

# SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA: IMPACTO SOCIOECONÓMICO, AMBIENTAL Y RESULTADOS EN LA AGRICULTURA CAÑERA DE CUBA.

Lic. Antonio China Horta<sup>1</sup> y M. Sc. Lilibeth Rodríguez Izquierdo<sup>2</sup>

Universidad de Matanzas – Sede “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca Km.3 ½, Matanzas, Cuba. [tonychinea71@gmail.com](mailto:tonychinea71@gmail.com)

## Resumen

La informatización en el tratamiento de la información geográfica se ha extendido a escala mundial y ha retomado en las últimas décadas su mayor expresión mediante el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Estas herramientas se han incorporado a las investigaciones en diferentes esferas socioeconómicas a nivel mundial. En Cuba, se han empleado además como una herramienta importante en la agricultura, y en particular, en la producción cañera de la provincia de Matanzas, para propiciar mejoras en la captura, manipulación, visualización, almacenamiento, precisión y operatividad de las bases de datos agrícolas, con expresión espacial. El objetivo del presente trabajo es examinar el impacto de los SIG, en el aumento de la producción de bienes materiales, la elevación la productividad del trabajo, la mejora de los niveles de salud de la población, entre otras ramas de la actividad humana.

*Palabras claves:* Sistemas de Información Geográfica, Informatización, Salud, Impacto ambiental.

---

## Introducción

Mucho podemos lograr mediante el empleo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en las diferentes esferas de la actividad humana con vistas al desarrollo socio-económico, productivo, educacional y medio-ambiental. En las últimas décadas, el tratamiento de la información geográfica ha cobrado un auge vertiginoso a escala mundial, cada día con mayores posibilidades de aplicación gracias a la aparición de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), (Batista, 2005). Las expectativas sobre el uso de la tecnología SIG, también se han hecho presentes en Cuba con sus correspondientes limitaciones, y a pesar de la corta historia en el empleo en la agricultura cañera, podemos decir que se han dado pasos importantes en cuanto su utilización, que sin duda tienen un amplio futuro en el desarrollo de nuestro país (Chinea-Horta y Rodríguez, 2019).

## Desarrollo

### Sistemas de Información Geográfica. Generalidades.

Durante los últimos 30 años, investigadores de diferentes países han estado desarrollando herramientas automatizadas para el almacenamiento eficaz, análisis, y presentación de datos geográficos. Esta tecnología, rápidamente evolucionada, ha llegado a ser conocida como "Sistemas de Información Geográfica". La creciente demanda se justifica por la facilidad en la manipulación, almacenamiento de datos e información de naturaleza espacial georreferenciada que puede ser usada ampliamente en distintos campos científicos. Las funciones de análisis espaciales los distingue de muchos otros sistemas de información. Contiene dos bancos de datos estrechamente integrados: uno espacial (locacional) y el otro de atributos (estadístico).

El banco de datos espacial contiene información en forma de coordenadas digitales, normalmente de los mapas o de sensores remotos. Éstos pueden ser puntos (por ejemplo, clínicas de salud, casas, turbinas de riego, etc.), líneas (ríos, carreteras, caminos, etc.), o polígonos (unidades de salud, campos de cultivos, distritos, etc.). El banco de datos de atributos, contiene información sobre las características o cualidades de los rasgos espaciales, por ejemplo, la información demográfica, variedad plantada, o el tipo de acceso o caminos, calidad, entre otras.

Los SIG difieren de otros sistemas convencionales pues no sólo realizan análisis estadísticos, sino que presentan sistemas cartográficos que dan énfasis a la producción de mapas y presentación de datos espaciales, por lo cual constituyen una herramienta analítica poderosa. El sistema puede aplicarse en una gran variedad de problemas y puede dar respuestas a preguntas sobre situación: ¿en qué coordenadas se localiza tal fenómeno o lugar específico?, condición: ¿cuáles son los sitios que poseen ciertos atributos?, tendencias: ¿cómo cambian los atributos espacialmente con el tiempo?, ruta: ¿cuál es el camino más corto y rentable entre dos lugares?, etc.

Los SIG constituyen un factor de integración tecnológica sin socavar el campo de aplicación de cada una de las otras tecnologías, a la vez que son portadores de características propias (Ejemplo: La superposición de mapas).

### **Aplicación de los SIG en la salud pública de diferentes países.**

La geografía de Canadá y la distribución de la población han incitado a la innovación en aspectos como la administración de recursos naturales y la planificación regional. La innovación consiste en el empleo de los SIG, un concepto que se ha manejado por más de tres décadas en dicho país. Este se ha aplicado en el sector de la salud como una demanda para el aumento de información y análisis en la relación entre las personas, su ambiente y la salud, que definen correlaciones muy específicas. Por ejemplo, combinando áreas donde la proporción de inmunización es baja, el número de niños por familia es alto y el acceso a las fuentes de suministro de aguas tratadas es difícil.

Se consideraron estos aspectos, el analista o investigador puede localizar áreas y poblaciones de mayor o menor riesgo. Además, representan una nueva herramienta analítica de planificación para el Norte y el Sur de Canadá. Los defensores de los SIG resaltan su capacidad de producir un análisis comprensivo y oportuno de bancos de datos complejos y su potencial para mejorar la colección de datos, análisis y procesamiento de información y su presentación final. El impacto visual de mapas producidos por los SIG en la toma de decisiones, es un beneficio tangible que es a menudo sobrestimado. Hoy día, los paquetes de software SIG disponibles comercialmente, están siendo cada vez más usados por usuarios de diversas disciplinas.

En Marruecos y Botswana existen dos comités nacionales que trabajan en el campo de los SIG: el Comité Nacional de Cartografía y el Comité Nacional de Sensores Remotos. La tarea de estos órganos es coordinar actividades de estudio de sus áreas. Esta colaboración resulta una vía de desarrollo para otros ministerios, como son, el Ministerio de Minas y Geología, el de la Silvicultura, de los Recursos del Agua, el Ministerio del Interior, la Fuerza Policiaca Real, ente otros. Para cubrir con la demanda de datos básicos, al Departamento de Conservación de la Tierra y Registro de la Tierra y Cartografía, le ha sido confiada la tarea de digitalizar todos los mapas a una escala de 1:250 000. Los mapas automatizados están disponibles para cualquier ministerio. El Instituto de Sensores Remotos Espaciales, cuerpo público que trabaja principalmente en el campo de sensores remotos, sirve como centro de referencia nacional. Este está bien dotado de equipos y proporciona entrenamientos.

Los Sistemas de Salud en el África Subsahariana encaran diversos y complejos problemas que van en aumento, algunos de los cuales se mencionan a continuación: las poblaciones crecen rápidamente, al igual que los daños severos a los recursos naturales, la asignación de recursos se dificulta y es independiente del tamaño de las poblaciones, los sistemas básicos de salud son caros y están protegidos por fuertes intereses, lento progreso de la reordenación.

Como se conoce, la población de Kenya es heterogénea, con diferencias étnicas, religiosas, y socioeconómicas que influyen en conceptos de enfermedad y demandas para el cuidado de la salud. Sin embargo, la única información disponible sobre la población local es el Censo de Población, normalmente realizado cada 10 años, que no coincide con otras poblaciones existentes. El uso de SIG puede ayudar a mitigar algunos de los problemas sociales inherentes a estas poblaciones.

### **Resultados de la aplicación en investigaciones sobre el recurso suelo**

En Francia, a finales de los años 80 la tecnología de los SIG ha aparecido en la ciencia del suelo, haciendo posible el almacenamiento de la información, incluidos los mapas de suelo. Los Sistemas de Información de Suelo (SIS) cubren dos fuentes fundamentales de datos: mapas regionales de suelo (escala < 1:250 000) y mapas locales de suelo (escala > 1:25 000) que pueden considerarse limitadas, pero representativas de áreas georeferenciadas. Los SIS tradicionales construidos a partir de sistemas de manejo de bases de datos relacionales y SIG vectoriales, mostraron severas limitaciones en el manejo de estos datos. El papel fundamental perseguido en las investigaciones llevadas a cabo en Francia, ha consistido en el manejo de datos imprecisos emitidos por los mapas regionales de suelo y el modelado de áreas georeferenciadas a partir de la extrapolación de áreas no mapeadas.

### **Resultados de la aplicación en la Industria Azucarera**

Los SIG introducidos en el año 1992 para la evaluación de los suelos dedicados al cultivo de la caña de azúcar en Islas Mauricio, se han ido mejorando con la aplicación de nuevos sistemas, los cuales presentan mayor capacidad de almacenamiento y manipulación de información. Los principales estudios realizados por el Instituto de Investigaciones de la Industria Azucarera de Mauricio (MSIRI), utilizando como herramienta los SIG, han permitido seleccionar los suelos más apropiados para plantar la caña. Un gran cúmulo de datos de varios ingenios, almacenados desde el año 1985 en formato dxf, fueron importados al sistema ARC/INFO. Los datos de rendimientos, fertilización, características de los suelos, etc., fueron procesados para complementar informaciones obtenidas más recientemente. La actualización de las bases de datos de cosecha de varios años, fue facilitada mediante el intercambio de files de datos a través de e-mail y otros medios, con los técnicos de los ingenios.

Dicho Instituto está participando actualmente en un proyecto nacional iniciado en el año 1995, sobre la conversión de suelos plantados de otros cultivos, para la plantación de la Caña de Azúcar. Para ello fueron digitalizados los planos de los campos de varios ingenios. Se actualizaron los archivos correspondientes a esas áreas, y a través del enlace de las bases de datos cartográficas y de las bases de datos de atributos, se logró obtener mapas temáticos de suelo, pendiente, lluvia, variedades y ciclos de cosecha, los que son utilizados para la toma de decisiones sobre la programación de corte de las plantaciones cañeras (MSIRI, 1997). El análisis indicó la necesidad de medidas correctivas que podían influir sobre la productividad del cultivo de la Caña de Azúcar. Se investigaron las limitantes de la

productividad de las tierras, y se constató que existía en explotación comercial cierto porcentaje de variedades de caña de azúcar no recomendadas para las condiciones suelo-climáticas existentes.

Esta tecnología se ha empleado, además, en la producción cañera de otros países desde hace algunas décadas, tal es el caso de Australia, (McKenzie, 1990), Sudáfrica, (Platford, 1990), Colombia, (Guzmán,1995), Brasil, (Rocha,1995), Costa Rica, (Agüero y Corella, 2003), Tailandia, (Saravanan *et al.*, 2005), así como en Cuba, (Ponce *et al.*, 1997; Balmaseda *et al.*, 1999), quienes reportan la manipulación de información agrícola de empresas azucareras por medio de SIG.

### **Organización técnico–gerencial de la agricultura cañera cubana, durante los últimos 20 años**

El Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar en Cuba (INICA) ha realizado un uso creciente de la tecnología SIG para el procesamiento de la información catastral y su utilización como base para la toma de decisiones concernientes a evaluación, uso y manejo de la agricultura cañera, como parte de los estudios integrales para el cultivo, así como, la implementación de diferentes servicios que se brindan a la producción, entre los que se destacan el Servicio de Recomendaciones de Fertilizantes y Enmiendas (SERFE), Servicio de Recomendaciones de Variedades y Semillas (SERVAS), Servicio Fitosanitario (SEFIT) y Servicio para el Control Integral de Malezas (SERCIM), entre otros.

El proceso de diversificación y reordenamiento territorial que desarrolla la agroindustria azucarera de la provincia Matanzas, se apoya sobre bases sólidamente fundamentadas, con vistas a reducir el margen de error de las decisiones. En ese sentido, la planificación agrícola, se sustenta en la Evaluación de la Aptitud de las Tierras, donde cada bloque o campo cañero es utilizado de manera más eficiente, teniendo en cuenta aspectos físicos, elementos del relieve, clima y la acción del hombre, así como, el entorno económico y social en el cual se desarrolla el proceso productivo. Todo esto es posible con la utilización de los SIG para el manejo de los grandes volúmenes de información georreferenciada que se utilizan en las empresas azucareras.

En la provincia de Matanzas se inicia la implementación de los SIG en este sector en el año 1997 (Chinea-Horta y Cortegaza, 2004) y a partir de esa fecha, se han realizado numerosos estudios en unidades productoras (UBPC y CPA), así como a nivel de empresas azucareras, para determinar factores limitantes del cultivo, características agroproductivas de los suelos, evaluación de la aptitud física de los mismos, propagación e intensidad de enfermedades y plagas, entre otros elementos de manejo técnico-gerencial (Chinea-Horta *et al.*, 2004; Chinea-Horta *et al.*, 2007; Chinea-Horta *et al.*, 2014).

## Estudio de caso: Aplicación de los SIG en empresas cañeras de la provincia de Matanzas

Los trabajos se han desarrollado teniendo en cuenta las bases de datos provenientes de la Evaluación de la Aptitud Física de las Tierras en la provincia (Cortegaza *et al.*, 2001), la base digital del catastro especializado de caña, el Mapa Nacional de Suelos del Ministerio de la Agricultura (MINAGRI) y el Mapa Topográfico del Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía (ICGC) a escala 1:25 000. Fueron empleadas e importadas por el SIG, la base de perfiles y factores limitantes de los suelos, la Base de Datos Agrícola (BDA) y las provenientes de los servicios SERFE, SEFIT, SERVAS y SERCIM.

Como parte del Estudio de Suelos para el Manejo Integral de la Caña de Azúcar (ESMICA), realizado en la CPA “Evelio Valenzuela” del municipio Jovellanos, se determinó la intensidad de ataque del barrenador (*Diatraea saccharalis* Fab.), el parasitismo por la mosca cubana (*Lixophaga diatraeae* Towns.) y las normas de aplicación de la misma, para mantener la plaga bajo control. Se realizó similar estudio para el comportamiento de las principales enfermedades, donde fueron determinados los niveles de propagación e intensidad del carbón (*Ustilago scitaminea* Sydow, sinónimo *Sporisorium scitamineum* Piepenbr. Stoll and Overw.); roya común (*Puccinia melanocephala* H. and P. Sydow) y raquitismo de los retoños (*Lifsonia xyli* subsp. *Xyli*), a nivel de bloque cañero, como parte del Servicio Fitosanitario (SEFIT), implementado por el INICA para la categorización de las variedades y determinar la magnitud de la incidencia de las enfermedades y plagas, resultados se detallan más adelante.

Estas investigaciones se realizaron en 12 bloques cañeros, sobre 10 cultivares que ocupan 794 ha de suelos Ferralíticos rojos y Pardos con carbonatos, según las metodologías propuestas por Balmaseda *et al.*, 1997; Villegas *et al.*, 1999 y 2002. Los resultados fueron expresados mediante una escala convencional de 4 valores, empleada para el SEFIT (Piñón *et al.*, 2002). Se utilizaron los sistemas CAD (Computer Aided Desing) para la digitalización de una parte importante de la información cartográfica, los SIG empleados fueron el ILWIS ver. 3.0 y MapInfo para Windows, que permitieron la integración y generación de los diferentes escenarios y mapas temáticos resultantes.

El contenido de diferentes elementos químicos y características del suelo como fósforo, potasio, materia orgánica y pH, así como los factores limitantes profundidad efectiva, drenaje, compactación, pedregosidad, permitieron confeccionar los cartogramas que se presentan en las figuras 1, 2, 3 y 4, los cuales fueron anexados a las recomendaciones de fertilizantes y enmiendas emitidas por el SERFE, correspondientes a las unidades productoras de las empresas azucareras.

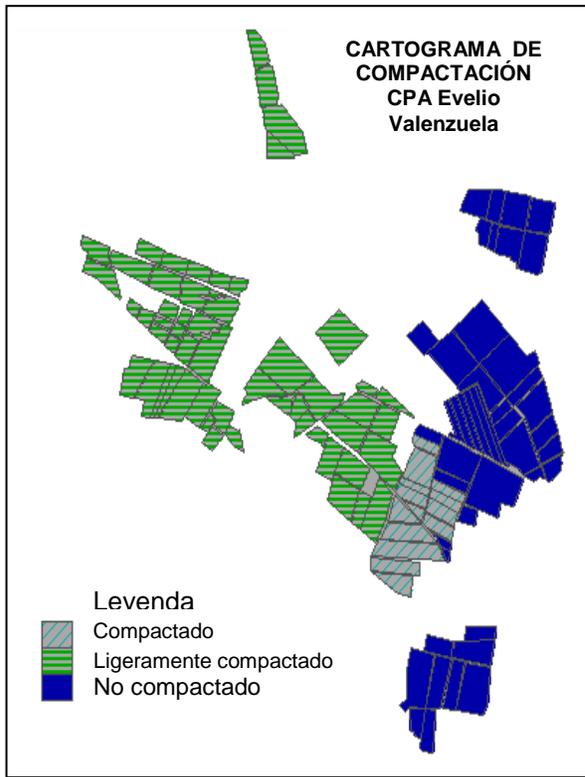


Figura. 1. Cartograma de compactación.

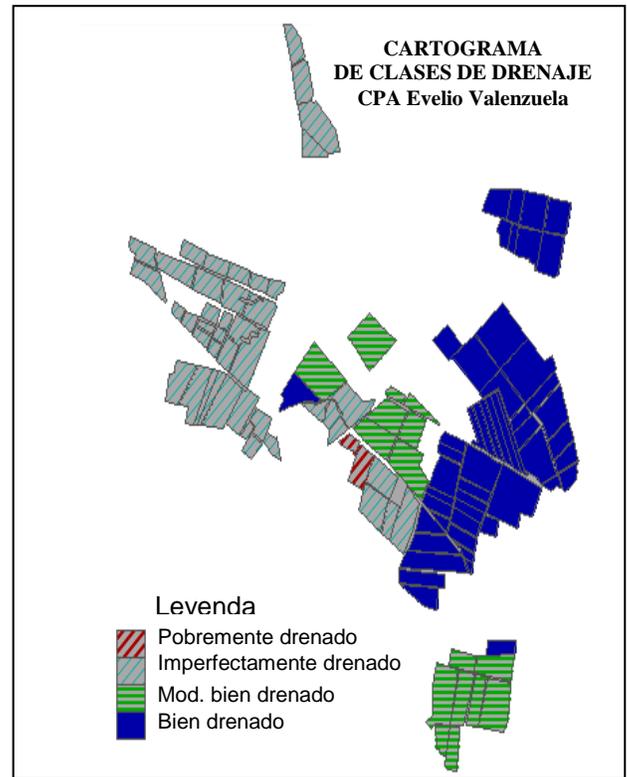


Figura. 2. Cartograma de clases de drenaje.

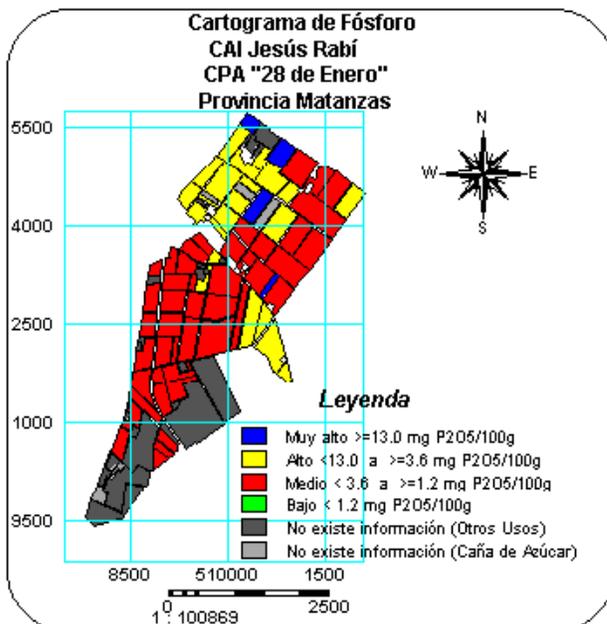


Figura. 3. Cartograma de Fósforo.

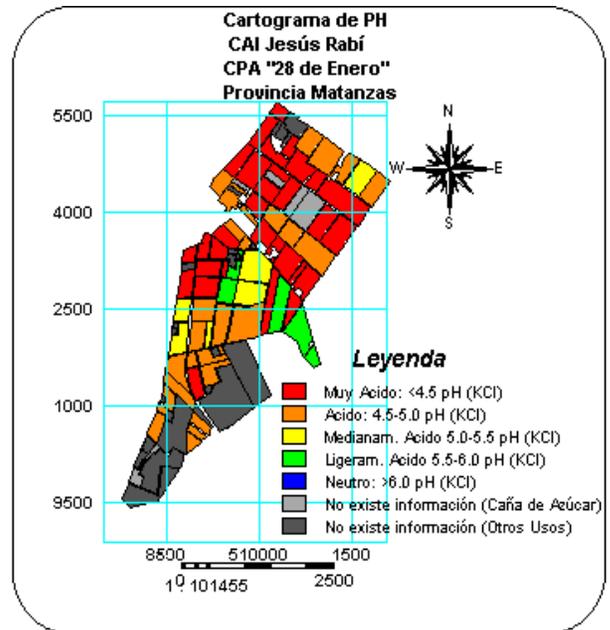


Figura. 4. Cartograma de pH.

A partir de la Evaluación de la Aptitud Física de las Tierras en 173 396 ha, para 26 variantes de cultivos alternativos, se elaboraron las bases catastrales y de uso perspectivo del suelo en las nuevas estructuras organizativas, donde más de 100 000 ha presentaron limitaciones, destacándose como más importantes el mal drenaje, acidez y compactación de los suelos. Sobre esta base se realizó la reestructuración física de las tierras pertenecientes al MINAZ en la provincia, así como la elaboración de mapas temáticos para representar espacialmente el uso actual de la tierra.

En la empresa “Esteban Hernández” se caracterizaron los suelos en un área de 9 927,5 ha. Estos forman bandas que se repiten al norte y al sur de la Sierra de Bibanasí, que a su vez divide las áreas de la Empresa en dos parteaguas. Predominan los agrupamientos de suelos Ferralitizados cálcicos, seguidos de los Sialitizados cálcicos. La descripción tridimensional del relieve mostró la dirección de la pendiente y las líneas de drenaje o parteaguas principal (Figuras 5 y 6).

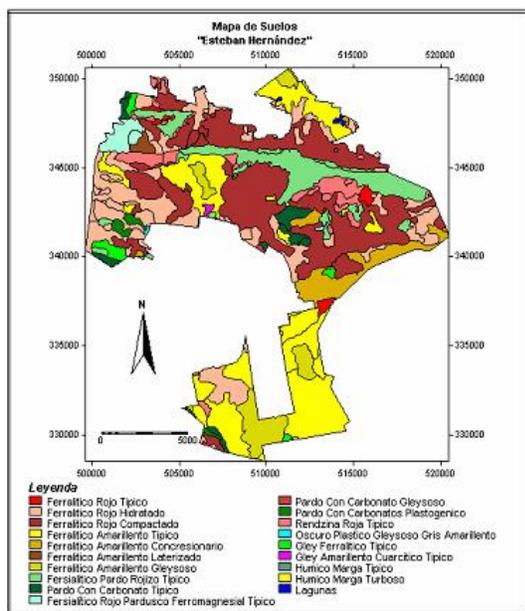


Figura. 5. Mapa de suelos.

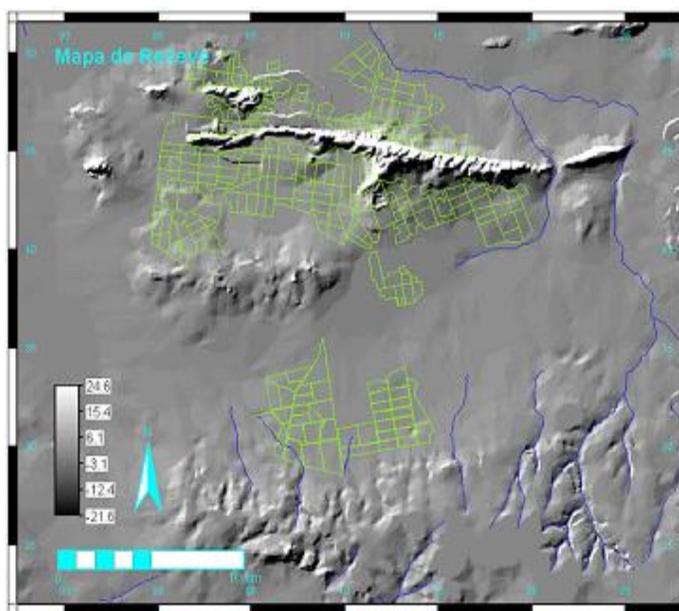


Fig. 6. Mapa de Relieve Empresa Esteban Hernández.

El mapa de clases de pendientes (Figura 7), permitió identificar las pendientes para cada bloque cañero y determinar las zonas de riesgo de erosión, donde el suelo debe ser tratado de forma diferenciada; lo que posibilita la aplicación de medidas agrotécnicas adecuadas, según los principios de la Agricultura Sostenible. El empleo de un modelo digital de elevación (MDE) posibilitó ajustar las líneas de suelo (Figura 8).

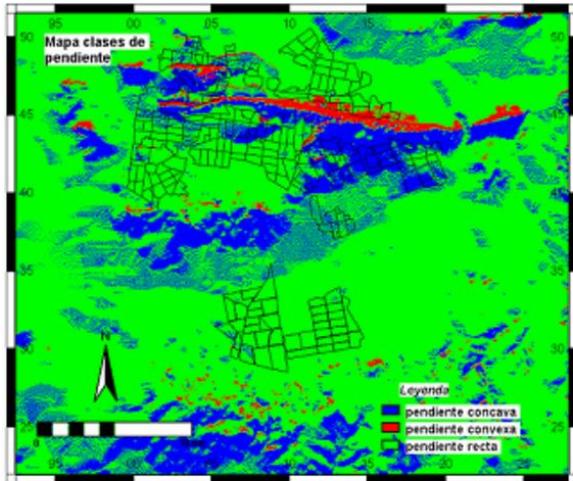


Figura 7. Mapa Clases de pendientes Empresa Esteban Hernández.

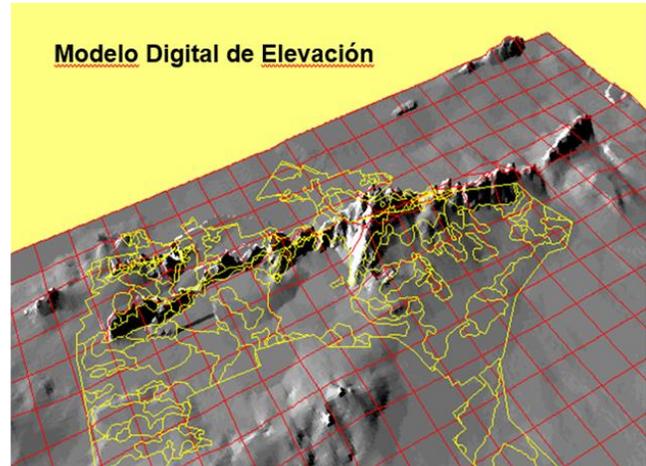


Figura 8. Modelo Digital de elevación Empresa Esteban Hernández.

La intensidad de ataque de insectos plagas, enfermedades, roedores y las medidas que se deben aplicar para controlarlos en áreas de producción de las plantaciones cañeras de la CPA “Evelio Valenzuela” resultó satisfactoria debido a la baja intensidad de infestación del barrenador y alto porcentaje de parasitismo por la mosca *Lixophaga*, pues solamente el bloque 128 está por encima del umbral económico y se recomienda aplicar una norma de control diferenciada del resto de los bloques, a los cuales se le aplicará la norma de mantenimiento (Figuras 9 A y B). En el mapa sobre normas de aplicación de la Mosca cubana predominan las dosis de 40 pupas/ha, excepto en el bloque 128, donde se deben aplicar 80 pupas/ha (Figura 9 C). Con el establecimiento de esta recomendación, se puede mantener la intensidad total del barrenador por debajo del umbral económico (1,67%) a costo razonable.

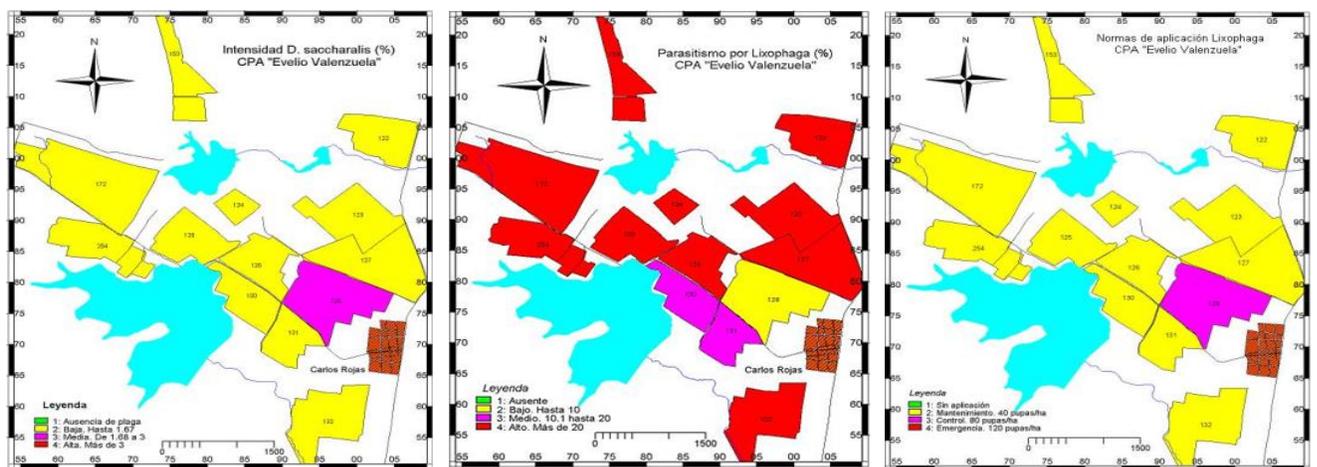


Figura 9. Intensidad de *D. saccharalis* (A), Parasitismo por *Lixophaga* (B) y Norma de aplicación de *Lixophaga* (C) en la CPA Evelio Valenzuela.

Los mapas temáticos elaborados para la representación del comportamiento de las principales enfermedades, determinaron los niveles de propagación e intensidad del desarrollo, a nivel de bloque, de carbón, roya común y raquitismo de los retoños, tres enfermedades de gran importancia económica en Cuba (Figura 10).

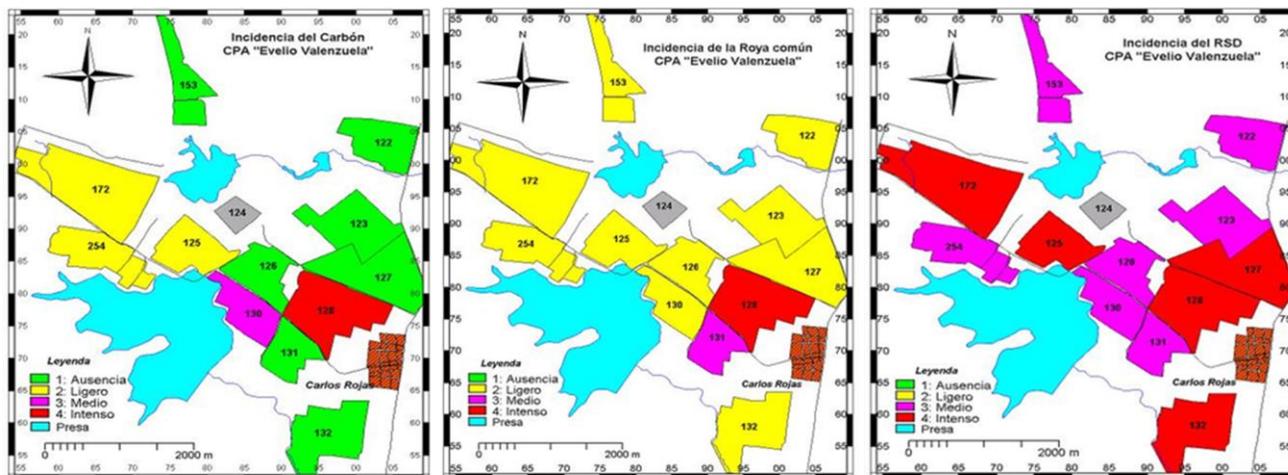


Figura 10. Mapa Incidencia de enfermedades: Carbón (A), Roya común (B) y RSD (C).

La medición de áreas y su trazado jugó un papel importante en la organización y control de la superficie agrícola (Figura 11), pues constituye la base fundamental para los cálculos de fertilizantes, herbicidas, empleo de medios de control biológico, estimados de producción, pago de salarios, uso de combustibles, entre otros elementos técnico económicos (Villegas *et al.*, 2002).

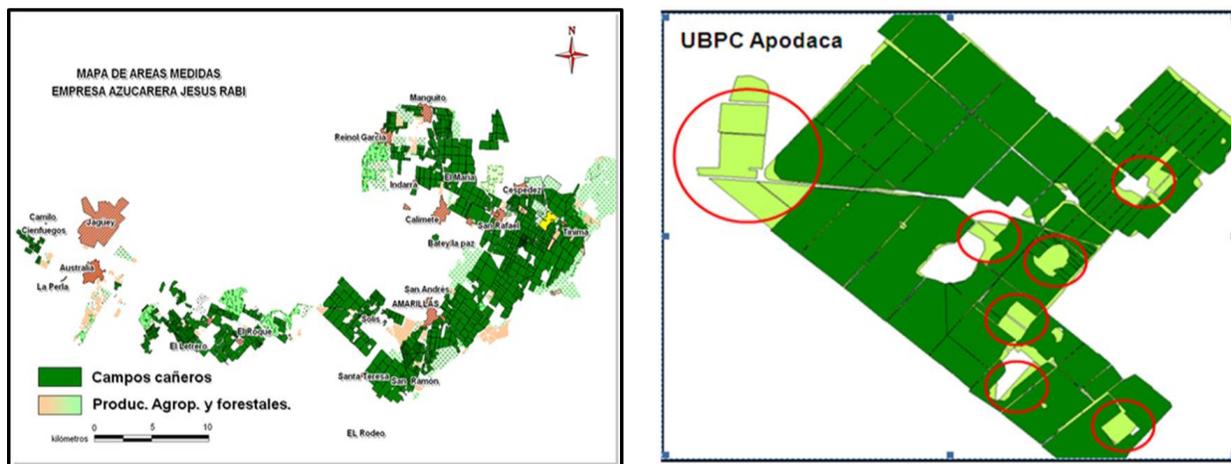


Figura 11. Diferencias entre la cartografía existente y los resultados de las mediciones con GPS en la UBPC Apocaca, UEB Jesús Rabí.

El acercamiento de las áreas cañeras productoras de caña a las unidades procesadoras, representa otro impacto del empleo de los SIG. Se realizó un análisis de distancias con radios de 5, 10, 15, 20 y en casos necesarios 25 km de aquellas áreas con potencialidades, propuestas para ese uso para satisfacer la demanda de materia prima a los centrales y alargar el período de zafra (Figura 12).

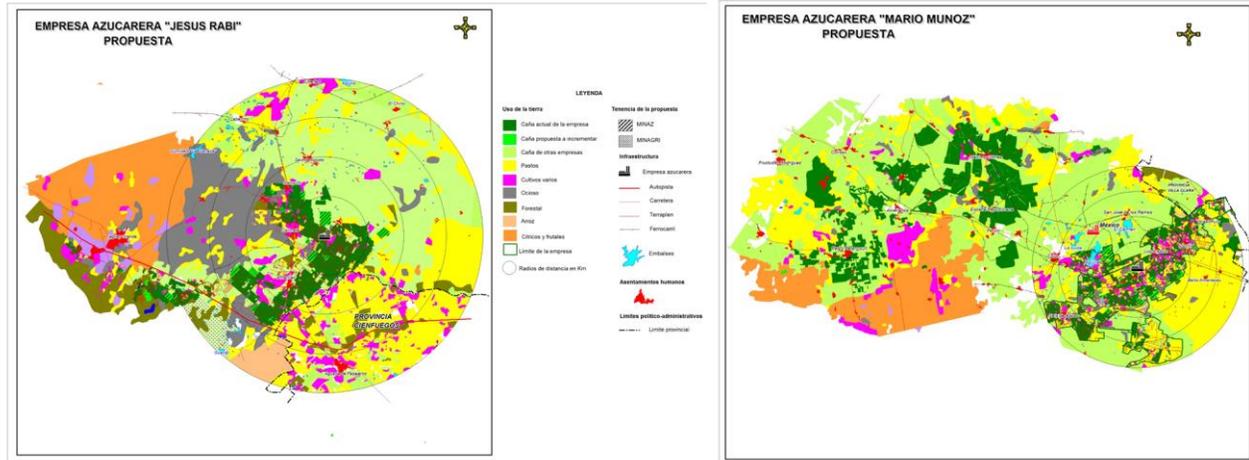


Figura 12. Propuesta de acercamiento de las áreas cañeras a las empresas azucareras.

Por otra parte, el estudio del potencial agroproductivo **de los suelos** dedicados al cultivo de la caña de azúcar en la provincia de Matanzas (Chinea-Horta *et al.*, 2014), permitió la obtención de bases de datos espacial y temática detalladas con el potencial agroproductivo de los suelos, por cepas de la estructura territorial con cierre Junio, 30 de 2012 de los diferentes niveles estructurales de las UEBs (Figura 13). Esto permitió en la provincia, como nunca antes, el monitoreo del recurso suelo y su influencia sobre el cultivo, mediante el empleo de SIG y Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), con mayor eficiencia y precisión.

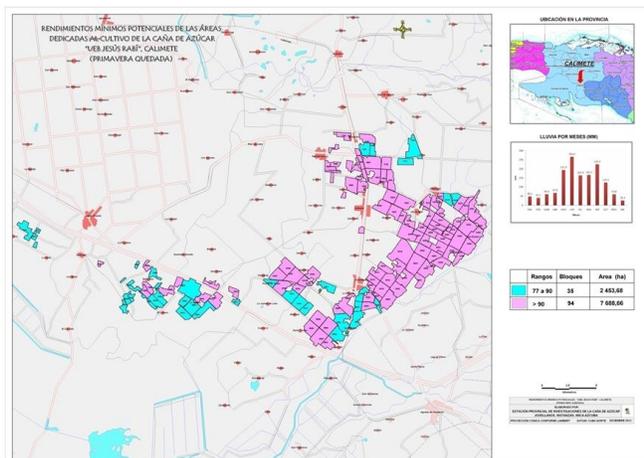


Figura 13. Rendimientos mínimos potenciales de la UEB Jesús Rabi.

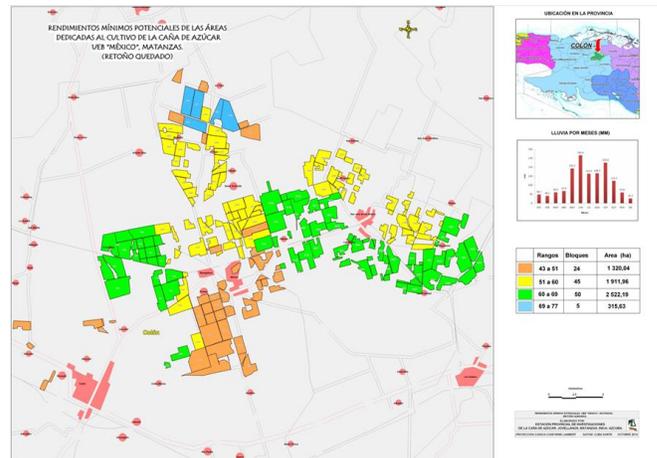


Figura 14. Rendimientos mínimos potenciales de la UEB México

También estudios realizados por China-Horta y Rodríguez (2019) permitieron analizar la variabilidad espacial de algunas propiedades del suelo en el cultivo de la caña de azúcar. El análisis estadístico multivariado y las técnicas geoestadísticas permitieron identificar y cuantificar el grado y escala de variación espacial, así como, comprender las interrelaciones entre las variables pH,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$  y otras, que inciden en el desarrollo de la caña de azúcar. Los mapas de contornos a partir de la interpolación de las variables estudiadas, mostraron al primer golpe de vista la alta variabilidad existente en el área (Figura 15). Los resultados pueden tomarse en consideración para realizar un manejo más preciso en la planificación de la fertilización y otras enmiendas.

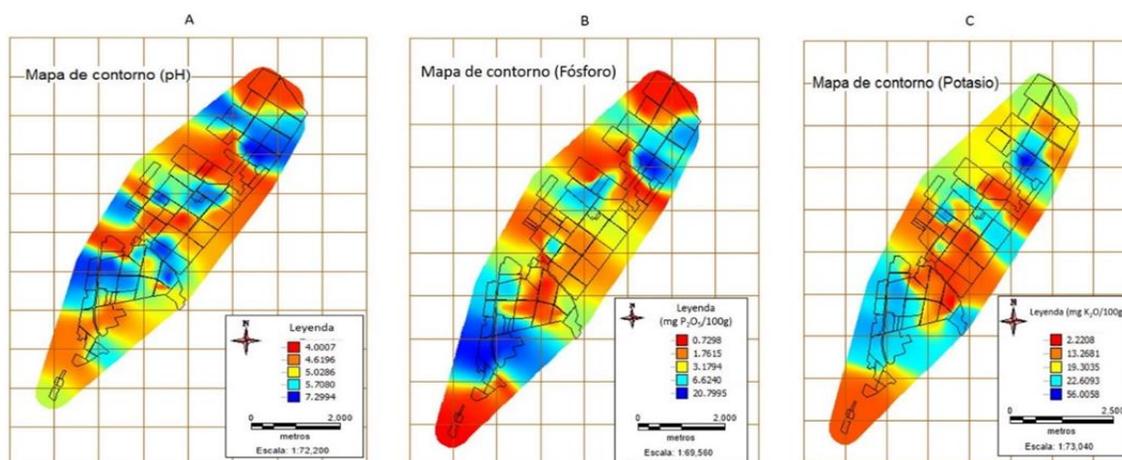


Figura 15. Mapas de contorno: pH (A), fósforo (B), potasio (C)

Las experiencias acumuladas durante veinte años en el empleo multidisciplinario de los SIG como soporte a la toma de decisiones en la Agricultura Cañera de la provincia de Matanzas, resultan de gran utilidad para el establecimiento de una Agricultura de Precisión (China-Horta y Rodríguez, 2019). Constituyen una tecnología de avanzada, de alto valor práctico para expresar los resultados de los Estudios de Suelos para el Manejo Integral de la Caña de Azúcar mediante mapas temáticos, tablas y su combinación. Además, representan una herramienta eficaz para la representación de los diferentes niveles estructurales que comprenden las UEBs.

## Conclusiones

El empleo de los SIG constituye una importante herramienta que multiplica la capacidad creativa del hombre y aumenta la productividad del trabajo, permitiendo el desarrollo sostenible de numerosas ramas y sectores de la actividad humana. La industria azucarera en diferentes países se ha favorecido por la introducción de los SIG, sobre todo en las últimas décadas; Cuba constituye un ejemplo de su aplicación práctica a nivel nacional, con un importante avance en la provincia Matanzas. Los SIG resultan una herramienta eficaz para la representación estructural de las unidades productoras y empresas azucareras y permiten la toma de decisiones técnico-gerenciales que garantizan mayor rigor del trabajo y más

eficiencia en su aplicación. Las experiencias acumuladas durante 20 años en el empleo multidisciplinario de los SIG como soporte a la toma de decisiones en la agricultura cañera pueden considerarse un importante paso de avance hacia el establecimiento de la Agricultura de Precisión, con el consiguiente impacto socio-económico y ambiental.

## **Bibliografía**

AGÜERO, J. M. y CORELLA, F. *El GPS en la agricultura de la caña de azúcar, sus aplicaciones actuales y beneficios prácticos: Un sistema integrado de apoyo para la toma de decisiones*. XV Congreso ATACORI, Guanacaste, C. R. 2003.

BALMASEDA, C., MENÉNDEZ, A. y PONCE DE LEÓN D. *Sistemas de Información Geográfica como soporte de decisiones en áreas cañeras*. Cuba & Caña, vol. 3, 1997, pp. 17-22.

BALMASEDA, C., PONCE DE LEÓN, D., GONZÁLEZ, J. y SEGRERA SADDYS. *Informe. Sistema de Información Geográfica del CAI Patria o Muerte*. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. La Habana. 1999.

BATISTA, J. L. *Aplicación de sistemas de información geográfica en Cuba*. Revista internacional de ciencias de la tierra. octubre – noviembre. ISSN:1.131-9.100. 2005.

CHINEA-HORTA, A. y CORTEGAZA, P.L. *Aplicación de un Sistema de Información Geográfica (SIG) para el estudio de suelos en una Empresa Agrícola*. Cuba & Caña, vol. 1, 2004, pp. 20-26.

CHINEA-HORTA, A.; CHINEA MARTÍN, A. y CORTEGAZA P.L. *Incidencia de enfermedades en caña de azúcar, expresada mediante Sistemas de Información Geográfica*. Memorias del 40 Aniversario INICA. CD-ROM. 2004.

CHINEA-HORTA, A., CORTEGAZA, P.L., CHINEA MARTÍN, A., ORELLY, J.P., PÉREZ M., ÁLVAREZ, J.F., BARROSO, G., FERNÁNDEZ, A., RODRÍGUEZ, H., NARANJO, F., FERNÁNDEZ, A. y LEAL. P.P. *Organización técnica–gerencial de la agricultura cañera de matanzas, mediante sistemas de información geográfica (SIG) durante los últimos 10 años*. Memorias del 60 Aniversario Estación Experimental de la Caña “A. Mesa”. ISSN 1028-6527. 2007.

CHINEA-HORTA, A. *et al. Potencial agroproductivo de los suelos dedicados al cultivo de la caña de azúcar en la provincia Matanzas*. Premio CITMA Territorial, 2014. EPICA, Jovellanos, Matanzas. 2014.

CHINEA-HORTA, A. y Rodríguez, L. *Comportamiento geoespacial de algunas propiedades del suelo en el cultivo de la caña de azúcar en la provincia de Matanzas*. Evento Diversificación 2019, La Habana. 2019.

CHINEA-HORTA, A. y Rodríguez, L. *Sistemas de Información Geográfica. Dos décadas de investigaciones en la agricultura cañera de matanzas*. IX Convención Científica Internacional “Universidad Integrada e Innovadora”, CIUM, 2019. Varadero. 2019.

CHINEA-MARTÍN, A., PÉREZ, G., NARANJO, F., ABRANTES, I., RODRÍGUEZ, H., BARROSO, G. y CHINEA HORTA, A. *Síntesis histórica de la Estación Experimental de la Caña de Azúcar de Jovellanos “Antonio Mesa Hernández”*, Publinica, INICA. 2007.

CORTEGAZA, P. L., CHINEA HORTA, A., MADAN, D. L., OJITO V., GONZÁLEZ, F.R. y HERNÁNDEZ, H.F. *Evaluación de la aptitud física de las tierras dedicadas al cultivo de la caña de azúcar en la provincia de Matanzas*. Archivos PIMA, EPICA Matanzas, 2001.

GUZMÁN, A. R. *Cañicultura y mapas digitales inteligentes*. Procaña, vol. 31, 1995, pp. 12-14.

ILWIS 3.0 for Windows. *Users Guide. Internat. Inst. for Aerospace Survey and Earth Science*. Enschede, The Netherlands. 2003.

MCKENZIE, S. A. *Geographic Information System for the sugar industry*. Proc. Austr. Soc. Cane Technol., 1990.

MSIRI. *Technical Report GISCANE*. MSIRI Annual Report. 1997.

PONCE DE LEÓN, D., BALMASEDA, C., CABRERA, R. y DE ARMAS, C. *Evaluación de la aptitud de las tierras en áreas cañeras salinizadas. 2. Utilización de un SIG*. Cuba & Caña, vol. 1, 1997, pp. 30-33.

SARAVANAN, R., BENJAMÍN, K., PRABPAN, M. y WEERATHAWORN, P. *Building farm Information Systems for the Thai Sugar Industry – The role of IRS-ID Satellite and GIS*. Proc. ISSCT XXV Congress, Atagua, Guatemala. 2005.

VILLEGAS, R.; LEÓN, M.; CAMPOS, J. y FERNÁNDEZ, A. *Manual de Procedimientos SERFE*. INICA, MINAZ. 1999.

VILLEGAS, R.; CRESPO, R. y BENÍTEZ, LEDIA. *Implementación y desarrollo de la Proyección Territorial en la Agricultura Cañera*. Proyecto Nacional INICA, C. de La Habana. 2002.