

# POTENCIALIDADES Y PRÁCTICAS DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN UNA AGRICULTURA EN EVOLUCIÓN

**Antonio Chinae Horta, Joaquín Ruiz Traba, Camilo Torres Negrone, Pedro L. Cortegaza Ávila, Rosario Céspedes Collazo, Annerys Reyes Peñate, Antonio Chinae Martín, Ramón González Fernández y Joaquín Ruiz Oropeza.**

*Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar, INICA, MINAZ. Carretera central km. 156. Jovellanos CP 42 600 Matanzas, Cuba.  
E-mail: managro@epica.atenas.inf.cu*

## RESUMEN

Actualmente, la Agricultura de Precisión o Agricultura por Sitios Específicos es una estrategia a la cual estamos llamados para el uso racional de los recursos materiales y del entorno. Afortunadamente, los productores han tomado conciencia de ello y se han interesado por el desarrollo de estas tecnologías. En el presente trabajo, se muestra una experiencia práctica, mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la empresa azucarera “Jesús Rabí” de la provincia Matanzas. Las potencialidades de esta importante herramienta han permitido obtener un Modelo Digital de Elevación (MDE) para el análisis de la pendiente del terreno, que juega un rol importante no sólo desde el punto de vista de la formación del suelo, sino también de su degradación, causada por la erosión. Estos elementos se combinan con los factores limitativos para el cultivo de la caña de azúcar y otras variantes de cultivos alternativos. A partir del mapa del relieve, se crearon mapas derivados de cumbres y cauces, que son combinados con los mapas de suelos, información útil para el desarrollo y explotación de los sistemas de riego. Los resultados se expresan mediante mapas y cartogramas, que son necesarios para la comprensión, localización y caracterización de los fenómenos, logrando un mejor uso de los suelos y fertilizantes, ubicación correcta de los cultivos, contribuyendo de esa forma a una explotación agrícola acorde con los principios de la Agricultura Sostenible.

**Palabras clave:** Sistemas de Información Geográfica, Modelo Digital de Elevación, Mapas de suelo.

## INTRODUCCIÓN

El análisis e identificación de los fenómenos asociados al entorno de una Empresa Azucarera, constituye para los directivos y el personal técnico, una inmensa y costosa labor que se hace más compleja por sus grandes extensiones territoriales, ocupadas por caña de azúcar y otros cultivos alternativos. Por tal motivo, es imprescindible el empleo de tecnologías con amplia versatilidad como es el caso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), capaces de integrar Bases de Datos Espaciales con Bases de Datos de Atributos y profundizar en las características agronómicas del cultivo, propiedades edafológicas y condiciones climáticas del territorio (Balmaseda y col., 1997; Ponce de León y col., 1997 ; Chinae Horta y col., 2007).

Los resultados obtenidos a partir del empleo de las tecnologías de avanzada han permitido mayor acierto en la toma de decisiones, mediante el despliegue de información sobre cada campo de caña y/o unidad de suelo, cumpliendo con el objetivo de mostrar las potencialidades en el ejercicio práctico de esta importante herramienta, hoy día al alcance de los productores cubanos, para la solución inmediata de problemas complejos de

gestión, objetivo nunca antes logrado por métodos tradicionales (Balmaseda y col., 1999; Ponce de León y Balmaseda, 1999; Villegas y col. 2002; Chinae y Cortegaza, 2004; Chinae Horta, 2010).

La generación de diferentes escenarios mediante la introducción de los Modelos Digitales de Elevación (MDE), los estudios de variabilidad espacial de los suelos y sus factores edáficos limitantes, permiten apoyar la proyección del Estado Cubano, encaminada a detener el proceso de degradación de los suelos y comenzar su recuperación paulatina, con el consiguiente saneamiento del medio ambiente, que influirá de forma positiva sobre el desarrollo tecnológico, económico y ambiental de nuestra sociedad (Cortegaza y col. 2001; Cuéllar y col., 2003; Chinae Horta y col., 2007). En particular, esta recuperación de la productividad de los suelos a partir de un uso más efectivo de los mismos, mediante la aplicación práctica por los productores de tecnologías de avanzada y métodos modernos para la toma de decisiones, es un imperativo para elevar los niveles de producción de caña y productos agrícolas de alta demanda popular, aspiración suprema del Ministerio del Azúcar, en el contexto socio-económico actual.

El presente trabajo tiene como objeto expresar mediante mapas, cartogramas y un Modelo Digital de Elevación (MDE), el análisis de los factores edáficos limitantes y la caracterización de la pendiente del terreno, para un mejor uso de los suelos y fertilizantes, ubicación correcta de los cultivos, contribuyendo de esa forma a una explotación agrícola acorde con los principios de la Agricultura Sostenible.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Una parte importante de la información utilizada para la realización de este trabajo, se derivó del resultado de la Evaluación de la Aptitud Física de las Tierras de la Empresa Azucarera "Jesús Rabí" (Cortegaza y col., 2001), de esta se tomó la base de datos con los principales suelos y factores edáficos limitantes, base de datos espacial proveniente del catastro especializado de la agricultura cañera a escala 1:10 000, vectorizado, (Chinae Horta y col., 2010). El mapa de suelos y topográfico del MINAG y el Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía (ICGC) del año 1986 (edición ampliada), a escala 1:25 000. Estructuralmente, se utilizó como unidad mínima de manejo, el campo cañero y éstos, al igual que las curvas de nivel, los polígonos de suelo y otros elementos de interés, fueron digitalizados y ordenados por capas para su análisis.

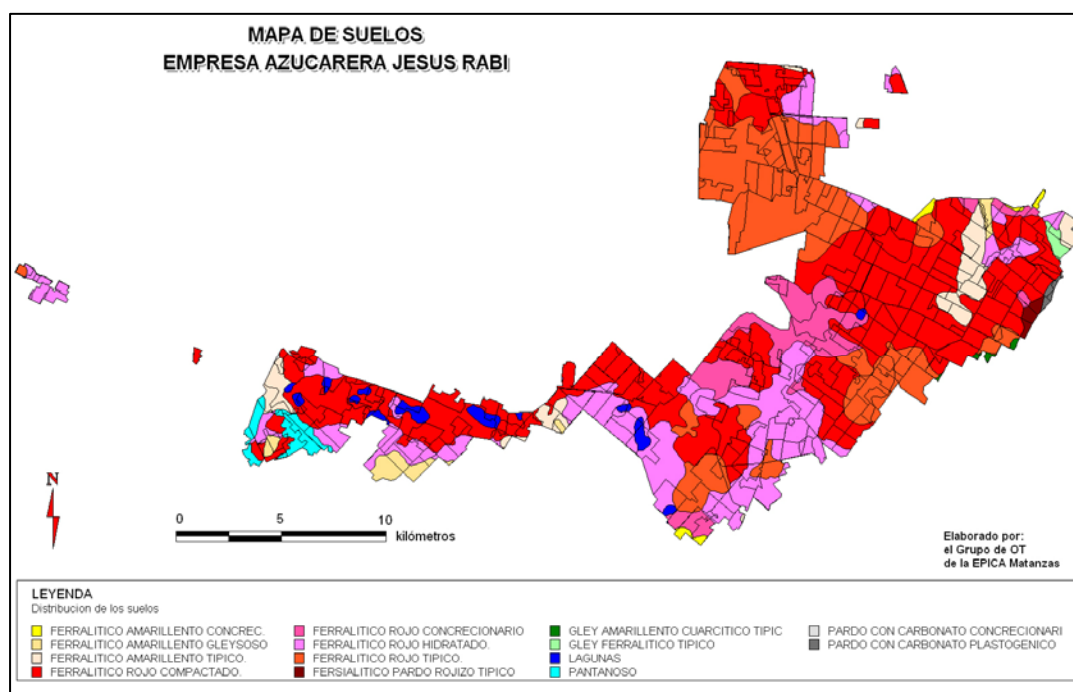
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Características del Área de Estudio.** La Empresa Azucarera "Jesús Rabí" se encuentra ubicada en el municipio Calimete, provincia Matanzas, entre las coordenadas 480,145.97 – 288,416.27 m Oeste y la 520,437.15 – 308,868.71 m Norte. Limitan por el Norte con el antiguo CAI "6 de Agosto", por el Sur con la Autopista Nacional, por el Este con el río "Hanábana" y límite provincial de Cienfuegos y por el Oeste con el antiguo CAI "Reynold García" y áreas de la Empresa Citrícola "Victoria de Girón", del municipio Jagüey Grande. La Empresa, después de un proceso de reordenamiento y perfeccionamiento de sus áreas, cuenta finalmente con un área de 9 454, 95 ha dedicadas al cultivo de la caña de azúcar, conformada por 14 unidades productoras; de ellas, 7 Unidades de Producción Cañera (UBPC), cuatro Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA), tres Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS), un Banco de Semilla Registrado (BSR) y una Finca de Semilla. El resto de la superficie está destinada a producciones agropecuarias y forestales, que totalizan una superficie geográfica de 13 805, 84 ha distribuidas en 132 bloques y 874 campos cañeros, estos últimos representan la unidad mínima de manejo para las labores agrícolas.

El clima de la Región es Tropical Húmedo, característico de los llanos interiores de la provincia Matanzas. La velocidad media del viento alcanza valores de 2, 2 m/seg la evaporación es de 6, 3 mm/día y la nubosidad de 3, 5 octavos. El comportamiento de la temperatura media anual durante 22 años de observación, oscila entre 28, 4<sup>o</sup>C y 21, 5<sup>o</sup>C, como valor medio, 24, 5<sup>o</sup>C. La temperatura media más baja ocurre en el mes enero (21,1<sup>o</sup>C), mientras que la más elevada ocurre en agosto (28,4<sup>o</sup>C), coincidente con valores elevados de precipitaciones.

El área de estudio está formada por rocas calizas que datan del Jurásico al Cuaternario y la topografía cálcica se encuentra muy extendida, inscrita en la extensa llanura cársica de la provincia Matanzas. De forma general, la topografía es llana, con valores de pendiente que regularmente no sobrepasan el 1%. Predominan suelos formados a partir del proceso de ferralitización, que se caracteriza por una alteración intensa de los minerales, con lavado de la mayor parte de las bases alcalinas y alcalinotérreas, y parte de la sílice, con la materia orgánica bien evolucionada.

En la **Figura 1** se puede observar que los suelos más representativos en el área agrícola de la Empresa Azucarera “Jesús Rabi” son los Ferralíticos rojos, que abarcan en su conjunto, el 92, 68% de la superficie cultivada con caña de azúcar.



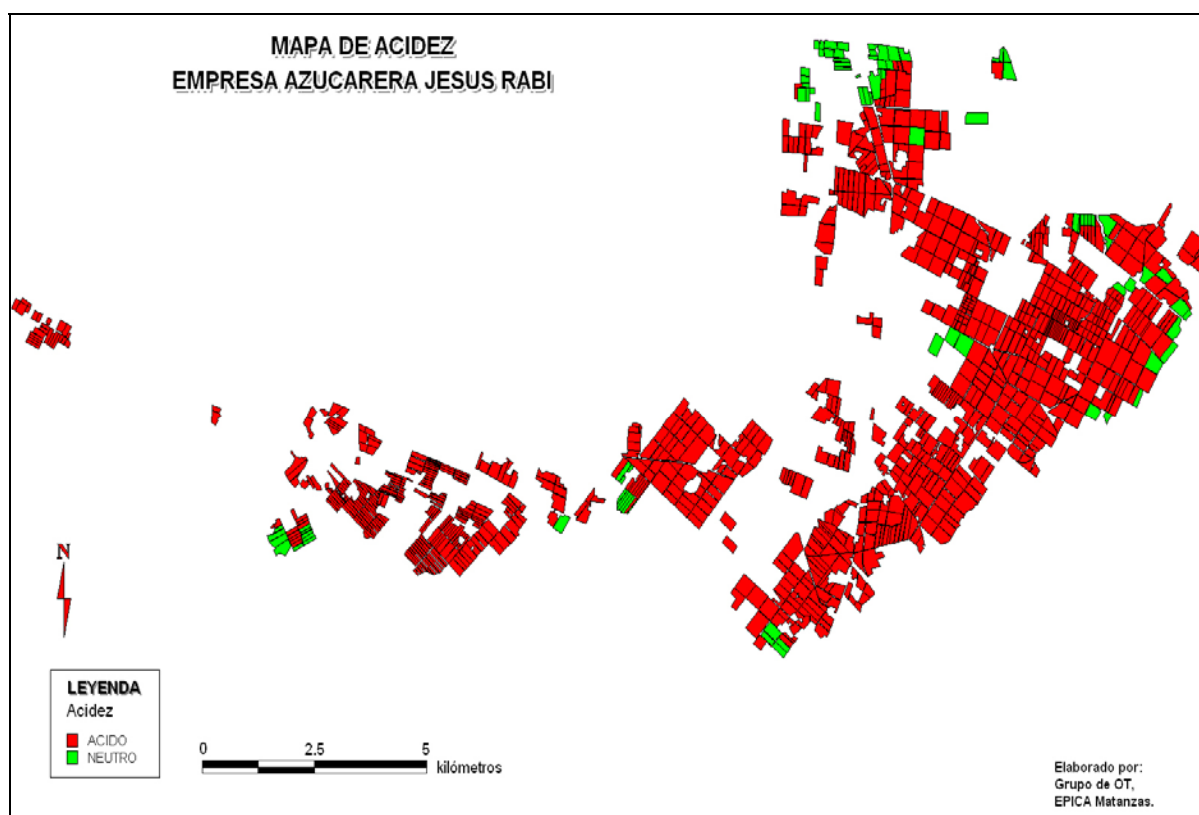
**Figura 1.** Mapa de suelo de la Empresa Azucarera “Jesús Rabi”.

Se destacan los subtipos compactado, hidratado y, en menor grado, los concreciónarios. Otros suelos menos extendidos son los Pardos con carbonatos, Ferralíticos amarillentos, Gley ferralíticos y Fersialíticos pardo-rojizos. Los suelos Ferralíticos rojos típicos y compactados se concentran fundamentalmente en la zona Norte, es decir, en la parte más alta y alejada de la Ciénaga de Zapata, mientras que los suelos Ferralíticos amarillentos y el subtipo Ferralítico rojo hidratado se encuentran más al Sur, ocupando posiciones más

bajas. El resto de los suelos se ubican, fundamentalmente, en las márgenes del río Hanábana.

Se considera factor limitativo del suelo aquel que causa una reducción del crecimiento y productividad de la caña y en ocasiones, la conduce a su muerte. Las plantaciones cañeras de la Empresa no están exentas de estos factores que, generalmente, se agudizan sus efectos causados por el déficit de elementos nutritivos; entre ellos resultan más importantes la presencia de acidez, mal drenaje y pedregosidad.

En correspondencia con la presencia generalizada en el área agrícola de la Empresa de suelos antiguos y desarrollados (Ferralíticos), la pérdida de bases, asociada a su proceso de formación, ha inducido la disminución del pH del suelo a través del tiempo, lo cual se manifiesta en la actualidad en amplias zonas, como se puede apreciar en la **Figura 2**.



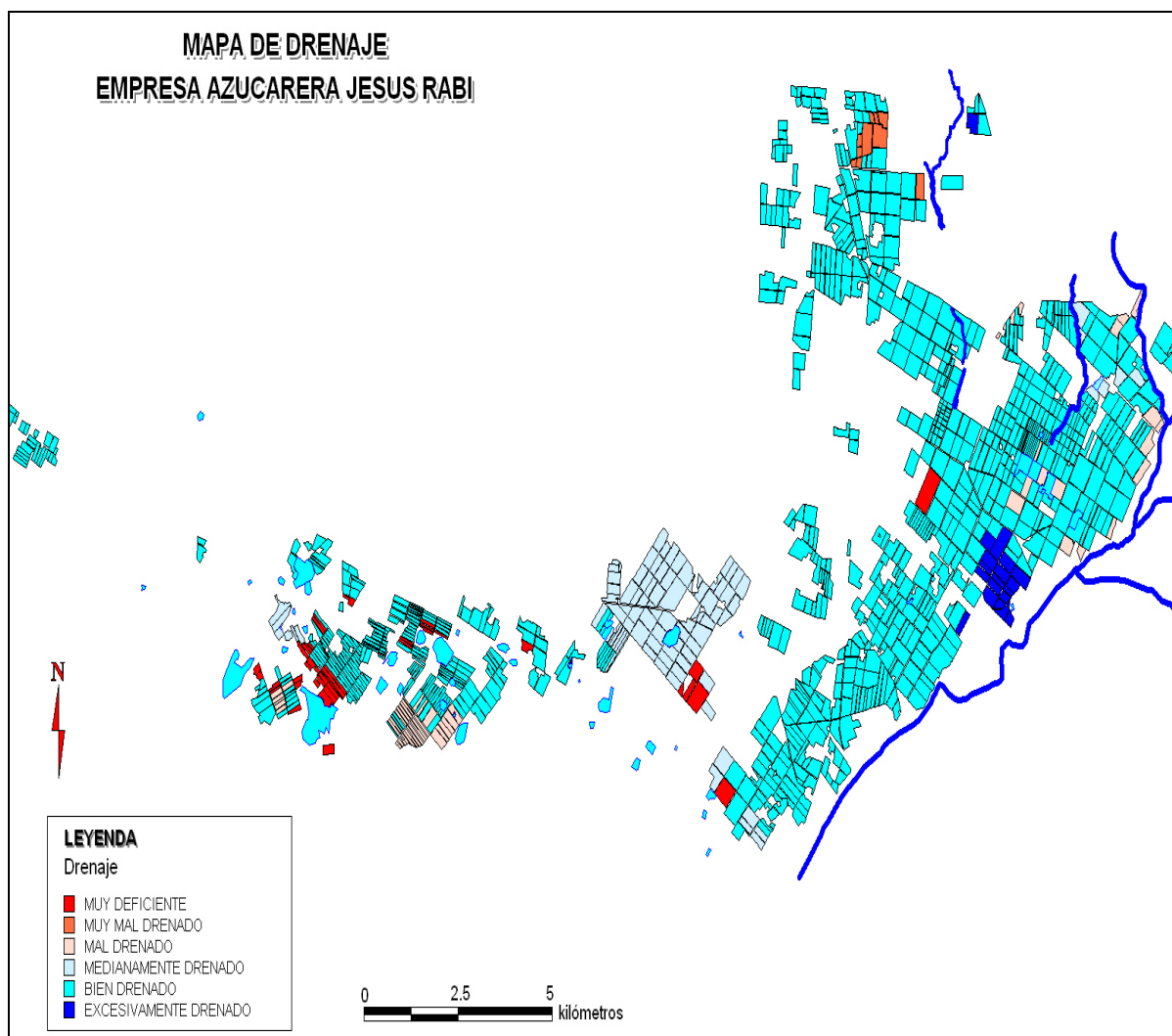
**Figura 2.** Situación de la acidez de los suelos en la empresa Jesús Rabí.

En las áreas cañeras de Cuba, la presencia de acidez en el suelo, rara vez se ha visto relacionada con fenómenos de toxicidad por aluminio y manganeso, y tampoco son frecuentes los reportes sobre afectaciones directas a la planta por las altas concentraciones del catión  $H_3O^+$  presentes en los suelos ácidos.

La principal consecuencia que generalmente se ha apreciado en suelos con problemas de acidificación ha sido la disminución de la solubilidad de determinados elementos nutricionales para el cultivo, tales como el P y Zn, entre otros.

El mal drenaje origina deficiencia de Oxígeno ( $O_2$ ), procesos reductores, solubilización de elementos tóxicos, pérdidas de N, y afecta la absorción de K por la planta. En su nivel más crítico puede llegar a provocar la muerte de las raíces.

En la Empresa no existen grandes problemas de drenaje en sus áreas agrícolas, en atención al predominio de suelos Ferralíticos, estos fenómenos generalmente están asociados a los suelos Ferralíticos Amarillentos, Gley Ferralíticos y, en menor medida a los Ferralíticos rojos hidratados, según se muestra en la **Figura 3**.

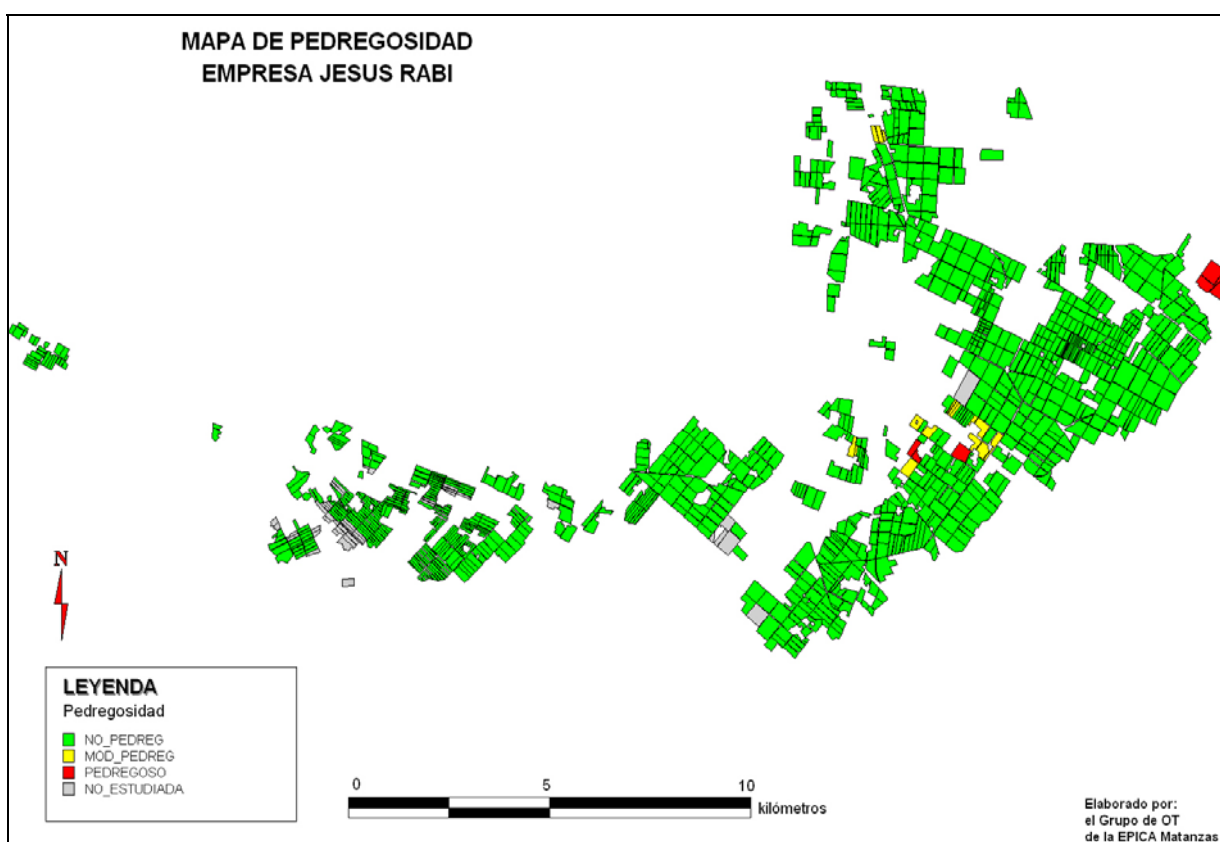


**Figura 3.** Situación del drenaje en los suelos de la empresa “Jesús Rabi”.

La pedregosidad produce disminución del volumen de suelo real y del volumen de suelo a explorar por las raíces de la planta; limita la capacidad de absorción de nutrientes y de agua, además de que causa serias dificultades para el empleo de la mecanización, haciendo ésta difícil por roturas de implementos.

En la **Figura 4** se observa la distribución de la pedregosidad en las áreas de la Empresa. Como se puede apreciar solamente en algunos campos cañeros se presentan

determinados niveles de pedregosidad y en la mayoría de los casos están relacionados con los suelos Ferralíticos Rojos Concrecionarios.



**Figura 4.** Situación de la pedregosidad en la empresa Jesús Rabi.

En la **Figura 5**, se muestra un Modelo Digital de Elevación (MDE), logrado mediante la interpolación de las curvas de nivel presentes en el área estudiada. El color rojo, representa las zonas más altas del terreno (65 m); en cambio, el azul no sobrepasa los cinco metros sobre el nivel del mar (msnm).

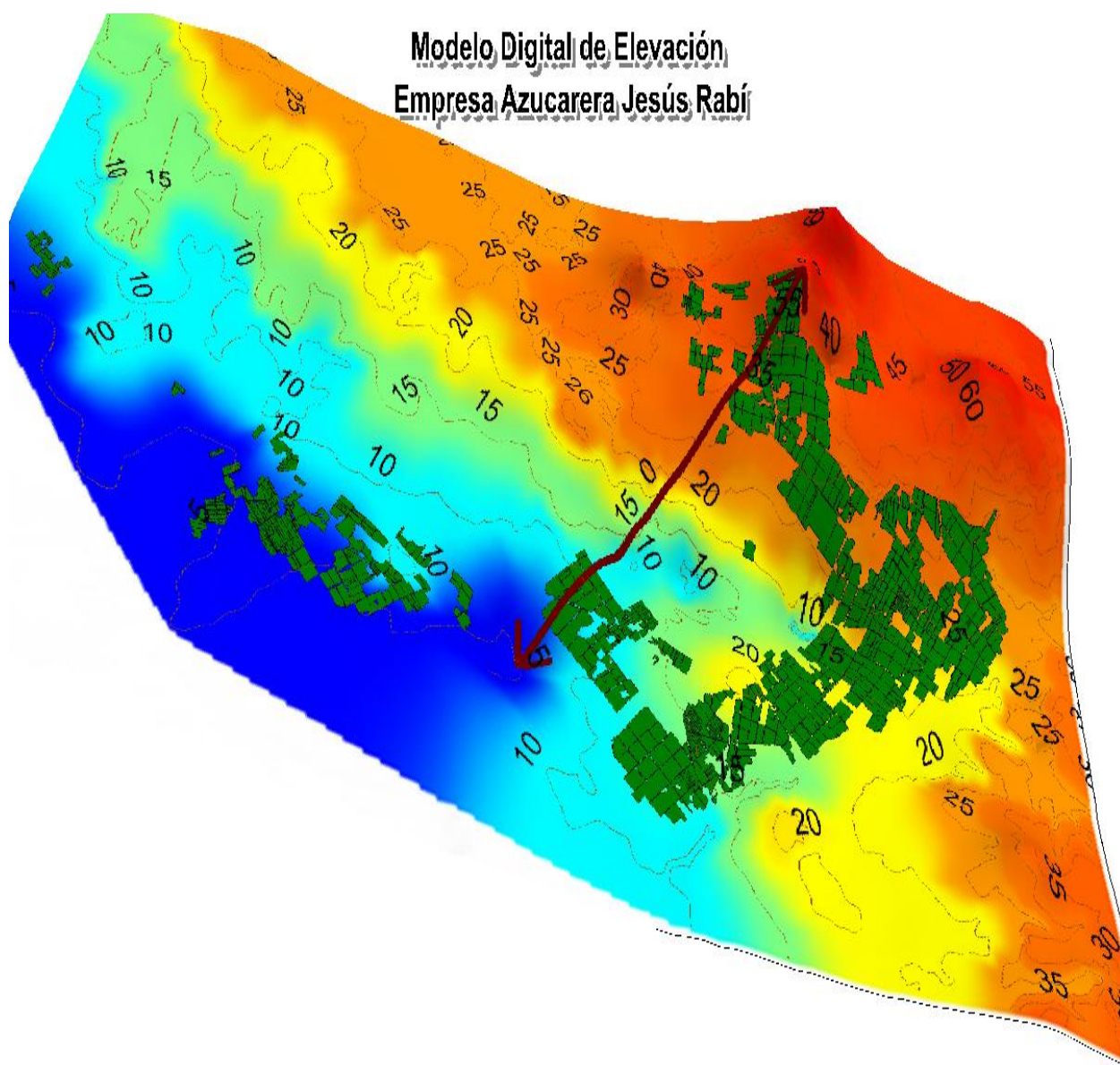
Se representan los campos cañeros con el color verde oscuro, mientras que la flecha carmelita constituye una “sección cruzada”, que recorre 15 Km y que va desde el punto culminante (situado a mayor elevación) hasta la zona más baja del terreno, próxima a la costa sur, como se puede observar en la **Figura 6**.

Estos resultados demuestran las potencialidades de los Sistemas de Información Geográfica para el manejo agrícola y coinciden con las experiencias expuestas por Chinae Horta y col. (2004), Chinae Horta y col. (2007), quienes emplearon estas metodologías en la Empresa “Esteban Hernández” para definir la complejidad de aquella zona cañera, por medio de un mapa de clases de pendientes, combinado con el drenaje acumulado.

Esta combinación permitió identificar las pendientes específicas para cada bloque cañero y determinar las áreas con riesgo de erosión, donde el suelo debe ser tratado de forma diferenciada, aplicándole medidas agrotécnicas adecuadas, como demanda una



agricultura sostenible, sustentada en la biodiversidad, baja contaminación de los suelos y del manto freático, lo que garantiza la convivencia armónica de las plantas, animales, microorganismos y el hombre (China Horta y col., 2007).

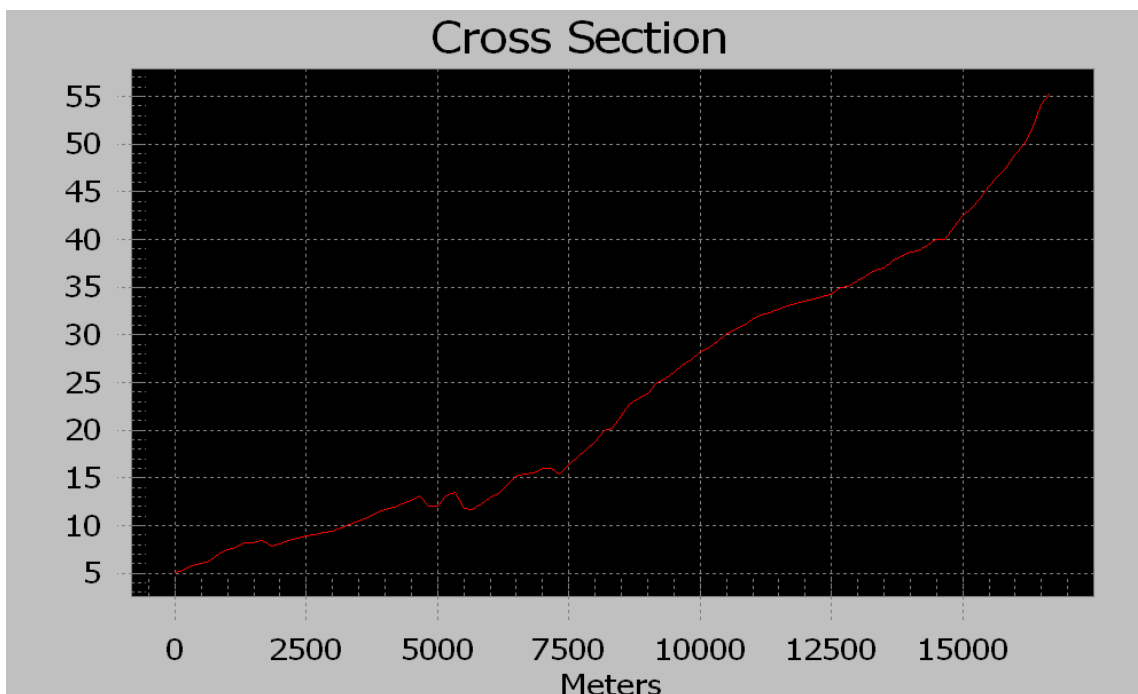


**Figura 5.** Modelo Digital de Elevación de la empresa “Jesús Rabí”.

Previamente había sido utilizado un Modelo Digital de Elevación (MDE) en Isla Mauricio (MSIRI, 2000), para determinar la aptitud de las tierras respecto al empleo de la mecanización, según categorización de las pendientes, relacionadas con los tipos de

suelos y sobre esa base, fue elaborado un mapa de aptitud, que fue empleado exitosamente en diferentes ingenios azucareros de dicho país.

Se puede concluir que estos resultados permiten una explotación más adecuada de las tierras disponibles y corroboran que la pendiente no representa un factor de importancia para la mayoría de los campos cañeros, de ellos, los que ocupan las posiciones más bajas están afectados por un drenaje deficiente.



**Figura 6.** Sección cruzada del terreno de la empresa Jesús Rabí.

### CONCLUSIONES

- Los suelos más representativos en el área agrícola de la empresa "Jesús Rabí" son los Ferralíticos rojos, que abarcan 92, 68% de la superficie cultivada con caña de azúcar.
- Los principales factores limitativos del suelo y por orden de importancia, aparecen la acidez, mal drenaje y pedregosidad.
- La acidez está en correspondencia con la presencia de suelos antiguos y desarrollados (Ferralíticos), lo que ha inducido la disminución del del Potencial Hidrogeno (pH), factor que se manifiesta actualmente en amplias zonas de la Empresa.
- El empleo del Modelo Digital de Elevación (MDE) ha permitido la caracterización del relieve al primer golpe de vista y se pone de manifiesto correspondencia entre el drenaje, la pedregosidad y el relieve.



- Coincidentemente, en las zonas más bajas se presentan mayores problemas de drenaje, mientras que en las zonas altas aparecen campos cañeros con problemas de pedregosidad.
- Al emplear el Modelo Digital de Elevación, se puso de manifiesto gran coincidencia con los resultados obtenidos en la Evaluación de la Aptitud Física de las Tierras del territorio objeto de estudio.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- BALMASEDA, C.; A. MENENDEZ Y D. PONCE DE LEON.** Sistemas de Información Geográfica como soporte de decisiones en áreas caneras. Cuba y Cana, INICA, 3:17-22.
- BORROUGH, P. A.** Principles of GIS for land resources assessment. New York. Oxford University, XIII, 193 pp., 1986.
- CHINEA, H. A.; A. CHINEA M., P. L. CORTEGAZA, F. NARANJO y otros.** Sistemas de Información Geográfica al servicio de la educación ambiental. Congreso Educambie 2007, Varadero, Cuba, 12 pp. 2007.
- CHINEA, H. A.** Base digital del catastro de la Agricultura Cañera de Jesús Rabí. Archivos Programa Integ. de Manejo Agron. (PIMA), EPICA Matanzas, 2010.
- CORTEGAZA, A. P. L.; LEAINYS MADAN, D.; A. CHINEA, H. y otros.** Informe Evaluación de la Aptitud Física de las Tierras del CAI “Esteban Hernández”, 64. pp., 2001.
- CUELLAR, A. I.; M. de LEON, O.; A. GÓMEZ, O. y otros.** Caña de azúcar: paradigma de sostenibilidad. Producciones gráficas MINREX, 1: 15-23, 2003.
- ILWIS Academic, ITC. Ver. 3.0 for Windows. (2001),** User's Guide. Enschede, the Netherlands.
- MINAG.** Suelos de la provincia Matanzas. Direcc. Gral. Suelos y Fertilizantes. Editorial Científico-Técnica, pp. 14-17, 1985.
- MSIRI.** Environment and Natural Resources Management. MSIRI Annual Report, pp. 55-64, 2000.
- PONCE de LEÓN, D.; LEDYA BENITEZ, P.; C. BALMASEDA, E. y M. E. SÁNCHEZ** Evaluación de tierras en áreas cañeras por medio de SIG y AGRO 24. INICA, MINAZ, 37 pp., 1997.
- PONCE de LEÓN, D. y C. BALMASEDA, E.** El recurso suelo en el cultivo de la caña de azúcar. SERFE, INICA, MINAZ, 122 pp., 1999.