



ARTÍCULO ORIGINAL

CU-ID: <https://cu-id.com/2284/v12n2e02>

Distribución espacial de sistemas de riego mediante tecnologías de la información geográfica en áreas cañeras

Spatial distribution of irrigation systems using geographic information technologies in sugarcane areas

Lic. Antonio China-Horta^I, MSc. Lilibeth Rodríguez-Izquierdo^{II}, Ing. Israel Muñoz-Medina^{III}

^I Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Boyeros, La Habana, Cuba.

^{II} Universidad de Matanzas, Matanzas, Cuba.

^{III} Grupo Azucarero AZCUBA de Matanzas, Matanzas, Cuba.

RESUMEN. La proyección de sistemas de riego y drenaje en la agricultura cañera requiere información precisa sobre las condiciones naturales, la geografía física del territorio, el suelo, el clima y la respuesta del cultivo al agua. Este trabajo tiene como objetivo analizar los resultados de la implementación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en función de la distribución espacial de tecnologías de riego en áreas cañeras de la provincia Matanzas. Se tuvieron en cuenta las características físicas y topográficas de los suelos, disponibilidad de agua, fuentes de energía, localización y fuerza de trabajo disponibles. Se emplearon los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) para la georreferenciación y mediciones de campo. El estudio permitió identificar las posibles áreas a beneficiar con sistemas de riego y su proyección con precisión y eficiencia en las áreas más propicias (5 567,39 ha). Se favorecieron 1 805,2 ha con enrolladores y 3 762,19 ha con máquinas de pivote central, expresados en mapas georreferenciados, y bases de datos asociadas. Lo anterior resulta indispensable para la toma de decisiones y la agricultura de precisión.

Palabras clave: Sistemas de Información Geográfica (SIG), caña de azúcar, suelos.

ABSTRACT. The projection of irrigation and drainage systems in sugarcane agriculture requires precise information on the natural conditions, the physical geography of the territory, the soil, the climate and the response of the crop to water. This work allows us to analyze the results of the implementation of Geographic Information Systems (GIS) for spatial distribution of irrigation technologies in sugarcane areas of the Matanzas province. The physical and topographic characteristics of the soils, water availability, energy sources, location and available workforce were considered. Global Positioning Systems (GPS) were used for georeferencing and field measurements. The study allowed the projection of irrigation systems in the most favorable areas (5 567,39 ha), with precision and efficiency. Of these, 1 805,2 ha were favored with reels' machines and 3 762,19 ha with central pivot machines, expressed in georeferenced maps, and essential databases for decision-making and precision agriculture.

Keywords: Geographic Information Systems (GIS), Sugar Cane, Soils.

INTRODUCCIÓN

En las condiciones edafoclimáticas de Cuba, la demanda total de agua de la caña de azúcar oscila entre 1 683 y 1 880 mm anuales, de los cuales entre 300 y 600 mm deben ser cubiertos por el riego en dependencia de los diferentes suelos,

^IAutor para correspondencia: Antonio China-Horta, e-mail: tonychinea71@gmail.com ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5740-9585>

Recibido: 15/08/2021.

Aprobado: 14/03/2022.

zonas climáticas, variedades y edad de plantación. Aunque la precipitación promedio anual en el territorio nacional es de unos 1 450,5 mm, su distribución a lo largo del año es muy irregular; en la provincia Matanzas se reporta un promedio anual de 1 386,1 mm de precipitación (ONEI-Cuba, 2021).

Por ello, el riego constituye un beneficio imprescindible para las plantaciones cañeras que puede favorecer incrementos del rendimiento superiores a 40 t ha⁻¹, cuando el cultivo es correctamente atendido (Lamelas, 2008). Investigaciones realizadas en el cultivo, en suelos Ferralítico Rojo típico, muestran diferencias altamente significativas entre áreas de riego respecto a secano, con incrementos en más del 25% del rendimiento en toneladas de caña por hectárea, en la cepa caña planta (Cajigal, 2020).

La gestión integrada de las aguas terrestres, recurso natural renovable y limitado, requiere de una eficaz planificación, con el fin de garantizar su preservación en armonía con el desarrollo económico y social sostenible (ANPP-Cuba, 2017).

En este sentido, Cuba realiza importantes inversiones económicas por revitalizar la actividad de riego y el drenaje en la agricultura cañera, con énfasis en una planificación científicamente fundamentada. Lo anterior se sustenta en el Lineamiento 164 de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, que refiere continuar la reorganización y el desarrollo de las actividades de riego y drenaje combinado con tecnologías de avanzada (PCC-Cuba, 2017).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen un instrumento de apoyo para realizar análisis territoriales y su evolución favorece la manipulación, organización y procesamiento de una amplia gama de información georreferenciada proveniente de diferentes fuentes (Palacio, 2017). La geografía física del territorio, las condiciones naturales existentes, el suelo y sus propiedades, el clima y la respuesta del cultivo al agua, constituyen variables que pueden ser mapeadas e incorporadas a un SIG (A. Chinaea & Rodríguez, 2019). En la actualidad, los procesos de planeación, organización, gestión, evaluación y operación en el sector agrario exigen sistemas eficientes de manejo y análisis de información, en términos de velocidad de procesamiento, capacidad de almacenamiento, versatilidad y confiabilidad (Chambilla, 2019; Gallego & Ventura, 2018). En Cuba son escasos los trabajos relacionados con aplicaciones de los SIG para el uso y regionalización de los requerimientos hídricos en la caña de azúcar (Chinaea *et al.*, 2021). A pesar de ello, se han dado pasos importantes para su empleo en varias disciplinas donde se incluye la actividad de riego y drenaje con un amplio futuro en el desarrollo agrícola del país (Chinaea & Rodríguez, 2021).

La determinación de zonas homogéneas relacionadas con las características de los suelos, el clima, la topografía, las variedades y la edad de plantación, a partir del geoprocésamiento, a una escala apropiada permite el análisis conjunto de las variables territoriales expresadas espacialmente, como punto de partida para establecer una tipología orientada hacia una mejor disponibilidad del recurso agua. En este contexto, se planteó como objetivo: analizar los resultados de la implementación de los SIG en función de la distribución espacial de tecnologías de

riego en áreas cañeras de la provincia Matanzas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en 50 835,8 hectáreas dedicadas al cultivo de la caña de azúcar en la provincia Matanzas, en las empresas azucareras: España Republicana, René Fraga Moreno, Mario Muñoz Monroy y Jesús Rabí. El macizo cañero se localiza en las coordenadas 22°20'20" N, y -81°40'41" W, concentrado hacia el norte y centro del territorio provincial. Predominan suelos formados a partir de procesos de ferralitización y sialitización Hernández *et al.* (2015) Mayabeque, Cuba Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA con una mayor preponderancia para los primeros pues abarcan el 64,22 % del área cañera (García *et al.*, 2018).

El clima durante 30 años de observación según GEARH-Cuba (2014), muestra un comportamiento variable. Las precipitaciones indican la existencia de un período seco de noviembre hasta abril con un promedio de 301,5 mm (diciembre resulta ser el mes más seco con 29,2 mm), mientras que de mayo a octubre se registra el período lluvioso con un promedio de 1 168,2 mm (junio resulta el mes más lluvioso del año con 260 mm). La temperatura media anual indica valores que oscilan entre 28,4 y 21,5 °C, con una temperatura media de 24,5 °C. Las temperaturas más bajas ocurren en el mes de enero (21,1 °C), mientras que las más elevadas se producen en agosto (28,4 °C), como promedio.

Para la confección de las bases de datos digitales, se realizó la readecuación de los componentes geográficos y temáticos de las bases de datos tanto espaciales, como temáticas disponibles. Se utilizó el catastro especializado de caña de azúcar, se tomó el bloque cañero como unidad mínima de manejo de cada empresa azucarera, a escala 1:10 000. Se emplearon, el Mapa Nacional de Suelos ampliado a escala 1:25 000 del Minag-Cuba (1999), la base de datos de la Evaluación de la Aptitud Física de las Tierras para caña de azúcar de Cortegaza *et al.* (2001), la Base de Datos Agrícola (BDA) de cada empresa azucarera y base de datos climática GEARH-Cuba (2014).

Se emplearon las metodologías referidas en el manual para la organización y funcionamiento del servicio de Ordenamiento Territorial en el MINAZ [SEROT] del INICA-Cuba (2009), la metodología para la creación y actualización del catastro especializado en la agricultura cañera de GEOCUBA (2006) y el manual del Servicio Integral para la Explotación del Riego y Drenaje [SIERIED] del INICA-Cuba (2008).

La transformación y estandarización de formatos digitales, el procesamiento digital de las bases de datos disponibles y la exportación digital de información geográfica se realizaron mediante el software libre ILWIS ver. 3.4. Se utilizó las coordenadas planas rectangulares del Sistema Geodésico Nacional (Datum Geodésico NAD27, Cuba Norte). La compatibilidad de escalas de trabajo se determinó a partir del análisis de las distintas bases de datos espaciales, optándose por la escala 1:25 000 para las salidas. Se emplearon las herramientas de edición de ILWIS para la vectorización de las máquinas de riego de pivote central con la técnica buffer o área de influencia, que describe una circunferencia calculada según las características de cada

sistema y sus dimensiones. Los contornos de los polígonos correspondientes a las áreas a beneficiar con los aspersores o enrolladores, se vectorizaron a partir de la cartografía digital existente y se utilizó el método de edición directa sobre la pantalla de la PC. El cálculo del área física y la determinación de las coordenadas de los puntos o nodos centrales de cada sistema de riego fueron complementadas en el terreno con el uso de sistemas de posicionamiento global (Mitsikostas, 2017). La verificación de la información se realizó mediante inspecciones visuales en el terreno con apoyo de productores y especialistas de riego y drenaje de las empresas azucareras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El SIG ofreció un alto nivel de flexibilidad y operatividad para el análisis territorial y la caracterización de los sistemas de riego que se proyectaron, lo cual coincide con los resultados obtenidos por Ríos (2021). En la figura 1, se visualiza el acercamiento de una sección de un mapa resultante, donde es posible identificar a partir del geoprocésamiento digital y la técnica de superposición de capas temáticas, un área cañera con las condiciones edafológicas y físico-estructurales apropiadas para

la ubicación de los sistemas de riego. Además, se definieron los atributos de mayor peso con la ejecución de consultas SQL que dio paso a las tablas creadas.

El simple movimiento del cursor (mouse) sobre el mapa digital resultante, permite desplegar barras de información detallada de los sistemas proyectados. En la Figura 1, se observa como ejemplo, que el sistema de riego de pivote central (color rojo), presenta las siguientes características edáficas: suelo Ferralítico Rojo típico, pendiente llana, drenaje moderadamente bien drenado, suelo compactado y categoría A2 (moderadamente apto), según la Evaluación de la Aptitud Física de las Tierras para el cultivo de la caña de azúcar de la provincia Matanzas (Cortegaza et al., 2001).

Las bases de datos digitales aportaron en cada zona de estudio, los factores que pueden resultar limitantes para el montaje de cada sistema, y considerar principalmente para su proyección: las dimensiones de la unidad de manejo (bloques y campos cañeros), la disponibilidad de fuentes de agua de buena calidad a distancias económicamente aceptables de las áreas a beneficiar, suelos aptos para la producción, ausencia de problemas de drenaje deficiente, disponibilidad de energía eléctrica de relativamente fácil acceso, caracterización de los sistemas, así como, elementos de nivelación del terreno.

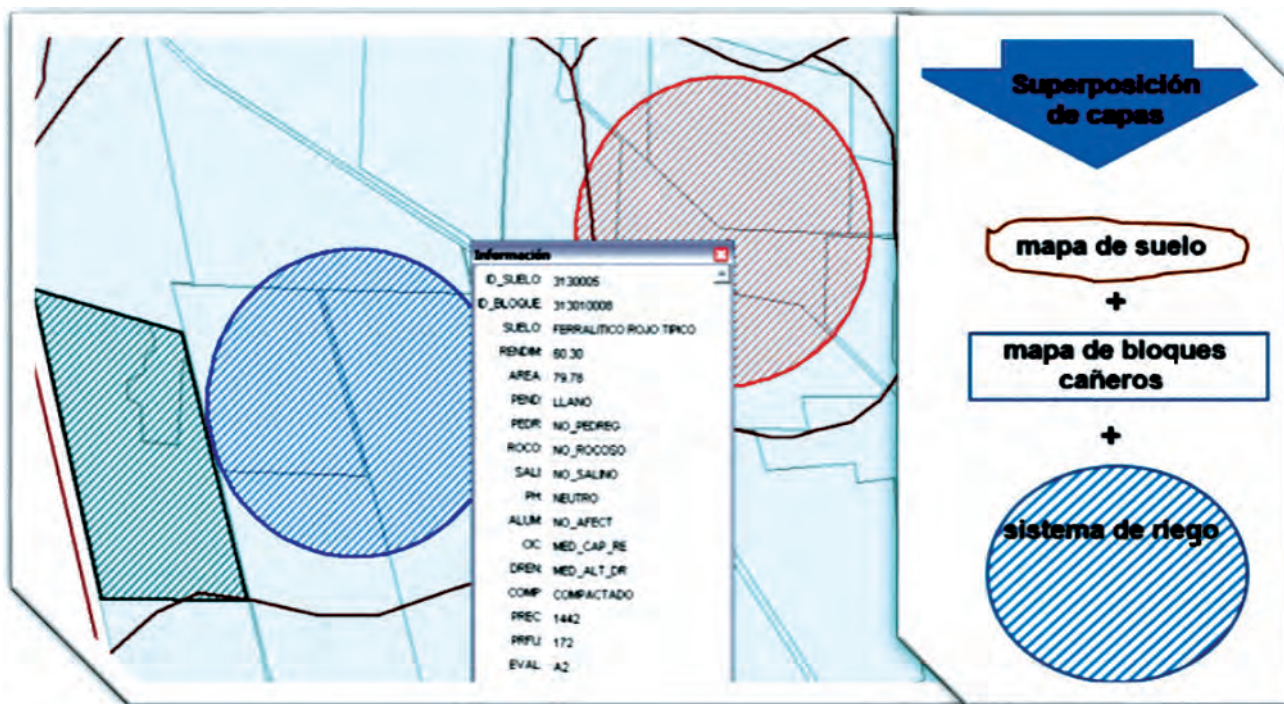


FIGURA 1. Sección del mapa de distribución espacial de sistemas de riego de la empresa azucarera Mario Muñoz Monroy. A la derecha se muestran las capas temáticas principales que se superponen y el despliegue de información temática asociada.

En la Tabla 1 se describen en tres columnas, las principales capas temáticas vectoriales nombradas: *bloques cañeros*, *mapa de suelo* y *sistema de riego*; en las filas aparecen los principales campos que las componen.

TABLA 1. Principales capas vectoriales y campos que componen las bases de datos de salida

Campos	Capas temáticas		
	Bloques cañeros	Mapa de suelo	Sistema de riego
	provincia	provincia	provincia
	empresa	empresa	empresa

Campos	Capas temáticas		
	Bloques cañeros	Mapa de suelo	Sistema de riego
	unidad	unidad	unidad
	bloque	bloque	bloque
	campo	campo	campo
	área	área	número del sistema
		tipo de suelo	área
		rendimiento	tipo de sistema
		pendiente	año_montaje
		pedregosidad	coordenada
		pH	
		CIC	
		drenaje	
		compactación	
		profundidad	
		uso_actual	

Los primeros cinco campos de cada capa temática, permitieron identificar territorialmente la posición de cada sistema, en función de la provincia, la empresa, la unidad de producción, el bloque y campos cañeros que lo componen. La capa *bloques cañeros* aporta información sobre la estructura administrativa de las empresas azucareras y sus contornos, las unidades de producción, los bloques cañeros que las conforman y la identificación de las áreas cañeras donde se ubican los sistemas de riego. La capa *mapa de suelo* brinda información relevante sobre los suelos y sus propiedades edáficas, así como, los factores principales que pueden limitar la actividad de riego. La capa *sistema de riego* identifica el número del sistema, el área que abarcan, el tipo de sistema a proyectar y las coordenadas del punto central.

En estudios similares de Perez et al. (2019), registraron parámetros relacionados con el tiempo de trabajo, cantidad de agua aplicada y ángulo de rodada. Los autores plantean que estas bases de datos constituyen el complemento de la agricultura de precisión en la actividad de riego y drenaje.

La Tabla 2 muestra un ejemplo de reporte o tabla alfanumérica obtenida en el SIG, con la distribución de la técnica de enrolladores en la empresa azucarera Jesús Rabí. Cada sistema proyectado se identifica con el nombre de la empresa azucarera a que pertenece, un número consecutivo o identificador que lo diferencia del resto de los sistemas, nombre o código de la unidad productora a que pertenecen, código del bloque donde se localiza, área que ocupa y las coordenadas X y Y de su punto o nodo central.

TABLA 2. Distribución de la técnica de enrolladores en la empresa azucarera Jesús Rabí

Empresa	No. Sist.	Unidad	Bloque	Área (ha)	Coord. X	Coord. Y
Jesús Rabí	1	BSR*	BSR	140,02	512,517	300,300
Jesús Rabí	2	FINCA	FINCA	106,67	511,994	299,349
Jesús Rabí	3	07	711	51,42	510,386	294,713
Jesús Rabí	4	03	314	28,20	517,261	299,330
Jesús Rabí	5	08	815	47,80	507,775	290,875
Jesús Rabí	6	19	1912	48,81	509,262	302,531
TOTAL	6			422,92		

BSR*: Banco de Semilla Registrada

En el ejemplo presentado, la empresa azucarera Jesús Rabí se beneficia con 422,92 ha mediante la técnica de enrolladores, propicio para el desarrollo de semillas de calidad. Se obtuvieron resultados similares en tablas, reportes y mapas para la totalidad de las máquinas de pivote central y enrolladores en las cuatro empresas azucareras.

La Tabla 3 relaciona el balance total de la distribución de sistemas de riego por técnicas y el área que ocupan en cada empresa azucarera.

TABLA 3. Distribución de máquinas de pivote central y enrolladores en las áreas cañeras de la provincia Matanzas

Empresa azucarera	Máquinas de pivote central		Enrolladores	
	total	área (ha)	total	área (ha)
Jesús Rabí	19	1 440,53	6	422,92
René Fraga Moreno	8	626,01	7	345,95

Empresa azucarera	Máquinas de pivote central		Enrolladores	
	total	área (ha)	total	área (ha)
España Republicana	11	834,24	6	354,94
Mario Muñoz Monroy	11	861,41	8	681,39
Total /provincia	49	3 762,19	27	1 805,2

Este resultado facilitó la identificación del potencial de riego, la elaboración de proyectos técnicos ejecutivos según el tipo de suelo y el balance de los sitios con disponibilidad de agua subterránea que no contaban con pozos, para coordinar su posible explotación sostenible y uso racional del agua (GOC-2017-716-EX51, 2017).

Se proyectaron 49 máquinas de pivote central que cubren 3 762,19 ha y 27 enrolladores que abarcan 1 805,2 ha para un total de 5 567,39 ha a beneficiar, lo cual representa el 11% del área total ocupada con la gramínea en la provincia. Las figuras 2, 3, 4

y 5 muestran mediante mapas temáticos, la distribución espacial tanto de máquinas de pivote central, como de polígonos de los aspersores o enrolladores en las empresas azucareras España Republicana, Mario Muñoz Monroy, Jesús Rabí y René Fraga Moreno, respectivamente. Los mismos aparecen superpuestos sobre la capa de bloques cañeros (polígonos de color verde). Esta distribución responde a las variables, características del territorio, principales fuentes de abasto y a las particularidades técnicas de las máquinas de riego.

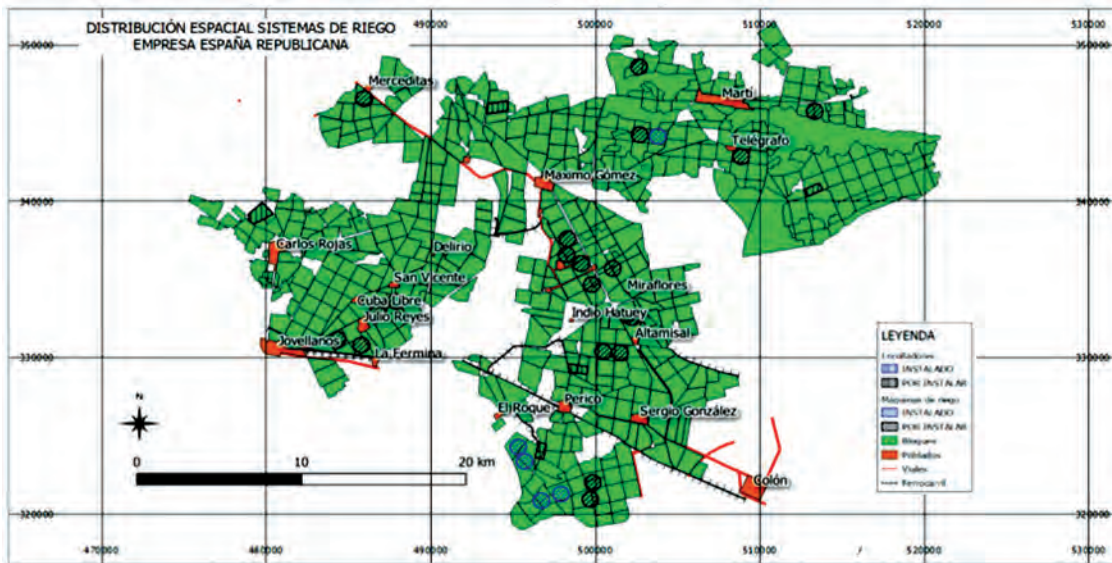


FIGURA 2. Mapa con la distribución espacial de máquinas de pivote central y polígonos de los aspersores o enrolladores en la empresa azucarera España Republicana.

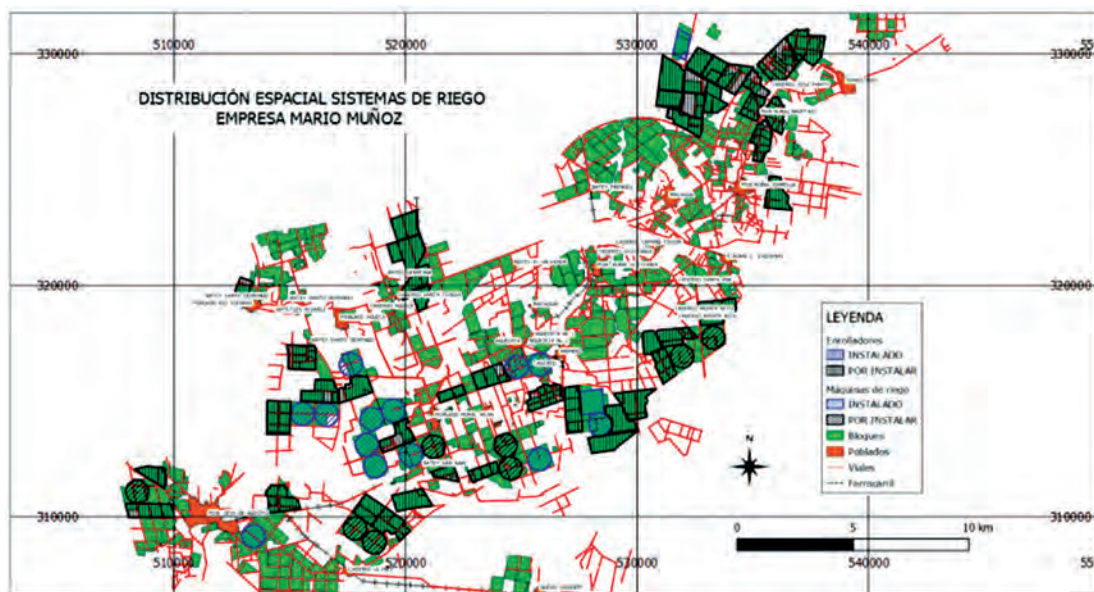


FIGURA 3. Mapa con la distribución espacial de máquinas de pivote central y polígonos de los aspersores o enrolladores en la empresa azucarera Mario Muñoz Monroy.

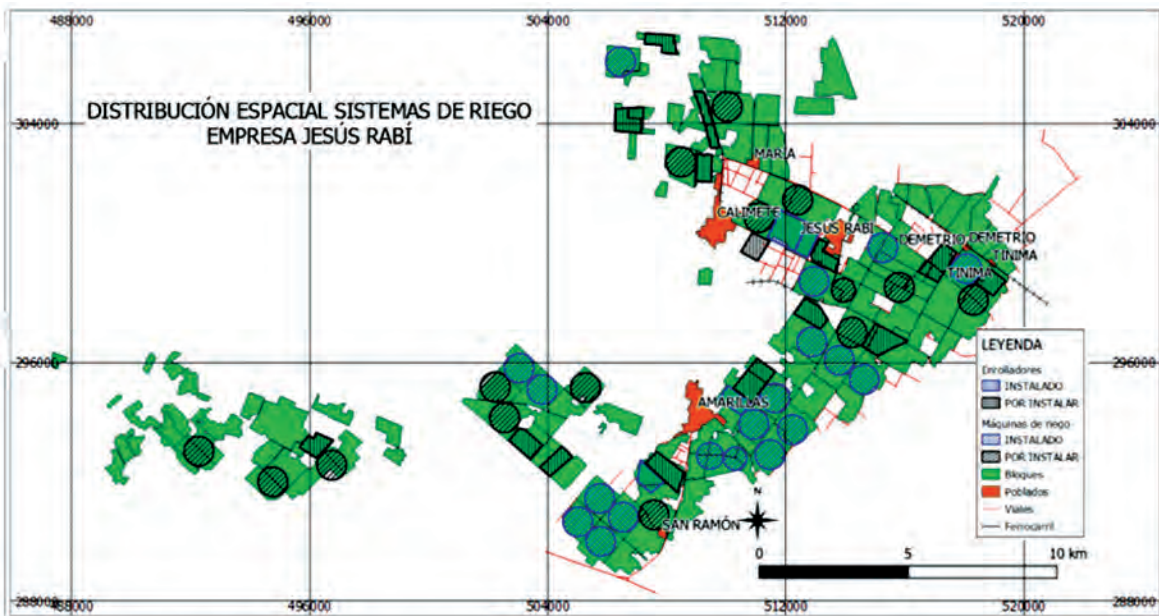


FIGURA 4. Mapa con la distribución espacial de máquinas de pivote central y polígonos de los aspersores o enrolladores en la empresa azucarera Jesús Rabí.

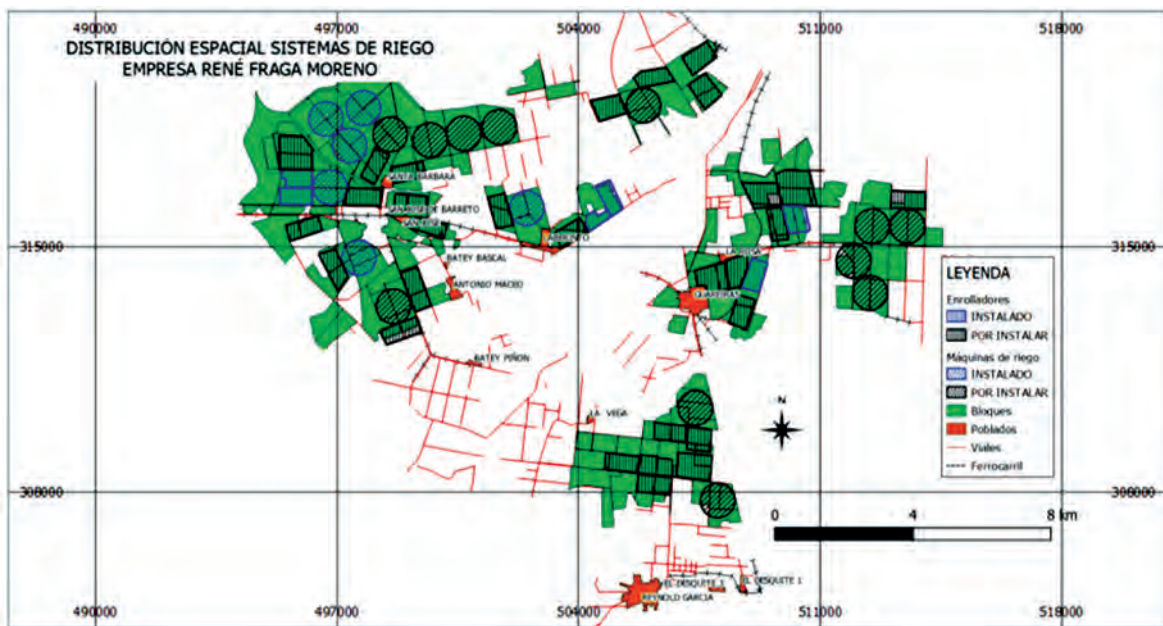


FIGURA 5. Mapa con la distribución espacial de máquinas de pivote central y polígonos de los aspersores o enrolladores en la empresa azucarera René Fraga Moreno.

Los resultados originaron bases de datos de elevada eficiencia e interactividad en el manejo de consultas SQL, ejemplo de ello: la consulta realizada a la capa vectorial "Mapa de suelo" mediante la expresión "PEND" = 'ondulado' and "DREN" = 'insuficiente', en este caso, se seleccionaron los suelos con las categorías de pendiente ondulada y drenaje insuficiente. Consultas similares son útiles para el monitoreo actual y futuro de los sistemas de riego, lo cual coincide con Barrabía (2017). También representan el soporte básico para el desarrollo de la agricultura de precisión, tal y como lo describen en sus investigaciones Avello et al. (2018), desde el punto de vista del uso de controladores lógicos programables (PLC por sus siglas en

inglés), a partir de servicios web diseñados para monitorear el funcionamiento de los sistemas.

Las bases de datos obtenidas son enriquecidas periódicamente ya que los SIG tienen la propiedad de "final abierto", apropiada para incorporar datos complementarios como cantidad de agua aplicada, rendimiento real obtenido, el costo del manejo del agua para riego y así, se genere dentro de la base alfanumérica un campo con la productividad del agua.

El análisis multifactorial en función de la distribución espacial de los sistemas de riego, sentaron las bases para la elaboración de la proyección estratégica de la actividad de riego hasta 2030 y la planificación anual de las nuevas inversiones.

La producción ha tenido un incremento de 37,6 t ha⁻¹ en las áreas bajo riego respecto a las de secano y el estimado en las máquinas de pivote central es de 70,5 t ha⁻¹ y de 50,5 t ha⁻¹ para los enrolladores. Esto deriva en mayores resultados productivos y económicos en las empresas y unidades de producción beneficiadas.

CONCLUSIONES

- El SIG permitió el análisis de la distribución espacial de las máquinas de pivote central y polígonos de los aspersores y enrolladores para la actividad de riego en la provincia Matanzas.
- Los resultados aportaron una salida gráfica digital de precisión, con bases de datos espaciales y temáticas que abordan las condiciones edafoclimáticas y técnico-organizativas de las empresas y unidades de producción azucareras para su seguimiento en el tiempo y trazado de futuras inversiones de riego.
- Fueron favorecidas con la actividad de riego 5 567,39 ha, que representa el 11% del área total plantada con caña de

azúcar en la provincia. De estas, 3 762,19 ha se beneficiaron con la técnica máquinas de pivote central y 1 805,2 ha con la técnica enrolladores. Los resultados productivos han sido superiores con la gradual incorporación de los sistemas de riego y su correcta distribución espacial, obteniéndose incrementos del rendimiento de 37,6 t ha⁻¹ en las áreas bajo riego respecto a las áreas de secano.

- Los beneficios son palpables, las consultas y análisis de la información que se ofrece, mejorarán el control de la actividad de riego, el aprovechamiento y uso racional del agua y los suelos en la gestión agrícola, con un enfoque sostenible.

CONTRIBUCIONES DE AUTOR:

Conceptualización: A. China. Curación de datos: A. China. Análisis formal: A. China, L. Rodríguez, I. Muñoz. Investigación: A. China, L. Rodríguez. Metodología: A. China, L. Rodríguez. Software: A. China. Supervisión: A. China, I. Muñoz., L. Rodríguez. Validación: A. China, I. Muñoz. Papeles/Redacción, proyecto original: A. China, L. Rodríguez. Redacción, revisión y edición: A. China., L. Rodríguez.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANPP-Cuba. (2017). *Ley No.124 de las aguas terrestres* [Ley 124]. Asamblea Nacional del Poder Popular.
- Avello, F. L., Izaguirre, C. E., Vidal, D. M. L., Martínez, L. A., & Hernández, J. A. (2018). Remote supervision and control based on wireless technology to operation of central pivot irrigation machine. *Sistemas & Telemática*, 16(44), 63-74.
- Barrabía, I. O. (2017). *Desarrollo de un sistema de información geográfica para el manejo del riego por pivote central en la empresa de cultivos varios "Valle del Yabú"* [Trabajo de Diploma (en opción al título de ingeniero Agrónomo)]. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas.
- Cajigal, G. E. (2020). *Estudio de la influencia del riego en los rendimientos de la caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) en suelo Ferralítico Rojo típico* [Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero Hidráulico)]. Universidad Tecnológica de La Habana, CUJAE.
- Chambilla, C. D. C. (2019). *Implementación de Sistemas de Información Geográfica para el manejo integrado de la mosca de la fruta en SENASA* [Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero Empresarial y de Sistemas)]. Universidad San Ignacio de Loyola.
- China, A., Muñoz, I., & Rodríguez, L. (2021). *Empleo de tecnologías de la información geográfica en el ordenamiento territorial de inversiones de riego para áreas cañeras*. X Convención Científica Internacional CIUM 2021, Matanzas, Cuba.
- China, A., & Rodríguez, L. (2019). *Sistemas de Información Geográfica: Impacto socioeconómico, ambiental y resultados en la agricultura cañera de Cuba*. IAgri.
- China, H. A., & Rodríguez, I. L. (2021). Comportamiento geoespacial de algunas propiedades del suelo en el cultivo de la caña de azúcar. *Revista Ingeniería Agrícola*, 11(1), 3-8.
- Cortegaza, A. L., China, H. A., Madan, D. L., Ojito, F. V., & Ruiz G, T. J. (2001). *Evaluación de la Aptitud Física de las Tierras de la Provincia Matanzas* (p. 41). Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar.
- Gallego, S., & Ventura, E. (2018). *Propuesta para el desarrollo de una aplicación SIG móvil orientada a la comercialización de productos agrícolas* (p. 44). Universidad Francisco José de Caldas, Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- García, D., Cárdenas, J., & Silva, A. (2018). Evaluación de sistemas de labranza sobre propiedades físico-químicas y microbiológicas en un Inceptisol. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(1), 120-135.
- GEARH-Cuba. (2014). *Grupo Empresarial Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos. Base de datos. Serie de 30 años*. Grupo Empresarial Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos.
- GEOCUBA. (2006). *Metodología para la creación y actualización del catastro especializado en la agricultura cañera* (p. 14). GEOCUBA, MET 30-001:2006.
- GOC-2017-716-EX51. (2017). *Decreto No. 337. Reglamento de la Ley No. 124 de las aguas terrestres*. Gaceta Oficial de la República de Cuba, Consejo de Ministros.
- Hernández, J. A., Pérez, J. J. M., Bosch, I. D., & Castro, S. N. (2015). *Clasificación de los suelos de Cuba*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).
- INICA-Cuba. (2008). *Manual del Servicio Integral para la Explotación del Riego y Drenaje (SIERIED)*. INICA.
- INICA-Cuba. (2009). *Manual para la organización y funcionamiento del servicio de Ordenamiento Territorial en el MINAZ*. INICA.
- Lamelas, C. (2008). *Planificación y operación de los sistemas de riego y drenaje y los recursos hídricos en caña de azúcar* (p. 31) [Informe Proyecto de investigación]. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA).
- Minag-Cuba. (1999). *Mapa Nacional de los Suelos* [Mapa escala 1:25 000]. Ministerio de la Agricultura (Minag).

China-Horta *et al.*: Distribución espacial de sistemas de riego mediante tecnologías de la información geográfica en áreas cañeras

Mitsikostas, E. (2017). *Monitorización y optimización de tierras con drones y fotogrametría aérea para aplicaciones de precisión en agricultura* [Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero en la Geodesia, Cartografía y Topografía)]. Universidad de Valencia.

ONEI-Cuba. (2021). *Anuario estadístico de Cuba 2020. Medio Ambiente* (p. 60) [Anuario]. Oficina Nacional de Estadística e Información, Cuba.

Palacio, A. V. (2017). *Análisis de percepción en la gestión de espacios naturales y el uso de Sistemas de Información Geográfica de participación pública, 3* [Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Geográficas)]. Universitat Rovira i Virgili.

PCC-Cuba. (2017). *Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021* (p. 32) [Lineamientos]. PARTIDO COMUNISTA DE CUBA.

Perez, G. C. A., Pérez, A. J. J., Hernández, S. L., Gustabello, C. R., & Becerra, de A. E. (2019). Sistema de Información Geográfica para la agricultura cañera en la provincia de Villa Clara. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 13(2), 30-46.

Ríos, R. (2021). La Agricultura de Precisión. Una necesidad actual. *Revista Ingeniería Agrícola*, 11(1), 67-74.

Antonio China-Horta, Inv., Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), carretera de Fontanar km 2½, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba. e-mail: tonychinea71@gmail.com ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5740-9585>

Lilibeth Rodríguez-Izquierdo, Profesora, Universidad de Matanzas. Autopista a Varadero, km 3 ½. Matanzas, Cuba. e-mail: lilyrodiz83@gmail.com ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-9853-2918>

Israel Muñoz-Medina, Inv., Grupo Azucarero AZCUBA Matanzas, carretera a Varadero, Matanzas. Cuba, email: tonychinea71@gmail.com ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-3234-3513>

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra sujeto a la Licencia de Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.

El 25 de septiembre de 2015, los líderes mundiales adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible. Cada objetivo tiene metas específicas que deben alcanzarse en los próximos 15 años. En función de estos objetivos globales y como parte de su misión El instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola trabaja para el logro de los 7 objetivos y metas siguientes:



2.4. Para 2030, asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres, y mejoren progresivamente la calidad del suelo y la tierra.



6.4. De aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua

6.5. De aquí a 2030, implementar la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles, incluso mediante la cooperación transfronteriza, según proceda.



4.7. De aquí a 2030, asegurar que todos los alumnos adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible, entre otras cosas mediante la educación para el desarrollo sostenible y los estilos de vida sostenibles, los derechos humanos, la igualdad de género, la promoción de una cultura de paz y no violencia, la ciudadanía mundial y la valoración de la diversidad cultural y la contribución de la cultura al desarrollo sostenible.



7.2. De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas.



5.5. Asegurar la participación plena y efectiva de las mujeres y la igualdad de oportunidades de liderazgo a todos los niveles decisorios en la vida política, económica y pública

5.a. Emprender, reformas que otorguen a las mujeres igualdad de derechos a los recursos económicos, así como acceso a la propiedad y al control de la tierra y otros tipos de bienes, los servicios financieros la herencia y los recursos naturales, de conformidad con las leyes nacionales.



13.1. Fortalecer la resiliencia y la capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales en todos los países.

13.2. Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales.

13.3. Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.



15.3. Para 2030, luchar contra la desertificación, rehabilitar las tierras y los suelos degradados, incluidas las tierras afectadas por la desertificación, la sequía y las inundaciones, y procurar lograr un mundo con una degradación neutra del suelo.