

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FCA
Facultad de
Ciencias Agropecuarias

Departamento de Agronomía

TRABAJO DE DIPLOMA

Sistema de Información Geográfica de la Empresa Agropecuaria "Valle del Yabú"

Autor: Adel Nuñez Martínez

Tutores: Dra. C. Edith Aguila Alcantara

Ms. Isbel Díaz Hernández

Santa Clara , junio, 2018

Copyright©UCLV

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-1419

Dedicatoria

*A mis padres por todo ese amor y apoyo incondicional
brindado en todo momento. Los amo.*

A mi hermana por ser guía en mi vida e ídolo a seguir.

*A mis abuelos por todo su cariño en especial a mi abuela
Felicia por soportarme mis malcriadeces.*

A mi sobrinita Isabella.

Agradecimientos

En especial a mi novia Susana por ayudarme hasta el cansancio, estar junto a mi en toda difícil situación y nunca perder la paciencia conmigo; a mi tutora Edith por todos los dolores de cabeza causados, por no rendirse conmigo y creer siempre en mí Mil Gracias; al profe Isbel por introducirme a lo que es hoy mi tema de tesis; a todo el personal de la ENPA por su apoyo y comprensión durante el tiempo que estuve por allá, a Daniel que dedicó horas importantes de su tiempo a ayudarme; a las muchachas del Instituto de Suelo y fertilizantes por su amabilidad en especial a Ivía; no puedo dejar atrás a Yilena por apoyarme siempre en mis decisiones y ser como una hermana para mí. A todos los que de alguna forma hicieron posible que hoy este aquí a punto de convertirme en ingeniero, a todos ellos

MUCHAS GRACIAS.

Resumen

En la presente investigación se diseñó un Sistema de Información Geográfica para la gestión de la información en el manejo de suelos y funcionamiento de los sistemas de riego en áreas productivas pertenecientes a la Empresa Agropecuaria “Valle del Yabú”, a partir de la cartografía de la zona a escala 1: 25000 empleando el software QGIS 2.18. Con la organización de la información en base de datos relacionales en las que se encuentran datos de los tipos de suelos, categorías agroproductivas y sus aptitudes, así como también los sistemas de riego y las diferentes tecnologías de este utilizadas dentro de la empresa y el área que ocupan, se confeccionó el SIG project. Las herramientas de consultas del software, los comandos Consulta /Selección y Mapa / Crear Mapas Temáticos nos permitieron generar salidas cartográficas, tales como: mapa de tipos de suelos, mapa de categorías agroproductivas, mapa de formas productivas, mapa de sistemas de riego. Las bases de datos creadas y los mapas temáticos generados permitieron georeferenciar la información. El Sistema de Información Geográfica (SIG) elaborado con ellos contribuye a facilitar la gestión de los recursos suelo y agua en la EA “Valle del Yabú” identificando los principales suelos de la entidad, sus limitantes y aptitudes, así como la disponibilidad del riego de forma rápida y eficaz.

Índice

INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO 1: ESTADO ACTUAL DEL DE TEMA	9
1.1- Definición de los Sistemas de Información Geográfica	9
1.2 Sistemas de mapas, características y vínculos con los sistemas de información geográficos (SIG)	10
1.2.1: Componentes de un SIG	12
1.2.2: ¿Cómo se representan los objetos espaciales?	14
1.2.3: Herramientas que provee un SIG	14
1.3. Campos de aplicación de los SIG	16
1.3.1: Los SIG en la Agricultura y usos del suelo	17
CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS	20
2.1 Lugar donde se condujo la investigación	20
2.2 Colección y actualización de datos	20
2.3 Análisis y procesamiento de la información	21
CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
3.1 Colección y actualización de datos	22
3.1.1 Creación de una base de datos actualizada para importar al software	22
3.1.2 Distribución de las entidades que componen la EA Valle del Yabú	22
3.1.3 Distribución de los suelos en la EA Valle del Yabú	23
3.1.4 Categoría agroproductiva de los suelos de la EA Valle del Yabú	26
3.1.5 Distribución de los sistemas de riego en la EA Valle del Yabú	28
3.1.6 Elaboración de los mapas temáticos o capas	29
3.2 Integración de la información en el software	33

CONCLUSIONES	34
RECOMENDACIONES	35
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36
ANEXOS.....	42

Introducción

Con la modernización de las prácticas agrícolas, surgen nuevos desafíos respecto al manejo de la información en el proceso de producción, la optimización de su uso e interpretación con vistas a la sostenibilidad ambiental y económica de las empresas agropecuarias. Cuba es un país pionero de las tecnologías de precisión en la agricultura, a pesar de estar sometido a un bloqueo económico que no le permite la comercialización o compra de toda esta tecnología. No obstante, el desarrollo de los Sistema de Información Geográfica (SIG) en Cuba, aun cuando está en su etapa primaria, da pasos de avance en la parte catastral y elaboración de mapas de diversos tipos que a su vez admiten valoraciones que permitan la optimización del manejo de las empresas agropecuarias (Regalado, 2014).

Los SIG se pueden definir como una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión. También puede definirse como un modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer necesidades concretas de información en el sentido más estricto, en cualquier sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. En un sentido más genérico, los SIG son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones (Rodríguez y Muñoz, 2000).

Es una tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato, por lo que puede constituir una herramienta esencial para el análisis y toma de decisiones en muchas áreas vitales para el desarrollo nacional (Dueñas y Álvarez, 2010).

La gestión de los procesos productivos en la agricultura se define principalmente desde la planificación. Para esto la tecnología de Sistemas de Información Geográfica (SIG), constituye en este sentido una de las herramientas adecuadas de manejo de información, ya que al usar el modelo de base de datos georrelacional se asocia un

conjunto de información gráfica en forma de planos o mapas a bases de datos digitales (Bongiovanni et al., 2006).

Problema

La Empresa Agropecuaria “Valle del Yabú” se encuentra inmersa en un proceso inversionista encaminado a fortalecer la integralidad y productividad de este polo productivo, para lo cual, requiere de herramientas que faciliten el proceso de gestión integral de sus áreas, a fin de optimizar la toma de decisiones en los procesos productivos, con base en la información combinada sobre los tipos de suelos, sus características, regadío, cultivos actuales y rotaciones de estos.

Hipótesis

La elaboración de un SIG permitirá la gestión integral de sus áreas en base a la información del uso productivo de los suelos en la Empresa Agropecuaria “Valle del Yabú”.

Objetivo General

Elaborar un SIG para la gestión integral de la información disponible del uso productivo de los suelos en la Empresa Agropecuaria “Valle del Yabú”.

Objetivos Específicos

- Elaborar la base de datos del uso de los suelos y la distribución de los sistemas de riego en áreas productivas pertenecientes a la Empresa Agropecuaria “Valle del Yabú”.
- Generar mapas temáticos con base en la información disponible de suelos y los sistemas de riego.
- Elaborar el Sistema de Información Geográfica (SIG) en base a la información compilada sobre el uso de los suelos y la distribución de la maquinaria de riego en la Empresa Agropecuaria “Valle del Yabú”.

CAPÍTULO 1: ESTADO ACTUAL DEL DE TEMA

1.1- Definición de los Sistemas de Información Geográfica

Al abordar las disímiles conceptualizaciones de las SIG se realizó una exhaustiva compilación de todo y cuanto sobre lo mismo se ha escrito, por diversos autores en la literatura actual y en las referencias de las páginas o sitios WEB, PDF y para entender en qué consisten se puede decir que:

Un SIG se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente en capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos, con el fin de satisfacer múltiples propósitos. Es una tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato, por lo que puede constituir una herramienta esencial para el análisis y toma de decisiones en muchas áreas vitales para el desarrollo nacional (Dueñas y Álvarez, 2010).

Siendo así entonces se cuenta con un sistema que permite asociación de datos con figuras, mapas, relieves escaneados, de mucha utilidad para la toma de decisiones en una serie de campos de la actualidad.

Bongiovanni *et al.* (2006) Refieren que, en términos prácticos, la función principal de este software es contar con cartografía que contenga bases de datos asociadas, con la misión principal de resolver problemas espaciales o territoriales. Es decir, un programa que permita manejar conjuntamente la cartografía y las bases de datos alfanuméricas asociadas. Dicho de esta manera, se podría pensar en un Diseño Asistido por Computadora (CAD) como Autocad, Microstation u otros que permiten asociar bases de datos a los elementos del dibujo. Pero la diferencia fundamental radica en que con un SIG es posible realizar análisis de la cartografía para generar nueva cartografía en función de los resultados obtenidos, además de hacer consultas más completas al poder combinar criterios alfanuméricos y espaciales. La tecnología de Sistemas de Información Geográfica (SIG), constituye en este sentido una de las herramientas adecuadas de manejo de información, ya que al usar el modelo de base de datos georrelacional se asocia un conjunto de información gráfica en forma de planos o mapas a bases de datos digitales.

Son los SIG la herramienta que facilita todos los trabajos que se realizaban en la práctica diaria de campo los grupos de especialistas, que con la toma de fotos aéreas y la elaboración manual de mapas cartográficos no contaban con tanta tecnología.

En la actualidad existen muchas denominaciones de la misma, ya que en los últimos 10 años es que está ha aumentado su auge como tecnología en la agricultura ya la NCGIA (1990) decía que: *“ Es un sistema de hardware, software y procedimientos diseñado para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización y presentación de datos referenciados espacialmente para la solución de problemas complejos de planificación y gestión”*.

Un SIG por lo tanto es el conjunto de varios componentes que tienen como finalidad servir de soporte a la toma de decisiones en tareas complejas donde intervienen aspectos geográficos. Esta última característica, el hecho de trabajar con datos georreferenciados, lo diferencia de otros sistemas. (Balmaseda Espinosa *et al.* 2004)

Otros autores concluyen que, un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés) es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñado para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión. También puede definirse como un modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer necesidades concretas de información en el sentido más estricto, es un sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. En un sentido más genérico, los SIG son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones (Rodríguez y Muñoz, 2000)

1.2 Sistemas de mapas, características y vínculos con los sistemas de información geográficos (SIG)

El empleo de los mapas tiene absoluta importancia, ya que son herramientas las cuales deben cumplir una misión significativa, explicar una historia, presentar una idea o ilustrar una situación. Para ello, se deben incluir mapas base y capas que tengan una buena cartografía. En las capas se pueden incluir temas que caractericen la zona que se representa, a mayor información más confiable será el mismo. El mapa puede tener una o

más capas. Reuniendo varias capas o fuentes de datos en un solo mapa, se debe tener en cuenta de no agregar tantas cosas en un mapa, puede resultar difícil de interpretar.

Con el surgimiento de los Sistemas de información geográfico (SIG) se ha viabilizado la creación de mapas. Ya que estos permiten generar mapas que admiten trabajar con datos posicionados en el espacio con referencia a un sistema de coordenadas planas o geográfica. La creación de dicho mapa no es tan sencilla. De hecho, con la proliferación de estos tipos de software y aplicaciones es muy común cometer fallos técnicos o estéticos que perjudican su capacidad informativa y representativa.

Este sistema es capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. En un sentido más genérico, los SIG son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones.

El (SIG) es un conjunto de herramientas que integra y relaciona diversos componentes (usuarios, hardware, software, procesos) que permiten la organización, almacenamiento, manipulación, análisis y modelización de grandes cantidades de datos procedentes del mundo real que están vinculados a una referencia espacial, facilitando la incorporación de aspectos sociales-culturales, económicos y ambientales que conducen a la toma de decisiones de una manera más eficaz.

Nuestro país está en su primera etapa, se da pasos de avance en la parte catastral. La cual permite caracterizar territorios en cuanto a informaciones catastrales. Estas constituyen, bases de datos aplicados a los SIG, como apoyo a la mapificación y creación de bases de datos digitalizadas que complementen toda una gama de informaciones.

Una muestra de estos tipos de mapas son los que están basados en mapas topográficos que representan cualquier fenómeno geográfico de la superficie terrestre. Los cuales persiguen objetivos bien definidos. Y hacen referencia a la representación de ciertas características de distribución, relación, densidad o regionalización de objetos reales (vegetación, suelos, geología, etc.), o de conceptos abstractos (indicadores de desarrollo económico, de calidad de vida, etc.).

Para representar variables numéricas utilizan todo tipo de recursos visuales, como superficies de distintos colores o tramas, flechas para indicar el movimiento de un

fenómeno (flujos; a veces tienen un grosor proporcional a su magnitud), el trazado de líneas que unen puntos de igual valor, círculos o símbolos de tamaño proporcional al valor numérico, o incluso mapas deformados para que cada unidad geográfica se represente con un tamaño proporcional a su valor numérico.

En los mapas la utilización de colores en los diversos niveles con otros símbolos y trazos auxiliares permite reconocer montañas, valles, ríos, altozanos y otras características del terreno. También se incluye información sobre construcciones humanas, tales como poblaciones, carreteras, puentes, presas, líneas eléctricas, distintas plantaciones, etc. También se debe indicar la escala, la dirección del Norte geográfico y magnético, referencias GPS, símbolos, relación con otros planos, el organismo autor y el año de su elaboración.

Gracias a los avances en el conocimiento humano, fundamentalmente en las ramas de la Matemática, la Cibernética, la Física, la Electrónica y las Geo-ciencias, los cuales han permitido el desarrollo de sistemas modernos para la representación, ubicación y análisis del medio geográfico, como son los sensores remotos o satélites artificiales y los paquetes CAD, los que desde entonces se han ido especializando en aplicaciones concretas como mecánica, arquitectura, electrónica o cartografía. Estos últimos junto a los sistemas de gestión de bases de datos, fueron los antecesores directos de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), que han alcanzado su mayor auge en la presente década, a la par de los Sistemas de Posicionamiento

Global (GPS).

1.2.1: Componentes de un SIG

Varias bibliografías consultadas, coinciden en que los SIG están compuestos por:

- Hardware
- Software
- Información
- Personal
- Métodos

Hardware

Los SIG corren en un amplio rango de tipos de computadoras, desde equipos centralizados hasta configuraciones individuales o de red. Una organización requiere de hardware suficientemente específico para cumplir con las necesidades de aplicación. (Balmaseda *et al.*, 2004)

Software

Balmaseda *et al.*, (2004). Plantea que los programas SIG proveen las herramientas y funcionalidades necesarias para almacenar, analizar y mostrar información geográfica. Los componentes principales del software SIG son:

- Sistema de manejo de base de datos;
- Una interfase gráfica de usuarios (IGU) para el fácil acceso a las herramientas;
- Herramientas para captura y manejo de información geográfica; y
- Herramientas para soporte de consultas, análisis y visualización de datos geográficos.

Información

El componente más importante para un SIG es la información. Se requiere de adecuados datos de soporte para que el SIG pueda resolver los problemas y contestar a preguntas de la forma más acertada posible. La consecución de datos correctos generalmente absorbe entre un 60 y 80% del presupuesto de implementación del SIG y la recolección de los mismos es un proceso largo, que frecuentemente demora el desarrollo de productos que son de utilidad. Los datos geográficos y alfanuméricos pueden obtenerse por recursos propios o a través de proveedores de datos. Mantenerlos, organizarlos y manejarlos debe ser política de la organización personal. Las tecnologías SIG son de valor limitado si no se cuenta con los especialistas en manejar el sistema y desarrollar planes de implementación del mismo. Sin el personal experto en su desarrollo, la información se desactualiza y se maneja erróneamente, el hardware y el software no se manipula en todo su potencial. (Balmaseda *et al.*, 2004)

Métodos

Para que un SIG tenga una implementación exitosa debe basarse en un buen diseño y reglas de actividad definidas, que son los modelos y prácticas operativas exclusivas en cada organización. (Bongiovanni, 2006)

1.2.2: ¿Cómo se representan los objetos espaciales?

En las indagaciones hechas se demuestra que: Los datos SIG representan los objetos del mundo real (carreteras, el uso del suelo, altitudes). Los objetos del mundo real se pueden dividir en dos abstracciones: objetos discretos (una casa) y continuos (cantidad de lluvia caída, una elevación). Existen dos formas de almacenar los datos en un SIG: raster y vectorial. Al primer caso le llamaremos MODELO VECTORIAL y al segundo MODELO RASTER.

Es claro que en el primer caso obtenemos una representación más precisa de la realidad dependiendo sólo de la escala o grado de detalle; en el segundo caso el grado de precisión alcanzado dependerá en última instancia del tamaño de la celda.

Sobre las características de ambos casos Balmaseda et al., (2004) plantea: *"Cada Modelo tiene sus ventajas y desventajas, son los objetivos de nuestro trabajo y la naturaleza de las variables que queremos manejar los que determinan cual usar. Por ejemplo: un campo de caña se representará mejor mediante un modelo Vectorial, pero para la representación de una variable climática como las precipitaciones el modelo más adecuado será el Raster"*.

1.2.3: Herramientas que provee un SIG

El SIG provee una serie de herramientas para la producción de documentos cartográficos, con facilidades para:

- Elegir el área a representar
- Ajustar la escala
- Crear y editar símbolos gráficos
- Elegir los colores y símbolos de representación
- Crear una leyenda
- Agregar al mapa: textos, apuntes, marcos, márgenes, flecha hacia el norte, etc.

Al respecto Bongiovanni et al. (2006) plantea "*que la construcción de una base de datos geográfica implica un proceso de abstracción para pasar de la complejidad del mundo real a una representación simplificada, que pueda ser procesada por el lenguaje de las computadoras actuales. Este proceso de abstracción tiene diversos niveles y normalmente comienza con la concepción de la estructura de la base de datos, generalmente en capas*".

En esta fase, y dependiendo de la utilidad que se vaya a dar a la información a compilar, se seleccionan las capas temáticas a incluir. Pero la estructuración de la información espacial procedente del mundo real en capas conlleva cierto nivel de dificultad. En primer lugar, la necesidad de abstracción que requieren las máquinas implica trabajar con primitivas básicas de dibujo, de tal forma que, toda la complejidad de la realidad ha de ser reducida a puntos, líneas o polígonos.

En segundo lugar, existen relaciones espaciales entre los objetos geográficos que el sistema no puede obviar. La topología, que en realidad es el método matemático-lógico usado para definir las relaciones espaciales entre los objetos geográficos, puede llegar a ser muy compleja, ya que son muchos los elementos que interactúan sobre cada aspecto de la realidad.

Todo lo antes expuesto tiene la implicación fundamental de dos bases de datos, la Gráfica y la de Atributos, las cuales deben ser interrelacionadas por el SIG para el resultado final de la Bases de datos Complementada.

En el caso de la agricultura de precisión, las bases de datos se construyen en base a un constante monitoreo del predio, análisis de fotografías multiespectrales e interpretación de los resultados obtenidos, formando un ciclo que permite elaborar un plan de manejo del predio. Esto, combinado con información económica y administrativa se transforma en una poderosa herramienta de toma de decisiones. (Balmaseda *et al.* 2004)

La localización

La localización geográfica de los objetos en el espacio se expresa mediante un Sistema de Coordenadas. Los sistemas de coordenadas contienen información sobre el tipo de coordenadas que se utiliza en un mapa, estos sistemas pueden ser de coordenadas esféricas o planas. Ejemplos de coordenadas planas son los Sistemas Cuba Norte y Cuba Sur usados en los mapas que a diario se utilizan en el trabajo, tales como los

Mapas Catastrales, el Mapa Topográfico o el Mapa de Suelos de Cuba (Balmaseda *et al.* 2004).

Captura de datos

La captura de datos y la introducción de información en el sistema consumen la mayor parte del tiempo de los profesionales de los SIG. Hay una amplia variedad de métodos utilizados para introducir datos en un SIG almacenados en un formato digital. Los datos impresos en papel o mapas en película PET pueden ser digitalizados o escaneados para producir datos digitales. Con la digitalización de cartografía en soporte analógico se producen datos vectoriales a través de trazas de puntos, líneas, y límites de polígonos. Este trabajo puede ser desarrollado por una persona de forma manual o a través de programas de vectorización que automatizan la labor sobre un mapa escaneado. No obstante, en este último caso siempre será necesario su revisión y edición manual, dependiendo del nivel de calidad que se desea obtener (Langlé Campos, 2018).

También refiere el material consultado que los datos obtenidos de mediciones topográficas pueden ser introducidos directamente en un SIG a través de instrumentos de captura de datos digitales mediante una técnica llamada geometría analítica. Además, las coordenadas de posición tomadas a través un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) también pueden ser introducidas directamente en un SIG.

A su vez demuestra el material que los sensores remotos también juegan un papel importante en la recolección de datos. Son sensores, como cámaras, escáneres o LIDAR acoplados a plataformas móviles como aviones o satélites. Actualmente, la mayoría de datos digitales provienen de la interpretación de fotografías aéreas. Para ello se utilizan estaciones de trabajo que digitalizan directamente elementos geográficos a través de pares estereoscópicos de fotografías digitales. Estos sistemas permiten capturar datos en dos y tres dimensiones, con elevaciones medidas directamente de un par estereoscópico de acuerdo a los principios de la fotogrametría.

1.3. Campos de aplicación de los SIG

Son diversos los campos en la actualidad que descubriendo las ventajas de los SIG se suman a su utilización como facilitador del trabajo humano en la toma de decisiones. Podemos ver su aplicación en frentes como:

- Agricultura y usos del suelo

- Forestales y medio ambiente
- Arqueología y prospección
- Catastro
- Cartografía
- Redes de infraestructuras
- Agua, luz, gas, teléfono
- Gestión urbana
- Planificación y análisis globales de tráfico
- Control de flota
- Envío de unidades
- Caminos óptimos
- Negocios geo-marketing
- Formación y ocio multimedia, realidad virtual
- Bélicas.

El desarrollo de esta tecnología en la agricultura, viene dando pasos a un nuevo tipo de manejos desde el punto de vista agrotécnico en los suelos, en los cultivos, y se ha pasado a llamar Agricultura de Precisión.

1.3.1: Los SIG en la Agricultura y usos del suelo

En la agricultura y el uso de los SIG en las formas de manejo y aplicación de los recursos se puede decir que:

Grisso (2007) Planteó al respecto: *"Que, en el caso particular de la agricultura, la utilización de los SIG parte por un proceso de aceptación de las tecnologías de información en las prácticas convencionales, causando un impacto en la forma de cultivar. Quizás el desarrollo más influyente para apresurar transferencia de tecnología a la agricultura ha sido el desarrollo del Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Incorporando en las prácticas agrícolas estándares, los productores, los investigadores y los consultores han podido mejorar la precisión de las actividades de manejo*

agronómico existentes, poniéndolas en ejecución a escala. La agricultura de precisión y las tecnologías asociadas a la medición de la variabilidad han sido el resultado".

Dueñas y Álvarez (2010) refieren que en la actualidad, entre las herramientas de la agricultura de precisión se han incorporado otros equipamientos que se utilizan para control de las distintas actividades, como lo son los monitores de siembra, que brindan información la existencia de fallas de siembra por surco, o si un surco está sembrado a menor densidad de semillas que otro; monitores controladores de pulverización, que controlan el caudal de aplicación; monitores registradores de velocidad de cosecha, donde quedan grabados y geo-posicionados los datos de velocidad de avance de la cosechadora, más el día y la hora en que se cosechó un lote; etc.

De esta forma la certeza de una agricultura de mayor dominio en bases de datos se abre paso en el tiempo, economizando y aprovechando mejor el uso de los suelos y los fertilizantes, es por ello que la agricultura de precisión asume que el suelo manifiesta una variabilidad natural muchas veces no evidente al ojo humano, lo que conlleva a un uso más eficiente de los insumos, con una posible disminución de los costos, una producción más uniforme en rendimiento y calidad, y un menor impacto sobre el medio ambiente por reducción de las cargas de fertilizantes y agroquímicos (Lowenberg, 2001).

Mientras que la agricultura tradicional no toma en cuenta dichas diferencias y aplica un manejo homogéneo de los factores de producción (fertilización, riego, cantidad de semillas, agroquímicos, entre otros) en grandes paños de suelo (Dampney y Goodlass, 1997).

Cuando no se considera la variabilidad natural, el cultivo expresa en forma heterogénea tanto el rendimiento como la calidad. Es posible observar esta variabilidad en los cultivos en desarrollo; por ejemplo, cuando las plantas muestran distintos niveles de vigor (Lütticken *et al.*, 1997).

Mediante su puesta en práctica Grisso (2007) considera que los agricultores que la realizan, actualmente tienen la posibilidad de coleccionar una información más detallada acerca de las características espaciales del campo donde desarrollan sus operaciones.

Al respecto Goya (1998) refiere que las tecnologías basadas en GIS y GPS, transforman la agricultura extensiva en todo el mundo. Esta combinación de tecnologías engloba el paradigma de la agricultura sitio-específica, es decir hacer el mejor manejo, en el

momento adecuado, y en cada lugar en particular, con el propósito de incrementar los rendimientos, disminuir los costos de producción y reducir los impactos ambientales. También se desarrollan sensores químicos, mecánicos y electrónicos para las mediciones y el mapeo de muchas propiedades del suelo y de las plantas.

Por otro lado, Espinosa (2000) enfatiza en el hecho de que este sistema de manejo también utiliza los modelos de simulación para elevar los rendimientos y la eficiencia de los insumos utilizados al determinar en forma exacta la variabilidad espacial de las condiciones de suelo y de los requerimientos del cultivo.

A su vez Kravchenko y Bullock (1999) refieren que se utilizan técnicas de interpolación para mapear la variabilidad espacial de propiedades del suelo, o de los cultivos, sin embargo, la calidad de estos mapas dependerá de la atenuación de los métodos a las características de los datos.

No es más que la superposición o interpolación de datos o imágenes la que nos da al final el cúmulo de toda la información deseada, en el análisis de datos raster, la superposición de conjunto de datos se lleva a cabo mediante un proceso conocido como álgebra de mapas, a través de una función que combina los valores de cada matriz raster. En el álgebra de mapas es posible ponderar en mayor o menor medida determinadas coberturas mediante un "modelo índice" que refleje el grado de influencia de diversos factores en un fenómeno geográfico. (Balmaseda *et al.* 2004)

CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Lugar donde se condujo la investigación

La investigación se llevó a cabo en la Empresa Agropecuaria Valle del Yabú (EA Valle del Yabú), ubicada en la Carretera de Sagua Km 3½, en el municipio de Santa Clara, provincia Villa Clara. Esta entidad tiene como objeto social la producción de cultivos varios para la población y el turismo.

2.2 Colección y actualización de datos

Para el presente estudio se procedió a la colecta de la información disponible en la Empresa de Proyectos Agropecuarios (ENPA), también se tomaron los datos existentes en la EA Valle del Yabú, así como la información disponible en el Instituto de Suelos y Fertilizantes de Villa Clara.

Para ello, se tomó como base el último balance de suelos del municipio, a fin de conocer los tipos de suelos existentes en el área que ocupa la EA Valle del Yabú así como la agroproductividad de los mismos para la confección de los mapas temáticos correspondientes

En función de elaborar el SIG se procedió de la siguiente forma:

- De enero a junio del 2016, se procedió a la verificación directa en el terreno de la información emitida por el Instituto de Suelos y Fertilizantes de Villa Clara, así como la que poseía la ENPA y la EA Valle de Yabú.
- Se creó una base de datos en Microsoft Excel donde se resumió toda la información de la oficina del Instituto de Suelos y Fertilizantes de Villa Clara, de las áreas objeto de estudio (Cantidad de tierras en explotación y por cultivos, destino actual de los suelos del territorio, así como el uso de sus tierras en explotación con su respectiva rotación) la cual se importó al sistema QGIS versión 2.18.

Se colectó la información cartográfica disponible tanto de forma impresa como digitalizada:

- El estudio de cada área realizado y archivado por la ENPA y en la EA Valle del Yabú. Todos estos datos se encontraban digitalizados y fueron elaborados empleando el software QGIS versión 2.18.

- Colección de los datos necesarios para la digitalización de la Base de Datos brindados por el Instituto de Suelos y Fertilizantes de Villa Clara.

2.3 Análisis y procesamiento de la información

Las distintas salidas del SIG implementado se organizaron en un conjunto de capas o tablas (ficheros .TAB) y estas a su vez en un espacio de trabajo (workspaces), fundamentales para el manejo del sistema ya que de esta forma se pueden obtener los mapas con las distintas temáticas (capas) deseadas y la gestión de la información a través de herramientas de consulta a la base de datos como: Info Tool y el comando Show Attribute Table.

También se elaboraron distintos mapas temáticos empleando el comando Map / Create Thematic Map, tales como (Mapas de las formas productivas, así como agroproductividad de los suelos, tipos de suelos, sistemas de riego todos con escala 1: 25 000).

Los mapas digitalizados se utilizaron como capas que sirvieron de base para el trabajo. Las capas que se asumieron fueron:

1. Ubicación de las formas productivas que componen la EA Valle del Yabú, así como la UBPC Jesús Menéndez.
2. Sistemas de Riego existentes en la EA Valle del Yabú.
3. Tipos de suelos del EA Valle del Yabú.
4. Categorías agroproductivas de los suelos de la EA Valle del Yabú.

Paralelamente, con todos los datos disponibles que se colectaron y actualizaron, se creó una base de datos en Microsoft Excel donde se resumía toda la información del territorio. Se importó esta base de datos al QGIS versión 2.18.

Finalmente, se realizó una superposición de capas con los mapas digitalizados. Como resultado final, se obtuvo un mapa resumen que aglutina toda la información contenida en las capas, quedando resumida toda la información colectada sobre la EA Valle del Yabú.

CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Colección y actualización de datos

3.1.1 Creación de una base de datos actualizada para importar al software

Con la información colectada se conformaron 2 bases de datos en Microsoft Excel, las cuales permitieron aglutinar toda la información dispersa de los datos necesarios. La primera base de datos se conformó con los datos de las formas productivas, los tipos y subtipos de suelos, sus características (graviliosidad, pedregosidad, profundidad, rocosidad y pendiente), sus aptitudes por cultivo según su categoría agroproductiva, la presencia de erosión y salinidad (Anexo 1).

La segunda base de datos se elaboró con los datos de los sistemas de riego y contiene: área regada por cada tipo o máquina de riego, técnica de riego empleada, el gasto, tipo de estación de bombeo, potencia, cantidad de bombas, fuente de abasto y la forma productiva a la que pertenece, así como el cultivo que estaba regando en el momento de elaborar la base de datos (Anexo 2).

Ambas bases de datos fueron importadas al software empleado QGIS 2.18 para asociarla con los mapas que se digitalizaron y obtener los mapas temáticos o capas.

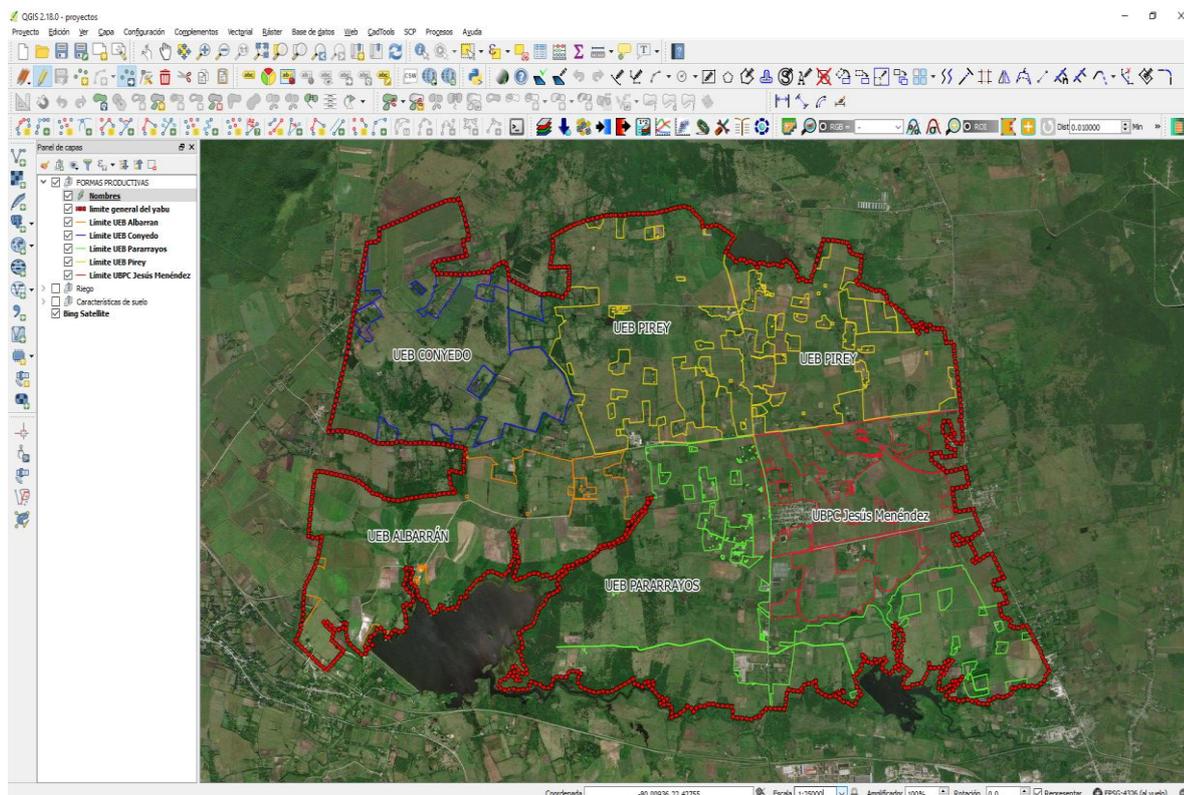
3.1.2 Distribución de las entidades que componen la EA Valle del Yabú

El software permitió estimar el área de cada entidad (Tabla 1 y Figura 1). Así como el área total de las formas productivas existentes dentro de la EA Valle del Yabú el cual es de 3307,11 ha teniendo en cuenta que se excluyeron los caminos, zonas pobladas, guardarrayas y demás áreas no cultivables. También nos permitió conocer que de las Formas Productivas dentro de la EA Valle del Yabú 4 pertenecen al sector estatal, representado un 89,77% y el otro 10,23% representa el sector cooperativo.

Tabla 1. Área de las entidades que componen la EA Valle del Yabú

Entidad	Área (ha)	% que representa	Forma productiva
Albarrán	607,65	18,37	UEB
Conyedo	526,09	15,91	UEB
Pirey	868,29	26,25	UEB

Pararrayos	966,70	29,24	UEB
Jesús Menéndez	338,38	10,23	UBPC



Figura

1. Distribución de las entidades que componen la EA Valle del Yabú

3.1.3 Distribución de los suelos en la EA Valle del Yabú

La distribución de los suelos en la EA Valle del Yabú se muestra en la Tabla 2 y su mapificación en la Figura 2. En el caso de los suelos el software nos permitió conocer el tipo de suelo que predomina dentro de la EA Valle del Yabú así como su distribución dentro de las Formas Productivas, a su vez y el área que ocupa dentro de las mismas. En mismo también nos permitió el conocimiento de las propiedades de dichos suelo tales como profundidad, graviliosidad, erosión, rocosidad, pedregosidad y pendiente, además de las aptitudes que posee el mismo para cada cultivo de interés para la EA valle del Yabú.

Tabla 2. Área por tipo de suelo en la EA Valle del Yabú

Segunda clasificación (1975)	Última clasificación (Hernández et al., 2015)	Área (ha)	% que representa	Entidades donde se encuentran
Aluvial	Fluvisol	592,45	10,30	Pirey, Parrarayos, Jesús Menéndez
Ferralítico Rojo	Ferralítico Rojo	44,83	0,78	Pirey, Parrarayos
Fersialítico Pardo Rojizo	Fersialítico Pardo Rojizo	489,41	8,52	Conyedo, Pirey
Fersialítico Rojo Parduzco Ferromagnésial	Fersialítico Rojo	136,75	2,40	Albarrán, Conyedo, Pirey, Parrarayos
Húmico Carbonático	Húmico Calcimórfico	121,44	2,11	Albarrán, Conyedo, Pirey,
Oscuro Plástico Gleyzado	Gley Vértico	29,08	0,50	Conyedo,
Pardo con Carbonatos	Pardo	2739,18	47,67	Albarrán, Conyedo, Pirey, Parrarayos, Jesús Menéndez
Pardo sin Carbonatos	Pardo	1593,24	27,72	Albarrán, Conyedo, Pirey, Parrarayos, Jesús Menéndez
Total		5746,38	100	

Los suelos que predominan pertenecen al agrupamiento Pardos Sialíticos, y específicamente al tipo Pardo, abarcando un área de 4332,42 ha. Este tipo de suelo se caracteriza por suelos de perfil ABC, formados bajo proceso de sialitización con textura que va desde franco a arcillosa. Tienen un horizonte B siálico, que caracteriza el grupo de suelos. Este Tipo genético se presentan numerosas variantes de subtipos, desde los más ácidos en regiones montañosas, formados de rocas ígneas, hasta los formados en regiones más secas con carbonatos secundarios que representan el horizonte normal cálcico. Tienen una capacidad de intercambio catiónico mayor de 30 cmol kg^{-1} en arcilla, contenido en hierro libre menor de 3 %. Los Subtipos de suelos están dados por la

presencia de horizonte mullido, de horizonte húmico, características eslélicas, características vérticas, presencia de horizonte cálcico, propiedades gléyicas por debajo de 50 cm de profundidad, evolución agrogénica o erogénica (Hernández *et al.*, 2015).

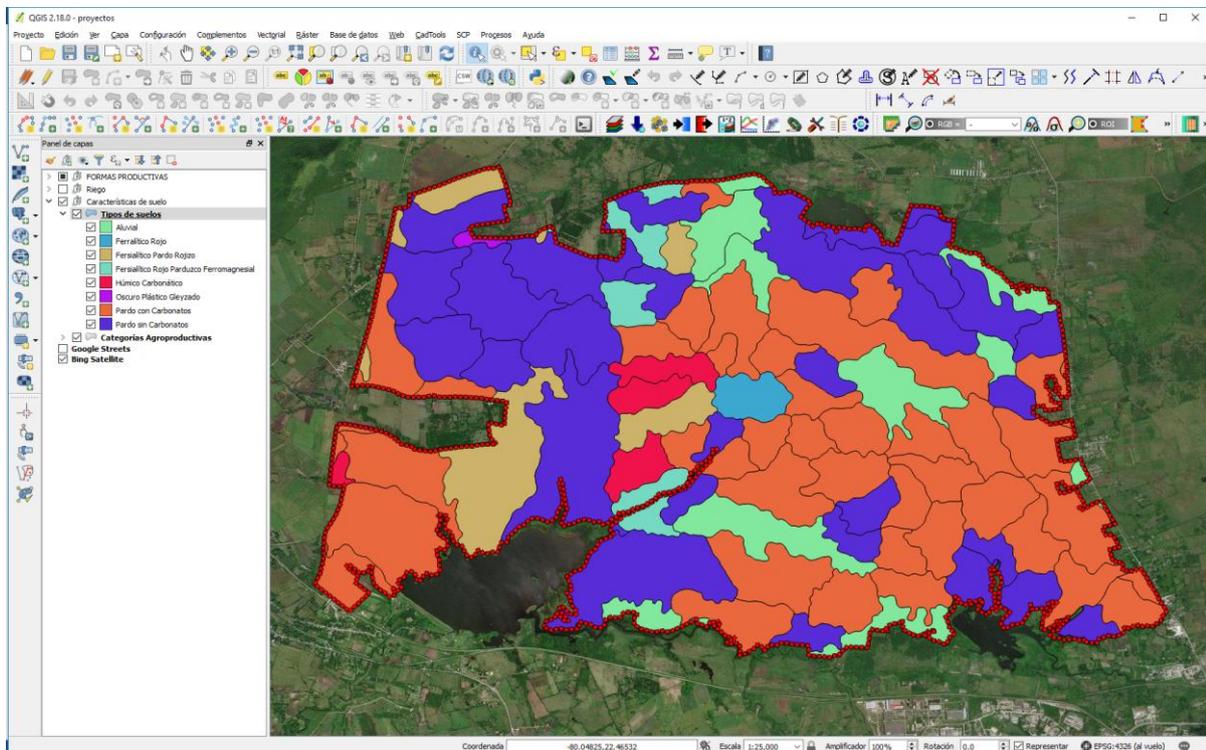


Figura 2. Mapa de suelos de la EA Valle del Yabú

Del total del área de la entidad, los suelos pertenecientes a este agrupamiento el 63,23% y se dividen en suelos Pardos con Carbonatos (Pardos mullidos carbonatados y Pardos mullidos medianamente lavados según Hernández *et al.*, 2015) que ocupan el 47,67% y Pardos sin carbonatos (Pardos mullidos sin carbonatos según Hernández *et al.*, 2015) que ocupan el 27,72%. La presencia de carbonatos tienen una acción positiva sobre la estructura del suelo y sobre la actividad de los microorganismos, pero un exceso de éstos puede traer problemas de nutrición en las plantas por antagonismos con otros elementos (Andrades *et al.*, 2014).

Muñiz Ugarte (2015) señala que el desarrollo de la Geomática ha contribuido a que la información edafológica sea cada vez más utilizada en la toma de decisiones, tanto por los planificadores como por los agricultores. Por ello, explica en la esfera de la investigación, se requiere de inmediato, la actualización de la información básica de

suelos, lo que incluye, la actualización de la Clasificación Agroproductiva de los suelos de Cuba y la revisión y actualización del mapa 1:25 000 de los suelos de Cuba mediante el empleo de la Geomática. A su vez, considera que la inserción de la información edafológica más relevante en la Infraestructura de Datos Espaciales de la República de Cuba es una tarea de importancia estratégica para el país.

3.1.4 Categoría agroproductiva de los suelos de la EA Valle del Yabú

La clasificación agroproductiva de los suelos de la empresa se resume en la Tabla 3 y su mapificación se muestra en la Figura 3. La clasificación empleada es la que actualmente emplea el MINAG desarrollada por INS (Anexo 4). La elaboración del mapa temático de la agroproductividad se realizó con el objetivo de conocer la categoría que predomina en los suelos de la EA Valle de Yabú, así como las Formas Productivas que poseen mejor agropoductividad (Tabla 4). Para ello se conformó una base de datos con los parámetros brindados por el Instituto de Suelos y Fertilizantes de Villa Clara.

Los suelos que clasifican con categoría I son menos del 30 % del área total, mientras que los de categoría II alcanzan el 58,50% del total de las áreas y solo un 11, 70 son categoría III. No existiendo suelos con categoría IV en la entidad (Tabla 4). Esto es importante pues significa que en la mayoría de los suelos de la entidad los cultivos pueden alcanzar el 50% de su rendimiento y en casi el 30% de ellos puede obtener mínimo el 70% de este. Las características de aptitud de los suelos en una entidad productiva son vitales para la organización y planificación y se deberán tener en cuenta para la formulación y programación de planes integrales de desarrollo agrícola una empresa agropecuaria (Pavón *et al.*, 2015).

Tabla 3. Área por categoría agroproductiva de los suelos en la EA Valle del Yabú

Categoría agroproductiva	Área Total (ha)	Área Cultivable (ha)	Entidades donde se encuentran
I	1750,35	985,50	Conyedo, Menéndez, Pararrayos, Pirey, Jesús Albarrán,
II	3609,86	1934,70	Conyedo, Menéndez, Pararrayos, Pirey, Jesús Albarrán,

III	386,10	386,90	Conyedo, Pirey, Albarrán, Pararrayos
Total	5746,38	3307,11	

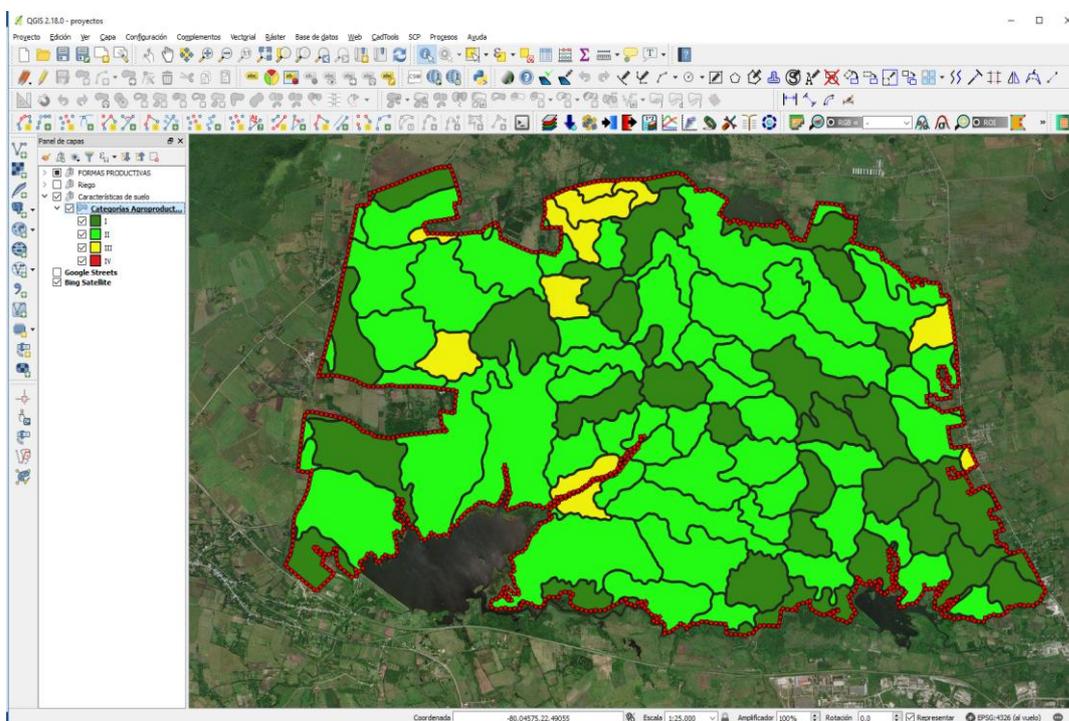


Figura 3. Categorías agroproductivas de los suelos de la EA Valle del Yabú

Tabla 4. Distribución de las Categorías Agroproductivas de las áreas cultivables por Formas Productivas

Forma Productiva	Área Total Cultivable (ha)	Cat I (%)	Cat II (%)	Cat III (%)
UEB Parrarrayos	966,70	40,75	51,85	7,40
UEB Conyedo	526,09	23,53	58,82	17,65
UEB Pirey	868,29	20,83	54,17	25,00
UEB Albarrán	607,65	21,43	71,43	7,14
UBPC Jesús Menéndez	338,38	33,33	66,67	-
Total	3307,11	29,80	58,50	11,70

3.1.5 Distribución de los sistemas de riego en la EA Valle del Yabú

La EA Valle del Yabú cuenta con una área bajo riego de 2028 ha, distribuidas en las tipologías que se muestran en la Tabla 5. La distribución de los sistemas de riego se aprecia en la Figura 4. Mediante el empleo del software se confeccionó el mapa temático de los sistemas de riego el cual nos brinda información detallada de las áreas bajo riego, tecnología utilizada y las formas productivas donde se encuentran.

La irrigación es una actividad costosa por lo que demanda de un óptimo aprovechamiento de las inversiones realizadas y un adecuado manejo del agua. La tecnología de riego puede ser analizada simultáneamente como una inversión, un seguro y/o como parte de un paquete tecnológico. En el primer caso, si el riego se considera como una inversión de mediano y largo plazo, su valoración se considera como un factor más en la ecuación financiera de la empresa y su rentabilidad. El riego como seguro reduce la incertidumbre, acortando la variabilidad de los resultados económicos. A través de su implementación se intenta mitigar el riesgo de déficit hídrico, frente a la incertidumbre acerca de la disponibilidad de agua, en ocasión de la aleatoriedad en la distribución de las lluvias a lo largo del año. Es así que podemos comparar la posibilidad de regar con la opción de contratar un seguro. Finalmente, si el riego se considera como parte de un paquete tecnológico, este potencia los otros factores productivos al eliminar la restricción del recurso agua (Piedrabuena, 2014).

Tabla 5. Distribución del sistema de riego en la EA Valle del Yabú

Método de riego	Área irrigada (ha)	Entidades donde se encuentran
Riego localizado por goteo	680	Albarrán, Jesús Menéndez, Pirey, Pararrayos
Riego por aspersión	478	Albarrán, Pirey, Conyedo, Pararrayos
Riego con enrolladores	490	Albarrán, Jesús Menéndez, Pirey, Pararrayos, Conyedo
Máquinas Pivot	380	Albarrán, Pirey, Conyedo, Pararrayos, Jesús Menéndez

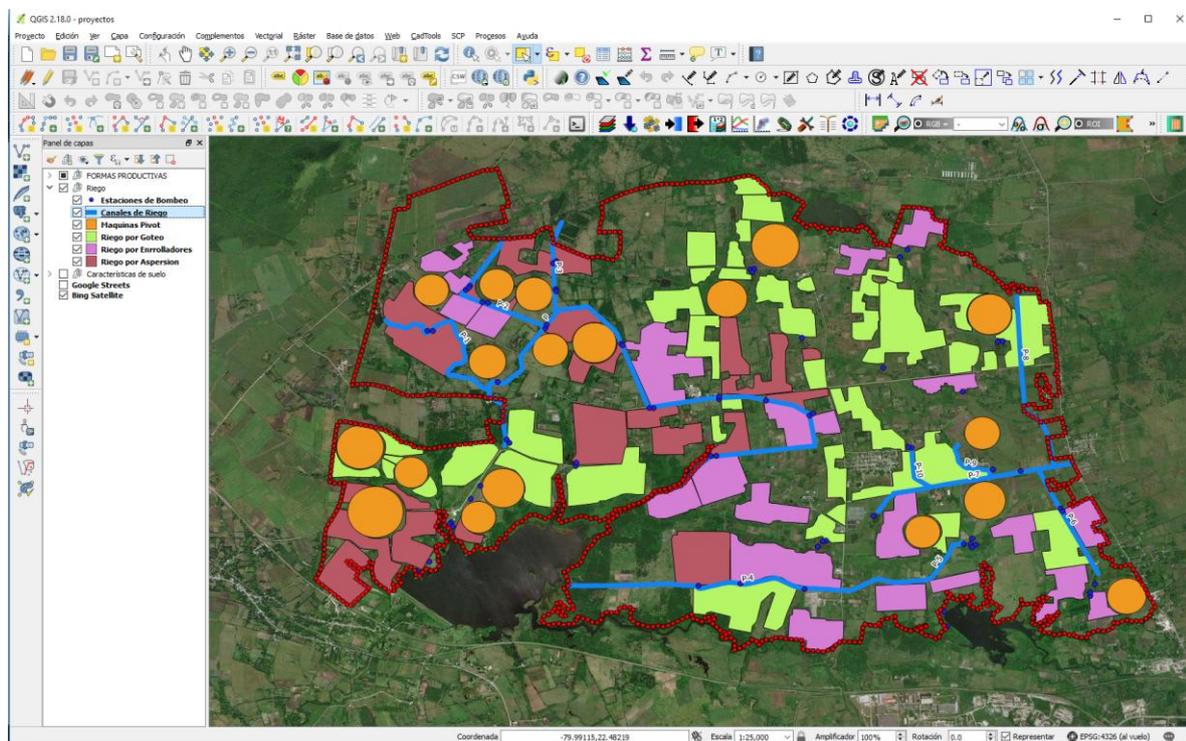


Figura 4. Distribución de los sistemas de riego en la EA Valle del Yabú

3.1.6 Elaboración de los mapas temáticos o capas

Los mapas digitalizados fueron importados al software QGIS 2.18 donde fueron asociados con las bases de datos previamente elaboradas. La base de datos con la información de los suelos se asoció con los mapas de las entidades que componen la empresa, los tipos de suelo y las categorías agroproductivas. El mapa de riego se asoció con la segunda base de datos que contenía la información del mismo. Como resultado de estas asociaciones se obtuvieron los mapas temáticos que fueron usados como capas en el software (Figura 5).

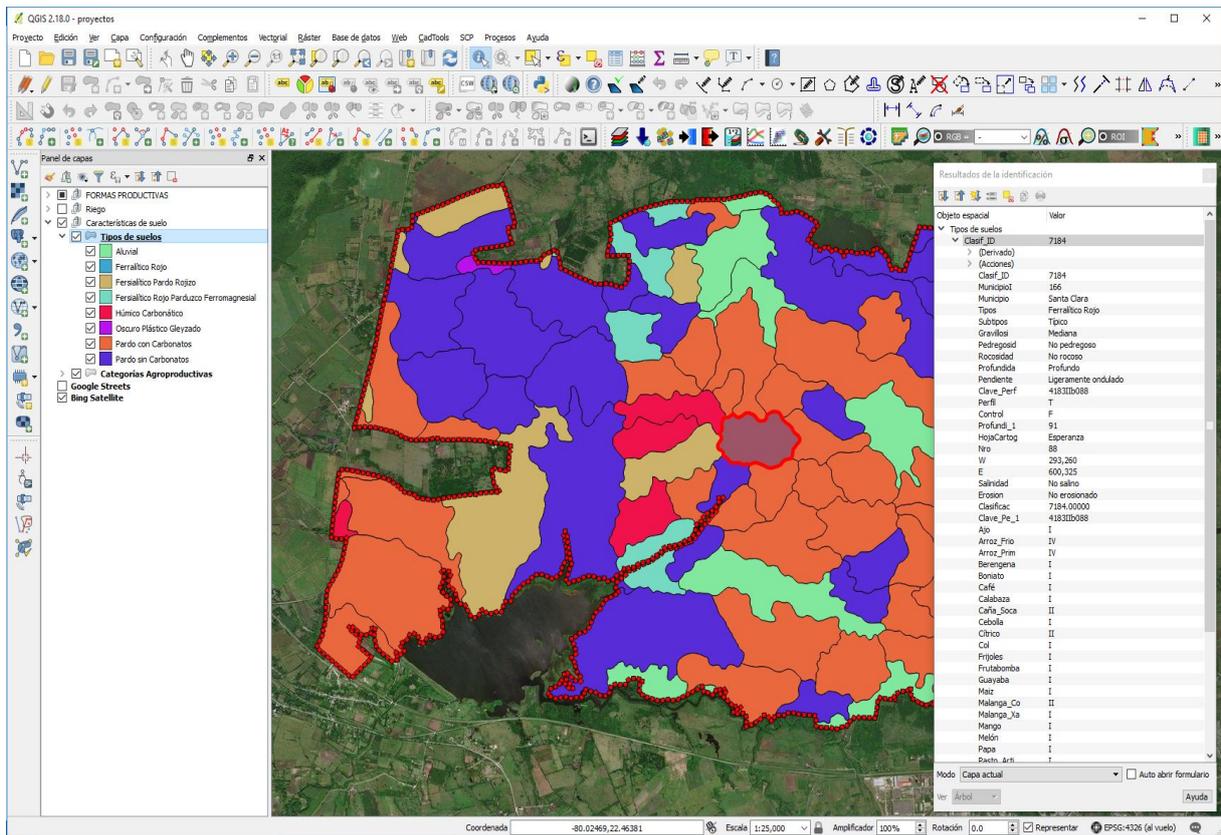


Figura 5. Mapa temático de Tipos de Suelos asociado a la Base de Datos

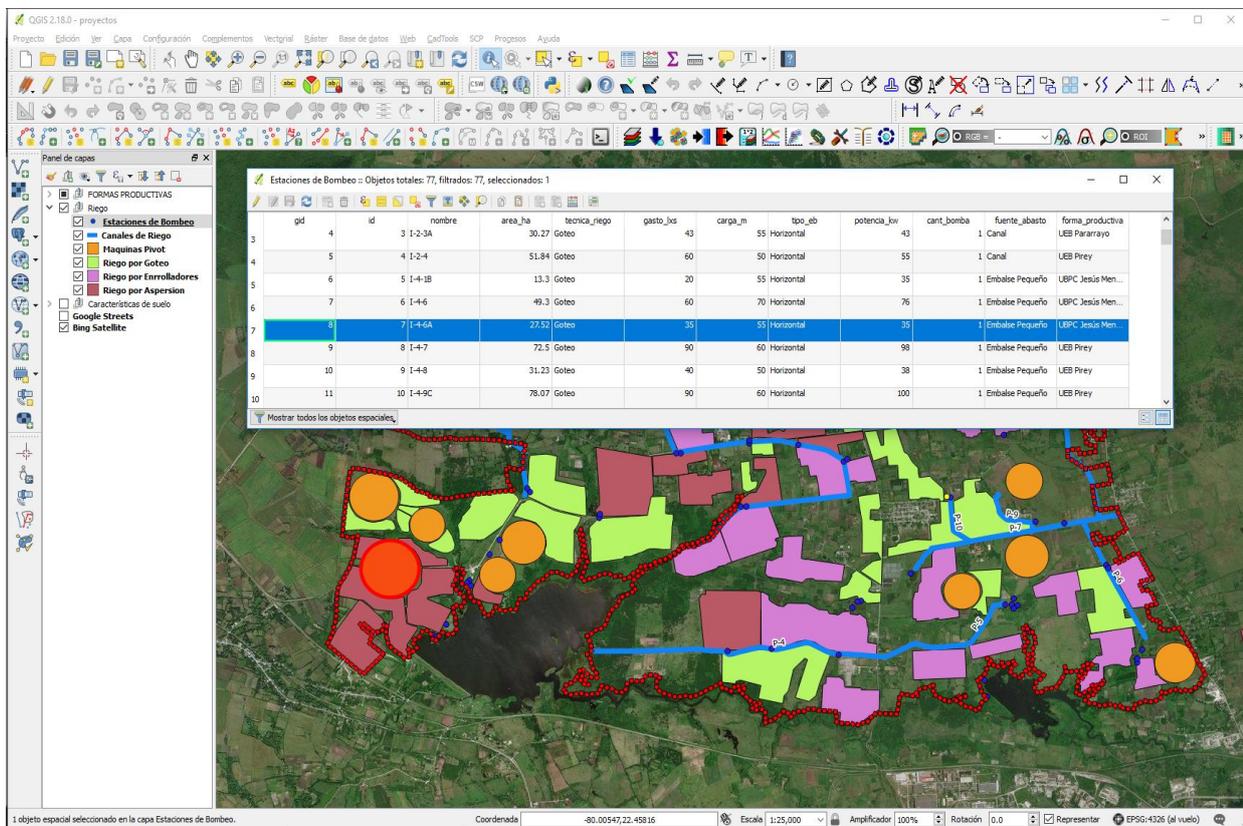


Figura 6. Mapa temático de Sistemas de Riego asociado a la Base de Datos

Una de las funciones más importantes de los sistemas de información geográfica (SIG), y que nos ayudan a gestionar la información espacial, es la permisividad que tiene el sistema para separar la información en diferentes capas temáticas y almacenarlas de forma independiente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, además de facilitar al profesional la posibilidad de relacionar la información existente en diversas capas a través de la topología de objetos, con el fin de generar otra capa nueva obteniendo los resultados deseados (Torres, 2017).

Basándonos en esta integración se pudo asociar las categorías agroproductivas con el tipo de suelos y las características de los mismos como la erosión, salinidad, pedregosidad, pendiente y como estas propiedades de los suelos influyen en la productividad de los suelos Figura 7. Entre otras de las salidas de esta integración está la de los sistemas de Riego y las Formas Productivas permitiéndonos conocer la tecnología de riego que se emplea, a que cultivo se está regando en el momento, la fuente de abasto de dicho cultivo y la entidad en la que se encuentra el mismo Figura 8 y 9.

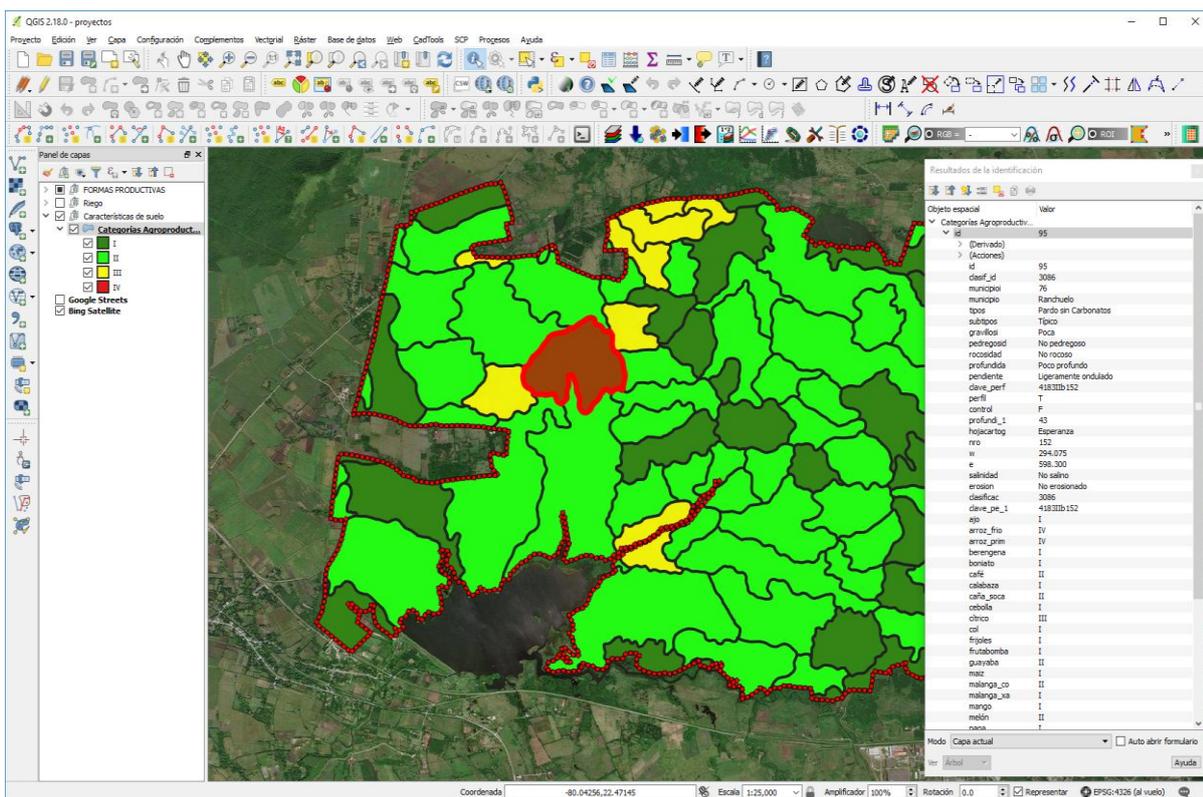


Figura 7. Mapa temático de Categorías Agroproductivas Asociado a la Base de Datos

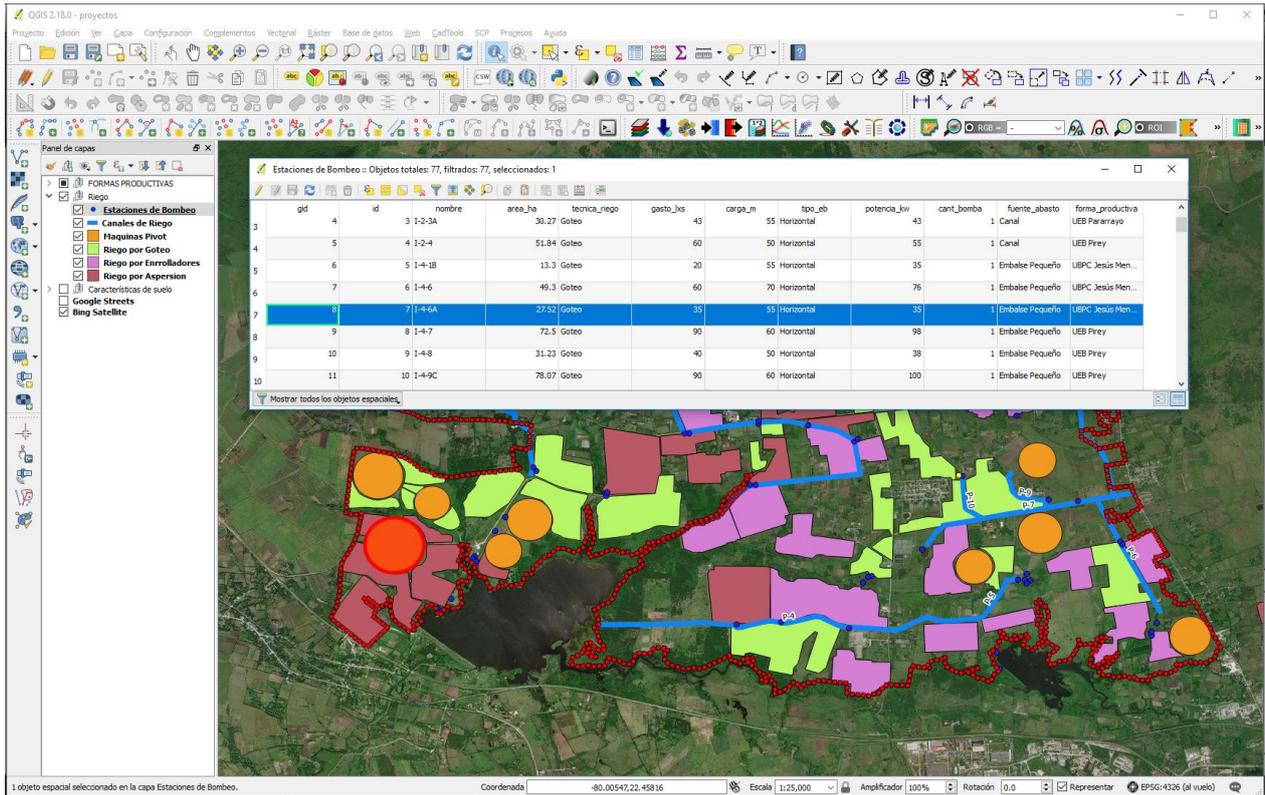


Figura 8. Mapa temático de Sistemas de Riego con Información de Estación de Bombeo

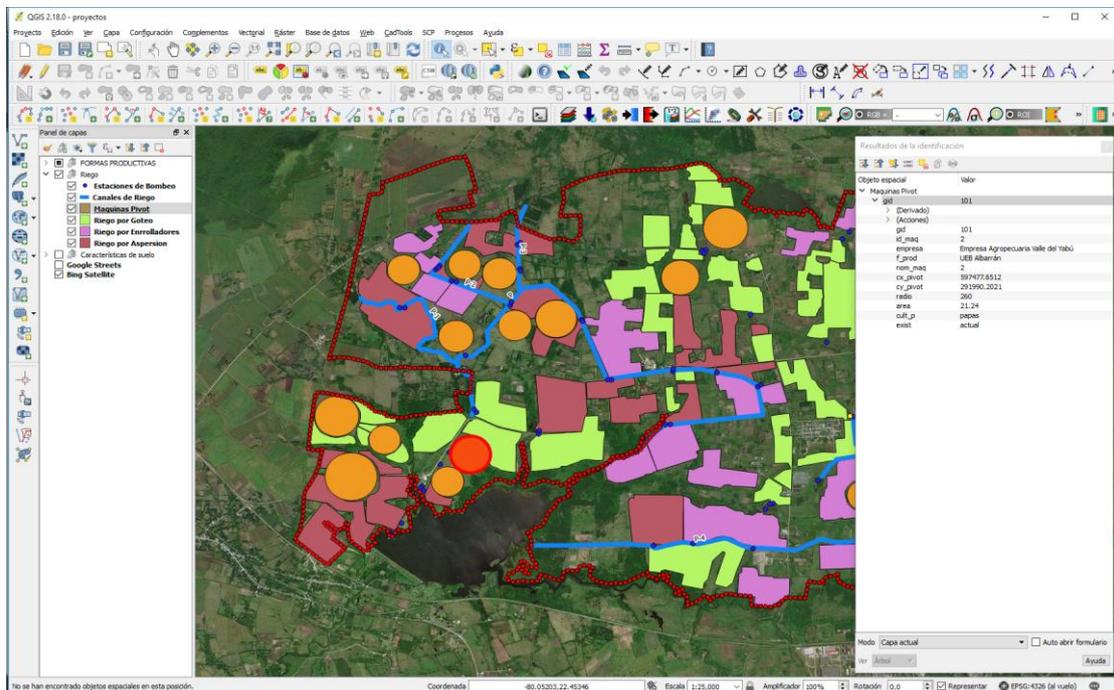


Figura 9. Mapa temático de Sistemas de Riego con Información de Formas productivas y Cultivo Actual

3.2 Integración de la información en el software

Como paso final, los mapas temáticos o capas se asociaron empleando el software QGIS 2.18 para obtener un mapa integrado que aglutina la información dispersa que fue colectada.

Los SIG permiten mayor eficiencia y rapidez en los procesos de toma de decisiones por lo su utilidad práctica en el campo de la planificación gracias a la interactividad entre las bases de datos mapeadas y digitalizadas. Esto puede emplearse también para anticiparse a los fenómenos del entorno al incluir estos softwares la posibilidad de la modelación matemática para evaluar escenarios comparados (Dueñas y Álvarez, 2010).

El uso de estas tecnologías puede facilitar la toma de decisiones agrotecnológicas válidas ya que las bases de datos SIG permiten visualizar espacialmente una zona geográfica en coberturas, imágenes y fotos aéreas, analizar la información, graficar, responder a preguntas complejas, en definitiva permiten gestionar la información del mundo real en forma eficiente (FIA, 2008).

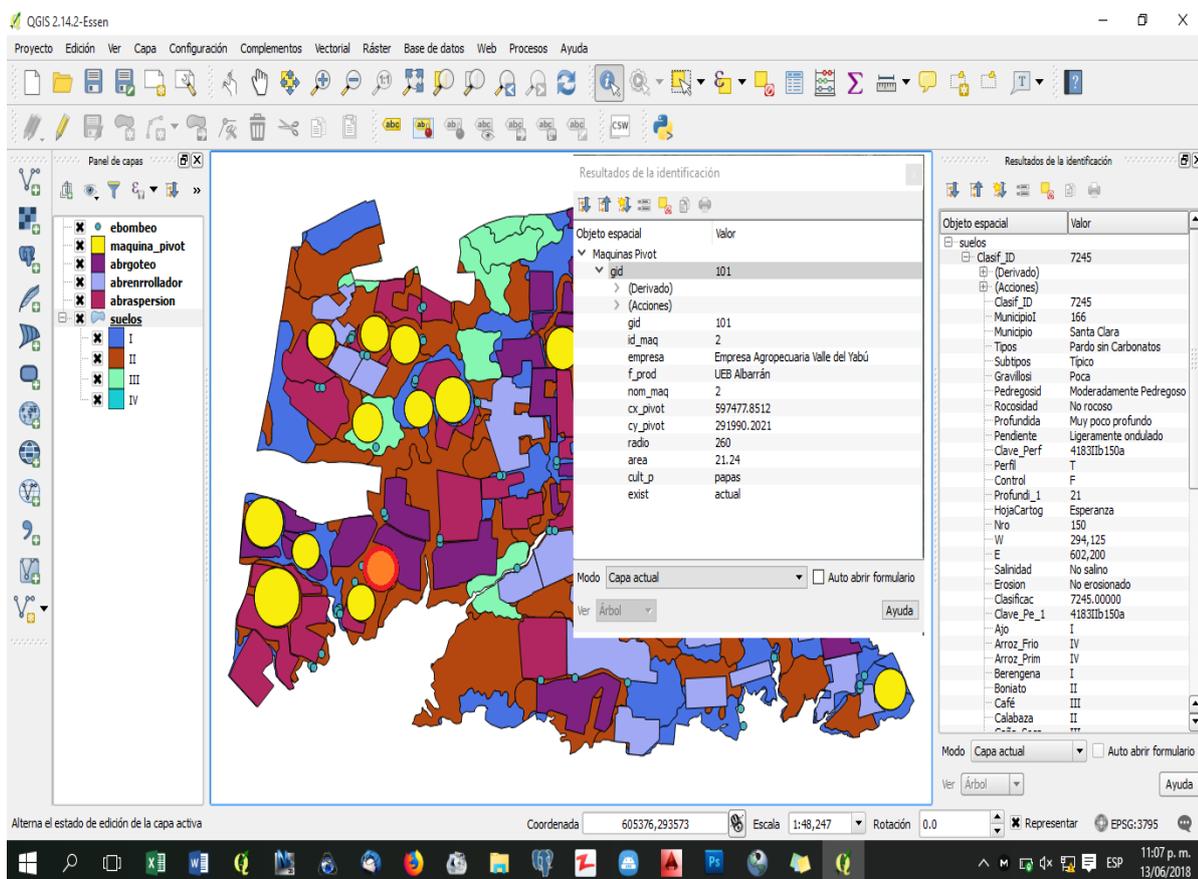


Figura 10. Mapa final resultante de la integración de las capas

Conclusiones

- Las bases de datos creadas organizan la información dispersa necesaria para la elaboración del SIG, sobre las categorías agroproductivas de los tipos de suelo que existen en la Empresa Agropecuaria “Valle del Yabú”, además de la información detallada de las áreas bajo riego, tecnología utilizada y las formas productivas que se encuentran en la misma.
- Los mapas temáticos generados sobre tipos de suelos, categoría agroproductiva, formas productivas y sistemas de riego georeferencian la información y optimizan la gestión de esta.
- El Sistema de Información Geográfica (SIG) elaborado en base a las bases de datos y mapas temáticos contribuye a facilitar la gestión de los recursos suelo y agua en la EA “Valle del Yabú” identificando los principales suelos de la entidad, sus limitantes y aptitudes, así como la disponibilidad del riego de forma rápida y eficaz.

Recomendaciones

1. Complementar el SIG con la actualización e introducción de nuevos datos que permitan la confección del mapa de parcelas con la base de datos de cultivo y posibles rotaciones, así como los principales riesgos de degradación que presenta los suelos y las fuentes de agua en la EA “Valle del Yabú” a fin de aumentar la aplicabilidad del mismo.
2. Proponer la implementación del SIG para la gestión integral de sus áreas con base en la información del uso productivo de los suelos en la EA “Valle del Yabú”.

Bibliografía

1. Acevedo, D.; Álvarez, M.E; Hernández, E.; Maldonado, R.; Pérez, M. y Castro, R. (2008). "Variabilidad espacial de propiedades químicas del suelo y su uso en el diseño de experimentos". *TERRA Latinoamericana*. Pág. (317-324). Universidad Autónoma Chapingo, México.
2. Alonso, D. (2015). Crear un mapa con un SIG, [en línea] Disponible en:<http://mappinggis.com/2015/06/como-crear-una-composicion-de-mapa-con-qgis/> Consultado en 2016.
3. Altieri, M. A. (1994). "Bases agroecológicas para una producción agrícola sustentable". *Agricultura técnica (Chile)*. 54 (4): 371-386.
4. Andrades, M., Martínez, E.(2014). "Fertilidad del suelo y parámetros que la rigen". Universidad de la Rioja.
5. Arcgis, O. (2016). Crear el primer mapa, [en línea] Disponible en: <https://doc.arcgis.com/es/arcgis-online/create-maps/make-your-first-map.htm> Consultado en 2016.
6. Arzola, N.; Fundora, O. y Machado, J. (1981). *Suelo, planta y abonado*. Editorial Pueblo y Educación. Pág. (162). Ciudad de la Habana, Cuba.
7. AP-SIG: un SIG con funciones específicas para Agricultura de Precisión http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/19801/Documento_completo.pdf?sequence=1 Consultado en 2017.
8. Bongiovanni, R.; Montovani, E. C.; Best, S.; Roel. A. (2006). "Agricultura de precisión: integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable". PROCISUR/IICA ISBN 92-90-39-765-9.
9. Bragachini, M.; Méndez, A.; Scaramuzza, F. y Progetti, F. (2006). "Historia y desarrollo de la agricultura de precisión en Argentina". *Proyecto agricultura de precisión EEA INTA Manfredi*.
10. Cairo y Fundora (2005). Clasificación agroproductivas de los suelos. Pág. (417-420). *Edafología II parte*.

11. Chang, J., Clay, D. E.; Carlson, C. G; Malo, D. y Clay, S. (1999). Precision farming protocols: Part 1: Pág. (227-289). Gris distance and soil nutrient impact on the reproducibility of spatial variability measurements. Precision agriculture.
12. Chartuni, E.; de Assis, F.; Marçal, D.y Ruz, E. (2007). Agricultura de precisión. Nuevas herramientas para mejorar la gestión tecnológica en la empresa agropecuaria.Disponible:<http://webiica.iica.ac.cr/bibliotecas/replica/B0483e/B0483e.pdf> Consultado en 2016.
13. Dampney, P.M.R. y Goodlass, G. (1997). Quantifying the variability of soil and plant nitrogen dynamics within arable fields growing combinable crops. Precision Agriculture.Pág. (219-226). *First European Conference on Precision Agriculture, 8-10 September, Warwick University, UK.*. BIOS Scientific Publishers Ltd.
14. Dávila, F. (2014)"Introducción a los Sistemas de Información Geográfica" [en línea] Disponible:http://www.sge.org/fileadmin/contenidos/archivos/ibercarto/actividades/primera_reunion_sevilla/sig2.pdf. Consultado en 2016.
15. Delgado F., T. (1999). Ejercicios Tutoriales para IDRISI for Windows Versión 2. *Sistemas de Información Geográfica*. Ciudad de La Habana, Cuba: GeoCuba Investigación y Consultoría.
16. Dueñas, R.; Álvarez, M. (2010). "Teledetección y Sistemas de Información Geográfica". *Apuntes para un Libro de Texto*.
17. Ferguson R.B.; Gotway, C. A.; Hergert, G. W. y Peterson, T. A. (1995)." Soil sampling for site specific nitrogen management": Pág. (13-22). In *Proceeding of 3rd Internacional Conference on Precision Agricultura*. MI. Eds. Robert, Rush and Larso. ASA.
18. García, E. y Flego, F. (2014). "Agricultura de precisión. Tecnología agropecuaria". Tomado:<http://www.palermo.edu/ingenieria/downloads/pdfwebc&T8/8CyT12.pdf> Consultado 2017.
19. García, F. (2002). "Beneficios potenciales del uso de las herramientas de Agricultura de Precisión en el diagnóstico y aplicación de fertilizantes". INPOFOS Cono Sur, Buenos Aires, Argentina. Disponible en: [http://www.ppi-ppic.org/ppiweb/ltams.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/46c7c10e96a32a2d03256c9500522492/\\$FILE/Escrito%20AP%20Carlos%20Paz%20Dic%202002.pdf](http://www.ppi-ppic.org/ppiweb/ltams.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/46c7c10e96a32a2d03256c9500522492/$FILE/Escrito%20AP%20Carlos%20Paz%20Dic%202002.pdf)

Consultado 2017.

20. Gehue, H.L. (1994). "GPS Integrated Systems for Precision Farming". *A Thesis submitted to the Faculty of Graduate Studies in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science. University of Calgary, Alberta. Canadá.* Disponible: <http://www.geomatics.ucalgary.ca/Papers/Thesis/MEC/94.20072.HGehue.pdf> Consultado en 2017.
21. Gil, E. (2010). "Situación actual y posibilidades de la Agricultura de Precisión" Escuela Superior de Agricultura de Barcelona. Universidad Politécnica de Cataluña. Pág. (125-315).
22. Goya, S. (1998). "Propuesta para el mejoramiento de la fertilidad de los suelos en el municipio de Manicaragua". *Tesis de Maestría. Facultad. de Ciencias. Agropecuarias. UCLV.*
23. Grisso, R. (2007). "Precision Farming Tools: Soil Electrical Conductivity". Virginia cooperative extension. Knowledge for the Commonwealth
24. Hernández, A. (1996). "Curso sobre la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba". Impartido en Estación de Conservación de Suelos del Escambray Hernández, A., J.M. Pérez; D. Bosch; L. Rivero (1999). Nueva Versión de la Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Inst. Suelos, AGRINFOR, Ciudad Habana. Cuba. Pág 64.
25. Hernández, A.; Ascanio, O.; Morales, M.; y Cabrera, A. (2005). "Correlación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba con las clasificaciones internacionales y nacionales" *Una herramienta útil para la Investigación, Docencia y Producción Agropecuaria.* Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA): 62.
26. Hernández, A., Pérez, J.M, Bosch, D., & Castro, N. (2015). "Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba". La Habana, Cuba: INCA
27. Haneklaus, Silvia y E. Schnug (2006). "Precision Agriculture and Fertilization". *Encyclopedia of Soil Science.*
28. Hubert B., (2005). "Extreme Programming and Agile Processes in Software Engineering": *6th International Conference, XP 2005, Sheffield, UK.* Proceedings. Publicado por Springer.

29. Kravchenko, A.; Bullock, D. (1999). "A comparative study of interpolation methods for mapping soil properties". *Agronomy Journal*. 91p: Pág. (393-400).
30. Lambert, D.; Lowenberg, J.; DeBoer and R. Bongiovanni (2005). "A comparison of four spatial regression models for yield monitor data: a case study from Argentina". *Journal of Precision Agriculture*. Pág (579–600).
31. Langlé , R. (2016). "La Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica en Estudios Sociales de Proyectos Hidroeléctricos". Maestría en Ciencias. Paso de La Reina, Oaxaca, México.
32. Langlé, R. (2018). <http://langleruben.wordpress.com/Qué-es-un-sig> consultado en 2018
33. López, G.; Fuentes, E.; y Vázquez, H. (1981). Resumen sobre los elementos fundamentales que deben ser redactados encada epígrafe del informe de Suelos por municipio a escala 1:25 000. Dpto. de Suelos y agroquímica. Ministerio de la Agricultura. Dir. Gral. de suelos y fertilizantes.
34. Lorenzo G., J. V. (2008). "Bases Matemáticas del Procesamiento Digital de Imágenes". *Postgrado*. Santa Clara, Villa Clara, Cuba: Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
35. Lowenberg Deborer, J. (2001). "Agricultura de Precisión en EE.UU. y Potencial de Adopción en los Países en Desarrollo". Universidad de Purdue.
36. Lütticken, R. (1997). "The potential of yield maps and soil survey data in low cost site specific farming strategies". *Precision Agriculture. First European Conference on Precision Agriculture, 8-10 September Warwick University, UK*: 803-810. BIOS Scientific Publishers Ltd.
37. Machado M., E. (2007). "Desarrollo de las tecnologías básicas para el empleo de las imágenes satelitales en la producción cartográfica". *Manual de especialistas para su uso*. Ciudad de La Habana, Cuba: Departamento de Teledetección, UCT GeoCuba Investigación y Consultoría.
38. Magdoff, F. (1997). "Calidad y manejo del suelo en Agroecología". *Bases Científicas para una agricultura sostenible*. Pág. (211-221) *CIADES, ACAO*. La Habana, Cuba.
39. Méndez J., A. & Rosales B., E. (2005). "Principios y aplicaciones de SIG y TE". *Curso de Postgrado*. Cienfuegos, Cuba. Grupo Empresarial de Proyectos Agropecuarios.

Pág. (115-263)

40. Méndez J., A. (2007). "Explotación de los Sistemas de Posicionamiento Globales (GPS) y Sistemas de Información Geográficos Móviles (Ozi Explorer)". *Curso de Postgrado*. Ciego de Ávila, Cuba: Grupo Empresarial de Proyectos Agropecuarios, Centro Nacional de Capacitación del MINAG.
41. Mend, A. (2010). "Cursillo de Protección en Montaña".
42. Nogués, S., Salas, H. y Canga, M. (2008). "Aplicación de los SIG a la gestión del patrimonio público de suelo", *GeoFocus (Informes y comentarios)*, no 8, Pág 54. ISSN: 1578-5157.
43. Ortega, R. y Flores L. (1999). "Agricultura de Precisión: Introducción al manejo sitio-específico". *Ministerio de Agricultura. Instituto de Investigaciones Agropecuarias: CRI. Quilamapu-Chile*.
44. Ortega B. y L. Flores (2000). "Agricultura de Precisión: Introducción al manejo sitio-específico". CRI Quilamapu INIA. Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente, Chile. Disponible: [http://www.ipni.net/ppiweb/iaarg.nsf/\\$webindex/5D873FF80154C1D603256AE900601605/\\$file/AgricPrecisionOrtega.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaarg.nsf/$webindex/5D873FF80154C1D603256AE900601605/$file/AgricPrecisionOrtega.pdf) Consultado en 2017.
45. Ovalles, V. (2006). "Introducción a la agricultura de precisión". *Revista Digital CENIAP HOY N° 12* septiembre-diciembre 2006, Maracay, Aragua, Venezuela. ISSN: 1690- 4117 Depósito Legal: pp.200302AR1449 Sitio: www.ceniap.gov.ve Consultado en 2017.
46. Pérez, J.M. (1997). "Curso sobre la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba". Impartido en Dirección Provincial Suelos de Camagüey.
47. Piedrabuena, L. (2014). "Riego suplementario en cultivos y pasturas". Disponible en: www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8824/1/fpta-55.p.59-66.pdf Consultado en 2018.
48. Regalado, Y. (2014). "Elaboración de una base de datos mapificada y digitalizada de los suelos del municipio de Manicaragua empleando el software MapInfo 8.5". Trabajo de Diploma de la Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

49. Roberts, T. (2000). "Manejo sitio-específico de nutrientes: Avances en aplicaciones con dosis variable". Seminario Taller Agricultura de Precisión en el Cono Sur. PROCISUR. Buenos Aires, Argentina.
50. Rodríguez, S. (1997). "Implementación de un sistema de información geográfica para el manejo de información territorial de los municipios Cárdenas y Varadero". Tesis Facultad de Geografía, Universidad de La Habana.
51. Rodríguez, A.; Muñoz, P. (2000). "Sistemas de Información Geografía". *V Curso de Cartografía Digital y SIG*. Antigua, Guatemala: Agencia Española de Cooperación Internacional, Instituto Geográfico Nacional, Centro Nacional de Información Geográfica. Pág. (25-152)
52. Salitchev, K. A. (1979). *Cartografía*. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana, Cuba. Pág. (45-78)
53. Solocum, T. (2005): "*Thematic Cartography and Geographic Visualization*".
54. Stafford, J.V. (2000). "Implementing precision agriculture in the 21st century". *Journal of Agricultural Engineering Research*. Pág.(267-275).
55. Thomas, G.W.; Mueller, T. G.; Barnhisel, R. y Hartsock, N. (2000). "El papel de la agricultura de precisión para mejorar la productividad en siembra directa". *AAPRESID. 8^{vo} Congreso Nacional, Mar del Plata (Argentina)*. Pág. (155-165).
56. Torres, M. (2017). "Aplicaciones Geomáticas en la Agricultura". Universidad Politécnica de Valencia, España.
57. Urquiza, M., Alemán, C., Flores, L., Ricardo, M., & Aguilar Y. (2011). "Manual de procedimientos para manejo sostenible de tierra". La Habana, Cuba: CIGEA.
58. Vilariño, S. (2000). "Alternativas para el mejoramiento de los suelos Pardos con Carbonatos con el uso de minerales naturales y abonos orgánico". Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agropecuarias, UCLV.
59. Zarzosa, N.; Núñez, M.A (2002). *Sistemas de información geográfica: Prácticas con ArcView*. UPC.

Anexos

Anexo 1

base de datos de suelo.xls - LibreOffice Calc

	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	
	Subtipos	Gravilosis	Pedregosidad	Roccosidad	Profundidad	Pendiente	Clave Perf	W	E	M	Salinidad	Erosion	Alo	Arroz_Frio	Arroz_Prim	Berenjena	Bon
1	Tipico	Muy poca	No pedregoso	No rocoso	Mediamente p	Ligeramente on	42831la267	291.250	606.300	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	I	
2	Tipico	Muy poca	No pedregoso	No rocoso	Mediamente p	Ligeramente on	42831la245	291.725	605.125	No salino	Poca	III	III	I	I	I	
3	Gleyzoso	Nula	No pedregoso	No rocoso	Poco profundo	Casi llano	42831la215	292.200	604.525	Debilmente salin	No erosionado	IV	II	III	I	III	
4	Gleyzoso	Nula	No pedregoso	No rocoso	Muy poco profun	Casi llano	42831la219	290.300	604.300	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	
5	Tipico	Poca	Moderadamente	No rocoso	Poco profundo	Ligeramente on	42831la217	290.825	604.125	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	
6	Tipico	Poca	No pedregoso	No rocoso	Poco profundo	Ligeramente on	42831la216	291.550	604.300	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	
7	Tipico	Nula	No pedregoso	No rocoso	Mediamente p	Ligeramente on	42831la179	291.350	603.540	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	
8	Tipico	Nula	No pedregoso	No rocoso	Mediamente p	Casi llano	42831la177	290.570	603.650	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	
9	Tipico	Nula	Moderadamente	No rocoso	Mediamente p	Ondulado	42831la176	291.200	603.175	No salino	Poca	I	IV	I	I	III	
10	Tipico	Poca	No pedregoso	No rocoso	Mediamente p	Ondulado	42831la178	291.200	603.175	No salino	Poca	I	IV	I	I	III	
11	Tipico	Nula	No pedregoso	No rocoso	Poco profundo	Ligeramente on	42831la218	290.325	604.825	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	
12	Brande No. 1																
13	Plastogenico	Muy poca	No pedregoso	No rocoso	Poco profundo	Llano	42831la212	293.775	604.350	No salino	No erosionado	II	III	I	I	III	
14	Tipico	Muy poca	Moderadamente	No rocoso	Mediamente p	Ondulado	42831la181	292.625	603.500	No salino	Poca	I	IV	I	I	III	
15	Tipico	Poca	Moderadamente	No rocoso	Poco profundo	Ligeramente on	42831la183	293.400	603.850	No salino	No erosionado	II	IV	I	I	III	
16	Poco Diferencia	Nula	No pedregoso	Poco rocoso	Mediamente p	Casi llano	42831la184	293.800	603.250	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	
17	Tipico	Poca	No pedregoso	No rocoso	Poco profundo	Ligeramente on	42831la185	294.100	603.825	Debilmente salin	No erosionado	IV	IV	I	I	III	
18	Tipico	Muy poca	No pedregoso	No rocoso	Muy poco profun	Ligeramente on	41831b122a	292.325	601.300	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	
19	Plastogenico	Nula	No pedregoso	No rocoso	Muy poco profun	Casi llano	41831b126a	293.500	601.125	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	
20	Tipico	Poca	Moderadamente	No rocoso	Muy poco profun	Ligeramente on	42831la182	293.225	603.400	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	
21	Tipico	Nula	No pedregoso	No rocoso	Mediamente p	Ligeramente on	42831la155	292.800	602.950	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	
22	Tipico	Nula	No pedregoso	No rocoso	Mediamente p	Casi llano	41831b109	296.150	597.150	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	
23																	
24	Brande No. 2																
25	Plastogenico	Muy poca	No pedregoso	No rocoso	Poco profundo	Ligeramente on	42831la186	294.200	603.200	No salino	No erosionado	III	IV	I	I	III	
26	Tipico	Nula	No pedregoso	No rocoso	Mediamente p	Ligeramente on	41831b144a	295.200	602.350	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	
27	Tipico	Poca	No pedregoso	No rocoso	Poco profundo	Ligeramente on	41831b147a	294.775	602.500	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	
28	Tipico	Poca	Moderadamente	No rocoso	Poco profundo	Ligeramente on	41831b145a	295.700	602.450	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	
29	Gleyzoso	Nula	No pedregoso	No rocoso	Poco profundo	Casi llano	42831la187	294.500	603.550	No salino	No erosionado	IV	II	III	I	III	
30	Tipico	Nula	No pedregoso	No rocoso	Mediamente p	Ligeramente on	42831la180	291.750	603.400	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	
31	Tipico	Mediana	Moderadamente	Poco rocoso	Muy poco profun	Ligeramente on	41831b160	290.675	602.250	Debilmente salin	Poca	IV	IV	I	I	III	
32	Poco Diferencia	Nula	No pedregoso	No rocoso	Profundo	Casi llano	41831b117	289.850	601.375	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	
33	Plastogenico	Poca	No pedregoso	No rocoso	Mediamente p	Casi llano	41831b159	291.250	602.140	No salino	No erosionado	II	III	I	I	III	
34	Tipico	Nula	No pedregoso	No rocoso	Poco profundo	Ligeramente on	41831b157	291.875	602.285	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	
35	Tipico	Muy poca	Moderadamente	Poco rocoso	Poco profundo	Casi llano	41831b158	291.450	602.625	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	
36	Tipico	Nula	No pedregoso	Moderadamente	Mediamente p	Casi llano	41831b156	292.200	602.550	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	
37	Tipico	Poca	No pedregoso	No rocoso	Muy poco profun	Ligeramente on	41831b121	291.750	601.775	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	
38	Tipico	Muy poca	No pedregoso	No rocoso	Poco profundo	Ligeramente on	42831la161	290.950	602.875	No salino	Poca	I	IV	I	I	III	
39	Tipico	Muy poca	Moderadamente	No rocoso	Poco profundo	Casi llano	41831b125a	293.175	601.000	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	
40	Tipico	Mediana	No pedregoso	No rocoso	Profundo	Ligeramente on	41831b088	293.260	600.325	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	
41	Tipico	Muy poca	Moderadamente	No rocoso	Mediamente p	Ligeramente on	41831b129	294.300	601.000	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	
42	Tipico	Nula	No pedregoso	No rocoso	Poco profundo	Ligeramente on	41831b154	292.800	602.250	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	
43	Gleyzoso	Nula	No pedregoso	No rocoso	Mediamente p	Casi llano	41831b087	293.775	600.675	No salino	No erosionado	III	III	I	I	III	
44	Poco Diferencia	Nula	No pedregoso	No rocoso	Profundo	Ligeramente on	41831b127a	293.625	601.875	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	
45	Poco Diferencia	Muy poca	No pedregoso	No rocoso	Mediamente p	Llano	41831b092	295.975	600.775	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	
46	Tipico	Poca	Moderadamente	No rocoso	Muy poco profun	Ligeramente on	41831b150a	294.125	602.200	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	
47	Plastogenico	Nula	No pedregoso	No rocoso	Mediamente p	Casi llano	41831b132a	295.925	601.725	No salino	No erosionado	II	III	I	I	III	
48	Tipico	Nula	Moderadamente	No rocoso	Poco profundo	Ligeramente on	41831b130a	294.450	601.700	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	
49	Tipico	Mediana	Pedregoso	No rocoso	Muy poco profun	Ligeramente on	41831b120	291.625	601.700	No salino	No erosionado	II	IV	I	I	III	
50	Tipico	Poca	Moderadamente	No rocoso	Poco profundo	Ligeramente on	41831b116	290.825	601.600	No salino	No erosionado	I	IV	I	I	III	

Hoja 1 de 1

base de datos de suelo

PageStyle: base de datos de suelo

Suma=0

100%

Anexo 2

base de datos de suelo.xls - LibreOffice Calc

Arial 10 B I U T L

AU17:AV19 f(x) = {2,7}

	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX
25	I	I	I	IV	II	2,4	54,35								
26	I	I	I	II	1,8	62,53									
27	I	I	I	II	1,8	27,57									
28	I	I	I	II	2,2	41,67									
29	I	I	IV	IV	II	II	IV	II	II	IV	II	2,9	49,53		
30	I	I	I	IV	II	1,7	51,45								
31	I	I	I	IV	II	2,9	36,93								
32	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	1,9	90,83		
33	I	I	I	IV	II	1,9	25,69								
34	I	I	I	IV	II	1,7	29,24								
35	I	I	I	IV	II	2,2	42,42								
36	I	I	I	IV	II	2,1	37,26								
37	I	I	I	II	2,5	29,22									
38	I	I	I	II	1,8	32,08									
39	I	I	I	IV	II	2,1	29,2								
40	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	1,5	44,83		
41	I	I	I	IV	II	2,1	145,91								
42	I	I	I	IV	II	1,7	37,3								
43	I	I	I	IV	II	2,4	25,58								
44	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	1,9	73,9		
45	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	1,9	48,03		
46	I	I	I	II	2,6	165,98									
47	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	1,9	31,02		
48	I	I	I	IV	II	2,1	33,6								
49	I	II	2,9	24,39											
50	I	I	I	IV	II	1,7	49,62								
51	I	I	I	IV	II	2,1	83,21								
52	I	I	I	II	2,6	23,95									
53	I	I	I	IV	II	2,1	66,25								
54	I	II	IV	IV	II	II	IV	II	II	II	IV	2,9	88,54		
55	I	I	I	IV	II	2,6	37,02								
56	II	II	II	IV	IV	IV	II	IV	II	IV	II	3,6	43,24		
57	I	I	I	II	2,5	21,4									
58	I	I	I	II	2,5	71,95									
59	I	I	I	IV	II	1,9	22,79								
60	I	I	I	IV	II	2,1	44,26								
61	I	I	I	IV	II	2,4	26,3								
62	I	I	I	IV	II	2,8	18,17								
63	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	1,8	47,55		
64	I	I	I	IV	II	2,9	39,5								
65	I	I	I	IV	II	2,1	31,24								
66	I	I	I	IV	II	2,4	30,76								
67	I	I	I	IV	II	2,1	62,21								
68	I	I	I	IV	II	1,8	11,48								
69	I	I	I	IV	II	2,7	35,66								
70	II	II	II	IV	IV	IV	II	IV	II	IV	II	3,6	28,93		
71	I	I	I	IV	II	1,7	30,12								
72	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	1,9	56,76		
73	II	II	II	IV	IV	IV	II	IV	II	IV	II	3,6	44,98		
74	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	2,2	38,6		

Hoja 1 de 1 base de datos de suelo 3 filas, 2 columnas (sel.) PageStyle_base de datos de suelo Suma=90,7 100%

Anexo 3

Estaciones de Bombeo :: Objetos totales: 77, filtrados: 77, seleccionados: 1

gid	id	nombre	area_ha	tecnica_riego	gasto_lxs	carga_m	tipo_eb	potencia_kw	cant_bomba	fuente_abasto	forma_productiva
3	4	I-2-3A	30.27	Goteo	43	55	Horizontal	43	1	Canal	UEB Pararrayo
4	5	I-2-4	51.84	Goteo	60	50	Horizontal	55	1	Canal	UEB Pirey
5	6	I-4-1B	13.3	Goteo	20	55	Horizontal	35	1	Embalse Pequeño	UBPC Jesús Men...
6	7	I-4-6	49.3	Goteo	60	70	Horizontal	76	1	Embalse Pequeño	UBPC Jesús Men...
7	8	I-4-6A	27.52	Goteo	35	55	Horizontal	35	1	Embalse Pequeño	UEPC Jesús Men...
8	9	I-4-7	72.5	Goteo	90	60	Horizontal	98	1	Embalse Pequeño	UEB Pirey
9	10	I-4-8	31.23	Goteo	40	50	Horizontal	38	1	Embalse Pequeño	UEB Pirey
10	11	I-4-9C	78.07	Goteo	90	60	Horizontal	100	1	Embalse Pequeño	UEB Pirey

Mostrar todos los objetos espaciales.

Anexo 4

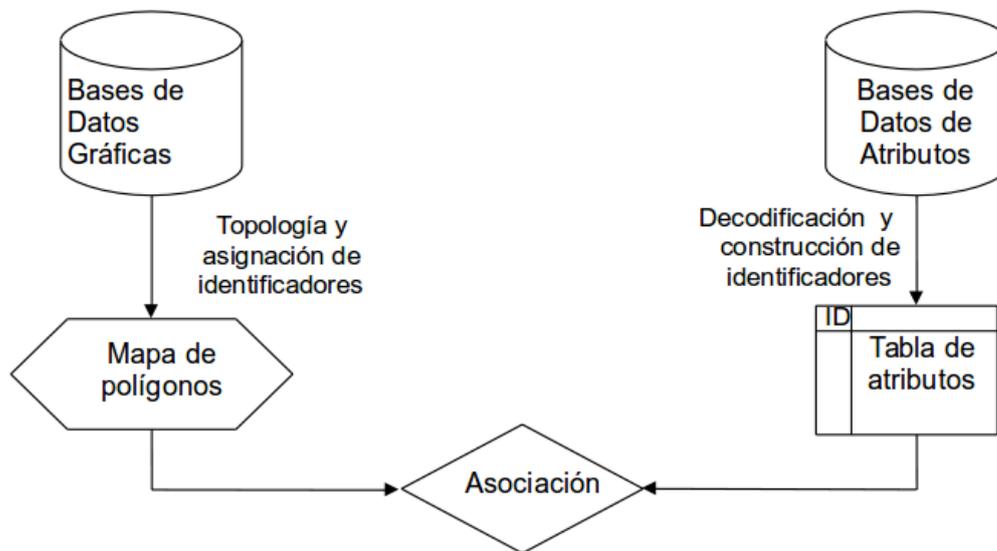
Categoría	Agro productividad	Rendimiento vs. Rendimiento potencial (%)	Características del suelo
<u>I</u>	Muy Productivos	Entre el 70 y el 100 %	Sin restricciones
<u>II</u>	Productivos	Entre el 50 y el 70 %	Restricciones Ligeras
<u>III</u>	Medianamente Productivos	Entre el 30 y el 50 %	Restricciones medias
<u>IV</u>	Poco Productivos	< 30 %	Restricciones fuertes

Categorías Agroproductivas de Suelo

■ 1	to 1,99	Cat I
■ 2	to 2,99	Cat II
■ 3	to 3,69	Cat III
■ 3,7	to 4	Cat IV

Anexo 5

Procedimientos para la asociación de la base de datos digital de atributos y la base de datos digital gráfica. Tomado de (Balmaseda *et al.* 2004)



Anexo 6

Formas de superposición de capas en un SIG.

