto	2.76	Medio
4	636509.70	162053.65	5.51	M. Acido	15.47	Alto	40.8	Alto	2.4	Bajo
5	636512.59	161979.70	5.91	L. Acido	17.66	Alto	41.51	Alto	1.98	Bajo
6	636452.30	161971.87	6.0	L. Acido	15.81	Alto	29.27	Alto	2.11	Bajo

Según se muestra en la **Tabla V** las categorías de los niveles de fósforo y potasio son altas y no se expone en esta caso su representación espacial diferenciada en colores tal y como ocurre en la figura 2

Cultivo del arroz**Tabla VI.** Resultados del análisis agroquímico del laboratorio de las áreas estudiadas

Fuente: Departamento de Suelos Sancti Spiritus 2018

Campo	Muestra	Coordenadas Planas		PH	Cat. pH	P2 g/Kg O5	Cat. Fosf	K2 g/Kg O	Cat. Pot	MO%	Cat. MO
		X	Y								
C57	453	681148	207573	6,1	LN	10,06	P2	22,2	K3	1,56	B
C57	454	681473	207412	6,13	LN	11,45	P2	20,4	K3	1,56	B
C57	455	681171	207267	6,18	LN	8,96	P2	15,9	K2	1,68	B
C57	456	681514	207133	6,1	LN	5,44	P1	18,0	K2	1,56	B
C57	458	681186	206965	6,07	LN	7,9	P1	18,7	K3	1,56	B
C57	459	681599	206853	6,28	LN	10,34	P2	13,0	K2	1,33	B
C57	461	681238	206574	6,36	LN	5,22	P1	11,6	K2	1,33	B
C57	464	681659	206529	6,54	LN	5,09	P1	16,6	K2	1,44	B
C58	466	680597	207453	6,16	LN	8,25	P2	18,0	K2	1,56	B
C58	467	680906	207356	6,44	LN	6,0	P1	10,9	K1	1,56	B
C58	468	680623	207219	6,15	LN	7,25	P1	16,6	K2	1,56	B
C58	469	680925	207058	6,06	LN	5,32	P1	21,3	K2	1,56	B
C58	470	680664	206876	5,9	LA	7,25	P1	18,0	K2	1,56	B
C58	471	680981	206775	5,88	LA	7,0	P1	15,2	K2	1,56	B
C58	472	680638	206525	5,99	LA	7,5	P1	19,5	K3	1,56	B
C58	473	680977	206436	6,06	LN	10,99	P2	20,4	K3	1,5	B

En la tabla anterior se puede apreciar la variabilidad de nutrientes del suelo existente en el área estudiada. Para el análisis de cada elemento se determinó el porcentaje que representa en el total del área estudiadas según las normas y procedimientos establecidos por el Instituto de Suelos y la Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes.

En cuanto al contenido de P total se obtuvo como resultados de las 16 muestras evaluadas, 10 muestras de suelo que representan el 63 %, están por debajo de 8 mg de P/kg de suelo, clasificándose como P1, con bajo contenido de fósforo y tan solo 6 muestras que representan el 38 % contienen de 8.9 a 11, 4 mg de P / kg de suelo, que se clasifican como P2 con un contenido medio. Por tanto, existe una tendencia en los suelos evaluados de medio a baja, estos resultados pueden deberse principalmente por la poca aplicación de materia orgánica (M.Org.) y la poca fertilización fosfórica. Ver Fig.2

El potasio tiene más variabilidad, evaluándose muestras con valor menor de 12 mg K/100 gr. de suelo, las cuales se clasifican como K1 y representa solo el 13 % con un bajo nivel potasio, existen 8 muestras con valores entre 12 y 18 mg K/100 gr. de suelo, representando el 50 % del área estudiada, de contenido medio de potasio con el símbolo de

K2, y 6 muestras con valores mayores de 18.1 mg K/100 gr. de suelo, clasificados como suelos altos en potasio, de acuerdo a la norma cubana establecida, con la simbología de K3 y representando el 38 % del área estudiada, lo que significa que existe una tendencia de medio a alto el contenido de potasio en los suelos evaluados. Ver Fig.3.

El contenido de M.Org. registró que de las 16 muestras de suelo evaluadas, todas son suelos bajos en materia orgánica, conteniendo menos de 2% de M.Org, de acuerdo a las tablas de interpretación de análisis de suelos.

Estos análisis se representan gráficamente en la fig. 6, donde se observa que predomina el suelo con pH ligeramente neutro, el P1, bajo contenido de fósforo y el K2 un contenido medio con tendencia a ser alto de potasio y bajos contenido de materia orgánica en toda el área estudiada.

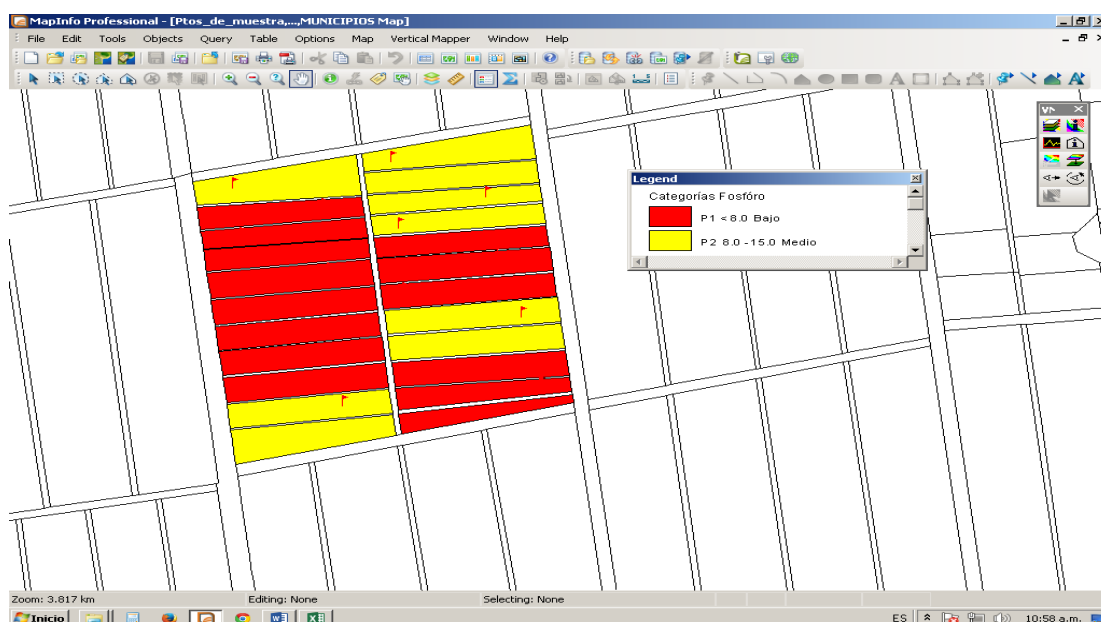


Fig. 2. Mapa temático del Fósforo en el cultivo del arroz

Fuente: Departamento de Suelos Sancti Spíritus 2018

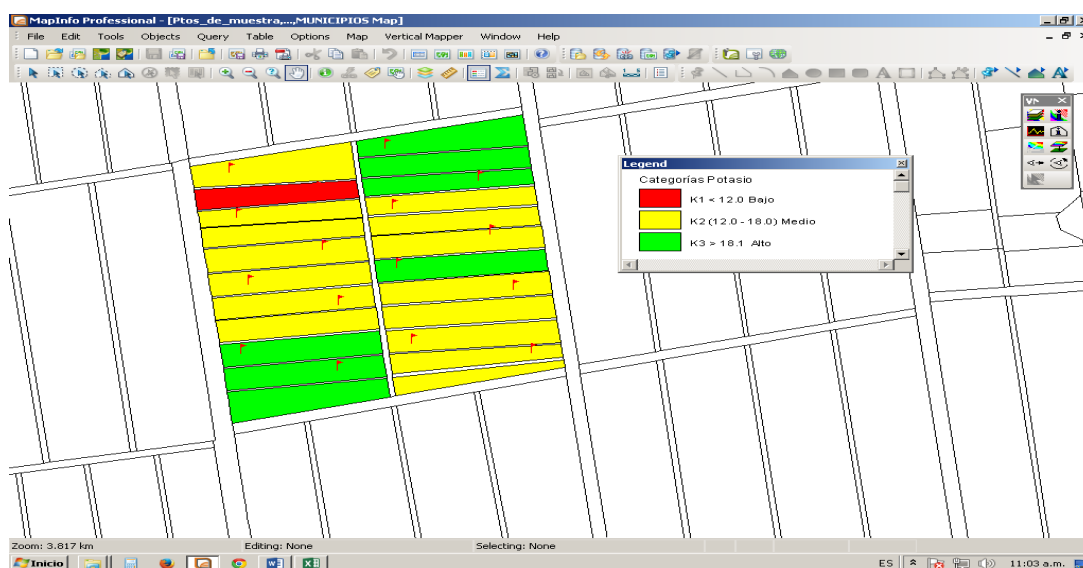


Fig. 3. Mapa temático de Potasio

Fuente: Departamento de Suelos Sancti Spíritus 2018

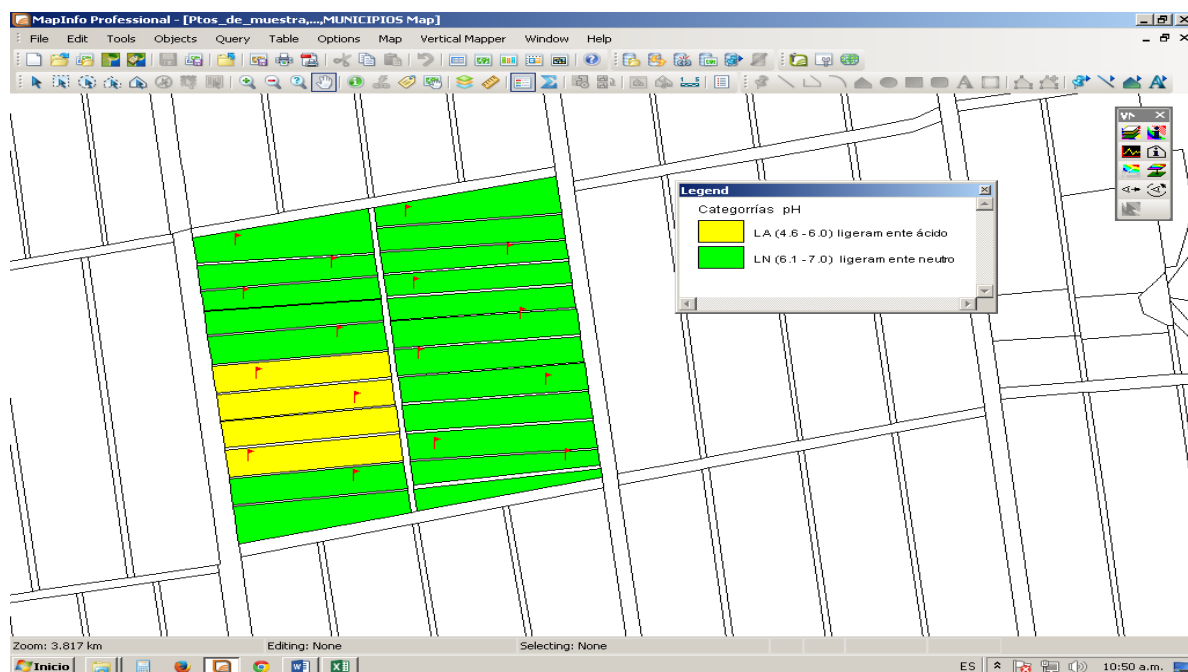


Fig. 4. Mapa temático de pH en el cultivo del arroz

Fuente: Departamento de Suelos Sancti Spíritus 2018

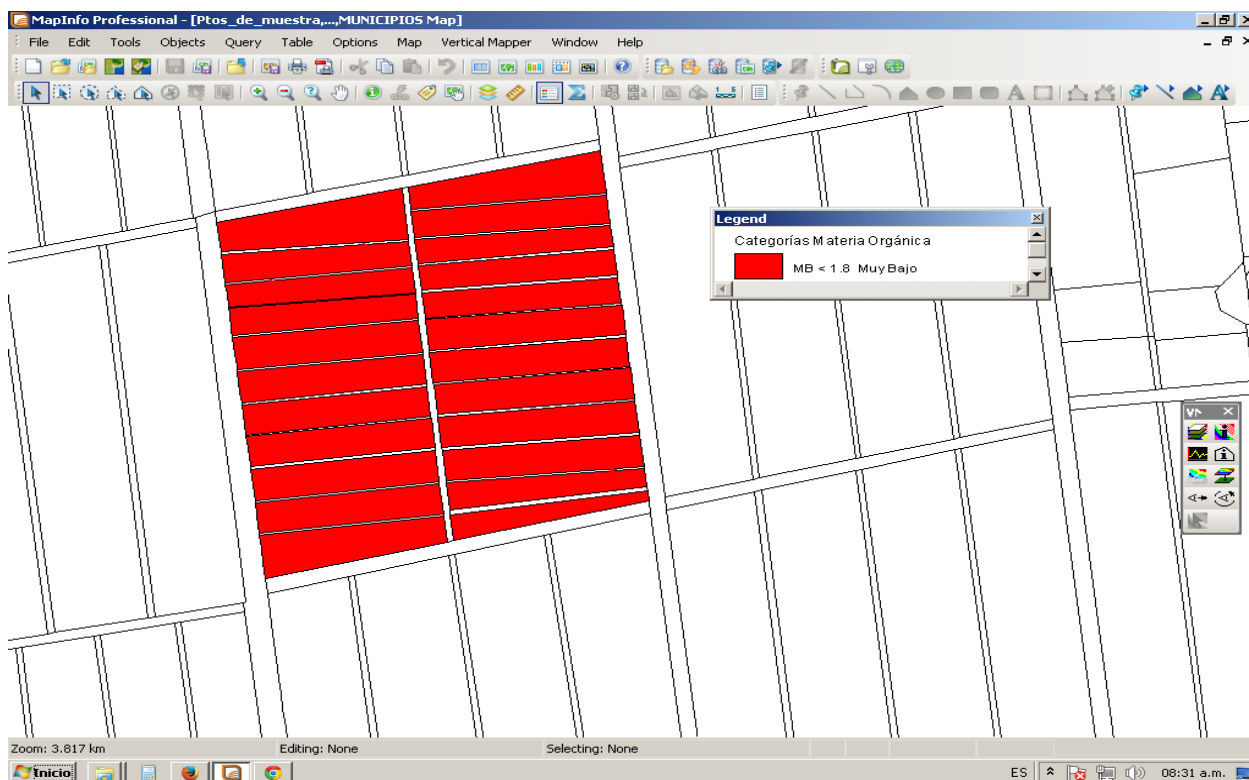


Fig. 5. Mapa temático de Materia Orgánica en el cultivo del arroz

Fuente: Departamento de Suelos Sancti Spíritus 2018

La fertilidad de un lote o campo y, por ende, los requerimientos de fertilizante y/o encalado son estimados a través del muestreo de suelos y su posterior análisis químico, proceso reconocido como análisis de suelo. Este análisis es una práctica usual que debe ser realizada al paso de fuertes precipitaciones o huracanes, con el objetivo de conocer los nutrientes que se pierden del suelo y calcular su reposición. El muestreo de suelos, corresponde efectuarse siempre en la misma época del año y en el mismo cultivo. Ambos factores, momento y cultivo previo, son importantes. El muestreo en diferentes épocas del año puede afectar en gran medida la precisión del análisis se observa un patrón típico de los valores de potasio (K) a través del año. Suele haber una subestimación durante la época de lluvias, a pesar de que pueden observarse diferencias substanciales aún comparando la entrada y salida del invierno. Esta variabilidad temporal hace muy difícil determinar con exactitud las pérdidas que se producen en los nutrientes del suelo en primavera, lo cual implicaría monitorear la fertilidad de los mismos, para calcular por época, las pérdidas nutricionales y hacer su reposición ya sea por el uso de fertilizantes químicos y/o orgánicos. En resumen, deberíamos tener en cuenta que el análisis de suelo es un componente crítico en la producción de cultivos y el manejo de los suelos. El análisis de suelo es una técnica basada en la ciencia, pero este lejos de ser una medición directa y perfecta, de no utilizarse equipos de alta precisión como el GPS y hacer muestreos de suelos de forma periódica y por época

Conclusiones

Se validó en 2 cultivos y tipos de suelos, la utilización del GPS y con los datos obtenidos se facilitaron en un Sistema de Información Geográfica, la confección de los mapas temáticos del contenido de nutrientes

Con la utilización y aplicación de las nuevas tecnologías de precisión, se puede lograr gestionar y optimizar la aplicación de insumos (fertilizantes), teniendo en cuenta la diversidad del suelo, el entorno ambiental y las necesidades de las plantas, para obtener una producción rentable, de calidad y respetuosa con el medio ambiente.

Bibliografía

- Agricultura de Precisión - Fertilización y abonado*. (s.f.). Obtenido de [http://www.agroes.es/agricultura/abonos/250-agricultura de precisión](http://www.agroes.es/agricultura/abonos/250-agricultura-de-precision).
- Alvarez, 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/>
- Berni, J. A. 2009. Thermal and Narrowband Multispectral Remote Sensing for Vegetation Monitoring From an Unmanned Aerial Vehicle. *IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING*, VOL. 47, NO. 3 .
- 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.
- Buill, F., & Núñez, A. 2003. *Fotogrametría analítica. Generación de cartografía*. Barcelona: Edicions UPC.
- Conway, E. 1997. *An Introduction to Satellite Image Interpretation*. Baltimore: The Maryland Space Grant Consortium.
- Cuba: Crecen producciones de agricultura de precisión* . (25 de 4 de 2011). Obtenido de <http://www.fao.org/inaction/agronoticias/detail/es/c/506743/>.
- Emmen, D. 2004. La agricultura de precisión: una alternativa para optimizar los sistemas de producción. *Invest. Pens. Crit.* 2: . 68-74.

- Esquivel, M., Hernández, B., Fernández, F., Marrero, S., Ponce, E., & Quintana, L. 2003a. Precision agriculture in Cuba: precedents and perspectives. (A. Werner, & A. Jarfe, Edits.) *Programme book of the joint conference of ECPA-ECPLF. Wagenigen Academic Publishers.* , 393-394.
- Esquivel, M., Hernández, B., Rodríguez, J., Fernández, F., Interián, S., & Alvarez, R. 2003b. Propuesta y desarrollo de un sistema para el censado de las características agroquímicas del suelo. *Project Final Report. CENPALAB* , 22.
- Esquivel, M., Hernández, B., Rodríguez, J., Fernández, F., Ponce, E., Quintana, L., y otros. 2005. Precision farming for fruit crops. *Book of Abstracts 5 ECPA – 2 ECPLF.Uppsala, JTI-SLU.* , 85-86.
- Esquivel, M., Hernández, B., Rodríguez, J., Fernández, F., Interián, S., & Álvarez, R. 2003c. Propuesta y desarrollo de un sistema para el censado de la presencia de malezas, plagas y enfermedades. *Project Final Report. CENPALAB* , 16.
- Eswaran, H., Lal, R., & Reich, P. 2001. Land degradation: an overview. (E. Bridges, I. Hannam, L. Oldeman, F. Pening de Vries, S. Scherr, & S. Sompatpanit, Edits.) *Responses to Land Degradation, Proc. 2nd. International Conference on Land Degradation and Desertification, Khon Kaen* , 20-35.
- EXISS. (s.f.). *Agricultura de Precisión. Monitoreo ambiental en tiempo real.* Obtenido de <http://agriculturadeprecision.co/precision-monitor>
- Fajardo Junco, J. C. 2014. APOYO A LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN EN COLOMBIA A PARTIR DE IMÁGENES ADQUIRIDAS DESDE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS (UAV'S). Bogotá, Colombia.
- Fernández, F., Hernández, B., Ponce, E., Quintana, L., Esquivel, M., & Rodríguez, J. 2003. Precision agriculture system for sugarcane in Cuba. (A. Werner, & A. Jarfe, Edits.) *Programme book of the joint conference of ECPA-ECPLF. Wagenigen Academic Publishers* , 401-402.
- Fertilización variable:ahorrando fertilizantes con agricultura de precisión.* (6 de junio de 2017). Obtenido de <http://www.agroptima.com/blog/fertilizacion-variable/>.
- Geraldo Sena Junior, D., & de Carvalho Pinto, F. d. 2014. *Manual de Agricultura de Precisión.* (E. Chartuni Mantovani, & C. Magdalena, Edits.) Montevideo: IICA, PROCISUR.
- GPS.GOV. (23 de OCTUBRE de 2017). *Sistema de Posicionamiento Global y temas afines.*
- Guochang, X. 2007. *GPS: Theory, Algorithms and Applications.* Potsdam: Springer.
- Hernández, B., Fernández, F., Ponce, E., Quintana, L., Esquivel, M., Rodríguez, J., y otros. 2003b. Tecnología para la obtención de un mapa de rendimiento georeferenciado en la caña de azúcar. *Project Final Report. CENPALAB* , 14.
- Hernández, B., Ponce, E., Quintana, L., Díaz, G., Marrero, S., Fernández, F., y otros. 2000. Automatización de la KTP-3S. *XIII Forum de Ciencia y Técnica* , 28.
- Hofmann-Wellenhof, B., & Lichtenegger, H. 2008. *GNSS - Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more.* Viena: SpringerWienNewYork.
- Karen, K. 2008 *Encyclopedia of Geographic Information Science.* Thousand Oaks: SAGE.
- Kendall, K., & Kendall, J. 2005. *Análisis y diseño de sistemas.* México DF: Pearson Education.
- Lago González, C., Sepúlveda Peña, J. C., Barroso Abreu, R., Fernández Peña, F. O., Maciá Pérez, F., & Lorenzo, J. 2011. Sistema para la generación automática de mapas de rendimiento.Aplicación en la Agricultura de precisión. *IDESIA* , 29 (1), 59-69.
- Letham, L. 2001. *GPS fácil. Uso del sistema de posicionamiento global.* Barcelona: Paidotribo.
- Longley, P., & Goodchild, M. 2005. *Geographic Information Systems and Science.* Chichester: Wiley.

- 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 management"*. ASA-SSSA-CSSA annual meeting, Anaheim, CA.
- Martín, H. (23 de Octubre de 2017). *Sistema de Posicionamiento Global*. Obtenido de Oficina de Coordinación Nacional de Posicionamiento, Navegación, y Cronometría por Satélite. NOAA: <https://www.gps.gov/spanish.php>
- McBratney, A. B. 2005. Future directions of precision agriculture. *Precision Agriculture* 6:7-23. .
- McBratney, A. B. 2005. Whelan and T. Ancev. *Future directions of precision agriculture*. *Precision Agriculture* , 6:7-23.
- Melchior, R., García, F., & Echeverría, H. (s.f.). VARIABILIDAD ESPACIAL EN ALGUNAS PROPIEDADES DEL SUELO: I ASOCIACION. *EEA INTA Balcarce-FCA* . Paraná.
- Méndez, A., Scaramuzza, F., Velez, J. P., & Villarrel, D. 2014. Capítulo 3.4 Monitoreo de desempeño y retorno de las prácticas de la agricultura de precisión. En *Manual de Agricultura de Precisión*. IICA, PROCISUR.
- NCGIA. 1990. *Sistemas de Información Geográfica - GIS*. Santa Barbara, California, Estados Unidos.
- Ortega B Rodrigo, L. F. 1999. *Agricultura de Precisión Introducción al Manejo Sitio-Específico*. Chillán-Chile: CARGILL CHILE Ltda.
- Ortega B, R., & Flores M, L. 2001. Agricultura de Precisión. *Agenda del Salitre (SOQUIMICH)* .
- Ovalles, F., Comerma, J., Cabrera-Bisbal, E., Cortéz, A., Nuñez, M., Rodríguez, M., y otros. 2015. *Aproximación a los Escenarios de Adaptación al Cambio Climático del Sector Agrícola. Proyecto Ven/00/G31 - Apoyo a la Primera Comunicación en Cambio Climático de Venezuela*. INIA.
- Peña. 2008. *Sistemas de Información geográfica aplicados a la gestión de territorios*. Alicante: Club Universitario.
- Pingali, P., Hossein, M., & Gerpacio, R. 1997. *Asian Rice Bowls: the returning crisis*. CAB International-IRRI, Wallingford, UK.
- Pune, U. o. 2014. *Satellite Image Processing*. Obtenido de <http://www.scitechpark.org.in/index.php/services/remotesensing-and-gis/satellite-image-processing>
- Quevedo Herrero, I., Rodríguez López, Y., Hernández Alfonso, P. M., & Freire Roach, E. 2006. La Aplicación de la Agricultura de Precisión: su impacto social. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Universidad Agraria de La Habana (UAH)* , 15 (3), 42-44.
- Resende, Á. V., & Coelho, A. M. 2014. *Manual de Agricultura de Precisión*. Montevideo: IICA, PROCISUR.
- Salomón, R. (9 de febrero de 2010). *Cuba extiende la agricultura de precisión*. Recuperado el 2017, de Portal informativo de la ACTAF: www.infoagro.org
- Universidad Iberoamericana, d. C. (s.f.). Agricultura de Presición.
- 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).

Acerca de los autores:

Lazara Expósito Gutiérrez: Ingeniera Agrónoma y máster en Gerencia de la Ciencia y la Innovación desde el 2008. Hasta el año 2022 se desempeñó como jefa del Departamento Agrícola de la Unión Agropecuaria del MINFAR. Actualmente como especialista en epifitias del Departamento de Peligros, Vulnerabilidad y Riesgos del Instituto de Geofísica y Astronomía y aspirante al Doctorado.

Miguel Soca Núñez: Graduado de Ingeniero agrónomo en 1968. Doctor en Ciencias Agrícolas e investigador titular. Realiza su actividad en la Dirección de Suelos y Fertilizantes del Ministerio de la Agricultura como especialista en políticas agrarias, representante del proyecto internacional Ecovalor y coordinador de minerales industriales de uso agrícola.

Ida Inés Pedroso Herrera: Graduada de Licenciada Física en Universidad Estatal de Bielorrusia en 1985, MSc. en Impacto Ambiental y Doctora en Ciencias Técnicas, Investigadora y Jefa del Departamento de Evaluación de Riesgos de Desastres del Instituto de Geofísica y Astronomía de la Agencia de Medio Ambiente, departamento que coordina los Estudios de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgos de Desastres (PVR) así como el proceso de Evaluación de Impacto y Daños Ambientales de los desastres en Cuba y el Macroproyecto de estudios de cambio climático. jefa del Grupo Nacional de Estudios de PVR de la Agencia de Medio Ambiente y del Programa Sectorial de Ciencia, Tecnología e Innovación.