



UNIVERSIDAD DE MATANZAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO AGRONOMÍA



TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Digitalización de un SIG en el área correspondiente a las comunidades Zagalá, Ceiba Mocha y Santa Gertrudis de la UBPC Ceiba Mocha.

Autor: Meily Hernández Ricardo

Tutor: M.Sc. Ramón Tomás Turruelles Hidalgo

Matanzas, 2022

PENSAMIENTO

La agricultura es la única constante, cierta y enteramente pura de riqueza, pero es imperfecta sin el auxilio de la instrucción.

José Martí.

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Declaro que yo, Meily Hernández Ricardo soy el único autor de este Trabajo de Diploma o Ejercicio Profesional por lo que autorizo a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Matanzas a hacer uso del mismo, con la finalidad que estime conveniente.

Firma: _____

A square image showing a handwritten signature in blue ink. The signature is stylized and appears to be the initials 'MHR'.

DEDICATORIA

A mis padres por su amor y apoyo, en especial a mi madre por su paciencia y compañía.

A mi hijo Milán Ortiz Hernández que es mi mundo y mi razón de vivir.

A mi hermana Meivy Hernández Ricardo por su incondicional apoyo en toda mi vida

A mi marido Yoari Ortiz Medina por su apoyo y comprensión.

AGRADECIMIENTOS

A mi Tutor Ramón Tomás Turruelles Hidalgo por su dedicación y haber puesto a mi disposición su tiempo.

A mis compañeros de Estudio por su confianza y apoyo.

A la Dirección de la UBPC Ceiba Mocha y en especial a los trabajadores de las áreas de máquinas de riego y fincas por permitir que se realicen trabajos investigativos en sus áreas de producción.

A todos gracias.

OPINIÓN DEL TUTOR

El Trabajo de Diploma, titulado "Digitalización de un SIG en el área correspondiente a las comunidades Zagalá, Ceiba Mocha y Santa Gertrudis de la UBPC Ceiba Mocha que se presenta ha tenido como objetivo general la elaboración de un producto digitalizado con la información agronómica de cada área agrícola en la UBPC Ceiba Mocha para alcanzar mayor eficiencia en los procesos de gestión y desarrollo de forma sostenible en la adopción de tecnologías que favorezcan su manejo, se ha desarrollado sobre la base de la aplicación de métodos de investigación científica y de la aplicación de las herramientas que brinda informatización de los procesos agropecuarios en la actualidad. Se basa en la metodología recomendada para la obtención de la base cartográfica especializada agropecuaria, tabacalera, forestal y máquinas de riego de pivote central utilizando las normas ISO NC- ISO 9001:2015, NC- ISO 14001:2015, NC- ISO 45001:2018, Registro No, 025-202.

La actualidad de los resultados y pertinencia es significativa al proveer de un producto con una información actual y perspectiva de datos agronómicos que son de interés específico para productores de la UBPC, directivos y personal involucrado en los procesos productivos de la misma, así como profesores y estudiantes de la carrera Agronomía que se insertan de práctica laboral e investigaciones en dicha UBPC. Además, soluciona un problema técnico productivo, que permitirá una mayor eficiencia en el uso y manejo de los recursos que existen en la unidad de producción seleccionada.

La estudiante ha desarrollado el trabajo con una total independencia, demostrando en primer lugar poseer conocimientos amplios de la informática y su empleo como herramienta de trabajo, dominio del sistema que empleó, es decir el QGIS y las ventajas que ofrece para diversos procesos agrícolas, en específico y otros campos. Ha demostrado posee valores de sencillez, humildad, honestidad y laboriosidad, así como el amor a la naturaleza y las personas que dedican su labor fundamental a la producción de alimentos, tarea de primer orden en la actualidad.

Se concluye que la autora del presente Trabajo de Diploma es merecedora de la máxima calificación y por tanto del otorgamiento del título de Ingeniero Agrónomo, teniendo en cuenta que ha cumplido con un proceso complejo y de dedicación,

caracterizado por dos etapas fundamentales, el trabajo de obtención de datos en el campo y luego el trabajo de gabinete para la digitalización. Tutor: M.Sc. Ramón T. Turrueles Hidalgo. Diciembre de 2022.

RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo implementar un Sistema de Información Geográfico (SIG) utilizando múltiples tecnologías basado en el software libre QGIS, trabajando con documentos e información obtenida en la UBPC Ceiba Mocha y metodología para la obtención de la base cartográfica especializada agropecuaria, tabacalera, forestal y máquinas de riego de pivote central. El Consejo Popular Ceiba Mocha y en especial la UBPC no cuentan con un SIG aplicado a la agricultura por lo que la digitalización de todas las áreas pertenecientes a la misma constituye un gran avance tecnológico permitiendo reflejar la información correspondiente en una base de datos a cada área de cultivo y sistema de riego empleado. La creación del SIG brinda las facilidades de visualización y análisis de toda la información utilizada ya sea en mapas y en dispositivos digitales dígase móvil, laptop, computadoras etc.

Palabras claves: Sistema de Información Geográfico, digitalización, información.

ABSTRACT

This work aims to implement a Geographic Information System (GIS) using multiple technologies based on the free software QGIS, working with documents and information obtained at the UBPC Ceiba Mocha and methodology for obtaining the specialized agricultural, tobacco, forestry and central pivot irrigation machines. The Ceiba Mocha Popular Council and especially the UBPC do not have a GIS applied to agriculture, so the digitalization of all the areas belonging to it constitutes a great technologic advance, allowing the corresponding information to be reflected in a database for each area of cultivation and irrigation system used. The creation of the GIS provides the facilities for visualization and analysis of all the information used either on maps and on digital devices, such as mobile phones, laptops, computers, etc.

Keywords: Geographic Information System, digitalization, information.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	6
2.1. Tendencias y definiciones de la Agricultura de precisión en el sector.....	6
2.2. Tecnologías y herramientas utilizadas en la agricultura de precisión.....	10
2.2.1. Teledetección.....	10
2.2.2. Sistema de Posicionamiento Global (GPS).....	10
2.3. Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	11
2.4. Quantum Geographical Information System (QGIS)	16
2.5. La Plataforma ArcGIS en los sistemas de información geográfica.....	17
3. MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. Caracterización general, estructural y organizativa de la UBPC de Ceiba Mocha:	19
3.2. Caracterización de los suelos de la UBPC	19
3.3. Proceso de digitalización de los datos y elaboración de mapas del área de estudio y de las Máquinas de Riego de Pivote Central.	20
3.3.1. Preparación del mapa de trabajo para la investigación de las parcelas.....	20
3.3.2. Conciliación con los funcionarios de la agricultura en el territorio para lograr la identificación oficial de las máquinas.	21
3.3.3. Levantamiento del área a mapificar y obtención de ortofotos.....	22
3.3.4. Levantamiento de las máquinas de riego con el empleo de imágenes aéreas (VANT) y obtención de una base cartográfica a nivel de cuadrante	23
3.3.5. Obtención de la base cartográfica especializada a nivel de cuadrante e implementación en el SIG.....	24
3.3.6. Obtención de la base cartográfica especializada e implementación en el SIG.....	26
3.3.7. Investigación del uso y tenencia de la tierra. Conciliación con el registro.	26
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1. Descripción del área de estudio.	27
4.2. El contexto geológico - geomorfológico.....	30
4.3. Factores limitantes de los suelos.....	32
4.4. Empleo en el QGIS para la realización del Sistema de Información Geográfica en la UBPC Ceiba Mocha, uso del mismo.	34
4.5. Configuración de los paneles y utilización de herramientas a emplear en el producto digital.....	34
5. CONCLUSIONES	44

6. RECOMENDACIONES	45
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

1. INTRODUCCIÓN

La agricultura mundial viene enfrentado, a lo largo del tiempo, el desafío constante de aumentarla producción agrícola en respuesta a la creciente demanda de la población. Este aumento, a su vez, se ha producido de dos formas: con la expansión de nuevas áreas agrícolas, y dentro de cada área, con el aumento de los rendimientos.

El aumento de los rendimientos se obtuvo mediante la generación de nuevas tecnologías bajo forma de semillas mejoradas, insumos modernos y más eficientes. Esto, junto al manejo adecuado de nuevas máquinas agrícolas para preparar, sembrar, cultivar, cosechar y procesarlos productos agrícolas, permitió avances significativos en el área de producción de alimentos.

Sin embargo, con la modernización de las prácticas agrícolas, surgen nuevos desafíos, principalmente respecto al concepto de sustentabilidad ambiental y económica del proceso de producción. En este contexto, la respuesta de la investigación, extensión e innovación de los segmentos relacionados al área agrícola para enfrentar esos nuevos desafíos, ha sido la generación de tecnología que permita desarrollar técnicas que cuantifiquen y manejen diferenciadamente la variabilidad natural del área productora.

Para ello, a partir de la década del '70 del pasado siglo, se comenzó a delinear un nuevo concepto de agricultura con los estudios sobre automatización de máquinas agrícolas. En forma complementaria, a fines de la década del '80 y comienzos del '90, con la liberación del sistema de posicionamiento global por satélite (GPS) para uso civil, fue posible desarrollar equipos inteligentes que permitieron el manejo localizado de las prácticas agrícolas, con una mayor eficiencia de aplicación de insumos, reduciendo el impacto sobre el medio ambiente y en consecuencia, disminuyendo los costos de la producción de alimentos. A ese conjunto de procesos y sistemas aplicados se los denomina Agricultura de Precisión (AP).

La Agricultura de Precisión es una estrategia de gestión que recoge, procesa y analiza datos temporales, espaciales e individuales y los combina con otras informaciones para respaldar las decisiones de manejo de acuerdo con la variabilidad estimada, y así mejorar la eficiencia en el uso de recursos, la productividad, la calidad, la rentabilidad y la sostenibilidad de la producción agrícola (ISPAG, 2019).

Las ventajas que ofrece el empleo de las herramientas de la informatización en la agricultura de precisión es un elemento de gran importancia dentro de la revolución agrícola. Los beneficios son claros, ayuda a definir las propiedades y características del suelo para lograr una productividad óptima, ayuda a resolver los problemas del uso adecuado de los recursos, los altos costos y el impacto medioambiental. Entre las características de la agricultura de precisión encontramos el uso de diferentes tecnologías.

Los estudios realizados demuestran que la implementación de la agricultura inteligente se basa en el manejo específico de un área de cultivo. Está vinculada a la tendencia en el mundo empresarial, a su vez direccionado hacia modelos de negocios amigables con el ambiente en el siglo XXI (Antúnez, 2019).

Los desafíos que tiene ante sí la humanidad son enormes, por ejemplo, en cuanto a la seguridad alimentario-nutricional, pues el crecimiento previsto de la población mundial, de 7 600 millones de personas en 2018 a más de 9 600 millones en 2050, entrañará un importante incremento de la demanda de alimentos. Esto unido a otros problemas como son, la disminución en la disponibilidad de recursos naturales, como el agua dulce y las tierras cultivables productivas, los daños medioambientales que el hombre provoca sobre la naturaleza en sus actividades socio-productivas no responsables y la rápida tasa de urbanización con sus consabidas consecuencias socioeconómicas; así mismo, la desigual distribución de los alimentos, la tendencia al alza de los precios son, entre otros muchos, fenómenos que amenazan la propia sobrevivencia de la especie humana.

Cuba ha avanzado y avanza en el desarrollo y uso de las tecnologías de la información y la comunicación, pero todavía hay un largo trecho por recorrer respecto a la llamada transformación digital, sobre todo en los contextos de las producciones agropecuarias. Los avances tecnológicos y la innovación sostenida por esa vía, es condición esencial en el incremento de la productividad y por tanto garantía para progresar en cuanto a la soberanía y seguridad alimentario-nutricional (SAN) del país, proceso que se viene ordenando y proyectando para su logro sostenible en los venideros años (Muñoz *et al.*, 2022).

No obstante a los logros alcanzados, el país debe seguir enfrentando y encontrando soluciones a los retos que se asocian entre otros muchos factores a la herencia de

deformación estructural provocada históricamente por la manera como la nación fue insertada en la división internacional del trabajo, y particularmente a la persistencia y profundización del bloqueo económico, comercial y financiero de los Estados Unidos de América en contra del desarrollo del país y todo lo que ello ha venido implicando en términos de acceso a financiamiento y tecnologías.

Los impactos negativos de esos factores obstaculizadores en el desarrollo y el bienestar de la población, hacen cada vez más necesaria la transformación digital de todos los procesos socio-productivos, entre ellos los vinculados a la agricultura.

El trabajo tiene como propósito fundamental digitalizar mediante el empleo de una metodología de trabajo con un Sistema de Información geográfica los datos agronómicos de uso y manejo actual y prospectivo de los suelos y el agua en el área agrícola correspondiente a las comunidades Zagalá, Ceiba Mocha y Santa Gertrudis de la UBPC Ceiba Mocha, como un estudio de caso.

Las pesquisas realizadas durante el proceso de caracterización del uso actual y prospectivo del área agrícola, aún no logra alcanzar el nivel que demanda esta problemática en el territorio. Así mismo, se aprecia desconocimiento y falta de información en torno a la transformación digital y a las fortalezas de la provincia para avanzar en esa dirección y poder introducir en la práctica socioeconómica tales avances, en la medida de las posibilidades y circunstancias.

PROBLEMA PROFESIONAL

En la UBPC Ceiba Mocha, como resultado del diagnóstico de la digitalización del manejo de la información agronómica, solamente se cuenta con datos actuales de la campaña en curso y no del manejo perspectivo, y por lo tanto se ve afectada la eficiencia en el incremento de la productividad y la garantía para progresar en cuanto a la soberanía y seguridad alimentario-nutricional (SAN) del país.

HIPÓTESIS

El manejo adecuado de la información agronómica digital, en los contextos de las producciones agropecuarias y el avance en el desarrollo y uso de las tecnologías de la información y la comunicación, forman parte de la respuesta frente a la carga creciente que soportan los recursos naturales de que se dispone en la UBPC Ceiba Mocha, resultando con ello poder afrontar el desafío de gestionar y desarrollar de forma sostenible la producción de alimentos ante el aumento creciente de las necesidades alimentarias de la población.

OBJETIVO GENERAL

Elaborar un producto digitalizado con la información agronómica de cada área agrícola correspondiente a las comunidades Zagalá, Ceiba Mocha y Santa Gertrudis de la UBPC Ceiba Mocha, para alcanzar mayor eficiencia en los procesos de gestión y desarrollo de forma sostenible en la adopción de tecnologías que favorezcan su manejo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar las tendencias actuales en lo referente al empleo de tecnologías para la digitalización de la información agronómica como potencial real para ofrecer una producción agrícola más productiva y sostenible, basada en un enfoque más preciso y eficiente en el uso de los recursos.
2. Caracterizar en el contexto de la UBPC Ceiba Mocha en las áreas correspondiente a las comunidades Zagalá, Ceiba Mocha y Santa Gertrudis de la UBPC Ceiba Mocha la información agronómica necesaria para alcanzar mayor eficiencia en los procesos de gestión y desarrollo de forma sostenible en la adopción de tecnologías que favorezcan su manejo.
3. Elaborar un producto con un sistema de información acerca del manejo actual y perspectivo de la UBPC Ceiba Mocha en las áreas correspondiente a las

comunidades Zagalá, Ceiba Mocha y Santa Gertrudis de la UBPC Ceiba Mocha.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Tendencias y definiciones de la Agricultura de precisión en el sector.

Con la aplicación de nuevas variantes de tecnologías en la agricultura convencional, se han venido introduciendo nuevos conceptos, tal es el caso del concepto de Agricultura de Precisión (AP), donde el usuario puede acceder a parámetros relacionados con sus fincas y controlarlos mismos de forma manual o de forma automatizada.

Con la AP se capturan, almacenan, analizan y visualizan datos vinculados con el comportamiento de los recursos suelo y agua, las variables agrometeorológicas, las plantas objeto de cultivo, la conducta de animales, la explotación de maquinarias agrícolas, los insumos necesarios en los procesos productivos; semillas, fertilizantes y biofertilizantes, plaguicidas y bioplaguicidas, etc, infraestructuras para semilleros, viveros, casas de cultivos y otros.

Actualmente, los invernaderos o casas de cultivo se han convertido en un sistema de producción común en la agricultura, pero es necesario equiparlos con modernas tecnologías para que sean incluidos en la nueva AP. En Cuba, se tiene la estrategia de implementar tecnologías de automatización innovadoras y de bajo costo, con el objetivo de avanzar hacia la independencia tecnológica y la modernización de los procesos productivos, como es el caso del riego por pulsos, automatizado para mantener el estado hídrico necesario en el suelo o en sustratos, según exigencias del cultivo, para ello existe un Software que permite a una aplicación interactuar o comunicarse con otras aplicaciones, paquetes de programas, redes, hardware y/o sistemas operativos Internet de las Cosas (Internet of Things) (IoT) para las casas de cultivo o cultivos en macetas, como ocurre con el arándano en Jagüey Grande. Con dicha aplicación se dará cumplimiento a la tarea de establecer un sistema de monitoreo de variables ambientales como son la humedad, la temperatura, la incidencia de luz solar, entre otras, garantizando así la calidad de la cosecha y el ahorro de recursos.

Coincidiendo con los planteamientos anteriores, varios autores han definido a la Agricultura de precisión, por ejemplo (Santillán y Rentería, 2018), la define como un sistema empleado para analizar y controlar las variaciones en el espacio del terreno y el cultivo; para la variación espacial nos da a conocer diferencias en fertilidad de

distintas secciones del terreno y las que se dan en el crecimiento de las plantas cultivadas. Al administrar este tipo de variables se logra controlar de manera eficiente los insumos, y así poder obtener un resultado final con mayor sostenibilidad, al punto de minimizar los recursos invertidos, como lo son el impacto ambiental y los riesgos agroalimentarios, pero al mismo tiempo llega a maximizar la producción.

Según Sciforce (2019), la agricultura de precisión es una idea general para los enfoques basados en IoT que hacen que la agricultura sea más controlada y precisa. En el proceso de optimización de cultivo, los dispositivos de IoT instalados en una granja deben recopilar y procesar datos en un ciclo repetido que permita a los agricultores reaccionar rápidamente ante los problemas emergentes y los cambios en las condiciones ambientales.

Por otra parte, también se ha definido a la Agricultura de Precisión (AP), como una concepción agronómica, que se basa en el tratamiento diferenciado de los cultivos en base del conocimiento de la variabilidad presente en un área agrícola determinada (Santos y Saraiva, 2015).

En estudios realizados para evaluar esta variabilidad se emplean múltiples herramientas tecnológicas como los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), sensores planta-clima-suelo y fotografías multiespectrales recolectadas mediante satélites, aviones o VANTS (García *et al.*, 2015.). Su aplicación posibilita definir el momento, lugar, la cuantía y el tipo de insumo que hay que suministrar, reduciendo los costos, el efecto sobre el medio ambiente e incrementando la productividad (González *et al.*, 2011). Mediante esta práctica, es posible solucionar disímiles problemas que pueden perjudicar el progreso de los cultivos; como la administración eficiente del agua, la aplicación localizada de herbicidas, empleo racional de abonos, conteo de plantas, la detección temprana de plagas y enfermedades en cultivos, entre otros (Sona *et al.*, 2016).

Según Castaño (2006) al hablar de agricultura de precisión se toma en cuenta sus ventajas y analizarlas para tener más claridad al momento de su implementación. Las posibles ventajas que generaría el usar este tipo de técnica en el agro serían:

- Generan un mayor control por parte de los agricultores de la producción de sus cultivos.

- Poder tener un seguimiento de las condiciones del campo y a su vez permite evaluar cualquier eventualidad.
- Crea el uso más eficiente de los recursos y a su vez crea procesos más simplificados de producción.
- Puede generar una mayor rentabilidad de esto depende disminuir los insumos y el monto de inversión. A su vez como la única desventaja que generaría, será la implementación de estas tecnologías/herramientas ya que generan una mayor inversión económica y demanda la mano de obra de personal calificado. Esto puede perjudicar directamente a los pequeños agricultores ya que estos no poseen la inversión necesaria para poder aplicarlas La agricultura de precisión puede ser usada para mejorar un campo o administrar un cultivo desde diferentes perspectivas:
 - Perspectiva agronómica: ajuste de prácticas culturales para tomar en cuenta las necesidades reales del cultivo (ej. mejores manejos de la fertilización)
 - Perspectiva ambiental: reducción de impactos de las prácticas agrícolas (ej. mejor estimación de necesidades en nitrógeno implica menos nitrógeno liberado al ambiente)
 - Perspectiva económica: incremento en el producto de salida o reducción de insumos, incremento de la eficiencia (ej. bajos costos de fertilización con nitrógeno).

El surgimiento de la agricultura de precisión complejizó las formas de producción y los agentes involucrados en el proceso productivo. Así, podemos reconocer grandes firmas con una división territorial del trabajo hegemónica, que impone formas de trabajar, objetos técnicos y sucesivas innovaciones. Sin embargo, más allá del sistema técnico hegemónico, identificamos otras empresas, de diversos tamaños y con otra división territorial del trabajo, que ofrecen actividades y servicios complementares para un campo modernizado. En ese complejo entramado, coexisten diversos actores que desarrollan su trabajo, con técnicas y capitales diversos, revelando cómo el territorio es usado (Schiaffino, 2019).

Según Muñoz *et al.* (2022). En la actualidad la ciencia, la tecnología y la innovación se han imbricado de tal forma, que toman cuerpo dialéctico en la llamada transformación digital; misma en la que coexisten dos niveles de avance: uno básico denominado tecnologías “maduras” y otro mucho más moderno que denominan “de

frontera”; ambos niveles también operan e impactan las actividades socio-productivas de la agricultura y en muchos países del mundo se encausan por medio de las agendas públicas digitales en función del desarrollo socioeconómico. En el contexto de Cuba los procesos de digitalización de la sociedad se enfocan también hacia la llamada transformación digital; sin embargo, en el sector de la agricultura esas transformaciones son mucho más lentas, aunque se aprecian avances especialmente en la llamada agricultura de precisión.

La agricultura inteligente tiene un potencial real para ofrecer una producción agrícola más productiva y sostenible, basada en un enfoque más preciso y eficiente en el uso de los recursos. Las ventajas que añade la agricultura inteligente a la industria alimentaria y tabacalera en Cuba son de vital importancia para el desarrollo sostenible. Dentro de las opciones para poder realizar avances en la agricultura inteligente en Cuba está la tecnología satelital. Los satélites geoestacionarios (GEO por sus siglas en inglés Geostationary Earth Orbit) harían la función de repetidor entre los sensores instalados en los suelos y el agricultor. La implementación de un enlace satelital entre las plantaciones donde estén desplegados los sensores y demás tecnologías IoT permitiría al productor agrícola conocer en tiempo real los parámetros de los suelos, el estado meteorológico, el estado de salud de sus animales e incluso sus herramientas de trabajo, dígase por ejemplo las maquinarias empleadas en la producción de granos, los arados de la tierra, entre otros (Seguí, 2019).

Como parte de los esfuerzos del Ministerio de la Agricultura de Cuba para aumentar la producción alimentaria, ya se dan los primeros pasos en la introducción de tecnologías de precisión, que permiten aplicar el fertilizante necesario en el lugar y momento exactos. Dentro de ese novedoso sistema resulta decisivo obtener información sobre las diversas propiedades de los campos de cultivos, mediante el monitoreo por sensores y sistemas de posicionamiento global (Silva, 2004).

La agricultura de precisión (AP) constituye un valioso instrumento para diagnosticar con exactitud problemas de la producción agrícola, adoptar decisiones y obtener respuestas satisfactorias en los índices de rendimiento agrícola.

Prácticamente consiste en actuar hasta con el más mínimo detalle en el sitio adecuado y en el momento oportuno, a partir de las novedades científicas que ofrecen la informática y la tecnología.

En Cuba, se avanza en la AP y existen proyectos financiados por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente en la agricultura cañera, entre ellos la confección de un mapa de rendimiento de la caña que tuvo impacto mundial (Vázquez, 2004).

Entre las ventajas de la Agricultura de Precisión están la disminución de los costos con un menor empleo de mano de obra y el aumento del volumen productivo en plena armonía con el medio ambiente.

2.2. Tecnologías y herramientas utilizadas en la agricultura de precisión.

2.2.1. Teledetección.

La teledetección, también conocida como “observación de la Tierra”, es una técnica para monitorear la superficie terrestre empleando satélites o aeronaves (Aggarwal, 2004). También puede ser definida como la compilación de datos sobre un objeto, área o evento sin estar en las inmediaciones físicas del mismo (Sanderson *et al.*, 2010) y conlleva la interpretación y relación de esta información con la naturaleza y propiedades de los cuerpos (Torres *et al.*, 2013).

Empleando una o diversas porciones del espectro electromagnético (EMS), la teledetección registra la radiación electromagnética (EMPC) reflejada o emitida por los objetos; posibilitando recolectar imágenes de estos en múltiples regiones espectrales. Una de las características fundamentales de una imagen, detectada de forma remota, es la región que representa del EMS; que normalmente abarca múltiples bandas en las gamas visible e infrarroja (González y Woods, 2002). Estas bandas reflectadas dependen de la propiedad del material (estructural, química y física), la rugosidad de la superficie, el ángulo de incidencia, la intensidad y la longitud de onda.

2.2.2. Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

El Sistema de Posicionamiento Global o GPS (Global Positioning System) es Sistemas Mundiales de Navegación por Satélite (GNSS) el cual permite determinar en todo el mundo la posición de una persona, un vehículo o una nave, con una precisión hasta de centímetros usando GPS diferencial, aunque lo habitual son unos

pocos metros. El sistema fue desarrollado e instalado, y actualmente es operado, por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos. El GPS funciona mediante una red de 24 satélites que se encuentran orbitando alrededor de la tierra y transmiten información de su posición orbital y de tiempo. Los receptores GPS situados en Tierra interpretan las señales de al menos 3 satélites para calcular la posición actual mediante triangulación. La triangulación requiere del uso de lecturas de tiempo, localización y órbita de cada satélite para matemáticamente determinar la posición relativa, con lo que el receptor GPS puede determinar una posición 3-D exacta (latitud, longitud y altitud).

Si bien el sistema GPS fue diseñado esencialmente con fines militares, el uso civil se ha difundido debido a su utilidad en las más variadas disciplinas, que van desde las netamente científicas, como la geodesia y tectónica, hasta fines comerciales como el geomarketing, pasando por fines puramente recreacionales. Otro factor importante en su difusión ha sido el bajo costo, ya que el uso del sistema es gratuito. Sólo es necesario contar con un receptor GPS, cuyo precio varía según el nivel de precisión que se quiere obtener. Los países del Cono Sur experimentan en la actualidad una creciente demanda de información, donde cada vez es más importante la componente espacial. Ya no es suficiente conocer, por ejemplo, la superficie de suelos erosionados o la cantidad de vertederos ilegales como estadística. Ahora es necesario identificar su ubicación para poder acceder a ellos cuando sea necesario verificar, actualizar o corregir la información existente, para tomar decisiones adecuadas y eficientes. En este contexto es cuando el uso de GPS cobra importancia como una herramienta útil para especializar la información (Bongiovanni *et al.*, 2006).

Según Hernández *et al.* (2020) muestran las experiencias del GARP y el CIAP de la UCLV en la utilización de la tecnología UAV en fotogrametría aérea, específicamente en el mapeo de las aéreas de la UBPC “Desembarco del Granma”. En el desarrollo de la experiencia primeramente fueron planificados y ejecutados los vuelos para la adquisición de las imágenes aéreas.

2.3. Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Se entiende como Sistema de Información Geográfico (SIG) al “conjunto de recursos que componen un sistema que gestiona información geográficamente distribuida

para profundizar en el conocimiento de las relaciones entre los objetos de información, lo que facilita los procesos de toma de decisiones en cualquier actividad humana que se desarrolle en un ámbito geográfico” (Olaya, 2014). Esta definición tiene aparejado la idea de que un SIG debe permitir las siguientes operaciones:

- Lectura, edición, almacenamiento y, en términos generales, gestión de datos espaciales.
- Consultas sencillas a la elaboración de complejos modelos, que pueden llevarse a cabo tanto sobre la componente espacial de los datos (la localización de cada valor o elemento) como sobre la componente temática (el valor o el elemento en sí).
- Generación de resultados tales como mapas, informes, gráficos, etc.

Río (2021) sugiere que el empleo de los Sistemas de Información Geográfica en ramas como la agricultura brinda soporte para aumentar la eficiencia de las tareas a realizar en los cultivos. Específicamente en la agricultura cañera, estos permiten analizar diversas fuentes de información geográfica disponibles en la actualidad, como son: las imágenes aéreas y los datos de cosecha de las maquinarias agrícolas; lo que posibilita la obtención de indicadores productivos que sientan las bases para la aplicación de técnicas avanzadas.

La enseñanza de los Sistemas de Información Geográfica permite cumplir con un doble propósito, por un lado la consolidación de competencias referidas a la teoría, métodos y técnicas propios de la Geografía y otras ciencias geoespaciales y por otro, contribuye con el desarrollo de habilidades y destrezas que apuntan a la multialfabetización de los individuos (Montes, 2016) que, además de contemplar la alfabetización tradicional en lectoescritura, contemple una alfabetización en comunicación audiovisual, en tecnologías digitales, y alfabetización en la información, es decir para enfrentarse a la información (saber buscar, seleccionar, analizar e interpretar), para expresarse y comunicarse (en forma textual, audiovisual, multimedia, hipertextual) y colaborar con otros a través de las tecnologías (Area, 2002).

Por otro lado Castaño (2006) sugiere que un SIG se puede definir como es un sistema integrado compuesto por hardware, software, personal, información espacial y procedimientos computarizados que permite y facilita la recolección, el análisis, la

gestión o la representación de datos espaciales. Los SIG se organizan en capas temáticas, lo que permite integrar la información generada utilizando las herramientas descritas anteriormente como GPS, teledetección, monitores de rendimiento y de otros orígenes, y con la misma, realizar análisis multicriterio complejos de acuerdo a las distintas necesidades (ej. Mapas de tratamiento). Los SIG también permiten anexar bases de datos georeferenciadas, como por ejemplo historiales de potreros (carga animal, especies sembradas, rendimiento, tratamientos con plaguicidas, etc.). Finalmente, el productor al tener toda la información ordenada y sistematizada obtiene una herramienta que le permite mejorar la toma de decisiones para el manejo de su establecimiento.

La creciente demanda de capacitación en el campo de las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) en general y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en particular en los ámbitos académicos, específicamente en la formación de grado, ha provocado que desde las universidades se incorpore esta temática en los planes de estudio, ofertando capacitación en esta área de carácter interdisciplinario. Los SIG presentan un alto potencial para la visualización y el análisis de gran variedad de fenómenos, uno de sus aspectos clave es la capacidad de modelar la realidad en capas de información, permitiendo un tratamiento o análisis de forma independiente o relacionada entre las diferentes dimensiones o aspectos que confieren el territorio, y sus dinámicas (Boix *et al.*, 2009).

En este sentido los SIG tienen la posibilidad de aunar múltiples fases de información obtenida por diferentes fuentes, en un único entorno, lo que resulta útil en el manejo y explotación de los suelos. Su empleo para la gestión de la agricultura ha contribuido a la optimización y sostenibilidad de las producciones agrícolas en diferentes países donde se ha implementado (Izquierdo, 2017).

Los SIG como parte de la Agricultura de Precisión (AP), un término que engloba elementos como: Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), sensores, satélites e imágenes aéreas, permite la recopilación de toda la información aportada por dichos elementos para ser presentada a los usuarios de una forma científica y entendible para estimar, evaluar y entender las variaciones ocurridas en los campos. En ese sentido el Ministerio de Agricultura (MINAG) se ha encaminado al uso de los SIG con el objetivo de gestionar de forma más eficiente los niveles de rendimiento agrícola y

el aprovechamiento de las tierras en la aplicación de la AP en nuestro país (González, 2012).

Giordano y Cole (2018) propusieron un modelo del SIG en los lugares más significativos del Holocausto que permitan la integración de redes de lingüística para un análisis de métodos mixtos.

Giraldo *et al.*(2018) lanzaron un modelo de simulación dirigido especialmente a estudiantes y profesionistas involucrados en planeación, diseño y operación usando un conjunto de métodos dentro de los cuales está inmerso el sistema de información geográfica, permitiendo evaluar el desempeño de diversos escenarios, mientras que (Ferreira, 2019) diseñó una herramienta tecnológica aplicada a la producción agrícola de precisión como aporte a los Sistemas de Información Geográfica para promover un cultivo efectivo en las diferentes etapas de la producción. De acuerdo a (Flores y Mariño, 2019) la revisión sistemática de literatura sintetiza la evidencia que se tiene con el objetivo de resumir información respecto a algún tema, por ello se revisan los procesos con tecnología GIS (Geographic Information System).

Pérez (2018) sugiere que los SIG contienen un grupo de elementos que tal como se definió, realizan una función específica dentro del sistema. Dichos componentes permiten la entrada, gestión, procesamiento y salida de datos, así como su representación. En ese sentido un SIG está compuesto por cuatro componentes fundamentales: los datos, el personal, los procedimientos, las tecnologías complementarias y la visualización.

- Datos.

Los datos son la materia prima necesaria para el trabajo en un SIG. Estos son una representación simplificada de la realidad con la que los expertos tienen que trabajar. Por tanto, contienen la información geográfica vital para la propia existencia del sistema. Dichos datos son aquellos útiles para el sistema informático.

- Recursos humanos.

Los Recursos Humanos son los responsables de la correcta introducción de datos, del diseño de los procedimientos adecuados de análisis de la información, del diseño y generación de los productos de información pertinentes para cubrir los objetivos propuestos, y del mantenimiento y actualización del sistema. Los mismos

constituyen una pieza clave en su funcionamiento que debe contar con la debida cualificación profesional para gestionar eficazmente el sistema.

- Los Procedimientos

Los procedimientos son las metodologías empleadas en la captura, corrección y almacenamiento de datos, en la elaboración de la información, y en el desarrollo de los productos finales de información. Estos procedimientos son diferentes para cada uno de los proyectos que se abordan y pueden resultar sumamente sencillos o enormemente complejos en dependencia de la aplicación.

- Las Tecnologías complementarias

Este elemento incluye tanto el hardware sobre el que se ejecutan las aplicaciones como las mismas, las que constituyen el software. El desarrollo de cada uno depende de las funcionalidades aportadas por el otro, las que se enriquecen con la constante evolución tecnológica evidente en el mundo actual.

- Visualización

La visualización constituye para el SIG la principal forma de trabajar con la información incluye cualquier tipo de información que puede ser representada de forma gráfica, lo que facilita la interpretación de la misma o parte de esta.

Este autor Sugiere que los Sistemas Gestores de Base de Datos (SGBD)

Otro aspecto importante en el uso de los SIG es la implementación de bases de datos donde se almacenen la información necesaria para trabajar en el sistema.

Sistema Gestor de Bases de Datos (SGBD) se le llama a un conjunto de programas que acceden y gestionan una colección de datos relacionados entre sí, estructurados y organizados. La colección de esos datos se denomina Base de Datos (BD). El principal objetivo de un SGBD es proporcionar eficiencia y seguridad a la hora de extraer o almacenar información en las BD. Además, están diseñados para gestionar grandes bloques de información, que implica tanto la definición de estructuras para el almacenamiento como de mecanismos para la gestión de la información (Zambrano, 2008).

Presentan una arquitectura de tres niveles con el objetivo de separar los programas de aplicación de la BD física: Nivel interno o físico (el más cercano al

almacenamiento), Nivel externo o de visión (es el más cercano a los usuarios) y Nivel conceptual (describe la estructura de toda la BD para un grupo de usuarios mediante un esquema conceptual).

En sentido general un SGBD debe prestar los siguientes servicios:

- Definición y creación de la base de datos.
- Manipulación de los datos realizando consultas, inserciones y actualizaciones.
- Acceso controlado a los datos mediante mecanismos de seguridad de acceso a los usuarios.
- Mantener la integridad de los datos.
- Controlar la concurrencia a la base de datos.
- Mecanismos de copias de respaldo y recuperación para reestablecer la información en caso de fallos en el sistema.

Pérez (2018) propuso un Sistema de Información Geográfica en parcelas en la provincia de Villa Clara de áreas de cultivo de caña de azúcar, obteniendo indicadores productivos y planificación de futuras contiendas. Se estudiaron las tecnologías relacionadas con los Sistemas de Información Geográfica para la elaboración de planos de fincas agrícolas.

2.4. Quantum Geographical Information System (QGIS).

El sistema QGIS, es un software libre y de código abierto que nos proporciona una aplicación GIS para el manejo y análisis de información geográfica que podemos utilizar en forma de mapas. QGIS permite abrir archivos que tienen mapas digitalizados. Podemos consultar la información que esta codificada en dichos mapas, y producir nuevos mapas en los cuales se resalte el resultado de nuestra consulta. Esto permite visualizar relaciones espaciales que no podríamos apreciar en una consulta de una base de datos ordinaria. También podemos combinar la información de dos o más mapas distintos, e integrarla para producir un nuevo mapa en el cual podamos estudiar las relaciones espaciales entre las variables que estén representadas en los mapas que tomaríamos como insumo.

En términos de funcionamiento de QGIS posee la característica de automatizar la comprobación del campo geográfico, con la respectiva recopilación, búsqueda y tratamiento de los datos, esto conlleva a realizar el respectivo análisis de datos y del

complemento para el uso adecuado de las herramientas de consultas y automatización en QGIS, los resultados serán guardados y almacenados en bases de datos creadas por el usuario (Lapuente, 2018).

QGIS es un SIG de código libre para plataformas GNU/Linux, Unix, Mac OS y Microsoft Windows, que permite manejar datos en formatos ráster y vectoriales a través de las bibliotecas GDAL (Geospatial Data Abstraction Library) y OGR (Biblioteca que permite el acceso uniforme a diversos formatos de datos geoespaciales de tipo vectorial). También soporta archivos shapefiles a través de ArcInfo. Posee la licencia pública GNU (GNU Public License). Además, puede presentar la información a través de tablas con atributos y ser utilizado como interfaz gráfica de usuario (GUI, por sus siglas en inglés) de GRASS para usar toda la potencia de análisis de este en un ambiente más cómodo para los usuarios. QGIS está desarrollado en C++, usando la biblioteca Qt para su GUI. Quantum GIS permite la integración de plugins desarrollados tanto en C++ como Python (Torres *et al.*, 2013).

Mediante la implementación de un complemento para la plataforma de QGIS se busca facilitar y reducir esta brecha, el complemento posee una curva baja de aprendizaje podrá ser utilizado por un usuario sin dificultad, este complemento permitiría facilitar el análisis de imágenes multiespectrales y los resultados de estos análisis proporcionarían datos los cuales le permitirán al usuario beneficiarse y mejorar su desempeño en la actividad agrícola también ayudará a que sistemas de agricultura de precisión puedan ser implementados en los diferentes campos agrícolas debido a su fácil acceso y adaptabilidad, de esta forma se quiere lograr que los agricultores se interesen más por la tecnología para su beneficio y logren una optimización de recursos humanos y el mejoramiento de su calidad de producción.

2.5. La Plataforma ArcGIS en los sistemas de información geográfica.

Landaverde (2019) sugiere que esta plataforma proporciona una gama de soluciones cuyo objetivo es incrementar el rendimiento, además de promover el crecimiento económico del sector agrícola, asegurando los suministros de alimentos seguros, poder fomentar la gestión ambiental, prediciendo resultados, reduciendo

costos de producción, mejorando las prácticas de negocio, y logrando una gestión de tierras más efectivas.

Entre las diversas soluciones podemos destacar las aplicadas a: Identificación y monitoreo de plagas, predicción de cultivos, agricultura de precisión, control de enfermedades, recopilación de datos en campo por medio de dispositivos móviles, mapeo de riegos, modelamiento en tiempo real, entre otros.

Una plaga puede disminuir el rendimiento de un cultivo en cuestión de días u horas, para esto es necesario una rápida acción ante este problema, por lo cual la identificación y monitoreo de las plagas es fundamental ante esta problemática.

Por medio de una colección de mapas y aplicaciones, los agricultores, podrán monitorear en tiempo real las especies invasoras cerca de sus producciones agrícolas, y poder compartir esta información por medio de aplicaciones web o informes de inspección realizados en las partes interesadas, siguiendo un flujo integrado desde el campo hasta la oficina.

Con la plataforma ArcGIS aplicado a la agricultura de precisión se puede observar cómo las relaciones entre los tipos de suelos, los fertilizantes y el agua pueden afectar el rendimiento de un cultivo en áreas de tierra determinadas. De igual forma se pueden realizar recomendaciones que sean variables para una enmienda de suelo al combinar y analizar diferentes factores, como, por ejemplo: los nutrientes presentes en el suelo de una determinada parcela, o datos de cultivos y rendimientos de años anteriores.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Caracterización general, estructural y organizativa de la UBPC de Ceiba Mocha:

Para la caracterización de la UBPC se realizó el recorrido de los campos y áreas de producción de conjunto con directivos de la misma y productores, y la consulta del Informe de Balance de la UBPC Ceiba Mocha 2022; lo que permitió definir datos a digitalizar de cada área de producción.

Desde el punto de vista político– administrativo se ubica en el municipio Matanzas en el Consejo Popular Ceiba Mocha que limita con la provincia Mayabeque (al norte y oeste). Al sur colinda con el Consejo Popular San Francisco de Paula, del municipio Limonar y al este y al nordeste con los Consejos Populares matanceros Naranjal y El Valle respectivamente.

Espacialmente, la UBPC “Ceiba Mocha” presenta una estructura dispersa, distribuida en los alrededores del poblado de Ceiba Mocha, en un radio entre 2,5 y 3,30 Km. a partir de un punto que se corresponde con el centro de este poblado, con coordenadas 22°43’ 49” de latitud Norte y 81° 43’ 23” de longitud Oeste, aproximadamente a 17 Km al suroeste de la ciudad de Matanzas, unida a ella a través de la Carretera Central. Esta situación le confiere particular relevancia por el rol que debe jugar esta unidad productiva para el abastecimiento de productos agrícolas a la población de la capital provincial.

Otros asentamientos poblacionales cercanos y que establecen un vínculo funcional muy estrecho con esta organización son por el norte La Ceiba y El Rosario, por el sureste el asentamiento La Rosita y al oeste San Simón. No obstante, predominan las poblaciones dispersas. El contexto geográfico se corresponde con la parte alta de la subcuenta del río San Agustín, porción oeste de la cuenca hidrográfica del río San Juan.

3.2. Caracterización de los suelos de la UBPC

La información para la caracterización de los suelos de la UBPC se obtuvo de la revisión documental de los archivos de la misma, en documento emitido por los datos de la caracterización del contexto donde se encuentra ubicada el área que abarca la UBPC “Ceiba Mocha” emitido por la Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de Matanzas (GEARH), del mismo se toma la información de la red hidrológica, material litológico de la cuenca Cojímar y características del relieve en la zona.

Los suelos fueron caracterizados a partir de la clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015 (Hernández, 2019).

3.3. Proceso de digitalización de los datos y elaboración de mapas del área de estudio y de las Máquinas de Riego de Pivote Central.

Para la digitalización de los datos del área correspondiente a las comunidades Zagalá, Ceiba Mocha y Santa Gertrudis de la UBPC Ceiba Mocha se empleó la metodología para la obtención de la base cartográfica especializada agropecuaria, tabacalera, forestal y máquinas de riego de pivote central utilizando las normas ISO NC- ISO 9001:2015, NC- ISO 14001:2015, NC- ISO 45001:2018, Registro No, 025-2021. Emitido por UCT GEOCUBA IC; en las cuales se establecen los siguientes parámetros:

3.3.1. Preparación del mapa de trabajo para la investigación de las parcelas.

Durante el proceso de creación de la Base Cartográfica Especializada de la UBPC, se tuvieron en cuenta dos elementos fundamentales;

- 1) la obtención de la cartografía a nivel de parcela de todos los usos de la tierra, (Anexo 1)
- 2) la obtención de la cartografía a nivel de parcela de todos los poseedores y propietarios de la tierra.

Teniendo en cuenta lo anterior, fue posible la preparación de un mapa de trabajo. Básicamente, el mapa de trabajo inicial sirvió de base a la investigación de campo (que se realizó por conciliación con los directivos de la UBPC). Para realizar este proceso se superpuso la imagen aérea o satelital con el mapa catastral, donde las parcelas incluidas en este mapa pueden servir de referencia a la hora de realizar el trabajo de digitalización. Este mapa de trabajo se realizó directamente sobre esta misma base en formato digital. Sobre este mapa de trabajo se señalan los límites de las estructuras técnico-organizativas, o sea, la UBPC. Se tuvieron en cuenta las especificaciones de la metodología empleada, tales como; tener en cuenta que, este mapa de trabajo constituye un avance del proceso y es necesario emplear imágenes con una adecuada actualización pues posteriormente cuando se realice el vuelo o se obtengan imágenes satelitales con la resolución adecuada, los elementos representados deben coincidir. Siempre que sea posible es recomendable emplear las imágenes con las cuales se realizará la base cartográfica.

Para el proceso de creación de la BCE_MPC (Máquinas de riego de pivote central) se tuvieron en cuenta tres elementos fundamentales, según las normas que establecen la metodología empleada;

- 1) la obtención de la cartografía a nivel de parcela (cuadrante) de todos los usos de la tierra,(Anexo 1)
- 2) la obtención de la cartografía a nivel de cuadrante de cada MPC, del área de estudio de la UBPC, en este caso el poseedor de la máquina de riego es el mismo para toda el área (los cuatro cuadrantes),
- 3) la ubicación de la máquina de riego como elemento puntual dentro de la cartografía.

3.3.2. Conciliación con los funcionarios de la agricultura en el territorio para lograr la identificación oficial de las máquinas.

Tomando como referencia el mapa de trabajo obtenido, así como el listado de las MPC del área de estudio de la UBPC, se procede a realizar la conciliación inicial con el objetivo de identificar en el mapa cada una de las MPC por su codificación oficial, así como la entidad que tiene en su poder las máquinas de riego.

Como resultado de este proceso se obtiene el mapa preliminar de las MPC con el nombre oficial de las mismas. Se tuvieron en cuenta las especificaciones de la metodología empleada, tales como; comenzar el trabajo de identificación preliminar del uso de la tierra para cada cuadrante. Nótese que en este momento no será recomendable tratar de definir el uso de la tierra para todo el mapa pues aún no se han definido los cuadrantes ni se ha realizado la cartografía que incluye los realengos. La experiencia del trabajo realizado anteriormente demuestra que los funcionarios participantes en estos encuentros no siempre tienen la debida claridad del uso de la tierra actual siendo este uno de los objetivos principales de este trabajo. A continuación, se muestra un ejemplo del mapa preliminar de máquinas de riego del territorio.



Figura 1. Mapa preliminar del MPC

Como se ha explicado anteriormente, este mapa preliminar, así como la conciliación realizada, deben servir de base a los trabajos de planificación de los levantamientos con VANT de las MPC así como la investigación en campo de los usos de la tierra.

3.3.3. Levantamiento del área a mapificar y obtención de ortofotos.

Para la obtención de la base cartográfica será necesario tomar como base imágenes aéreas o de satélite que garanticen la precisión requerida para el trabajo. Es importante tener en cuenta que, aunque la obtención de la cartografía se realiza para todo el territorio agrícola, la mayor precisión en los trabajos se obtuvo en las áreas de cultivos varios, pues son las que representan fuente de alimentos para el país. Para obtener la información satelital y como no fue posible realizar los vuelos VANT, se tomaron los resultados de las imágenes obtenidas del software SAS Planet, programa Ruso, de acceso libre en Internet.

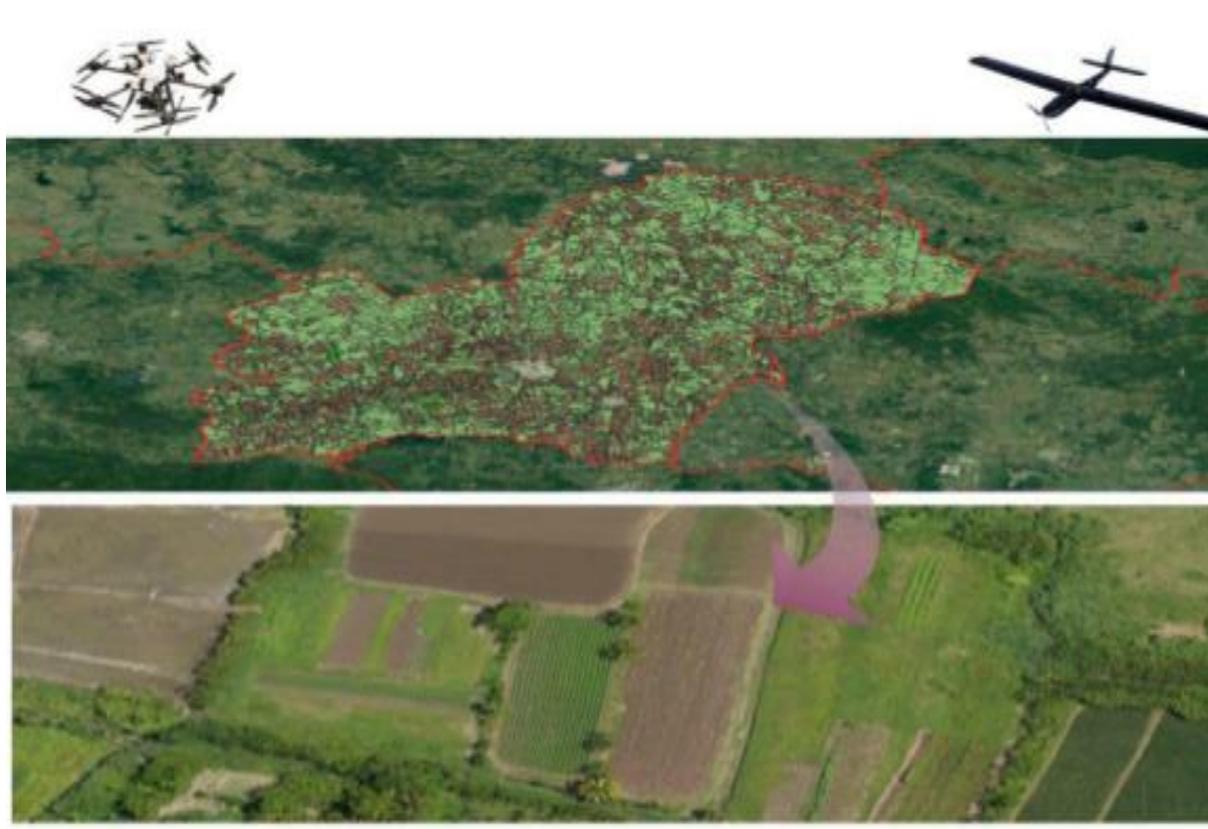


Figura 2. Ejemplo de imagen obtenida del software SAS Planet realizado por GEOCUBA en el 2021.

3.3.4. Levantamiento de las máquinas de riego con el empleo de imágenes aéreas (VANT) y obtención de una base cartográfica a nivel de cuadrante

Para la obtención de la base cartográfica se tomó como base, imágenes aéreas que garantizan la precisión del mapa 1:5000. Siguiendo la idea anterior, es necesario realizar el vuelo con VANT para todas las áreas donde se encuentran las máquinas de riego, que generalmente son parcelas destinadas a cultivos varios (aunque pudieran existir otros cultivos).



Figura 3. Ejemplo de imagen obtenida del software SAS Planet realizado por GEOCUBA en el 2021.

Como resultado de este proceso, se obtienen las ortoimágenes que servirán de base a la creación de la cartografía.

3.3.5. Obtención de la base cartográfica especializada a nivel de cuadrante e implementación en el SIG.

La obtención de la BCE-MPC constituye un proceso de vectorización sobre la ortoimagen de todas las parcelas del terreno hasta nivel de cuadrante. En este proceso, que resulta similar a la renovación catastral, el operador es capaz, a partir de un análisis visual alcanzar determinado grado primario de interpretación, aprovechando los criterios visuales y los patrones espaciales para lograr una exitosa clasificación.

Con las imágenes superpuestas se dibuja, actualiza y/o rectifica cada una de las parcelas correspondientes a las MPC, teniendo en cuenta que los límites de las

parcelas se correspondan con los límites de los cuadrantes e incluyan las áreas de realengo, guardarrayas u otras áreas que pudieran existir. Como resultado final de este proceso se obtuvo el mapa digital de MPC del territorio donde se representan todas las parcelas hasta nivel de cuadrante. Nótese que, a diferencia del catastro, el trabajo de parcelación incluye la creación de nuevas parcelas para aquellos campos que tienen usos de la tierra que el catastro ha generalizado tales como el uso “cultivos varios”, “frutales” o “cítricos” que en este caso es necesario identificar como un polígono con el uso correspondiente según el nomenclador ampliado que se muestra en el Anexo 1. Al realizar este proceso se deberá mantener el mismo criterio de enumeración de parcelas que el catastro nacional pues en un futuro este trabajo podrá contribuir a la actualización del mismo en el territorio a través del sistema informativo.

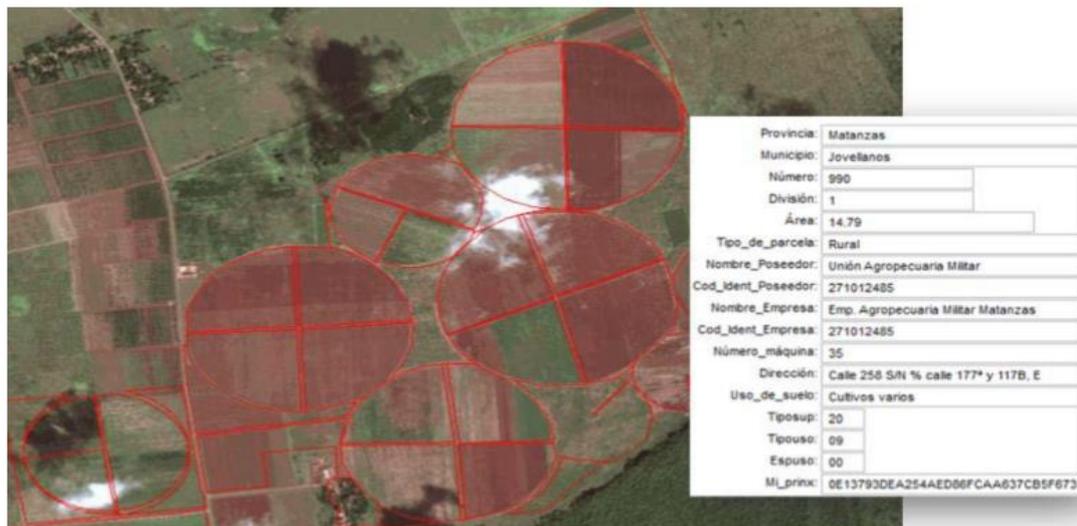


Figura 4. Representación de las parcelas correspondientes a las máquinas de riego, tomado del software SAS Planet realizado por GEOCUBA en el 2021.

Es importante destacar que durante el proceso de digitalización de la superficie cultivada, se tuvo en cuenta el área sembrada que conforman los campos y vacíos. Los campos (cuadrantes) se representan por los vértices que lo definen, dejando fuera del área del campo los espacios que no se siembran realmente, como las guardarrayas, caminos etc. que conforman otras parcelas. No todas las máquinas de riego tendrán cuatro cuadrantes.

3.3.6. Obtención de la base cartográfica especializada e implementación en el SIG.

En este proceso, que resulta similar a la renovación catastral, con las imágenes superpuestas se actualizan y rectifican cada una de las parcelas en el caso que sea necesario. Los límites de las parcelas que coincidan con la imagen satelital o aérea obtenida por VANT, se mantienen y en los límites en los cuales se observa desplazamiento con respecto a la imagen, se mueven los vértices hasta hacer coincidir toda el área de las parcelas del mapa digital con las parcelas de la imagen satelital, de la misma forma se realiza el proceso en todo el territorio.

3.3.7. Investigación del uso y tenencia de la tierra. Conciliación con el registro.

Como se explicó anteriormente, la investigación de los usos de la tierra se realizará de acuerdo con el Nomenclador Único de los Usos de la Tierra del Catastro Nacional AMPLIADO (ANEXO 1). En el caso de la tenencia de la tierra se emplea la propia imagen actualizada para la definición de cada una de las fincas (agrupación de una o varias parcelas de un mismo poseedor). El proceso de investigación en esta primera etapa se realizó por investigación directa en el terreno acompañado de los principales productores del área de estudio.



Figura 5. Ejemplo de foto, croquis empleado durante la investigación de campo

Para el trabajo con este fotocroquis se empleó la cartografía elaborada hasta nivel de campo (obtenida anteriormente) para que no ocurran omisiones de parcelas que se dibujen posteriormente y no hayan sido tenidas en cuenta durante la investigación. No obstante, y con el ánimo de agilizar el proceso, este trabajo se podrá realizar con el empleo de una imagen actualizada del satélite Sentinel 2 o similar que, aunque no satisface la resolución para obtener la cartografía, si es posible adelantar los trabajos de investigación determinando sobre esa base, cada una de las posesiones e incluso uso de la tierra del territorio.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del área de estudio.

La UBPC “Ceiba Mocha” Abarca un área total de 305ha de las cuales 204.8ha están destinadas a cultivos varios y 20ha a la ganadería. Están destinadas fundamentalmente a la producción de cultivos varios en un (68.25%), actividades como ganadería (21,01%), forestación, frutales, y café (intercalado) 3,77% y el 6,11% se encuentran cubiertas de pastos y manigua / ociosas.

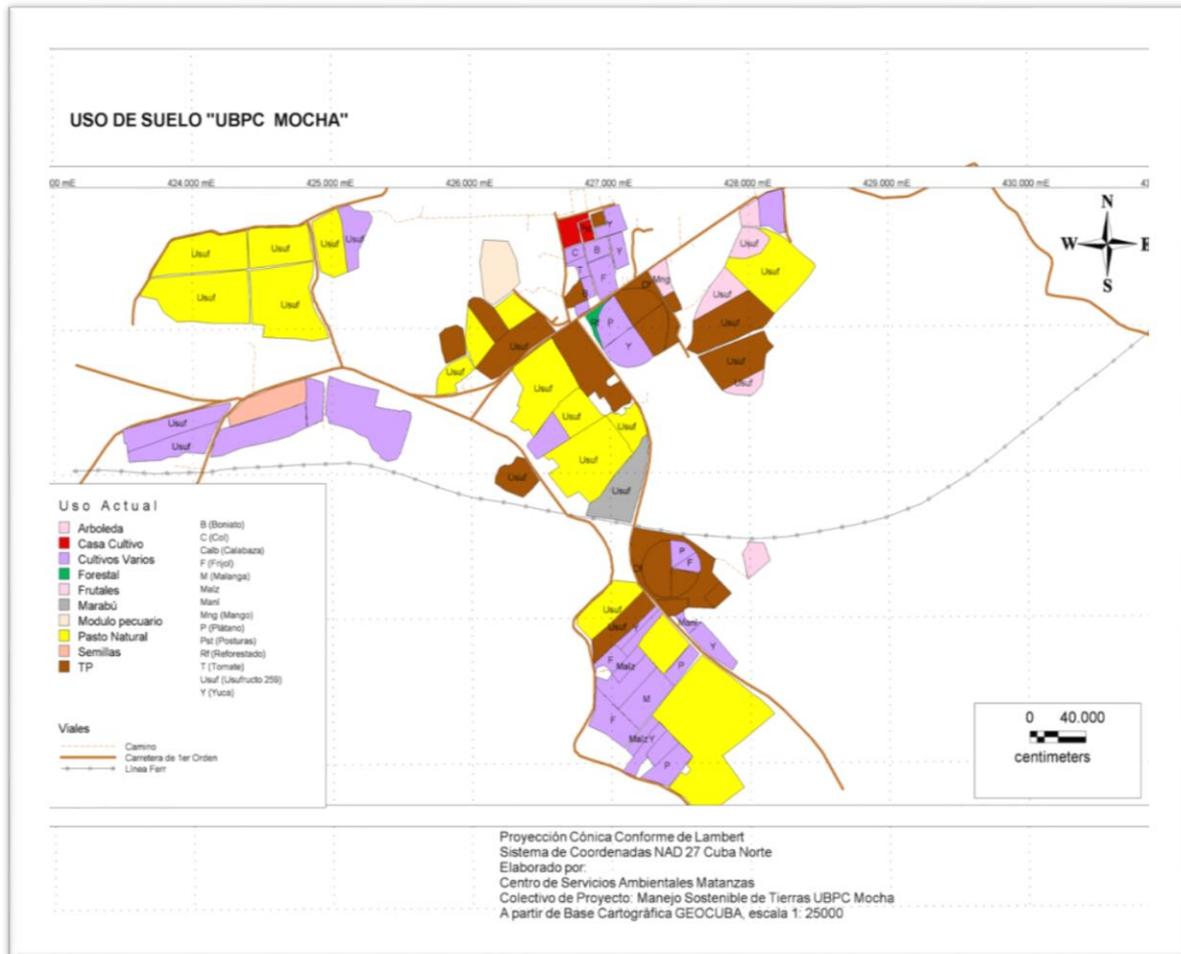


Figura 6: Croquis de la UBPC. Tomado de la documentación del archivo de la UBPC. 2022.

En la UBPC “Ceiba Mocha” se identifican un total de 7 Máquinas de riego de Pivote Central.

Las de análisis fueron realizados en las MPC números 3 y 4.

Tabla 1. Datos agronómicos de las MPC identificadas en el área de estudio.

MPC No.	Cuadr	Respons.	Área (ha)	Realengo (ha)	Cultivo actual	Cultivo a plantar
3	I	Manuel Días	23.3	1 yuca y Rotulación	Calabaza	Maíz
	II				Frijol	Maíz
	III				Plátano	Plátano
4	I	-	21.6	0,1 plátano	Café	Café
	II				Frijol	Calabaza
	III				Frijol	Maíz
	IV				Café	Café

Como se puede apreciar existe un adecuado manejo de los cultivos a partir de una rotación técnicamente estructurada donde se cumplen las exigencias para este tipo de planificación. Las áreas están en secano ya que dichas MPC se encuentran rotas.

Tabla 2. Datos agronómicos de otras fincas identificadas en el área de estudio.

Finca No.	Respons.	Área (ha)	Sistema de riego	Cultivo actual	Cultivo a plantar
12	Joaquín Tamayo	8,6	Aspersión de cubrimiento total	Frijol, Yuca y Preparación de Suelo	Maíz
13	Roberto Hector	4.2	Aspersión de cubrimiento total	Yuca y Frijol	Cultivos Varios
15	-	6.4	Secano	Yuca y Calabaza	Maíz
16	-	4,0	Secano	tomate	Maíz
17	-	3.4	Aspersión de	Plátano, Frijol y Yuca	-

			cubrimiento total		
18	Alejandro	3	Aspersión de cubrimiento total	Yuca y Frijol	Maíz
21	Isis	1,1	Aspersión de cubrimiento total	Frijol	Maíz
22	-	10	Aspersión de cubrimiento total	Plátano, Frijol	Plátano, Maíz

Tabla 3. Inventario de los Medios de Producción y de Servicios existentes en la UBPC.

Medios de Producción y de Servicios	Cantidad	Estado actual
Tractores (3 Yumz-6KM y 1 MTZ-80)	4	Bueno
Multiarado	2	Bueno
Arado: (ADI-3)	3	Bueno
Picadora	1	Bueno
Sangeador	1	Bueno
Cultivadores (Sa-3)	2	Bueno
Tiller	2	Bueno
Fumigadora de tracción animal	2	Bueno
Arado atracción animal	1	Bueno
Chapeadora	1	Bueno
Máquinas de pivote central	5	Bueno
Carreta	1	Bueno
Pipa	1	Bueno
Bueyes	16	-

La UBPC cuenta con un inventario de Medios de Producción y de Servicios que garantizan las operaciones necesarias de preparación de suelo, siembra y plantación, atenciones culturales y cosecha de los principales cultivos que se establecen en cada área de producción, los que con un adecuado manejo y explotación resultarían eficientes para abastecer a la población de viandas, granos y vegetales y así cumplir los compromisos establecidos en la misión de esta UBPC para con la capital provincial y el Consejo Popular Ceiba Mocha.

Tabla 4. Recursos Humanos existentes en la UBPC.

Categoría	Cantidad	Edad	Nivel Escolar
Cuadros	3		
Técnicos	7		
Administrador	1		
Servicios	2		
Obreros Agrícolas	147		

Tabla 5. Recursos Materiales existentes en la UBPC.

Insumos	Cantidad	U/M
Fertilizantes	351,96	t
Plaguicidas y otros controles fitosanitarios	573	l
Sacos	9 129	u
Cajas plásticas/madera	230	u
Lubricantes/tractor	1 890	l
Grasas/tractor	79	kg

4.2. El contexto geológico - geomorfológico.

En su totalidad, el área que abarca la UBPC “Ceiba Mocha” se encuentra ubicada en un contexto caracterizado, esencialmente, por un fundamento litofacial carbonatado y en parte terrígeno (asociado éste, a las partes más bajas de la red hidrográfica de tipo permanente) en una zona en la cual se produce un estrechamiento pronunciado del bloque grabens que se extiende por la mayor parte del sur del occidente de la Isla de Cuba. Como consecuencia de ello, estas tierras están franqueadas, tanto al

norte como al sur, por afloramientos del llamado cinturón plegado, pero alejado del área de interés. El fundamento litológico del lugar que ocupa la UBPC es homogéneo, constituido por rocas, esencialmente carbonatadas del Neógeno. En su porción oeste, está constituida por sedimentos rocosos del Mioceno Inferior – Medio (N_1^{1-2}) con margas de constitución arenosa y arcillosa – limosa, con intercalaciones de rocas calizas arcillosas y arcillas calcáreas, correspondientes a la formación geológica Cojímar. Hacia la parte este del área, predominan las calizas coralinas (biodetríticas, recristalizadas, dolomitizadas, arcillosas) dolomitas y margas calcáreas correspondientes a la formación geológica Güines (gn) del Mioceno Medio – Superior (N_1^{2-3}).

Desde el punto de vista geomorfológico, esta constitución litológica ha condicionado la dinámica de los procesos cálcicos que se observan claramente, e identificados con la presencia de relipos cálcicos y alturas, dentro de la que se destaca, al norte del área, el “Pan de Matanzas” y la “Loma del Palenque” y al sur la “Loma del Cura” Estas características del relieve en la zona han sido la causa de la estructura dispersa de la UBPC que se distribuye en las superficies planas y escasamente diseccionadas, ubicadas en un plano altimétrico entre 50 y 95 metros sobre el nivel medio del mar (m.s.n.m.). Otra característica del relieve del espacio agrícola de la organización son las escasas pendientes que tienen valores inferiores a 3%.

El área donde se encuentra ubicada la UBPC “Ceiba Mocha” se caracteriza por una escasa variación edafológica. Se identifican tres tipos y subtipos de suelos

Ferralítico Rojo típico: resulta el suelo predominante en la UBPC, dada su yacencia, en general, los procesos erosivos son leves, la humificación es media. Aunque en determinadas áreas la pedregosidad se manifiesta con la presencia de algunas piedras y de rocosidad que se incrementa hacia algunas zonas, por lo que se considera como poco pedregosos y muy profundos. Dentro de este tipo, se encuentra el Ferralítico rojo hidratado, muy poco extendido, poco erosionado, medianamente humificado y profundo.

Ferralítico Amarillento gleysado: Está mayormente representado en las fincas ubicadas al sur debido al mal drenaje que caracteriza a esta parte de la UBPC que constituye un área receptora del escurrimiento superficial de los alrededores. Se caracterizan además por la erosión leve, la no pedregosidad, son medianamente humificados y poco profundos.

- Rendzina Roja típica: Son los menos representados y están asociados a determinadas manifestaciones cárcicas del relieve (relictos cárcicos). Entre sus características están su mayor erodibilidad, la pedregosidad se manifiesta hacia las fincas ubicadas en la parte norte, pero aún en ellas se cataloga de mediana, ya que la mayor pedregosidad no se corresponde con áreas de cultivos y además de poca profundidad.

4.3. Factores limitantes de los suelos.

De acuerdo a los tipos de suelos identificados en la UBPC, se han considerado, entre los factores limitantes, la erosión, la pedregosidad y la profundidad efectiva.

- Erosión: En estas tierras, la erosión de los suelos no constituye un problema fundamental si se tiene en cuenta que, en la mayor parte de ella, la erosión se cataloga de leve, sólo hacia la parte noroeste del área agrícola se localiza una superficie con mayor exposición a los procesos erosivos, pero de forma moderada. Entonces, es factible plantear que con medidas antierosivas es posible proteger estos suelos y que por tanto no se requiere de grandes obras para estos fines

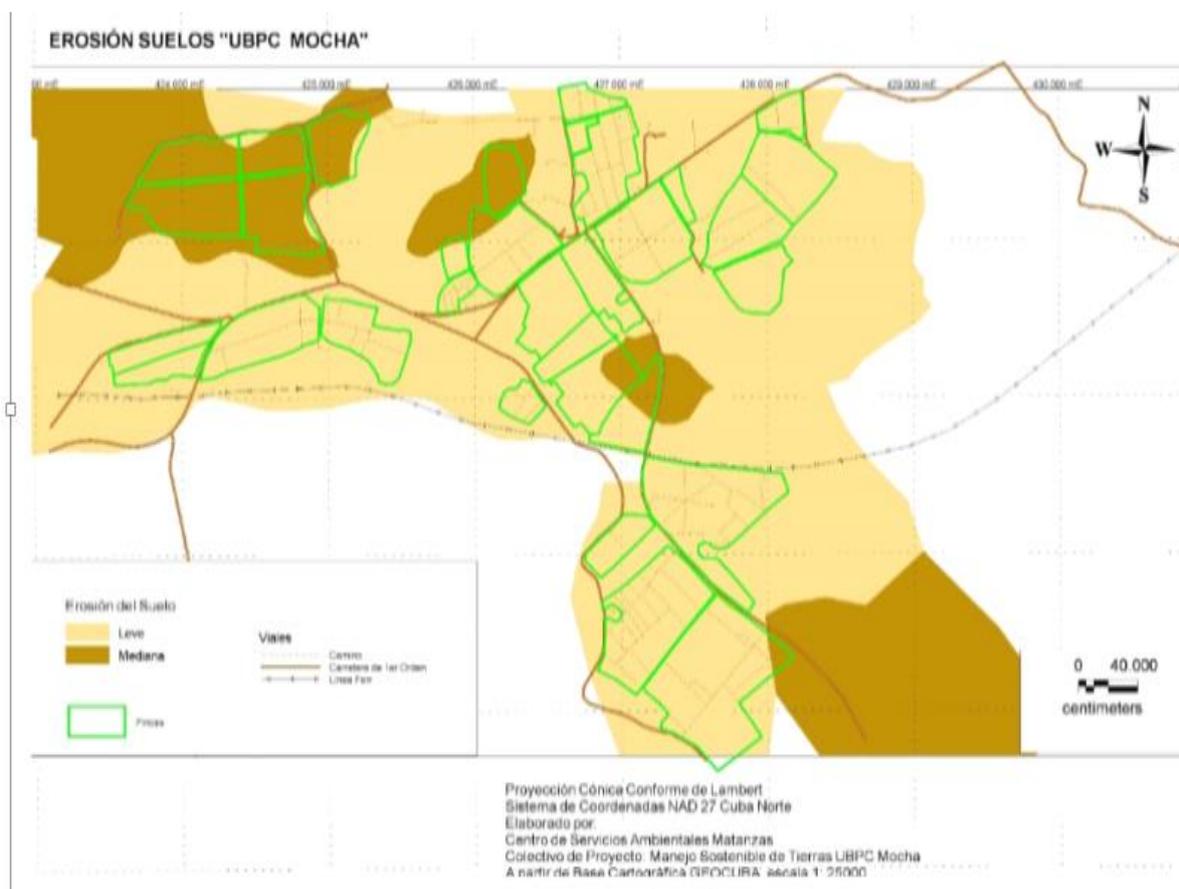


Figura 7. Mapa de zonas de erosión. Tomado de la documentación del archivo de la UBPC. 2022.

- Pedregosidad: En cuanto a la pedregosidad, si se considera que es un factor que limita las actividades agrícolas en algunas partes de la organización, fundamentalmente hacia las fincas ubicadas en la parte norte, pero aún en ellas se cataloga de mediana, ya que la mayor pedregosidad no se corresponde con áreas de cultivos.

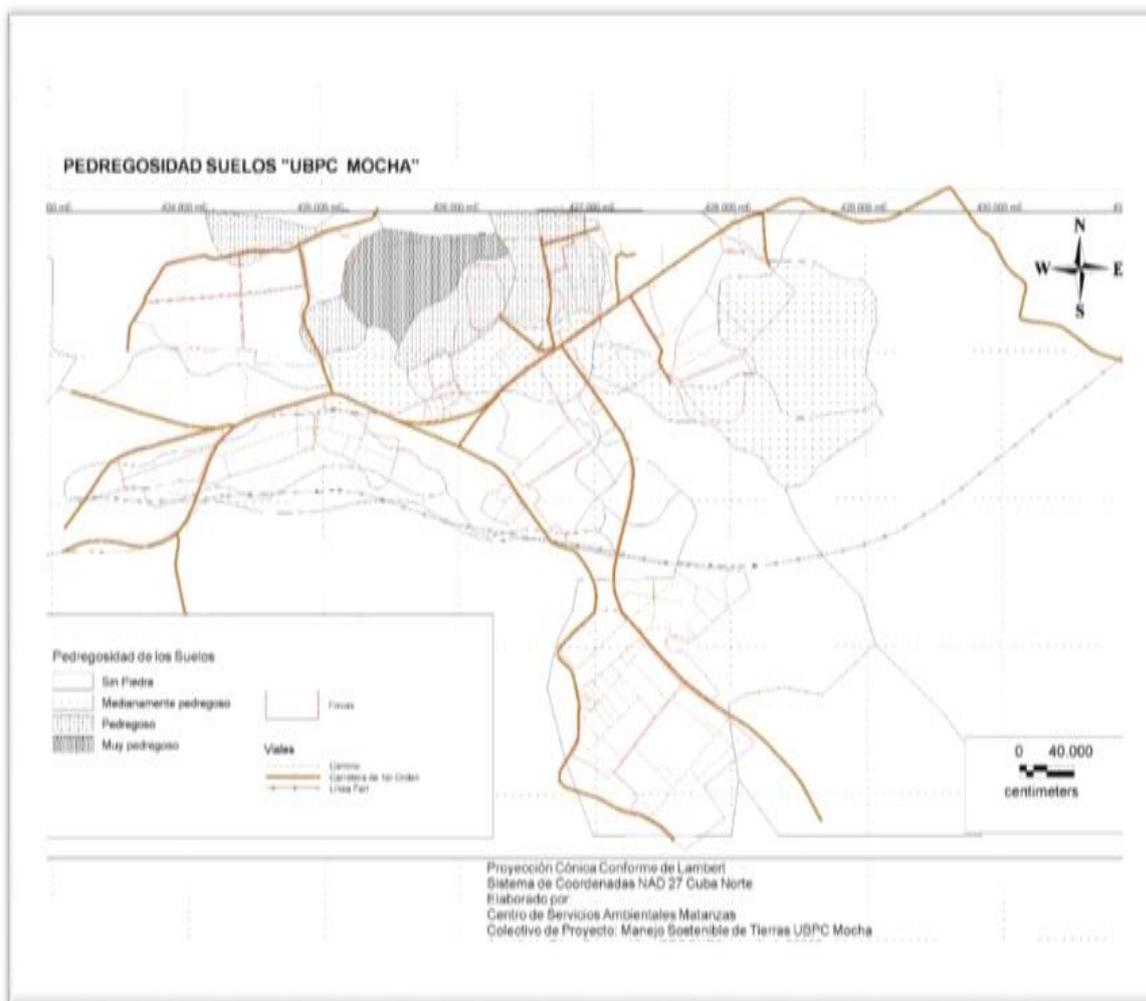


Figura8. Mapa de Pedregosidad de los Suelos. Tomado de la documentación del archivo de la UBPC. 2022.

- La profundidad efectiva: Por último, la profundidad de los suelos no resulta un problema fundamental en la UBPC, ya que predominan los suelos muy profundos y profundos, excepto en los suelos Ferralítico Amarillento gleysado.

Los elementos considerados nos brindan una información muy válida por cuanto, los suelos de esta organización no representan, como recurso, problemas que predispongan su deterioro y que influyan negativamente en los rendimientos agrícolas si reciben un adecuado tratamiento.

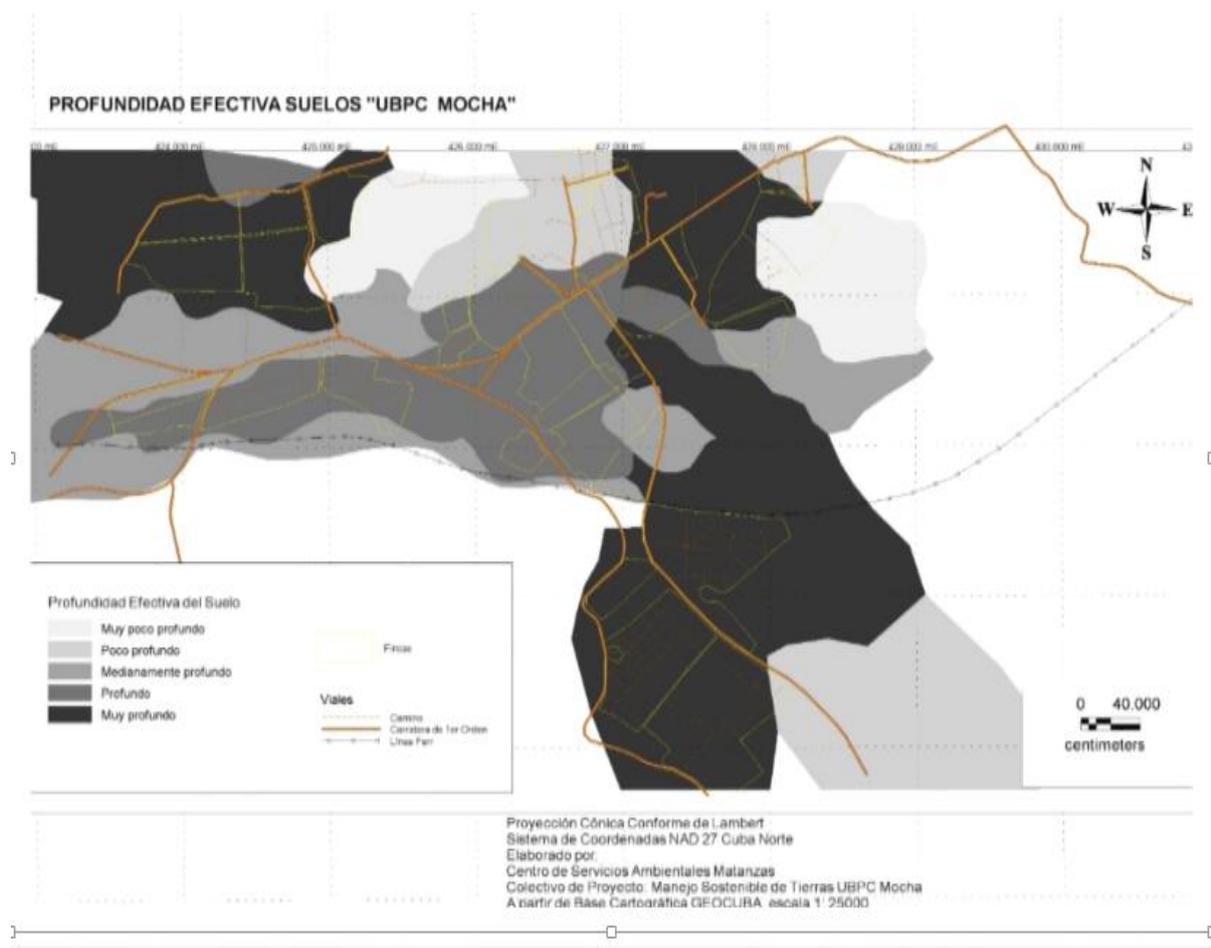


Figura9. Mapa de profundidad de los suelos. Tomado de la documentación del archivo de la UBPC. 2022.

4.4. Empleo en el QGIS para la realización del Sistema de Información Geográfico en la UBPC Ceiba Mocha, uso del mismo.

Para la confección de mapas se empleó el Sistema de Información Geográfico QGIS en su versión 3.14. Este software es un sistema de código libre. Permite manejar formatos ráster y vectoriales, así como bases de datos. En este caso las ortofotos son imágenes ráster, mientras que los polígonos trazados para la confección de los mapas tienen un formato vectorial.

4.5. Configuración de los paneles y utilización de herramientas a emplear en el producto digital.

Activamos las barras de herramientas y paneles necesarios para el trabajo, por esto:

1. Hacer click derecho sobre el área de la barra de herramientas y activar las que se necesitan solamente, ya que mientras más herramientas activemos menos área de trabajo vamos a tener.

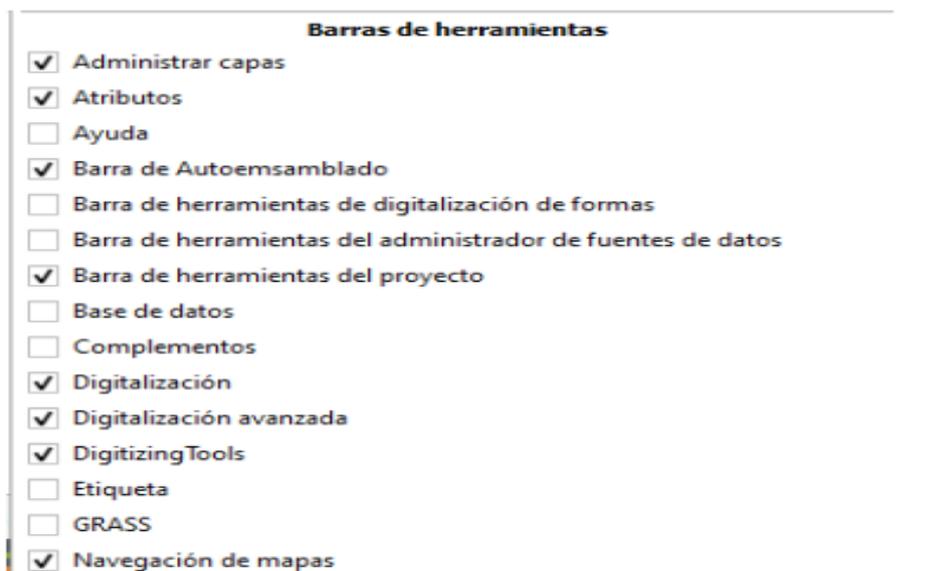


Figura 10. Activar las herramientas

2. Seleccionar la capa parcelas, del control de capas, dando click sobre ella en el panel de capas, de esta forma será la capa activada.
 - Poner editable la capa parcelas, para esto tenemos varias opciones:
 - a. Click derecho sobre el nombre de la capa en el panel de capas que se encuentra a la izquierda seleccionar la opción Conmutar edición.

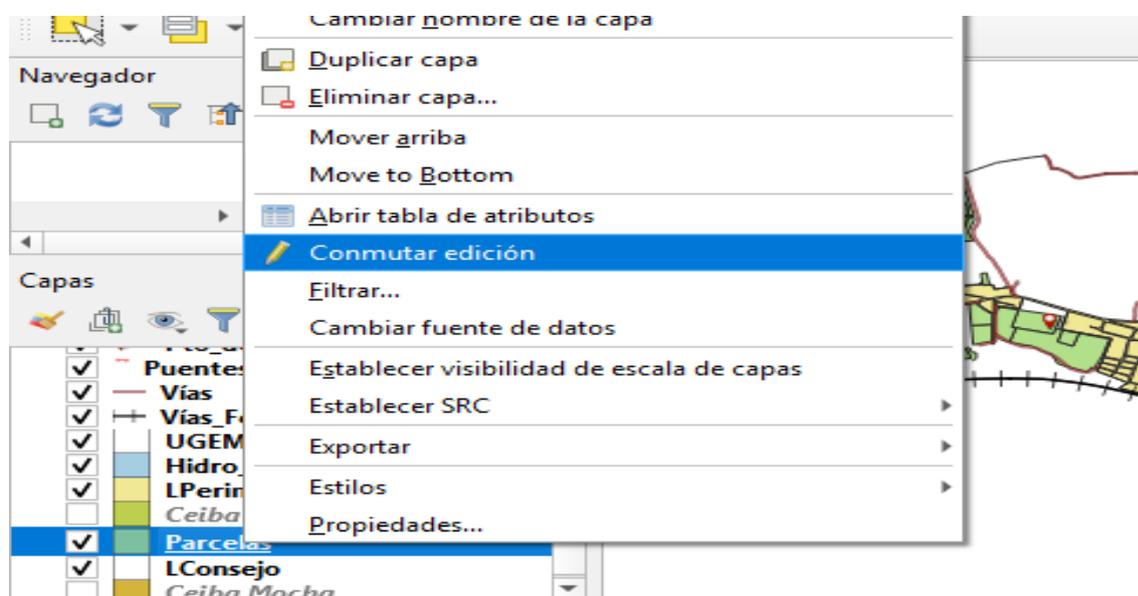


Figura 11. Conmutar edición. (a)

- b. Se selecciona la capa en el panel de capas y damos click sobre la herramienta Conmutar Edición.

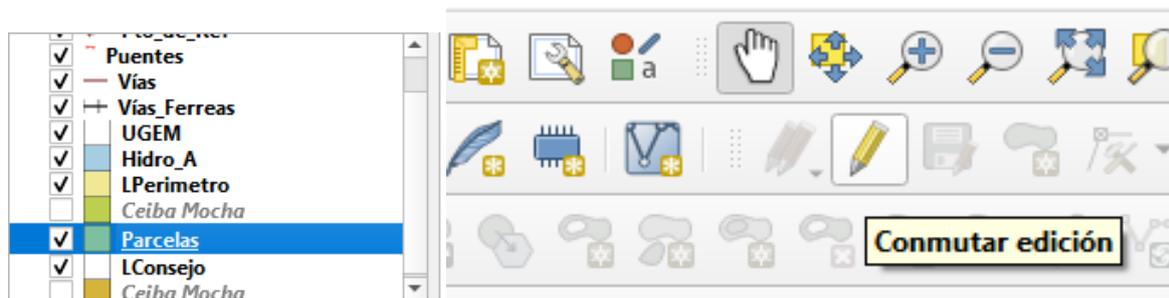


Figura 11. Conmutar edición. (b).

3. Crear nuevas parcelas, para este paso, se va a la herramienta Añadir polígono, y se comienza a digitalizar en el mapa el nuevo polígono, terminando con click derecho. Al concluir aparece el formulario explicado anteriormente y se procede a colocarle sus datos.

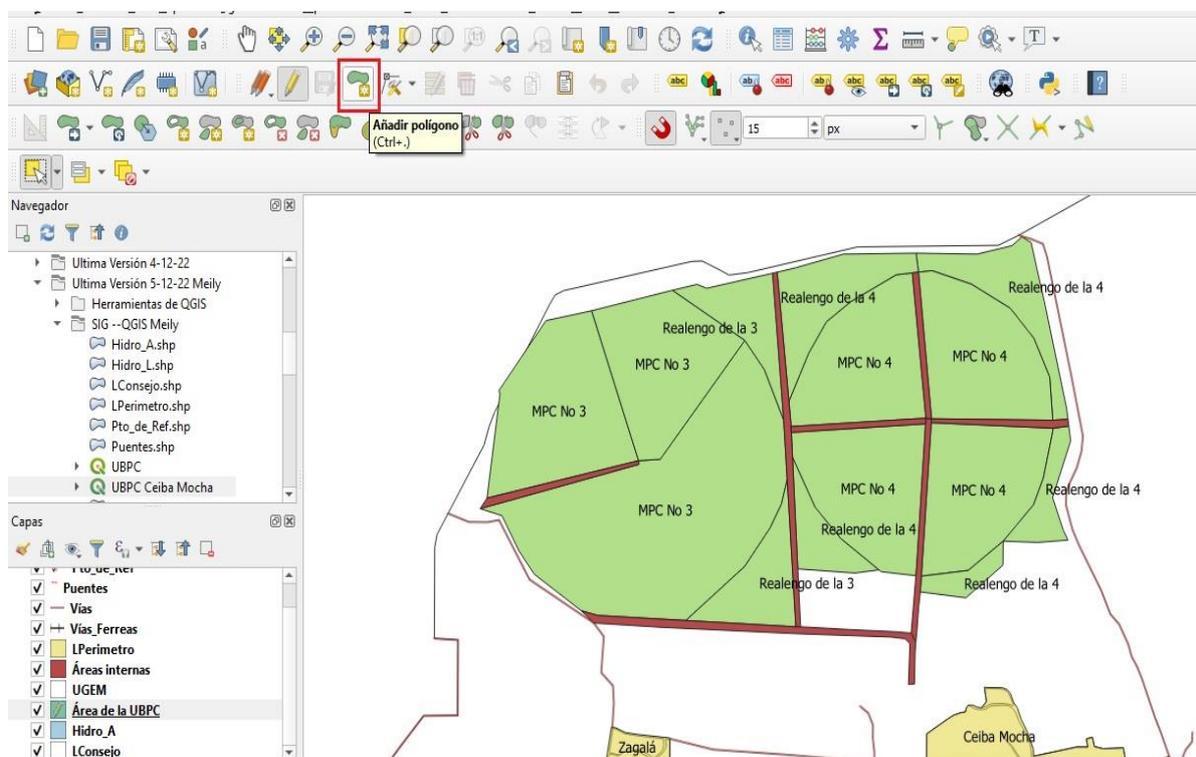


Figura 12. Herramienta de crear parcelas.

4. Modificar datos de la parcela, para esto, teniendo activa la capa parcelas, se selecciona la herramienta Identificar objetos y cuando damos click sobre la parcela, nos aparece el formulario, si está editable, se puede modificar la información de lo contrario solo se puede observar.

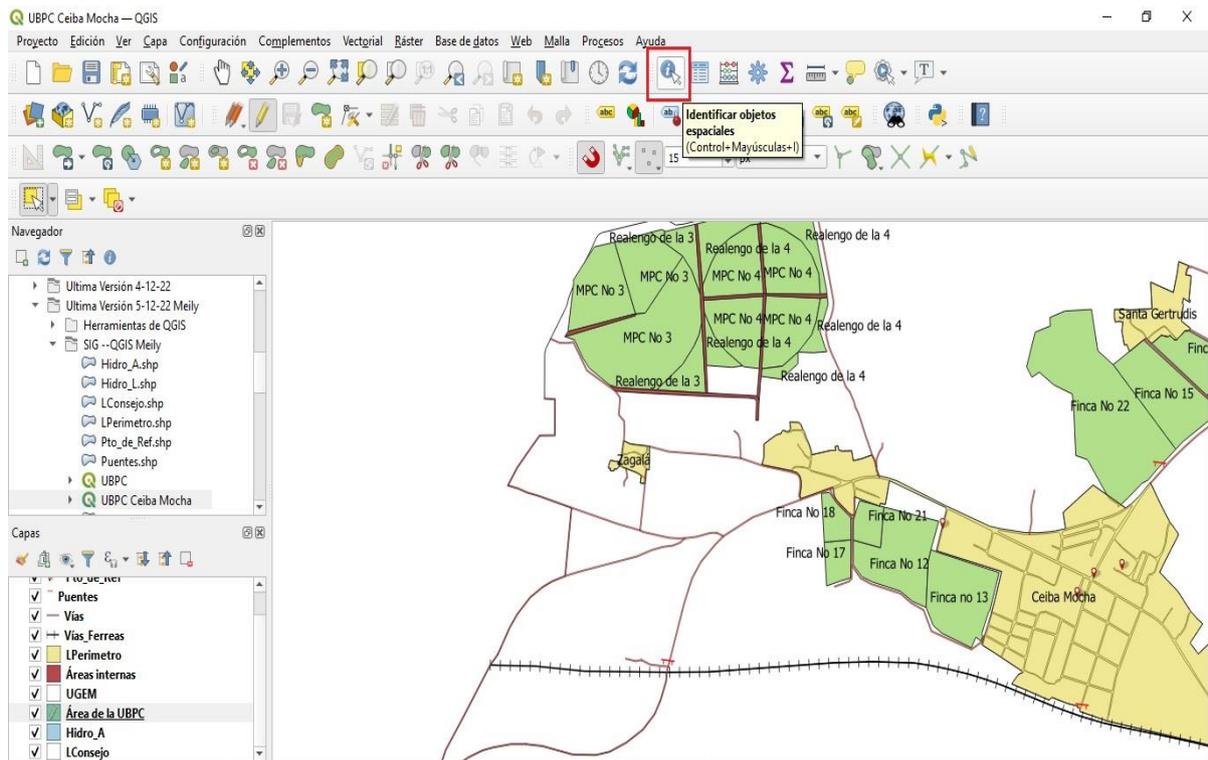


Figura 13. Herramienta identificar objetos.

Una vez realizado el proceso de edición de datos, se da click derecho y se presiona Edit Feature From... y ya estará realizado el cambio deseado en la Base de Datos de la parcela.

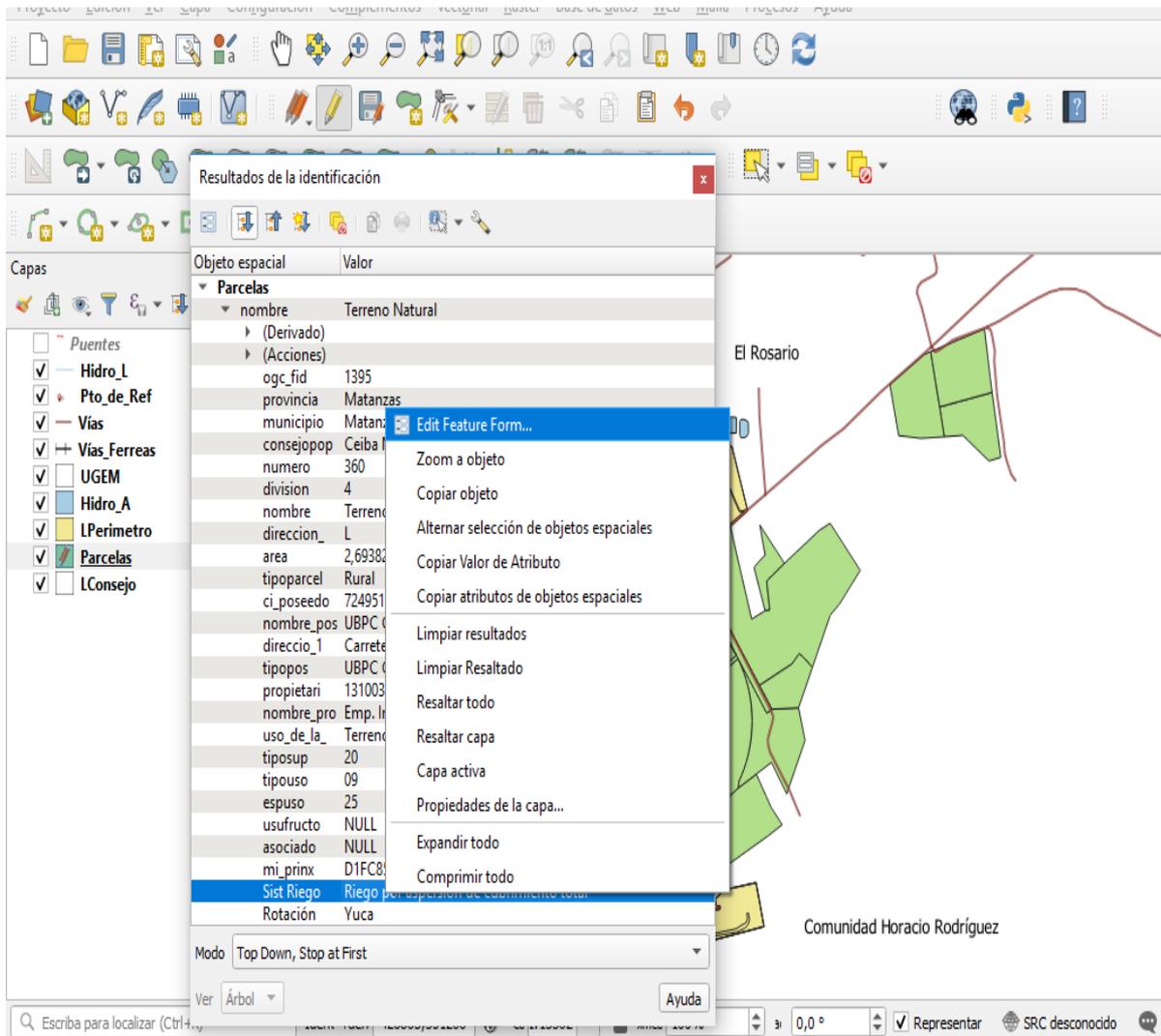


Figura 14. Editar tabla de la base de datos

Dividir parcelas, para esto se selecciona la herramienta Dividir objetos, se activa la herramienta de digitalización y se procede a trazar una línea de corte teniendo como referencia una imagen georreferenciada u otro elemento

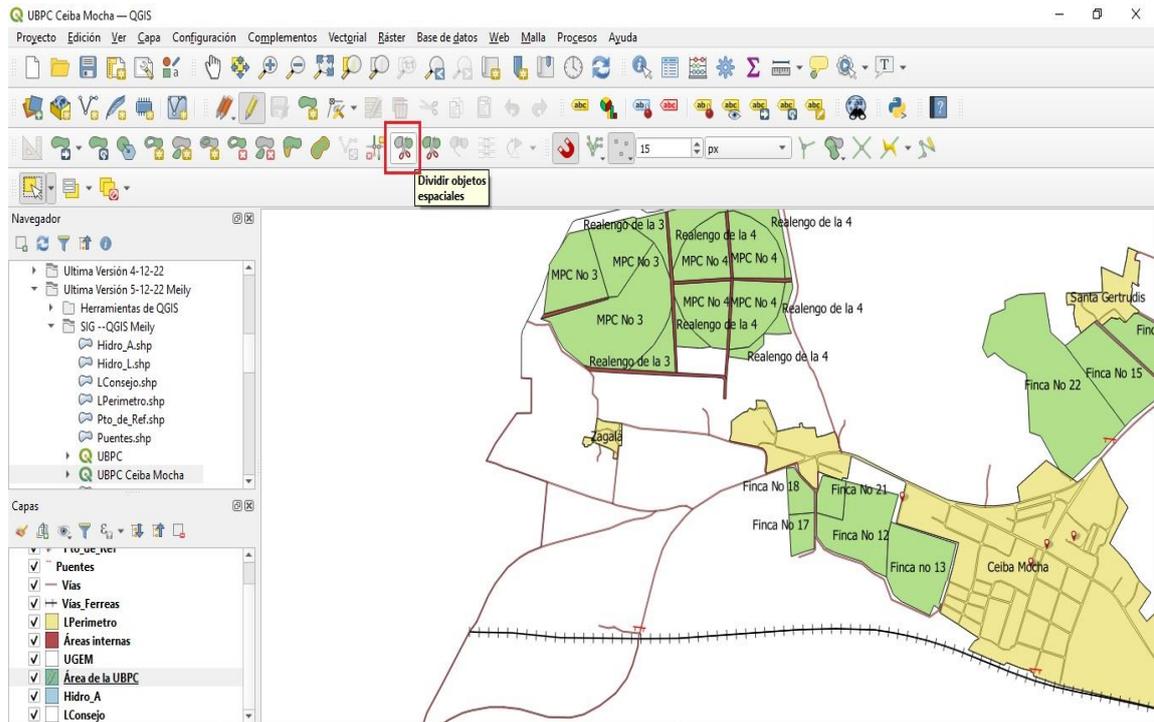


Figura 15. Herramienta de dividir Objetos.

5. Combinar parcelas, para esto se deben seleccionar las parcelas a combinar, las mismas deben de compartir fronteras y una vez seleccionadas, se activa la herramienta Merge selected features, al dar click sobre ella, se unen las parcelas seleccionadas y después se procede con la herramienta identificar objetos, y se actualizan los datos.

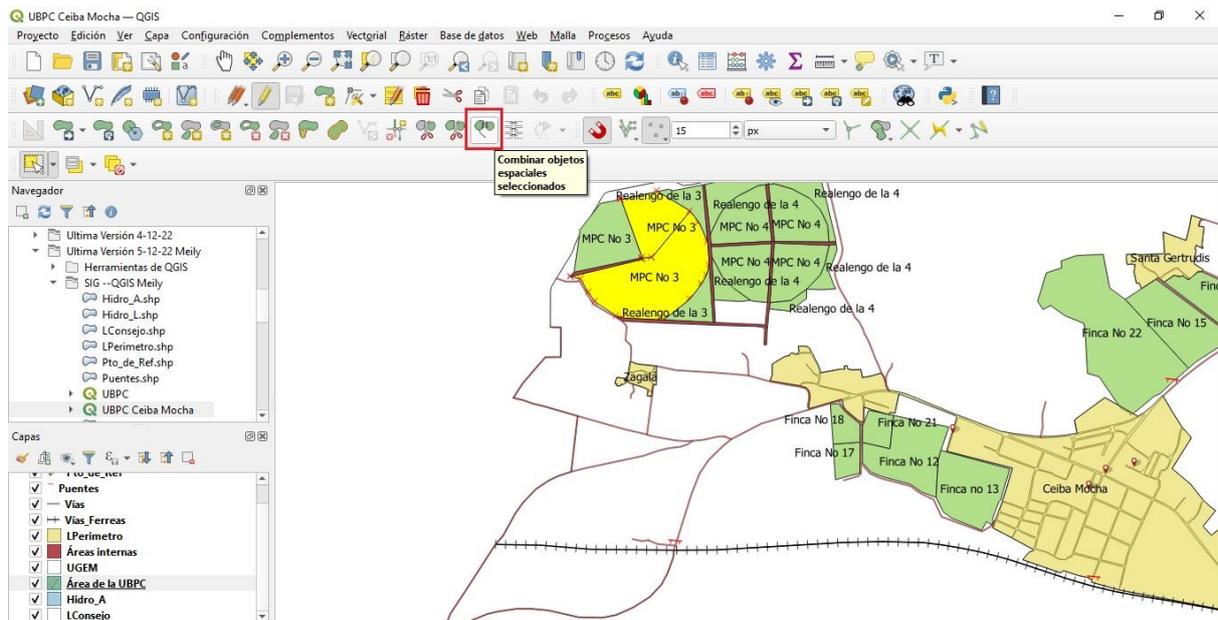


Figura 16. Herramienta de combinar objetos.

6. Crear anillo o hueco dentro de una parcela, para esto se selecciona esta opción y se activa la herramienta para digitalizar y se procede a crear el área que se le va a quitar de la parcela base.

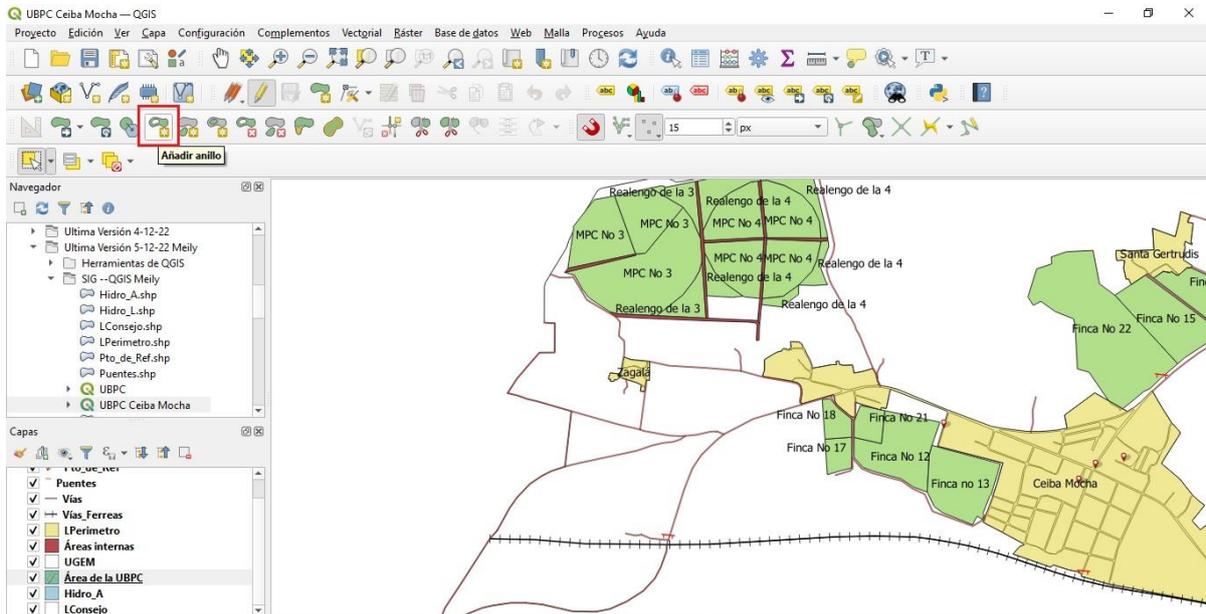


Figura 17. Herramienta de Añadir Anillo.

7. Autocompletamiento de parcelas, para trabajar con esta útil herramienta, debemos activar edición topológica, habilitar autoensamblado de intersecciones y habilitar trazado, con un parámetro de offset de 0, para que la nueva parcela use la misma frontera de las otras que están a su lado.

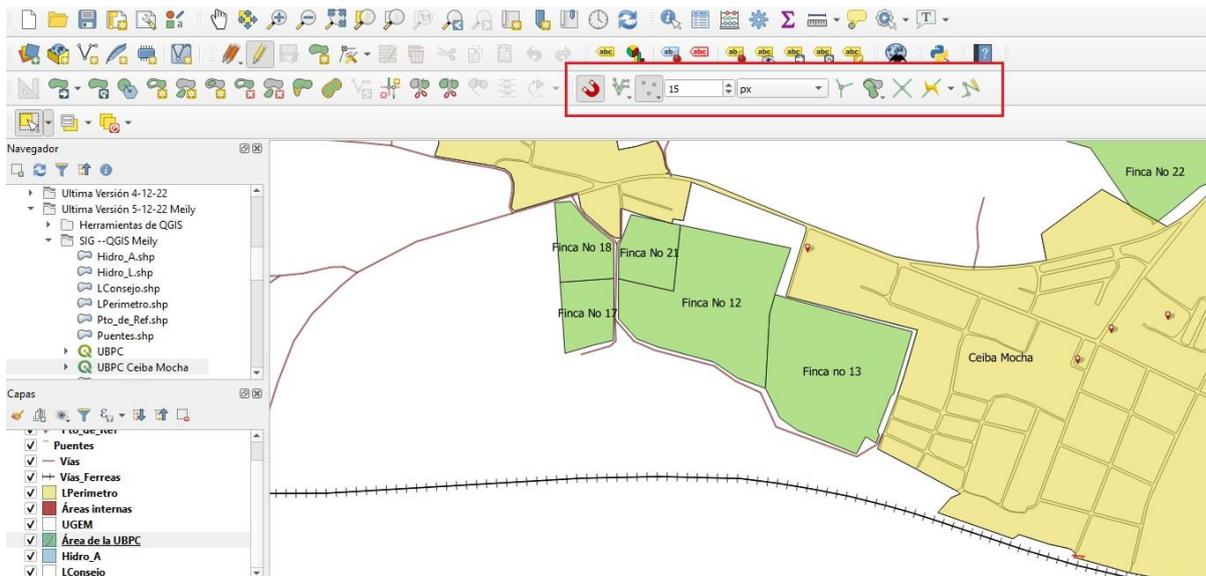


Figura 18. Habilitar autoensamblado.

Para proceder, una vez configurado el autoensamblado, se selecciona la herramienta Añadir Polígono y se comienza a digitalizar partiendo de un vértice de la parcela existente, dando click según sea necesario y debemos terminar en ese mismo vértice.

8. Ya una vez creadas las parcelas, si se necesita realizarle alguna actualización seleccionamos la herramienta de vértices y se realizan los movimientos a los nodos que se deseen mover.

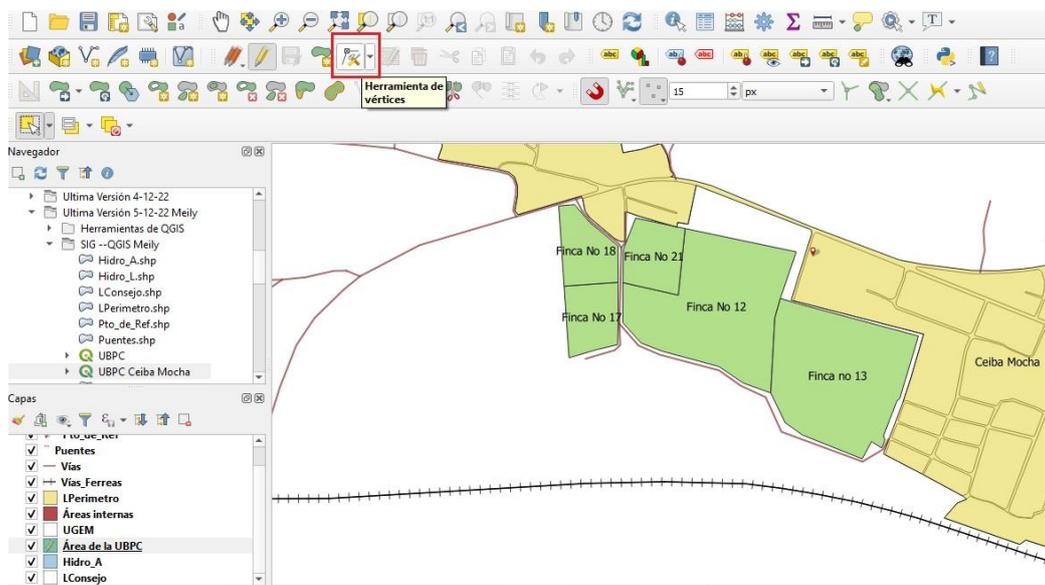


Figura 19. Herramienta de vértices.

9. Con la herramienta Abrir Tabla de atributos, se puede observar la base de dato de la capa editada de manera general.

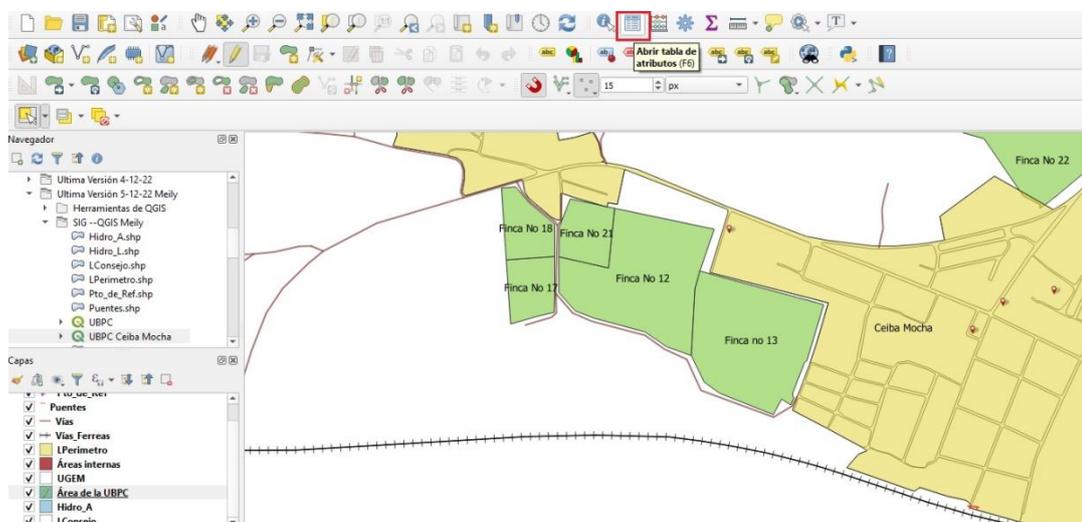


Figura 20. Tabla de atributo.

10. Es muy importante Guardar los cambios de la capa en la edición ya que esta trabaja con cada capa editada.

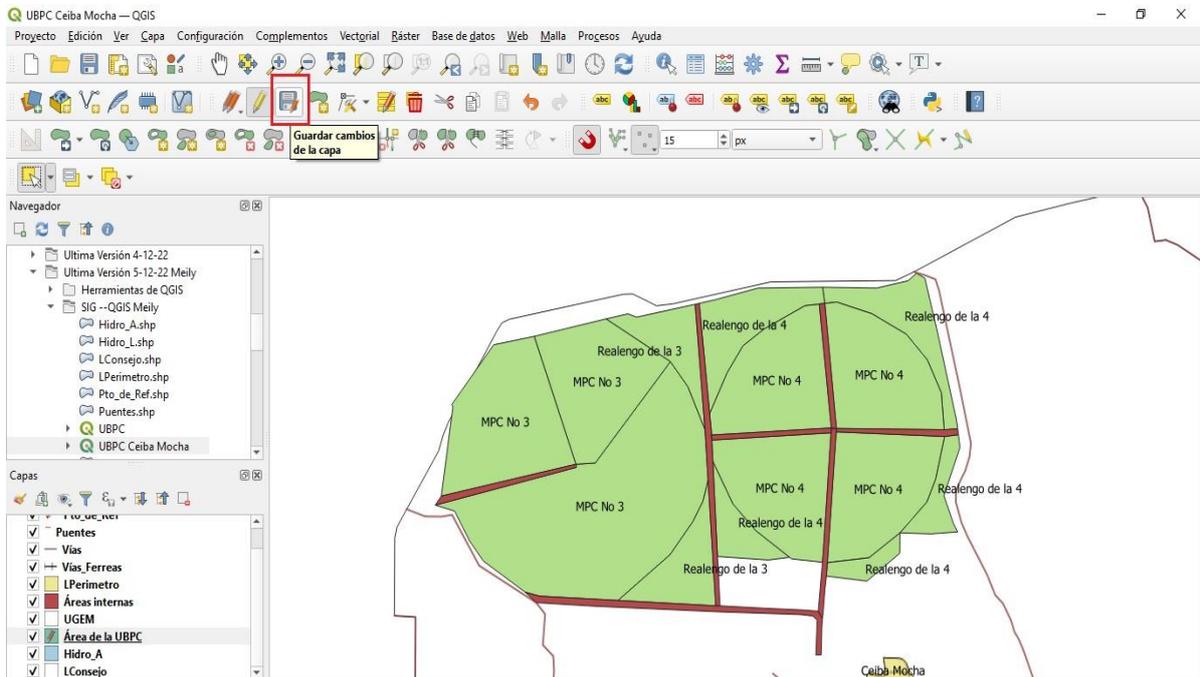


Figura 21. Guardar cambios de la capa

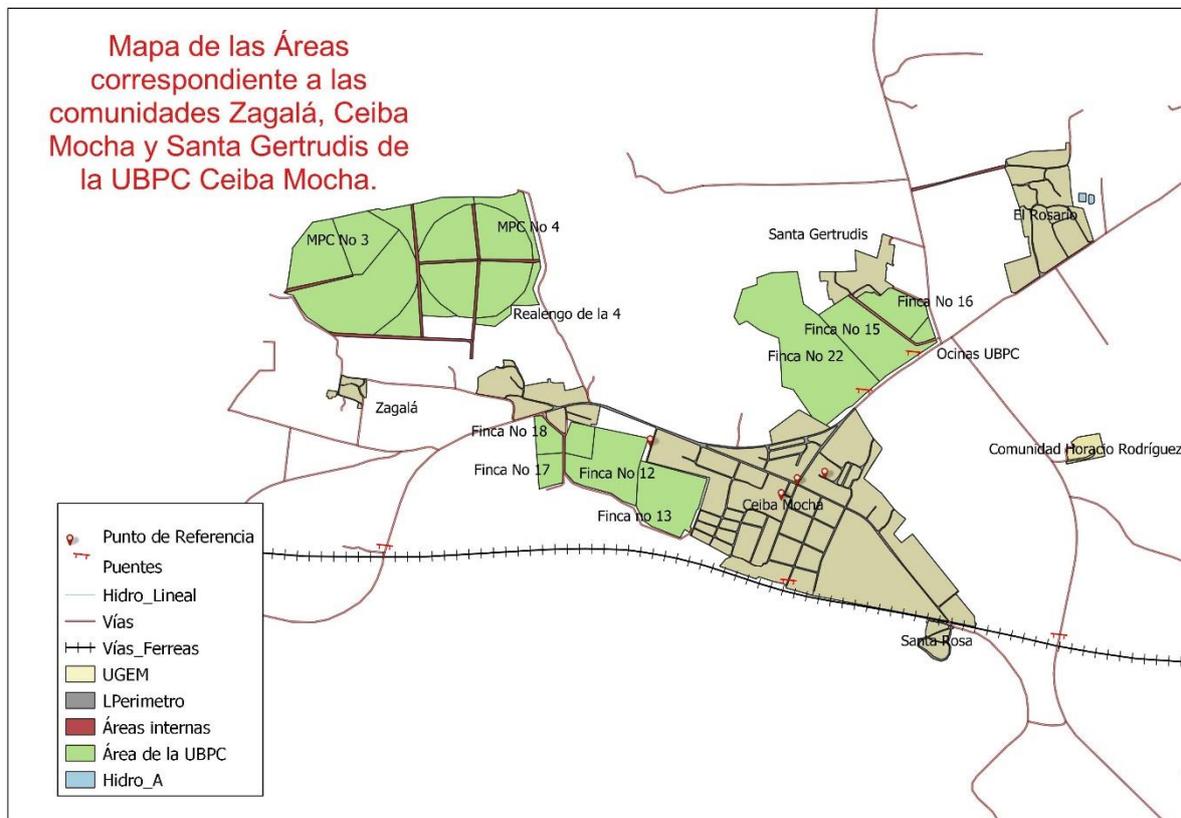


Figura 22. Mapa general de la UBPC Ceiba Mocha

Las instrucciones de trabajo para la digitalización de la información agronómica en las áreas de estudio, servirán de herramienta de trabajo para productores, profesores y estudiantes de las carreras agropecuarias tanto en la universidad como en las especialidades agropecuarias del nivel medio.

5. CONCLUSIONES

Los Sistemas de Información Geográfica en ramas como la agricultura brinda soporte para aumentar la eficiencia de las tareas a realizar en los cultivos, permite un uso preciso y eficiente de los datos agronómicos de uso manejo actual de los suelos y el agua en el área agrícola.

Con las investigaciones realizadas y la recolección de los datos de todas las áreas productivas correspondientes a estas permite y facilita el uso de la información a la representación de datos espaciales garantizando una mayor eficiencia en los procesos de gestión y uso de los recursos reales con lo q cuenta la entidad

La creación del sistema de información geográfico en la UBPC Ceiba Mocha proporciona grandes beneficios ya sea para la administración, personal que labora, estudiantes y profesores q realizan trabajos investigativos pueden acceder de manera organizada a todas las áreas perteneciente y obtener acceso a la BD desde un dispositivo electrónico, garantizando los datos reales ya sean uso del suelo, rotaciones de cultivos y sistemas de riegos empleados en cada área perteneciente.

6. RECOMENDACIONES

Delimitar la UBPC Ceiba Mocha por colectivos laborales ya que tiene sus áreas muy dispersas.

Capacitar al personal de la UBPC Ceiba Mocha para la utilización software libre QGIS para el uso del SIG creado.

La Reparación de las máquinas de pivote central e incorporación de un sistema de riego en las áreas en secano.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aggarwal, S. 2004. Principles of remote sensing. In: Sivakumar MVK, editor. Satellite remote sensing and GIS applications in agricultural meteorology: World Meteorological Organisation. p. 23-38.

Antúnez, A. 2019. La agricultura de precisión en la empresa agraria de Cuba. Publicado en revista Perspectivas Rurales. 17 (33): 153-176.

Area, M. 2002. Tema 1: Sociedad de la información, tecnologías digitales y educación. Universidad de La Laguna.p. 1-14.

Boix, G.; Olivella, R. y Sitjar, J. 2009. Los Sistemas de Información Geográfica en las aulas de educación secundaria. GEOSIG, [en línea]. Disponible en https://docs.wixstatic.com/uqd/79758e_08bb9584db7f4fe79dab60f6930d4162.pdf [consulta: 30 de octubre 2022].

Bongiovanni, R.; Chartuni, E.; Best, S. y Roel, A. 2006. Agricultura De Precisión: Integrando conocimientos para una agricultura moderna y sustentable. p. 205.

Castaño, J. P. 2006. Agricultura de Precisión. Suplemento tecnológico INIA. [En línea]. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/5749/1/Suplemento-tecnologico-2006.pdf> [consulta: 11 de noviembre 2022].

Ferreira, M. L. 2019. Sistema de información geográfica (SIG) aplicado a la agricultura de precisión. Revista Científica Multidisciplinaria Núcleo De Conhecimento.p.15-23.

Flores, L. E. y Mariño, S. I. 2019. Revisión sistemática de literatura: explotación de información y tecnologías GIS aplicadas para hallar patrones delictivos. Revista Entorno.p.30-41.

García, D.; Cervigón, D. y José, J. 2015. Estudio de índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS\RPAS y aplicaciones de éstos a

la agricultura de precisión. Tesis en opción al título de Máster en Tecnología de la Información Geográfica. Universidad Complutense de Madrid. España.

Giordano, A. and Cole, T. 2018. The limits of GIS: Towards a GIS of place. Transactions in GIS. [En línea]. Disponible en <https://doi.org/10.1111/tgis.12342pdf> [consulta: 15 de septiembre 2022].

Giraldo, E. L.; Giraldo, J. A. y Valderrama, J. A. 2018. Modelo de Simulación de un Sistema Logístico de Distribución como Plataforma Virtual para el Aprendizaje Basado en Problemas. Información Tecnológica. 29(6):185-198.

González, C.; Sepúlveda, J.; Barroso, R.; Fernández, F.; Pérez, F. y Lorenzo, J. 2011. Sistema para la generación automática de mapas de rendimiento. Aplicación en la agricultura de precisión. Idesia. 29(1):59-69.

Gonzalez, R.C. and Woods, R. E. 2002. Digital image processing: Upper Saddle River: Prentice Hall.

González, R. S. 2012. Sistema de Información Geográfica para la Agricultura de Precisión. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero en Electrónica. Universidad Ciencias Informáticas.

ISPAG (International Society of PrecisionAgriculture). 2019. Definición de Agricultura de Precisión, [en línea], Disponible en: www.ispag.org. [Consulta: octubre 25 2022].

Izquierdo, O. B. 2017. Desarrollo de un sistema de información geográfica para el manejo del riego por pivote central en la empresa de cultivos varios “Valle del Yabú”. Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas. Cuba.

Hernández, A. 2019. La clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. Publicado en revista Cultivos Tropicales, 2019, vol. 40, No. 1, a15-e15. INICA.

Hernández, L.; Rodríguez, E.; Martínez, A.; Álvarez, H.;Kharuf, S. y Morales, L. H. 2020. Levantamiento Fotogramétrico de la UBPC “Desembarco del Granma” utilizando aviones no tripulados, solución de bajo costo para la Agricultura Nacional. VII Edición de la Conferencia Científica Internacional sobre Desarrollo

Agropecuaria y Sostenibilidad. Hotel Memories Paraíso Azul, Cayo Santa María Caibarien Cuba.

Landaverde, J. G. 2019. Aplicación de ArcGIS a la agricultura de Precisión. [En línea]. Disponible en <https://telematica.com.pe.pdf> [consulta: 5 de noviembre 2022].

Lapuente, S. C. 2018. Plugin en QGIS para automatizar la completitud semántica vectorial a partir de datos OpenStreetMap. Universidad Oberta De Catalunya. España.

Montes, G. E. 2016. Los Sistemas de Información Geográfica y la educación geográfica actual. [En línea]. Disponible en https://docs.wixstatic.com/ugd/7242a9_0762ebb2d69446bf9f4fff397a189390.pdf [consulta: 20 de noviembre 2022].

Muñoz, R.; Ramírez, Z. y Donestévez, G. 2022. Transformación digital de la agricultura en Cuba: estado y perspectivas. Publicado en Anuario de la Facultad de Ciencias Empresariales de la Universidad Central "Martha Abreu" de Las Villas, Cuba. ISSN 2218-3639, vol 13, 2022.

Olaya, V. 2014. Parte I Los fundamentos. Sistemas de Información Geográfica. España. p. 240-242.

Pérez, J. 2018 Sistema de Información Geográfica para la Agricultura de Precisión en la caña de azúcar en Cuba. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Eléctrico. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.

Río, R. 2021. Sistemas de Información Geográfica. Ingeniería Agrícola, ISSN-2306-1545, E-ISSN-2227-8761. 11(1): 67-74.

Sanderson, R. 2010. Introduction to remote sensing. New Mexico State University. P. 256- 360.

Santillán, O. Rentería, M. E. 2018. Agricultura de Precisión. INCyTU Oficina de información Científica Tecnológica para el Congreso de la Unión. [En línea]. Disponible en <http://www.foroconsultivo.org.mx.pdf> [consulta: 23 de noviembre 2022].

Santos, R. T. and Saraiva, A. 2015. Reference Process for Management Zones Delineation in Precision Agriculture. IEEE Latin America Transactions. 13(3):727-738.

Schiaffino, G. 2019. Modernización del campo y empresas de agricultura de precisión en el área concentrada de Argentina. p. 323.

Sciforce, N. 2019. Smart Farming, or the Future of Agriculture. [En línea]. Disponible en <https://medium.com/sciforce/smart-farming-or-the-future-of-agriculture-359f0089df69> [consulta: 20 de octubre 2022].

Segui, G.G. 2019. Integración de satélites a 5G y su aplicación para el sector tabacalero en Cuba. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Eléctrico. Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”, La Habana.

Silva, L., 2004. Agricultura de precisión en el sur de la Habana. [En línea]. Disponible en <http://www.radioreloj.cu/economia1/eco24-5-04.html> [consulta: 25 de octubre 2022].

Sona, G.; Passoni, D.; Pinto, L.; Pagliari, D.; Masseroni, D. and Ortuani, B. 2016. UAV multispectral survey to map soil and crop for precision farming applications. The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. p. 41.

Torres, A. R. 2005. Sistema de Información Geográfica de la UCI basado en tecnología Open Source. Trabajo de Diploma en opción al título de ingeniero en Ciencias Informática. Universidad de las Ciencias Informáticas.

Torres, J.; Peña, J.; Gómez, D.; De Castro, A. and López, F. 2013. Imagery from unmanned aerial vehicles for early site specific weed management. Precision agriculture'13. p. 193-199.

Vázquez, A. 2004. La agricultura de precisión se extiende en Cuba, El habanero. [En línea]. Disponible en http://www.elhabanero.cubaweb.cu/2004/septiembre/nro1068_04sep/cienc_04ago282.html [consulta: 18 de septiembre 2022].

Zambrano, R.R. 2008. Sistemas Gestores de Base de Datos. Revista Digital: Innovación y Experiencias Educativas. p. 14.

Zavala, G. y Rodríguez, J. 2021 Desarrollo de un complemento de código abierto en PyQGIS para la automatización del análisis de imágenes multiespectrales aéreas destinadas a la agricultura de precisión. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniería En Sistemas Computacionales. Universidad De Guayaquil. Ecuador.

ANEXOS

Anexo1. Clasificador De Usos De La Tierra a Emplear En El Proyecto “BCE Máquinas De Riego De Pivote Central”.

TIPOSUP	TIPOUSO	ESPUSO	NOMBRE	TIPOSUP	TIPOUSO	ESPUSO	NOMBRE
20	01	00	Caña de azúcar	20	09	00	Cultivos varios
20	01	99	Viveros y Semilleros de Caña de azúcar	20	09	01	Yuca
20	01	XX	Caña de azúcar	20	09	02	Bonato
20	02	00	Cítrico	20	09	03	Malanga
20	02	01	Limon	20	09	04	Maiz
20	02	02	Toronja	20	09	05	Frijoles
20	02	03	Mandarina	20	09	06	Pepino
20	02	04	Naranja	20	09	07	Ñame
20	02	05	Lima	20	09	08	Garbanzo
20	02	99	Viveros y Semilleros de Cítricos	20	09	09	Mani
20	02	XX	Cítrico	20	09	10	Ajonjolí
20	03	00	Café	20	09	11	Ajo
20	03	99	Viveros y Semilleros de Café	20	09	12	Cebolla
20	03	XX	Café	20	09	13	Ají
20	04	00	Cacao	20	09	14	Col
20	04	99	Viveros y Semilleros de Cacao	20	09	15	Lechuga
20	04	XX	Cacao	20	09	16	Habichuela
20	05	00	Henequén	20	09	17	Remolacha
20	05	50	Kenaf	20	09	18	Calabaza
20	05	99	Viveros y Semilleros de Henequén y Kenaf	20	09	99	Viveros y Semilleros de Cultivos Varios
20	05	XX	Henequén y Kenaf	20	09	XX	Cultivos varios
20	06	00	Arroz	20	10	00	Otros cultivos temporales
20	06	99	Viveros y Semilleros de Arroz	20	10	XX	Otros cultivos temporales
20	06	XX	Arroz	20	11	00	Pastos naturales
20	07	00	Tabaco	20	11	XX	Pastos naturales
20	07	99	Viveros y Semilleros de Tabaco	20	12	00	Pastos y forrajes cultivados
20	07	XX	Tabaco	20	12	70	Forrajes temporales
20	08	00	Frutales	20	12	XX	Pastos y forrajes cultivados
20	08	80	Plátano	20	13	00	Otros cultivos permanentes
20	08	80	Plátano	20	13	XX	Otros cultivos permanentes
20	08	81	Agusate	20	14	00	Superficie ociosa
20	08	82	Mango	20	14	XX	Superficie ociosa
20	08	83	Guayaba	20	XX	XX	SUPERFICIE AGRÍCOLA
20	08	84	Mamey				
20	08	85	Frutabomba				
20	08	86	Coco				
20	08	87	Piña				
20	08	99	Viveros y Semilleros de Frutales y Plátano				
20	08	XX	Frutales y Plátano				

21	00	00	Producción pecuaria
21	00	XX	Producción pecuaria
21	01	00	Vaquerías
21	01	01	Centro de inseminación artificial
21	01	XX	Granja vacuna
21	02	00	Granja bufalina
21	02	XX	Granja bufalina
21	03	00	Granja equina
21	03	01	Establos
21	03	02	Pastoreos
21	03	XX	Granja equina
21	04	00	Granja porcina
21	04	01	Cochiqueras
21	04	XX	Granja porcina
21	05	00	Granja ovino caprina
21	05	XX	Granja ovino caprina
21	06	00	Granja avícola
21	06	XX	Granja avícola
21	07	00	Granja cunicola
21	07	XX	Granja cunicola
21	08	00	Granja apícola
21	08	XX	Granja apícola
21	09	00	Centro de recría de peces
21	09	XX	Centro de recría de peces
21	10	00	Centro de camaricultura
21	10	XX	Centro de camaricultura
21	11	00	Anguileras
21	11	XX	Anguileras
21	12	00	Otras instalaciones pecuarias
21	12	XX	Otras instalaciones pecuarias
21	XX	XX	SUPERFICIE DE PRODUCCIÓN PECUARIA
22	00	00	Apoyo a la producción agropecuaria
22	00	XX	Apoyo a la producción agropecuaria
22	30	00	Apoyo a la producción silvícola
22	30	XX	Apoyo a la producción silvícola
22	XX	XX	SUPERFICIE DE APOYO A LA PROD. AGROF
23	00	00	Bosques naturales
23	00	XX	Bosques naturales
23	01	00	Coníferas
23	01	50	Latifolias
23	01	XX	Bosques artificiales
23	02	00	Desforestada
23	02	XX	Desforestada
23	03	00	Bosques mixtos
23	03	XX	Bosques mixtos
23	04	00	Mangles
23	04	XX	Mangles
23	XX	XX	SUPERFICIE FORESTAL
24	00	00	Hídricas naturales
24	00	01	Lagunas
24	00	02	Ríos
24	00	03	Arroyos
24	00	04	Cañadas
24	00	05	Ciénagas
24	00	06	Pantanos transitables
24	00	07	Pantanos no transitables
24	00	08	Turbas
24	00	XX	Hídricas naturales
24	01	00	Embalses y microembalses
24	01	XX	Embalses y microembalses
24	02	00	Canales
24	02	XX	Canales
24	03	00	Estanques
24	03	XX	Estanques
24	04	00	Fuentes de abasto
24	04	XX	Fuentes de abasto
24	XX	XX	SUPERFICIE ACUOSA

26	00	00	Autopistas	26	04	XX	Otras instalaciones del transporte
26	00	XX	Autopistas	26	05	01	Avenidas
26	01	00	Carreteras	26	05	02	Calles principales
26	01	XX	Carreteras	26	05	03	Calles secundarias
26	02	00	Vías de interés específico	26	05	04	Calle escalonada
26	02	XX	Vías de interés específico	26	05	05	Viales peatonales
26	03	10	FFCC Públicos	26	05	06	Caminos
26	03	20	FFCC Cañeros	26	05	07	Terraplén
26	03	30	FFCC Industrial	26	05	08	Pedraplén
26	03	XX	Ferrocarriles	26	05	XX	Vías urbanas
26	04	00	Otras instalaciones del transporte	26	XX	XX	SUPERFICIE DE INSTALACIONES DEL TRAN
26	04	01	Parqueo público	28	00	00	Área no apta
26	04	02	Parqueo de organismos	28	00	XX	Área no apta
26	04	03	Servicentro	28	05	00	Herbazal de Ciénaga
26	04	04	Terminal de ómnibus urbanos	28	05	XX	Herbazal de ciénaga
26	04	05	Terminal de ómnibus intermunicipal	28	06	00	Diente de perro
26	04	06	Terminal de ómnibus interprovincial	28	06	XX	Diente de perro
26	04	07	Terminal de ómnibus rural	28	XX	XX	SUPERFICIE NO APTA
26	04	08	Casetas de paradas de ómnibus				
26	04	09	Base de ómnibus				
26	04	10	Base de taxis				
26	04	11	Base de camiones				
26	04	12	Estación ferroviaria				
26	04	13	Otra instalación ferroviaria				
26	04	14	Patio de trenes				
26	04	15	Espigón				
26	04	16	Muelle				
26	04	17	Campo de boyas				
26	04	18	Pina de atraque				
26	04	19	Faro				
26	04	20	Taller rep./mtto. de equipos automotores				
26	04	21	Taller rep./mtto. de equipos ferroviarios				
26	04	22	Taller rep./mtto. de barcos				
26	04	23	Aeropuerto internacional				
26	04	24	Aeropuerto nacional				
26	04	25	Aeropuerto agrícola				
26	04	26	Puente				
26	04	27	Alcantarilla				
26	04	28	Túnel				