



AGRICULTURA DE PRECISIÓN

ARTÍCULO ORIGINAL

CU-ID: <https://cu-id.com/2284/v12n2e06>

Conceptualización de una infraestructura de datos espaciales. Estudio de caso Estación Experimental del IAgriC, Pulido

Conceptualization of a spatial data infrastructure. Case study IAgriC's Experimental Farm Unit Pulido

Dr.C. Javier Arcia-Porrúa¹, Ing. Armando Sánchez

Instituto Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana, Cuba.

RESUMEN. Los Sistemas de Información Geográfico (SIG) se están convirtiendo en una herramienta habitual de nuestro mundo, demostrando su eficacia en numerosas aplicaciones de gestión de recursos, herramientas de soporte para la toma de decisiones y planes de actuación frente a diversidad de situaciones. El trabajo realizado permitió conceptualizar el diseño de una plataforma sobre SIG. Se utilizó QGIS el cual es un sistema de software libre y de código abierto. El levantamiento catastral, dentro de su conceptualización se estableció a partir del modelo digital considerando, en la estructura de la base espacial, grupos y dentro de éstos las diferentes capas, derivado del modelo conceptual específico. El Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgriC), tiene entre su misión propiciar el desarrollo científico tecnológico de sistemas integrales de Ingeniería Agrícola que viabilicen la implementación armónica de tecnologías de riego y drenaje, mecanización, entre otros que da respuesta a diferentes proyectos de investigación y desarrollo de la institución, contando dentro de su estructura con la Estación Experimental, en la finca Pulido, la que cumple funciones básicas de investigación, extensión, docencia y producción. El objetivo de éste trabajo, es la conceptualización de una finca soportada sobre una plataforma SIG.

Palabras clave: Sistema Información Geográfico, QGIS, estructura base de datos, Estación Experimental

ABSTRACT. Geographic Information Systems (GIS) are becoming a common tool in our world, proving their effectiveness in numerous resource management applications, support tools for decision-making and action plans in a variety of situations. The work carried out allowed to conceptualize the design of a platform on GIS. QGIS was used, which is a free and open source software system. The cadastral survey, within its conceptualization, was established from the digital model considering, in the structure of the spatial base, groups and within these the different layers, derived from the specific conceptual model. The Agricultural Engineering Research Institute (IAgriC), has among its mission to promote the scientific and technological development of comprehensive Agricultural Engineering systems that enable the harmonious implementation of irrigation and drainage technologies, mechanization, among others that respond to different research projects and development of the institution, counting within its structure with the Experimental Station located at Pulido farm, which performs basic functions of research, extension, teaching and production. The objective of this work is the conceptualization of a spatial data infrastructure oriented to the management of a Basic Science and Technical Unit (UCTB) supported on a GIS platform.

Keywords: Geographic Information System, QGIS, database structure, Experimental Station

INTRODUCCION

El creciente desarrollo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) y de los servicios de posicionamiento han potenciado la disponibilidad de información geográfica de diversos sectores de la sociedad (Chambilla, 2019; Gallego &

¹Autor para correspondencia: Javier Arcia Porrúa, e-mail: javierarcia54@gmail.com ORCID iD:

Recibido: 14/010/2021.

Aprobado: 14/03/2022.

Ventura, 2018; Perez et al., 2019). Ello, a su vez, ha inducido la creación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como herramientas capaces de procesar la gran cantidad de datos existentes y proveer nueva información. Un SIG, según Jiménez et al. (2016), se define como la integración funcional de hardware, software y procedimientos para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis y representación de datos espacialmente georreferenciados. La aplicación de plataformas SIG en Estaciones Experimentales ha sido utilizado en diversos países según Abarca (2004, 2005); López et al. (2005), dando soluciones tanto a las necesidades de la investigación, que manejan la información obtenida en campo, como la ya disponible en diversas fuentes externas, permitiendo almacenar de forma estructurada, ordenada y centralizada la información asociada a la estación experimental y permitir tanto el acceso, para la consulta de la información, desde cualquier punto fuera del servidor, así como para la introducción, edición, extracción y análisis.

El Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgriC), cuenta dentro de su estructura con una estación experimental, localizada en la finca Pulido, la que cumple funciones básicas de investigación, extensión, docencia y producción.

El objetivo de éste trabajo, es la conceptualización de una infraestructura de datos espaciales orientada a la gestión de una finca para la producción agrícola soportada sobre una plataforma SIG, sin hacer consideraciones acerca de resultados de investigación, extensión y docencia, los cuales tienen implicaciones fuera del alcance de este estudio

MATERIALES Y METODOS

El Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgriC), es una institución creada en 2010 mediante la integración del Instituto de Investigaciones de Mecanización Agropecuaria (IIMA) y del Instituto de Investigaciones de Riego y Drenaje (IIRD). Con esta integración se logra un uso más eficiente del potencial científico con que contaban las dos instituciones que le dan origen, así como de las capacidades instaladas. Dentro de la estructura del IAgriC, se encuentra la Estación Experimental Agrícola, Pulido, en la que se conducen ensayos pruebas de máquinas, etc., como parte de los proyectos de investigación desarrollo que lleva la institución, que posteriormente se extienden en otras condiciones edafoclimáticas.

Aspectos que caracterizan la finca donde se localiza la Estación Experimental

Se **localiza** en el Municipio Alquizar, Provincia Artemisa, en las coordenadas 22°46'49,20" Latitud Norte y 82°36'06,69" Longitud Oeste, con un área bruta de 81.04 ha. (Figura 1). El

Municipio se sitúa al Suroeste de la Provincia Artemisa el cual posee una extensión territorial de 194,40 km², formando parte de la Llanura Cársica Habana-Matanzas, de topografía plana, y donde predominan los suelos Ferralíticos Rojos.

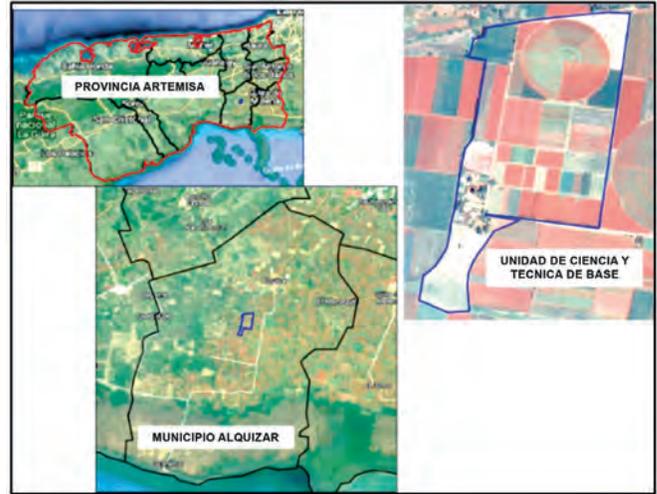


FIGURA 1. Ubicación geográfica de la UCTB.

El **clima**, está caracterizado de forma general por presentar una temperatura media anual en el orden de los 23-25°C, con una velocidad del viento 1,2 ms⁻¹. La humedad relativa de 80% y las precipitaciones tiene como promedio anual los 1531 mm, de los cuales 68% (1044,4 mm) se distribuyen entre los meses de mayo y octubre, correspondientes al período lluvioso y el restante 32% (486,4 mm) corresponden al período seco, que se extiende desde el mes de noviembre hasta el mes de abril. Durante el período seco el balance de lluvia y evapotranspiración potencial de la zona es negativo por lo que el riego es imprescindible para la obtención de buenos rendimientos agrícolas.

El **suelo** predominante en la finca es Ferralítico Rojo compactado, bien evolucionado, de perfil ABC, el relieve llano, sustentado por caliza, su principal proceso de formación ha sido la ferralitización, profundo, de textura arcillosa, compuesto por minerales del tipo 1:1 y óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio. Su fertilidad, puede catalogarse de media a alta, de buena estructura, su principal factor limitante es la compactación, pero también es importante su baja retención de humedad en época de sequía.

Datos de algunas propiedades del suelo, obtenidos en la UCTB, se muestran en las Tablas 1 y 2, estando el contenido de materia orgánica (MOS) entre 1.5 y 3%, niveles alcanzados, producto de las transformaciones parciales o totales de los restos orgánicos aportados por residuos vegetales, animales y de biomasa microbiana.

TABLA 1. Algunas propiedades físicas del suelo Ferralítico Rojo compactado en la UCTB Pulido (según Cid et al. (2012)

Prof. cm	Da g cm ⁻³	Cc cm ³ cm ⁻³	Arena %	Arcilla %	Limo %	Hum. Satur. cm ³ cm ⁻³
0-20	1,18	0,39	20,9	57,4	21,7	0,48
20-40	1,28	0,43	17,7	61,8	20,5	0,53
40-60	1,20	0,40	28,9	62,8	14,3	0,54
60-80	1,20	0,40	20,3	61,4	18,3	0,49

Da- densidad aparente, Cc- humedad a capacidad de campo, Hum. Satur.- humedad en la condición de suelo saturado.

El **agua para el riego** en la finca, es de origen subterráneo sobre material cársico (característico de la zona Sur de la Provincia Artemisa). Presenta valores medios de conductividad eléctrica (0,83 dS·m⁻¹) y relación de absorción de sodio (1,44 meq·L⁻¹); que hacen que se clasifique como de salinidad ligera a moderada y apta para su uso en el riego agrícola (Tabla 3).

TABLA 2. Algunas propiedades químicas del suelo Ferralítico Rojo compactado en la UCTB Pulido (según Cid et al. (2012))

Prof. cm	pH	C.E.	M.O	P ₂ O ₅	K	Na	Ca	Mg	CCB
	KCl	dS m ⁻¹	%	mg/100 g	meq /100 g				
0-30	5,86	0,08	1,52	21,27	0,436	0,028	4,13	0,84	5,43
30-60	6,10	0,07	2,36	7,41	0,746	0,032	3,63	0,75	5,16

TABLA 3. Calidad del agua de riego en la UCTB Pulido (Según Andujar (2018))

pH	C.E.	SST	Aniones				Cationes			
	dS m ⁻¹	mg/l ⁻¹	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	Cl	Ca ²⁺	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺
7.1	0.83	543	-	5.3	1.2	3.9	6.1	1.1	0.06	2.9

Sistema de Información Geográfico (SIG) utilizado

Los Sistemas de información geográfica están inmersos en los más genéricos "Sistemas de información" cuyo objetivo es dar respuesta a preguntas no predefinidas de antemano. La tecnología aplicada en los SIG multiplica el valor añadido del sistema de apoyo a la decisión al poder manejar un gran número de datos interrelacionados, con un elevado, y cada día más complejo, nivel de análisis territorial, resumiéndose según se observa en la Figura 2, siendo el dato el "antecedente necesario para el conocimiento exacto de una cuestión", mientras que el atributo geográfico le dota de un componente espacial,

indicando su localización y su valor cualitativo y/o cuantitativo en una porción del territorio.

El levantamiento catastral representa el atributo geográfico, que constituye una etapa básica, dentro de la implementación del SIG. A partir de estos criterios se estableció un modelo digital considerando en la estructura de la base espacial, grupos y dentro de éstos las diferentes capas. Se desarrolló un diagrama detallado de flujo de información derivado del modelo conceptual específico, ajustado a las características y necesidades de la finca Pulido. Se utilizó QGIS el cual es un SIG de software libre y de código abierto para plataformas GNU / Linux, Unix, Mac OS, Microsoft Windows y Android.

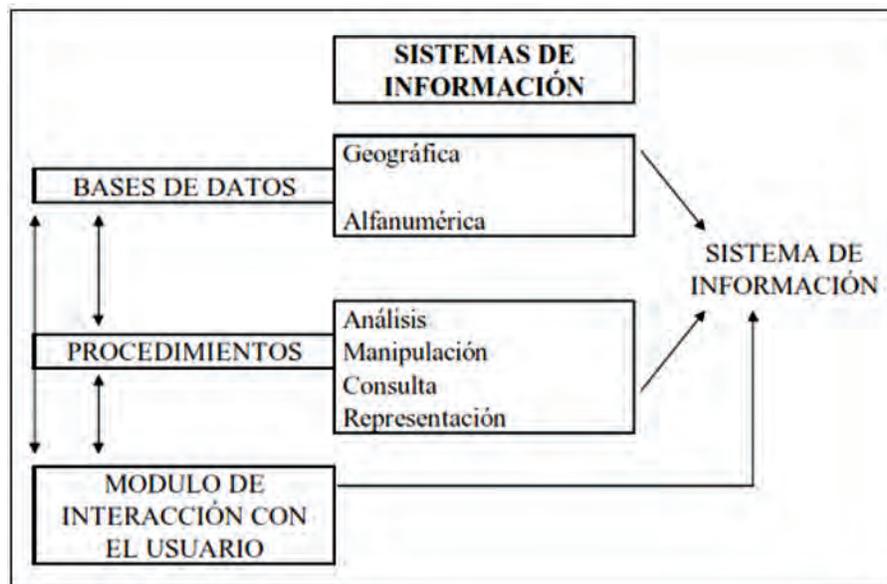


FIGURA 2. Estructura básica de un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Levantamiento catastral de las áreas y objetos de la UCTB

Se utilizó un GPS (Global Positioning System) Garmin, el cual es una tecnología que facilita la captura de información para el levantamiento de datos georreferenciados en campo. Con ello se obtuvo la representación de los principales elementos catastrales a tener en cuenta, los que son; polígonos que conforman los linderos de las parcelas, perímetros de construcciones

existentes, guardarrayas, caminos, motobombas, hidrantes, entre los principales elementos. El dispositivo utilizado con una tolerancia de hasta 2 metros. La información obtenida permitió representar cartográficamente los objetos existentes en el terreno para, posteriormente, integrarlos a una base de datos geográfica soportada en el Sistema de Información Geográfico (SIG). Para garantizar esta precisión se realizaron observaciones a cada vértice del frente de los lotes que colindan con las guardarrayas y caminos, marcando las divisiones entre los mismos. Su posterior procesamiento se realizó en gabinete mediante el SIG y su validación posterior de nuevo en campo.

Recopilación de información tabular

La información cuantitativa y/o cualitativa que se vincula al soporte espacial y que le atribuye un valor diferenciado a cada uno de ellos. Son propiedades intrínsecas que se pueden medir constituyendo el atributo o atributos del dato. Definiendo una base de datos, según Elmasri et al. (2007), como *“un conjunto de datos reunidos en uno o más ficheros que se almacenan de forma no redundante y que pueden ser utilizados por un sistema de gestión”*. La base de datos relacional y su sistema de gestión deben estar diseñados y estructurados de tal manera, que por un lado estén correctamente relacionados con la base de datos geográfica mediante un identificador interno, y por otro mantengan un orden lógico entre sus elementos internos con el fin de poder gestionarlos. Por ello, la labor analítica del diseño de la base de datos temática es un paso importante dentro de la estructuración de un SIG. Este análisis se realiza en la mayoría de los SIG según el modelo de entidad-atributo-relación con

una organización relacional de los datos (Gómez, 2013). En todos los casos la información cuantitativa y/o cualitativa se realizó utilizando sistema Excel en formato *.csv, donde cada fila con los atributos considerados se vinculó a un punto espacial correspondiendo a la capa espacial específica.

RESULTADOS Y DISCUSION

Un aspecto inicial e imprescindible que permita la conformación de una plataforma sostenida en Sistema de Información Geográfica es la conceptualización general, la que se muestra en la Figura 3, detallando la relación que existen entre los diferentes actores que intervienen en la Estación Experimental. El modelo presentado, se apoya en la propuesta de Hjelmager et al. (2005), desarrollado a partir de la revisión de diferentes modelos aplicables a las infraestructuras de datos espaciales.

La vinculación de la información, se realiza a través de diagrama detallado del flujo de información y el grado de dependencia entre ellos, en todos los casos la interrelación de la información se realiza por medio de códigos y donde deben participar todos los factores vinculados a la gestión de la información. La Figura 4, muestra el Modelo Conceptual aplicado a la Estación y el grado de relación de las principales áreas del proceso de gestión. Se observa como el campo es la unidad mínima de manejo, sobre la cual interactúan las diferentes dependencias y de las cuales se obtiene información tabular que se vincula a la representación espacial del campo. A manera de ejemplo se observa como el campo contiene Perfiles y Puntos de fertilidad y éstos están caracterizados por análisis, los que se dividen en horizonte y/o profundidades.

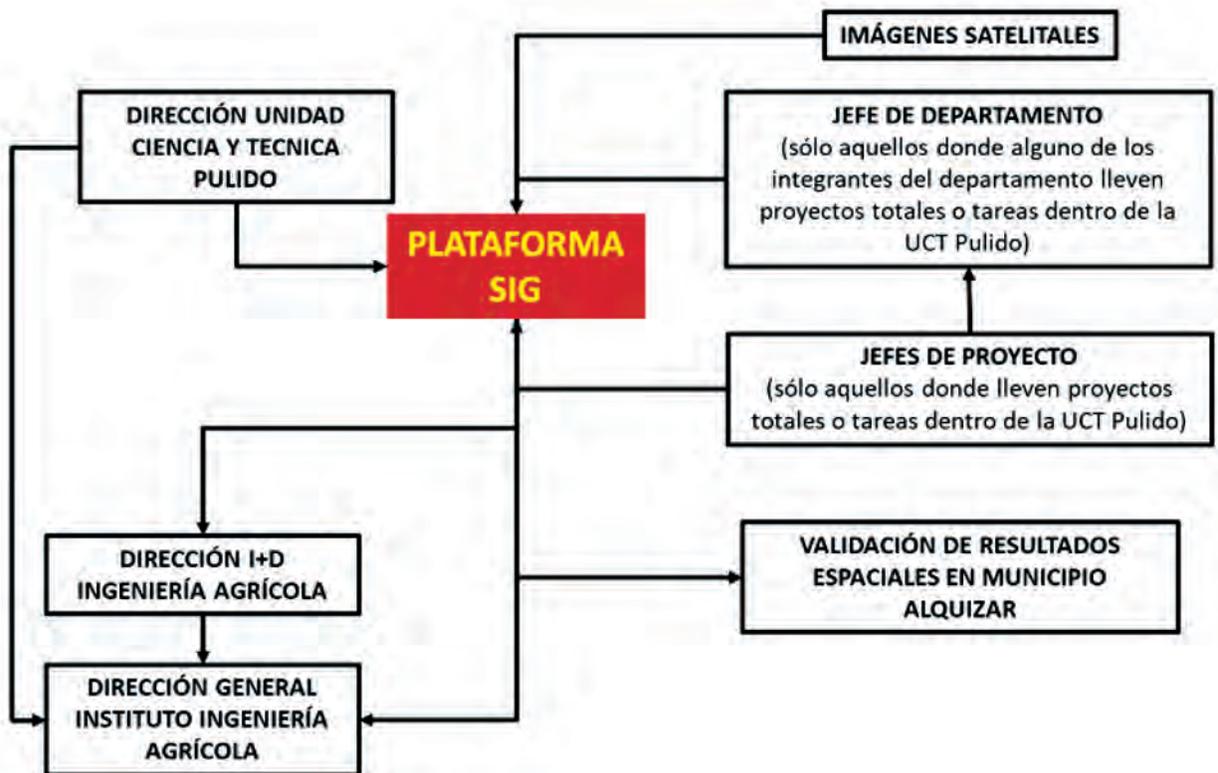


FIGURA: 3. Modelo general de flujo de información en la Unidad de Ciencia y Técnica Básica (UCTB) Pulido.

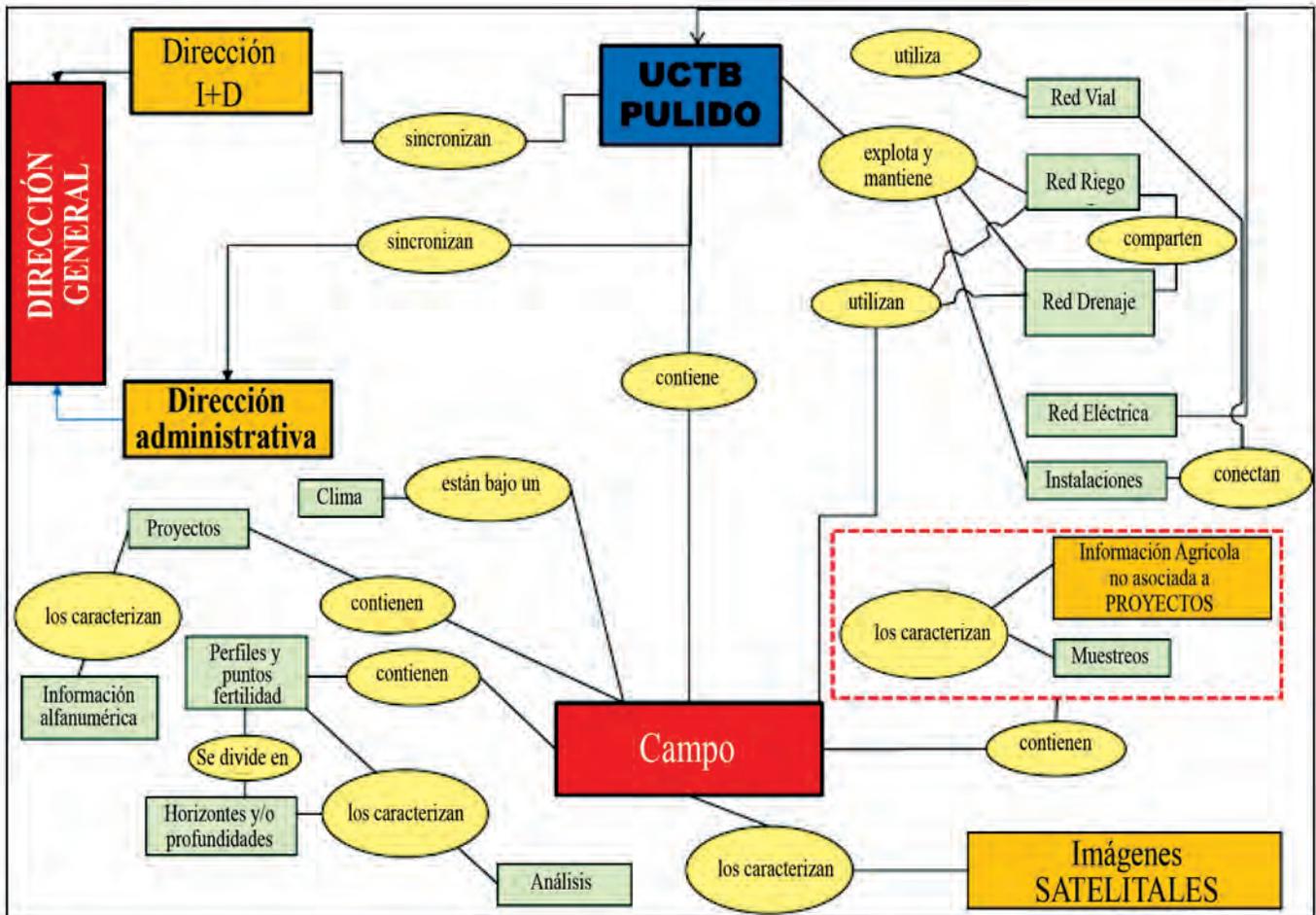


FIGURA 4. Diagrama detallado de flujo de información derivado del modelo conceptual de datos.

La estructura básica del sistema, se conceptualizó en 6 grupos de capas (Figura 4), con las consiguientes capas dentro de ellos. Las diferentes capas generales constituidas por la información geoespacial, deben estar debidamente codificadas, para su posterior asociación con las bases de datos alfanuméricas. Un aspecto a destacar lo es que la

capa correspondiente a los campos, será actualizada cada año (en el mes de enero), quedando conformada como **campos_202(x)**, manteniendo en todos los casos el mismo número de código de cada campo y en el caso de conformar nueva área (campos) debe georreferenciarse e incluirse en la capa del año correspondiente.

TABLA 4. Estructura organizativa del Sistema de Información Geográfico

GRUPO	CAPA	SIGNIFICADO
LIMITES	Limite Provincia	Limite Provincia: Encierra el límite de la Provincia donde se ubica la UCTB
	Limite Municipio	Limite Municipio: Encierra el límite del Municipio donde se ubica la UCTB
	Pueblo	Punto de centros poblados próximos a la UCTB
	Vialidad	Vialidad próxima a la UCTB
ESTRUCTURA	Limite Estación Experimental	Limite UCTB: Define el área ruta de ésta
	Campos_202(X)	Campos_202(x). Corresponde a los polígonos de los campos lo que se actualizan el primero de enero del año que comienza.
	Vialidad interna	Vialidad: Representa las características de la vialidad dentro de la UCTB
	Obras de fábrica	Obras de fábrica: Representa todas las estructuras de hormigón o no por donde circula el agua
	Máquina de riego	Máquina de riego. Corresponde a las máquinas de riego instaladas dentro de la Estación Experimental

GRUPO	CAPA	SIGNIFICADO
EDAFOLOGÍA	Mapa base de suelo	Mapa base de suelo: Corresponde al mapa de suelo se de la zona donde se encuentra la Estación Experimental. En caso de existir un mapa de suelo a escala detallada realizado sólo para la Estación Experimental, se detallará como
	Perfiles de suelo	Perfiles de suelo: Corresponde a los perfiles de suelo realizados dentro de la Estación Experimental, independientemente de su procedencia
	Puntos estacionarios de suelo	Puntos estacionarios de suelo: Corresponde a puntos donde se han tomado muestras de suelo y estos se han podido georreferenciar
	Prop_suelos_exp.	Propiedades de suelos de experimento: Corresponde a información de muestras de suelo tomadas en la consecución de un experimento y provenga del resultado de varias muestras tomadas y que se ubique en un campo
PROYECTOS	Área_prod_202(x)	Área de producción. Corresponden aquellas áreas que no están involucradas en proyectos de investigación
	Área_proy_202(x)	Área de producción. Corresponden aquellas áreas que corresponde a proyecto de investigación.
	Pozos	Pozos: Contiene todos los pozos ubicados dentro del área experimental
MANEJO AGUA	Hidrantes	Hidrantes: Contiene todos los hidrantes ubicados dentro del área experimental
	Estación de bombeo	Motobombas: Contiene todas motobombas ubicadas dentro del área experimental
INFRAESTRUCTURA		

A manera de ejemplo las Figuras 5, 6, 7, 8 y 9 muestran algunas capas de la estructura espacial de la plataforma SIG de la UCTB.

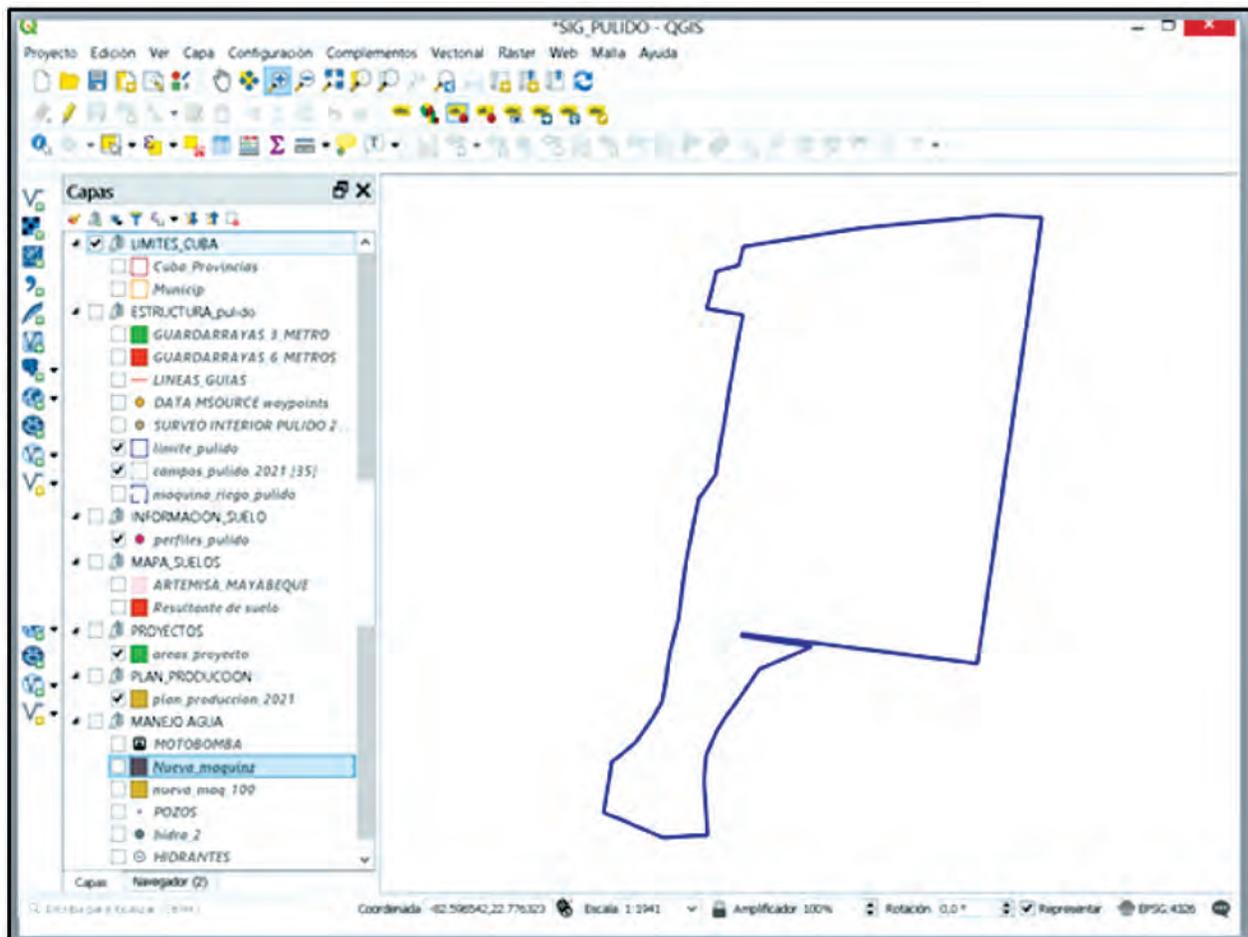


FIGURA 5. Representación espacial de la capa limite estación experimental.

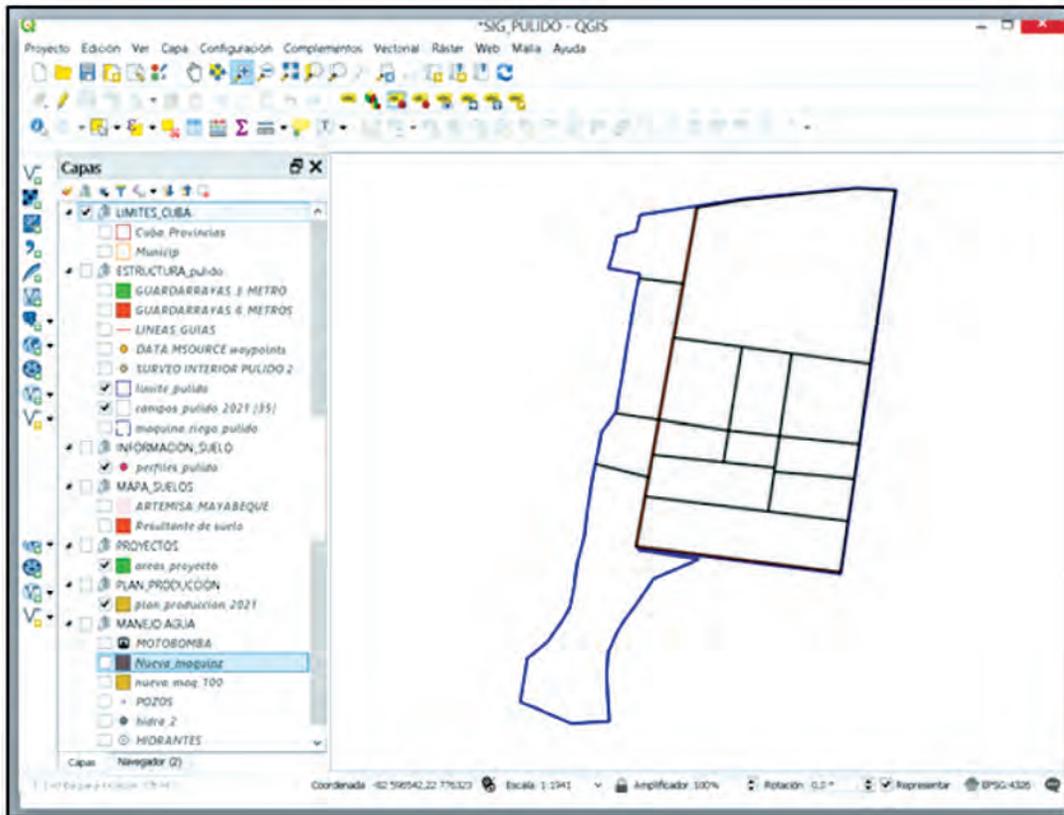


FIGURA 6. Representación espacial de la capa vialidad

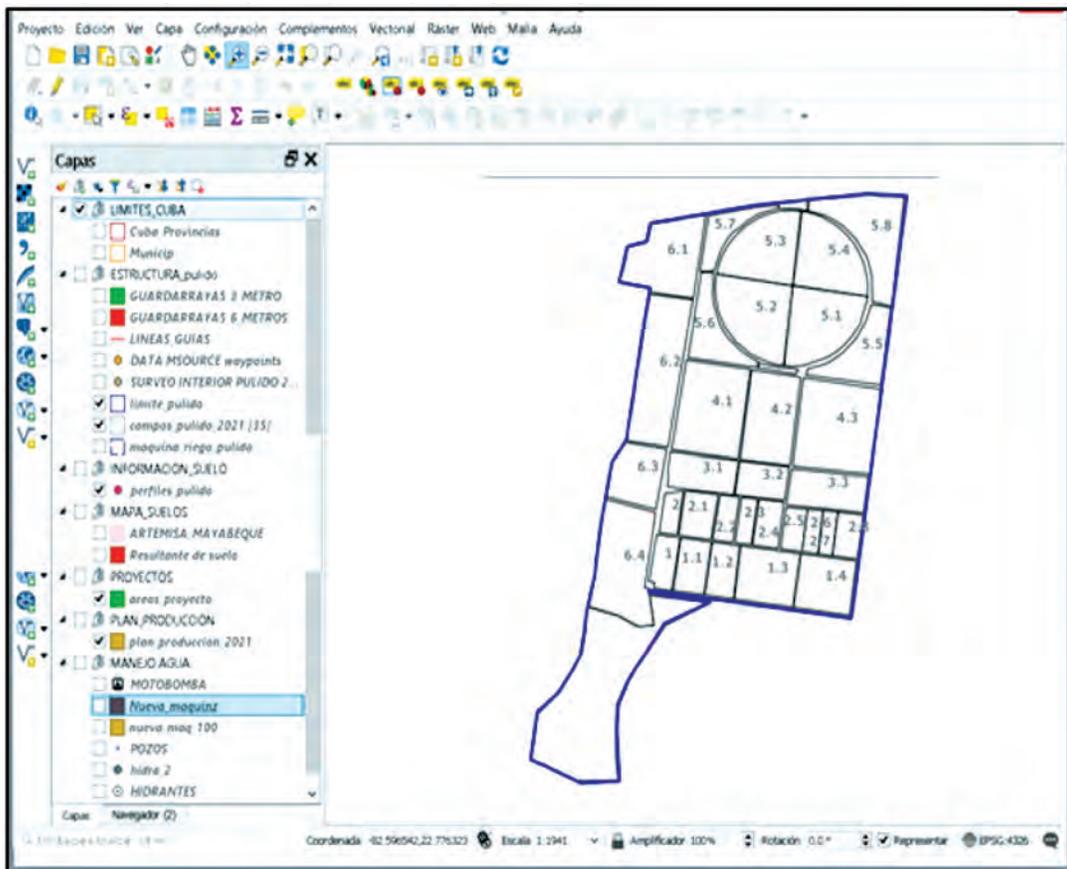


FIGURA 7. Representación espacial de la capa Campos_202(X).

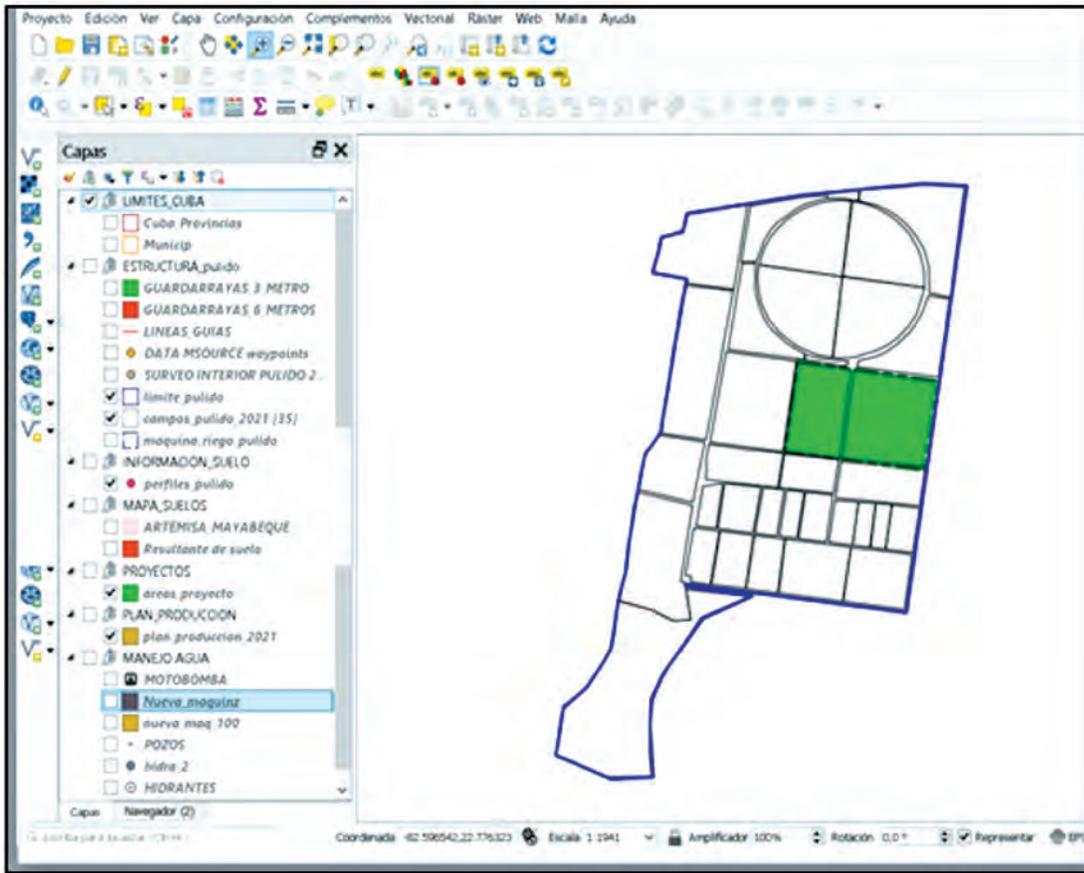


FIGURA 8. Representación espacial de la capa Área_proy_202(x).

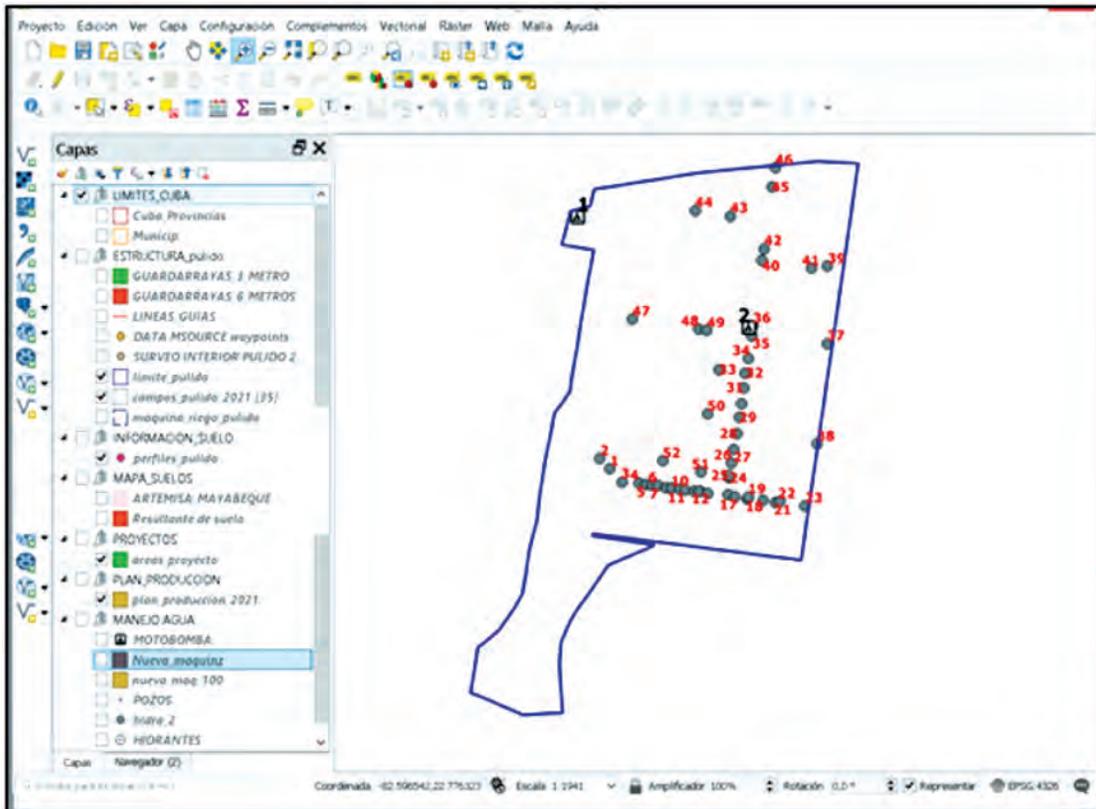


FIGURA 9. Representación espacial de la capa hidrantes.

La vinculación de datos espaciales con información descriptiva de alguna característica particular de un mapa, es uno de los atributos que brindan los SIG. Las bases de datos relacionales, son el modelo más utilizado hoy en día, básicamente constituidas por un conjunto de tablas, similares a las tablas de una hoja de cálculo, formadas por filas (registros) y columnas (campos). Los registros representan cada uno de los objetos descritos en la tabla y los campos los atributos (variables de cualquier tipo) de los objetos. En el modelo relacional de base de datos, las tablas comparten algún campo entre ellas. Estos campos compartidos van a servir para establecer

relaciones entre las tablas que permitan consultas complejas y que al relacionarlas con las tablas que contienen la información espacial se representará espacialmente la información, coincidiendo con los conceptos planteados por Gómez (2013). La Figura 10, muestra dos ejemplos de tablas relacionadas dentro de la estructura del SIG diseñado para la Estación Experimental, donde se vincula el número de campo, área proyecto, área producción e información de propiedades del suelo correspondiente al campo.

La estructura de la base de datos relacional de alguna de las principales capas, se detallan en los Tablas 5, 6, 7, 8, 9 y 10.

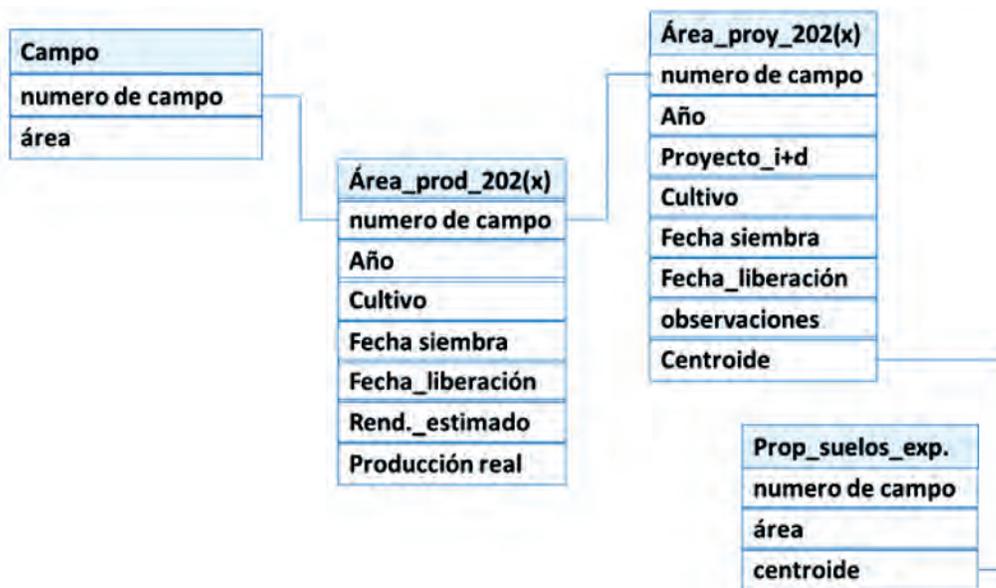


FIGURA 10. Ejemplo de dos bases de datos relacionales comprendidas en la estructura del SIG

TABLA 5. Estructura de la base relacional Campo_202(X)

COD_CAM	SECCION	UMAN	ÁREA_N	TUT ^(*)	OBSERVACIONES	TUT	TUT
						COD	Característica
11	1	1		1		1	Frijol
12		2		2		2	pasto
1						3	Maíz
13	1	3		4		4	Boniato
21	2	1		6		5	Ganadería
						6	Vacía

(*) Tipo de utilización de la tierra

TABLA 6. Estructura de la base relacional Vialidad

COD_VIA	TIPO	LONGITUD	ANCHO	ESTADO	OBSERVACIONES
0001	2	500,00	3.0	1	
0002	2	950.00	6.0	2	

TIPO		ESTADO	
COD	Denominación	COD	Denominación
1	Guardarraya	1	Bueno
2	Camino	2	Regular
		3	Malo

TABLA 7. Estructura de la base relacional obras de fábrica

COD_OBRA	ESTADO	TIPO	DESCRIPCION
01	Bueno	02	Puente
02	Regular	02	Alcantarilla

TIPO	T_ESTRUC	DESCRIPCION
01	Estructuras de Aforo	Vertedores Aforadores Alcantarilla
02	Obras de cruce	Canaletas Puente Sifones
04	Estructuras de control de Erosión	Salto Rápidas

TABLA 8. Estructura de la base relacional de pozo

COD	PROF	NIVEL ESTATICO	NIVEL DINAMICO	DIAM_POZO	ACTIVO	OBSERVACIONES
01	10,84	4,5		400	SI	
02	9,62	4,5	4,72	500	SI	

TABLA 9. Estructura de la base relacional estación de bombeo

FUENTE	DIAMETRO	NIV_DINAM	GASTO	T_BOMBA	RIEGA	METOD_RIEG TECNICA	COD_MET	METOD_RIEG	COD_TEC	TECNICA
1	Subterránea	0,6	52,0	75	Vertical	SI	1	1	1	Maquina
2	Subterránea	0,6	25,1	106	Vertical	NO	1	5	2	Enrolladores
							1	Aspersión	3	Portátil
							2	Gravedad	4	Fijo (Estacionario)
							3	Localizado	5	Semiestacionario
									7	Surcos
									8	Goteo Subsuperficial

TABLA 10. Estructura de la base relacional obra de fábrica

COD_PERFIL	ESTADO	TIPO	T_ESTRUC	DESCRIPCION	OBSERVACIONES
01	Bueno	02	Obras de cruce	Puente	
02	Regular	02	Obras de cruce	Alcantarilla	

La información básica de la base de datos alfanuméricos siempre deberá contener el código de la unidad espacial a la que se vinculará; así por ejemplo la base de datos correspondiente a la información de perfiles de suelo 202(x), la que debe aparecer como se muestra en la Figura 11, donde **COD_PERFIL** es la propiedad que vincula al objeto espacial (perfiles de suelo) que guarda la información espacial de cuando éste fue tomado.

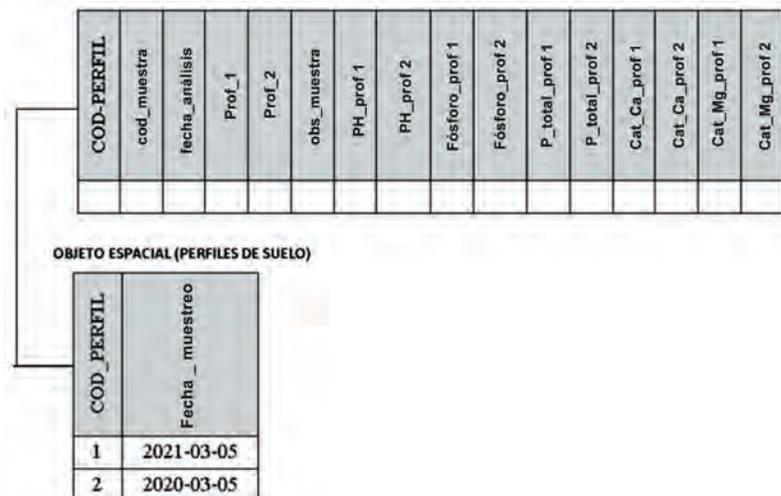


FIGURA 11. Estructura de base de datos alfanumérica, correspondiente a perfiles de suelo.

CONCLUSIONES

- La plataforma establecida, brinda solución tanto a las necesidades de los investigadores que manejan la información obtenida en campo (ya disponible en diversas fuentes externas, aunque no referenciadas espacialmente), almacenar de forma estructurada, ordenada y centralizada la información asociada a la estación experimental, sirviendo como base de datos patrimoniales de la institución, permitir el acceso para la consulta de la información desde cualquier punto fuera del servidor, la introducción, edición, extracción y análisis, así como puede constituir un paso para la introducción de la "agricultura de precisión" en la Estación Experimental, para llegar a éste manejo, se debe pasar por una "agricultura

precisa". La plataforma que se establece en la finca Pulido, puede constituir **un modelo** para la validación de los resultados obtenidos en otras fincas del Municipio Alquizar y su posterior generalización a productores de la Provincia Artemisa, a partir de poder contribuir al ordenamiento territorial de éstos territorios.

CONTRIBUCIONES DE AUTOR:

Conceptualización: J. Arcia. Curación de datos: J. Arcia, A. Sánchez. Análisis formal: J. Arcia, A. Sánchez. Investigación: J. Arcia. Metodología: J. Arcia. Supervisión: J. Arcia. Validación: J. Arcia. . Papeles/Redacción, proyecto original: J. Arcia. Redacción, revisión y edición: A. Sánchez.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abarca, O. (2004). *Planificación del aprovechamiento de la tierra de las estaciones experimentales de la Universidad Central de Venezuela* (p. 285). Trabajo de Ascenso. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela.
- Abarca, O. (2005). Conflictos de intensidad de uso de la tierra en las estaciones experimentales de la Universidad Central de Venezuela: Análisis espacial con sistemas de información geográfica. *Agronomía Tropical*, 55(2), 7-21, ISSN: 0002-192X.
- Andujar, G. O. L. (2018). *Propuesta de estrategia de explotación del riego en la Unidad Científico Técnico de Base (UCTB) "Pulido"* [Trabajo de Diploma presentado en opción al título de Ingeniero Hidráulico]. Universidad tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría CU-JAE, Facultad de Ingeniería Civil, La Habana, Cuba.
- 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, Lima, Perú.
- Cid, G., López, T., González, F., Herrera, J., & Ruiz, M. E. (2012). Características físicas que definen el comportamiento hidráulico de algunos suelos de Cuba. *Revista Ingeniería Agrícola*, 2(2), 25-31, ISSN: 2306-1545.
- Elmasri, R., Navathe, S. B., Castillo, C. V., Pérez, Z. G., & Espiga, G. B. (2007). *Fundamentos de sistemas de bases de datos* (Número QA76. 9D3 E553 2007). Pearson educación, Pearson-Addison Wesley 5ta Ed., España, Issue: QA76. 9D3 E553 2007. ISBN: 84-7829-085-0.
- Gallego, S., & Ventura, E. (2018). *Propuesta para el desarrollo de una aplicación SIG móvil orientada a la comercialización de productos agrícolas* (p. 44pp). Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Francisco José de Caldas Bogotá, Colombia.
- Gómez, F. M. del C. (2013). *Material didáctico. Notas del curso de Bases de Datos*. Departamento de Matemáticas Aplicadas y Sistemas. División de Ciencias Naturales e Ingeniería. Ed. Universidad Autónoma Metropolitana, México D.F. ISSN: 978-607-477-880-9.
- Hjelmager, J., Delgado, T., Moellering, H., Cooper, A. K., Danko, D., Huet, M., Aalders, H. J. G. L., & Martynenko, A. (2005). *Developing a modelling for the spatial data infrastructure*. ICC2005 International Cartographic Conference, La Coruña, España.
- Jiménez, M. G. E., León, C. A., Piñero, P. P. Y., & Romillo, T. A. (2016). SIGESPRO: Sistemas de Información Geográfica para controlar proyectos. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 10(2), 181-195, ISSN: 2227-1899.
- López, B. F., Gomáriz, C. F., & Belmonte, S. F. (2005). *Diseño de un Sistema de Información Geográfica con interfaz Web en el Campo Experimental de El Ardal (Cuenca de Mula, Murcia)* [Informe Anual año hidrológico 2004-2005]. Red de Estaciones Experimentales de Seguimiento y Evaluación de la Erosión y Desertificación del Proyecto LUCDEME, Ministerio Medio Ambiente, Murcia, España.
- 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, ISSN: 2227-1899.

Javier Arcia-Porrúa, Inv. Titular, Instituto Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana, Cuba, e-mail: javierarcia54@gmail.com ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-5458-3884>.

Armando Sánchez, Inv. Instituto Investigaciones de Ingeniería Agrícola, Boyeros, La Habana, Cuba, e-mail: mandysanchez8825@gmail.com ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-1495-6137>

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.