



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA TECNOLOGÍA EN COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA**

**MONOGRAFÍA**

**ESTUDIO SOBRE EL MAPEO DIGITAL DEL SUELO  
COMO HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA  
EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE CULTIVOS  
AGRÍCOLAS**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN  
INGENIERÍA DE SOFTWARE**

**AUTORA  
MENDOZA VACACELA MARIA ELIZABETH**

**EL TRIUNFO – ECUADOR**

**2021**



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA TECNOLOGÍA EN COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA**

**ESTUDIO SOBRE EL MAPEO DIGITAL DEL SUELO  
COMO HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA  
EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE CULTIVOS  
AGRÍCOLAS**

**MONOGRAFÍA**

Trabajo de titulación presentado como requisito para la  
Obtención del título de:  
**TECNÓLOGA EN COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA**

**AUTORA  
MENDOZA VACACELA MARIA ELIZABETH**

**TUTOR  
ING. JULIO ALVARADO ZABALA, MSc.**

**TRIUNFO – ECUADOR**

**2021**



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CARRERA TECNOLOGÍA EN COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA**

**Aprobación del tutor**

Yo, JULIO ALVARADO, MSc. Docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: ESTUDIO SOBRE EL MAPEO DIGITAL DEL SUELO COMO HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO DE CULTIVOS AGRÍCOLAS, realizado por la estudiante MENDOZA VACACELA MARIA ELIZABETH; con cédula de identidad N. 060558721-1 de la carrera TECNOLOGÍA EN COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA, Unidad Académica Programa Regional de Enseñanza El Triunfo, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. JULIO ALVARADO, MSc.  
**DOCENTE GUÍA**

El Triunfo,



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA TECNOLOGÍA EN COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA**

**Aprobación del tribunal de sustentación**

Los abajo firmantes, docentes miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la sustentación del trabajo de titulación: ESTUDIO SOBRE EL MAPEO DIGITAL DEL SUELO COMO HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO DE CULTIVOS AGRÍCOLAS realizado por la estudiante MARÍA ELIZABETH MENDOZA VACACELA, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

ING. TERESA SAMANIEGO COBO, MSC.

ING. JULIO ALVARADO ZABALA, MSC.

ING. PATRICIA CHÁVEZ GRANIZO, MSC.

## **Dedicatoria**

El presente trabajo monográfico va dedicado a Dios y a mis padres quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre. Asimismo, agradezco infinitamente a mis Hermanos que con sus palabras me hacían sentir orgulloso de lo que soy. Ojalá algún día yo me convierta en su fuerza para que puedan seguir avanzando en su camino además agradezco a mis amigos y docentes por su ayuda, me motiva cada día y quienes me da fuerzas de seguir adelante.

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por guiarme en mi camino y por permitirme concluir con mi objetivo además por darme las fuerzas necesarias para superar obstáculos y dificultades a lo largo de mi vida a mis padres en especial quienes siempre estuvieron apoyándome.

Al Ing., MSc. Jacobo Bucaram Ortiz, PhD., Rector Creador y Fundador de la Universidad Agraria del Ecuador.

Al Ing., MSc. Martha Bucaram Leverone, PhD., Rectora de la Universidad Agraria Del Ecuador.

Al Ing., Javier Del Cioppo Morstadt, PhD. Vicerrector de la Universidad Agraria del Ecuador y los Programas Regionales de Enseñanza.

A la Dra. Emma Jácome Murillo, MSc., Decana de la Facultad de Ciencias Agraria de la Universidad Agraria Del Ecuador.

A la Ing., MSc. Mariela Carrera Maridueña, PhD. Coordinadora del Programa Regional de Enseñanza El Triunfo.

Al Ing., Julio Alvarado, MSc. Tutor de la monografía y profesor de la Universidad Agraria del Ecuador.

De igual forma a mi familia en general, por compartir conmigo buenos y malos momentos, además a las personas que me han extendido su mano cuando más lo necesitaba.

### Autorización de autoría intelectual

Yo, María Elizabeth Mendoza Vacacela, en calidad de autora del proyecto "ESTUDIO SOBRE EL MAPEO DIGITAL DEL SUELO COMO HERRAMIENTA INFORMÁTICA PARA LA EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE CULTIVOS AGRÍCOLAS" para optar el título de **TECNÓLOGA EN COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA**, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autora me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

El Triunfo,



MARÍA ELIZABETH MENDOZA VACACELA

C.I. 060558721-1

El Triunfo,

## Índice

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| Portada 1                                       |                                      |
| Aprobación del tutor .....                      | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Aprobación del tribunal de sustentación.....    | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Dedicatoria .....                               | 5                                    |
| Agradecimiento .....                            | 6                                    |
| Autorización de autoría intelectual .....       | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Índice .....                                    | 7                                    |
| Índice de tablas .....                          | 12                                   |
| Índice de figuras .....                         | 13                                   |
| Resumen .....                                   | 14                                   |
| Abstract .....                                  | 15                                   |
| 1. Introducción.....                            | 16                                   |
| 1.1 Importancia o caracterización del tema..... | 16                                   |
| 1.2 Actualidad del tema .....                   | 17                                   |
| 1.3 Novedad científica del tema .....           | 18                                   |
| 1.4 Justificación del tema .....                | 19                                   |
| 1.5 Objetivos .....                             | 20                                   |
| 1.5.1 Objetivo general .....                    | 20                                   |
| 1.5.2 Objetivos específicos.....                | 20                                   |
| 2. Aspectos metodológicos.....                  | 21                                   |
| 2.1 Materiales.....                             | 21                                   |
| 2.1.1 Recursos bibliográficos .....             | 21                                   |
| 2.1.2 Materiales y equipos.....                 | 21                                   |



|  |    |
|--|----|
| 2.1.3 Recursos humanos .....   | 22 |
| 2.2 Métodos.....   | 22 |
| 2.2.1 Modalidad y tipo de investigación.....   | 22 |
| 2.2.2 Tipos de métodos .....   | 22 |
| 2.2.2.1 Método bibliográfico .....   | 22 |
| 2.2.2.2 Método inductivo .....   | 23 |
| 2.2.2.3 Método deductivo .....   | 23 |
| 2.2.2.4 Método analítico .....   | 23 |
| 2.2.2.5 Método sintético .....   | 23 |
| 2.2.3 Técnicas .....   | 24 |
| 2.3 Marco legal.....   | 24 |
| 3. Análisis y revisión de la literatura .....  | 26 |
| 3.1 Modo de obtención del mapeo digital. Características relevantes y detalles de su aplicación..... | 26 |
| 3.1.1 Tecnología informáticas relacionadas con la digitalización de imágenes....                     | 26 |
| 3.1.1.1 Cartografía digital .....  | 26 |
| 3.1.1.2 Fotografía .....   | 27 |
| 3.1.1.3 Fotogrametría .....  | 28 |
| 3.1.1.3.1 Fotogrametría terrestre.....   | 28 |
| 3.1.1.3.2 Fotogrametría aérea.....   | 29 |
| 3.1.1.4 Batimetría .....   | 30 |
| 3.1.1.5 Radiología digital.....  | 31 |
| 3.1.1.6 Ortofotomapa .....   | 33 |
| 3.1.1.7 Drone.....   | 34 |
| 3.1.2 Características de tecnología del mapeo digital .....  | 35 |

|   |    |
|---|----|
| 3.1.2.1 Cartografía Digital .....   | 35 |
| 3.1.2.2 Drone.....  | 36 |
| 3.1.3 Aplicación de la tecnología de mapeo digital.....   | 37 |
| 3.1.3.1 GPS.....  | 37 |
| 3.1.3.2 Google Maps .....   | 39 |
| 3.1.3.3 Bing Maps .....   | 40 |
| 3.1.3.4 OpenStreetMap .....   | 41 |
| 3.1.3.5 Google Earth .....  | 41 |
| 3.1.4 Obtención del mapeo digital .....   | 42 |
| 3.1.4.1 Herramientas de hardware para mapeo digital.....  | 42 |
| 3.1.4.2 Herramientas de software para el mapeo digital .....  | 43 |
| 3.1.4.2.1 Mide Mapas.....   | 43 |
| 3.1.4.2.2 App del IVIA .....  | 44 |
| 3.1.4.2.2 CultivAPP .....   | 45 |
| 3.2 Técnicas para el procesamiento de información para mapeo digital de suelos,<br>diagnóstico y evaluación de cultivos ..... | 47 |
| 3.2.1 Medición de las propiedades del suelo través del uso de equipo de<br>conductividad eléctrica .....                      | 47 |
| 3.2.1.1 Usos de los Mapas de CE del Suelo.....  | 48 |
| 3.2.1.2 Equipo para medir la actividad eléctrica del suelo.....   | 49 |
| 3.2.1.2.1 HANNA Instruments (HI) .....  | 49 |
| 3.2.1.3 Modelos de equipo de conductividad eléctrica .....  | 50 |
| 3.2.2 Medición espacial de materia orgánica de suelos .....   | 50 |
| 3.2.2.1 Veris OpticMapper.....  | 52 |
| 3.2.2.2 Topsoil Mapper.....   | 52 |

|  |    |
|--|----|
| 3.2.2.2.1 <i>Topsoil Data Analyzer</i> .....   | 53 |
| 3.2.3 Sensores de reflectometría en el dominio del tiempo.....   | 54 |
| 3.2.3.1 <i>Lisímetros</i> .....  | 55 |
| 3.2.3.2 <i>Tensiómetros</i> .....  | 56 |
| 3.2.3.3 <i>Aspersor de neutrones</i> .....   | 57 |
| 3.2.3.4 <i>Drones con alta resolución espacial y frecuencia temporal</i> .....   | 58 |
| 3.3 Herramientas de hardware y software para la realización de diagnóstico y evaluación de mapeo digital de cultivos ..... | 59 |
| 3.3.1 Hardware para la realización de diagnóstico y evaluación de mapeo digital de cultivos                                | 59 |
| 3.3.1.1 <i>Drones para diagnosticar el suelo</i> .....   | 59 |
| 3.3.1.2 <i>La consola de la familia X</i> .....  | 60 |
| 3.3.1.3 <i>Raspberry Pi y Arduino</i> .....  | 61 |
| 3.3.2 Herramientas de software para la realización de diagnóstico y evaluación de mapeo digital de cultivos .....          | 62 |
| 3.3.2.1 <i>Modular del DSSAT</i> .....   | 62 |
| 3.3.2.2 <i>Modelo APSIM</i> .....  | 63 |
| 3.3.2.3 <i>Software embebido o incorporado</i> .....   | 63 |
| 3.3.2.4 <i>Agri Precisión</i> .....  | 64 |
| 4. Conclusiones.....   | 66 |
| 5. Recomendaciones.....  | 68 |
| 6. Bibliografía .....  | 69 |
| 7. Glosario .....  | 82 |
| 8. Anexos .....  | 84 |

## Índice de tablas

**Tabla 1.** Tipos de drones: Ventajas de la plataforma más utilizada..... 84

**Tabla 2.** Tipos de conductibilidad eléctrica ..... 85

## Índice de figuras

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1.</b> Sistema EM38.....                                 | 86 |
| <b>Figura 2.</b> HANNA Instruments (HI) un equipo (HI993310) ..... | 86 |
| <b>Figura 3.</b> Drones.....                                       | 87 |

## **Resumen**

El mapeo digital del suelo representa información espacial almacenada en el ordenador. Es el almacenamiento de información espacial como dibujos electrónicos hechos a base de elementos gráficos sencillos (líneas, puntos, círculos, etc.). Este trabajo de modalidad monográfica, se basa sobre el mapeo digital de suelo como herramienta informática con el objetivo de analizar la tecnología utilizada en el Mapeo Digital de suelo, orientado a la evaluación y diagnóstico de los cultivos agrícolas con el objetivo de mejorar el rendimiento de dichos cultivos. El trabajo se desarrolló empleando los métodos bibliográficos, inductivos, deductivos, analítico, sintético, para lograr la sistematización de la investigación. Se espera destacar en el trabajo la forma en cómo la tecnología ofrece a las organizaciones una oportunidad de desarrollo, expansión y diversificación como respuesta al mercado en constante cambio. Por ello resulta fundamental integrarla a los procesos para que minimicen los riesgos y mejoren su productividad y competitividad.

**Palabras claves:** Base de Datos, DEM, Mapeo Digital.

## **Abstract**

The digital mapping of the floor represents spatial information stored in the computer. It is the storage of spatial information as electronic drawings made with simple graphic elements (lines, points, circles, etc.). This monographic modality work is based on the digital mapping of soil as a computer tool with the objective of analyzing the technology used in the Digital Mapping of soil, oriented to the evaluation and diagnosis of agricultural crops in order to improve the yield of said crops. The work will be developed using the bibliographic, inductive, deductive, analytical, and synthetic methods to achieve the systematization of the research. It is expected to highlight in the work the way in which technology offers organizations an opportunity for development, expansion and diversification in response to the market in constant change. Therefore, it is essential to integrate it into processes so that they minimize risks and improve their productivity and competitiveness.

**Keywords:** Database, DEM, Digital Mapping.

## **1. Introducción**

### **1.1 Importancia o caracterización del tema**

En la actualidad los sistemas de información se han vuelto parte importante y fundamental para la operación y trabajo en cualquier organización de diferente índole, tanto así que dejar de prescindir de ellos generaría falta de competitividad en dichas organizaciones. Las organizaciones que pertenecen al sector agrícola no se alejan de esta realidad, pues los sistemas informáticos aportan al control de procesos administrativos, de la producción y también la comercialización de productos o servicios que estas ofrecen. No solo esto, sino que también en la actualidad se conocen diversos sistemas que ayudan en las actividades y tareas mantenimiento, diagnóstico de cultivo e incluso sistemas que permiten conocer las propiedades y características del suelo para evaluar qué tipo de cultivo sería el más adecuado implementar.

Hablando sobre los sistemas para el Mapeo Digital de Suelos, en algunos países de Latinoamérica se están gestionando nuevos conocimientos que permiten implementar algoritmo complicado y procesar bases de datos conocido como Mapeo Digital de Suelos, llamados también por sus siglas MDS o DSM, que traducido al inglés sería Digital SoilMapping, que son sistemas que permiten el monitoreo del suelo con precisión, siendo una herramienta útil inclusive para toda la sociedad, cumpliendo las funciones eco sistemáticas.

La tecnología Digital SoilMapping, ofrece datos a todo tipo de organizaciones orientadas a la agricultura una oportunidad de desarrollo, expansión y diversificación del suelos, colectados en las últimas décadas, implementando información de alta resolución de diagnóstico de cultivo que constituye el soporte



técnico de toma de decisiones de las causas de la variabilidad, por medio de estos sistemas cada variable estará localizada y de esta forma se tiene la posibilidad de estudiarlo y observar los resultados.

Además, algunos estudios referidos al mapeo digital del suelo demuestran que, se puede verificar diferentes valores de nutrientes presentes del suelo, desarrollando modelos estadísticos los cuales son utilizados posteriormente por técnicos y productores, para que puedan estimar en base a las demandas del cultivo las dosis más precisas de fertilizante o acciones que se requieren para obtener mejores rendimientos.

## **1.2 Actualidad del tema**

En la actualidad un reciente informe del periodismo Litoral 100 años, reveló que el Ministerio de Agroindustria de Argentina presenta 22 provincias que desarrollan una plataforma digital para el mapeo de suelo, que benefician a los productores, agropecuarios y sectores agroindustria. Estos datos sirven como referencia para descartar la importancia del mapeo digital del suelo que se encuentra disponible en la web del organismo (Vargas, 2021).

En Ecuador el análisis de los suelos se realiza utilizando poca tecnología, es decir basan este proceso mediante la implementación de GPS (Sistema de Posicionamiento Global; en inglés, Global Positioning System), bases de datos, pero muy poco se utiliza los sistemas de mapeo digital, esto causa que muchos agricultores no tomen las correctas decisiones con referencias a la implementación de sus cultivos al no contar con datos que les permitan evaluar las características de los suelos donde estos cultivan.

Es por esto que es de suma importancia conocer acerca de la tecnología de Mapeo Digital de suelo, pues gracias a la información que estos sistemas ofrecerían se podría aprovechar de mejor manera los recursos naturales.

### **1.3 Novedad científica del tema**

Los sistemas de planificación de recursos empresariales, nos brindan un servicio a nivel global con operaciones de producción y aspectos de distribución en muchas compañías, la cual permite adaptarnos a las necesidades de englobar todos los datos referentes a la totalidad de la cadena de producción de las empresas con el fin de brindar información confiable en tiempo real. De esta manera, debido a que las empresas tratan de hallar nuevas formas y mejoras en sus procesos, las empresas del sector agrícola puedan aprovechar las tecnologías del Mapeo Digital siendo estas unas herramientas importantes en el momento de facilitar y brindar eficiencia (Galarza, 2019).

En los cultivos utilizan aparatos resistentes para la recolección de datos con GPS a fin de determinar el posicionamiento exacto de infestaciones de plagas, insectos y malezas. Las zonas del cultivo con problemas de plagas pueden identificarse con precisión y reflejarse en mapas para futuras decisiones de manejo y recomendaciones sobre insumos. Las avionetas de fumigación con el GPS puedan hacer pases exactos sobre los campos aplicando los productos para tomar decisiones de técnicas o determinar las causas de la viabilidad con la finalidad de observar el resultado obtenido y estimar los valores de nutrientes presentes en el suelo (Lucas, 2018).

#### **1.4 Justificación del tema**

El mapeo digital del suelo es importante porque contribuyen en gran medida tanto a la economía como a la sociedad, por lo que se considera de suma importancia a pesar de la gran difusión de los conceptos relacionados con el sector agrícola. Existe mucha información disponible en español en cuanto a las metodologías para implementarlos. Para tomar decisiones de técnicas o determinar las causas de la viabilidad observan los resultados obtenidos y estimar los valores de nutrientes presentes en el suelo.

El sector agrícola actualmente se caracteriza por una proporción de cultivos que permitirían mejorar aún más la producción. Es relevante incrementar los esfuerzos puestos en el cultivo para la productividad y calidad, generalizadas a la amplia superficie de siembra, producirían un alto impacto como resultado de una mayor eficiencia y productividad a la siembra de otros cultivos. Es necesario también mejorar la competitividad en otros cultivos donde la aplicación de manejos apropiados y eficientes de los insumos y recursos además contribuiría a mejorar la sustentabilidad de los sistemas. Así mismo, promover los sistemas diversificados a otros rubros del sector agro productivo, aumentando la generación de valor en origen y posibilitando el desarrollo regional inclusivo. Mediante esta investigación se pretende elaborar una información que beneficie a los productores sobre el uso del mapeo digital para diagnosticar el suelo y fomentar la producción agrícola, ya que esta actividad constituye la base de la economía.

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo general**

Análisis sobre la tecnología utilizada en el Mapeo Digital de suelo, orientado a la evaluación y diagnóstico de los cultivos agrícolas con el objetivo de mejorar el rendimiento.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

Describir la utilidad y modo de obtención de mapeo digital de los cultivos, enunciando características relevantes de la tecnología, para conocer detalles de su aplicación.

Conocer las técnicas para el procesamiento de información que se utilizan en el mapeo digital de suelos que pueden ser utilizadas también para el diagnóstico y evaluación de cultivos

Indicar las herramientas de hardware y software disponibles localmente para la realización de diagnóstico y evaluación de mapeo digital de cultivos.

## **2. Aspectos metodológicos**

### **2.1 Materiales**

#### **2.1.1 Recursos bibliográficos**

La presente investigación se caracteriza como un trabajo de tipo bibliográfico o monografía documental, pues se consultó la información en diferentes medios de información como:

- Revistas científicas.
- Libros de textos especializados.
- Folletos.
- Artículos científicos relacionados al tema propuesto.
- Páginas web de sitios especializados en el tema de la monografía.
- Repositorios documentales de otras instituciones o centros de investigación que aborden temas de ingeniería para desarrollo del software.

#### **2.1.2 Materiales y equipos**

Para la elaboración de este trabajo investigativo se utilizararon diferentes equipos y materiales como:

- Sistema operativo Windows 7.
- Microsoft Office 2010.
- Navegador Google Chrome.
- Computadora portátil.
- Impresora.
- Pendrive.
- Papelería A4.

### **2.1.3 Recursos humanos**

- El estudiante proponente de la investigación
- El docente tutor, quien colaboró con las sugerencias y observaciones referentes al estudio planteado.
- La inclusión de otros expertos conocedores del tema.

## **2.2 Métodos**

### **2.2.1 Modalidad y tipo de investigación**

El presente proyecto de investigación es de modalidad monográfica, de tipo compilación bibliográfica, pues a partir del tema: “Estudio sobre técnicas y herramientas informáticas para la evolución del mapeo digital del suelo en el diagnóstico de cultivos y con fines de producción”, se analizó y redactó una presentación descriptiva y crítica de la información que hay al respecto. Se presentan los diferentes puntos de vista de manera exhaustiva para luego poder realizar la opinión personal.

### **2.2.2 Tipos de métodos**

#### ***2.2.2.1 Método bibliográfico***

Siendo uno de los más importantes e imprescindibles métodos, porque éste ayudó en la recopilación de información importante para el trabajo de investigación, gracias a los cual se pudo documentar las aportaciones de conocedores y expertos acerca de técnicas y herramientas informáticas para la evaluación del Mapeo Digital del Suelo en el diagnóstico de cultivos y con fines de producción.

#### **2.2.2.2 Método inductivo**

Es aquel método que obtiene conclusiones generales a partir de premisas particulares. Este método ayudó para la formalización de conclusiones en la realización del proyecto, tomando como referencia los indicios más relevantes que se relacionan con el Mapeo Digital del Suelo.

#### **2.2.2.3 Método deductivo**

Este método permitió realizar un análisis profundo con respecto a todas las temáticas generales para comprender la finalidad del estudio sobre la tecnología de implementar los sistemas para el Mapeo Digital de Suelo.

#### **2.2.2.4 Método analítico**

Permitió, dentro de la investigación, la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los hechos del objeto de estudio. En consecuencia, para la monografía el método analítico permitió a partir de las consultas, libros, revistas y fuentes de información rescatar los aportes científicos teóricos de los expertos, los mismos que sirvieron para comprender el uso de mapeo digital del suelo.

#### **2.2.2.5 Método sintético**

Gracias a este método se tuvo la posibilidad de, una vez analizada la información pertinente al estudio, razonar y construir el conocimiento teniendo en cuenta la comprensión cabal y verdadera sobre el mapeo digital del suelo.

### **2.2.3 Técnicas**

Con el motivo de contar con técnicas e instrumentos que ayuden a los métodos para que de forma ordenada, racional y pensativa poder acceder al conocimiento; el presente trabajo monográfico utilizó la técnica documental, pues esta técnica se basa en la recopilación de información para indicar las teorías que sustentan el estudio de los procesos. Ello ayudó a elaborar un marco teórico conceptual para formar un cuerpo de ideas sobre el tema de estudio. La recopilación de información tuvo como fuentes primarias de investigación: libros, revistas, artículos científicos, informes técnicos, repositorios, tesis.

### **2.3 Marco legal**

El sustento legal del proyecto de monografía presentado se lo toma de la Constitución de la República del Ecuador, el Plan Nacional de Desarrollo (2017), así como de los objetivos relacionados al Plan del Cambio de la Matriz Productiva y la Ley del Fomento de la Producción, normas de las cuales se presentan los siguientes articulados que ofrecen el fundamento legal del presente proyecto.

La Carta Magna vigente desde el 2008, en el artículo 320, sobre la producción de productos, bienes y servicios generados manifiesta que “la producción, en cualquiera de sus formas, se sujetará a principios y normas de calidad; sostenibilidad; productividad sistémica; valoración del trabajo; y eficiencia económica y social” (Constitución Política del Ecuador, 2008)

El cambio de la matriz productiva tiene como objetivo general obtener, a través de la producción de conocimiento, la innovación tecnológica y el desarrollo de la economía ecuatoriana, en donde la industria local destaque en el ámbito internacional por su calidad de producción gracias a la implementación del valor



agregado, ya sea en productos o servicios. Así se lo manifiesta en el Objetivo 5 que trata sobre impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria, de dicho plan que indica: “El llamado es a consolidar el cambio hacia una estructura productiva sofisticada y diversa, con actividades de mayor valor agregado e intensidad tecnológica...” (Plan Nacional de Desarrollo, 2017)

En el mismo objetivo 5, se manifiesta también la importancia de la generación y producción basada en el recurso del conocimiento, fomentando el intelecto y destacando el aporte del talento humano en la producción de dicho conocimiento:

También se debe consolidar una economía basada en la generación del conocimiento, lo que implica invertir en el talento humano y fortalecer la educación técnica y tecnológica vinculada con los procesos de desarrollo, para concretar, así, la innovación y el emprendimiento. Se buscará desarrollar políticas públicas que fomenten la creatividad y permitan a los creadores participar en los mercados nacionales e internacionales, para lograr la apertura de mercados para los bienes y servicios culturales (Plan Nacional de Desarrollo, 2017, pág. 185).

Se cita además la Ley de Fomento de la Producción que, en el artículo, literal t, indica que es obligación del estado: “Fomentar y apoyar la investigación industrial y científica, así como la innovación y transferencia tecnológica” (Ley de Fomento de la Producción, 2015).

### **3. Análisis y revisión de la literatura**

#### **3.1 Modo de obtención del mapeo digital. Características relevantes y detalles de su aplicación**

##### **3.1.1 Tecnología informáticas relacionadas con la digitalización de imágenes**

###### **3.1.1.1 Cartografía digital**

La cartografía presenta información por medio de impresión y cuyo soporte se utiliza en el papel poliéster, para la utilidad de la cartografía digital dependerá del contexto temático en el que se puede utilizar y trabajar en conjunto, sin embargo, permite la visualización de la imagen sobre el documento, como pueden ser los metadatos (González y Nuño, 2015).

La cartografía digital genera técnicas confiable al definir las unidades geomorfológicas y la distribución espacial de las unidades de suelo, ya que se requiere un gran número de observaciones de campo a nivel de familia taxonómica con el desarrollo de equipos de computación y las tecnologías de sistemas de información geográfica (SIG). Además contribuye a demandar un trabajo intensivo de fotointerpretación el consumo de mapas gracias a Google Mapas y los GPS (Paez, 2017).

El uso de los recursos de la cartografía digital permite que circule el software libre o freeware para la visualización de mapas de distintos formatos para la creación de imagen que son: GvSig, Grass Gis, Leoworks 3.0, Ilwis 3.4, Quamtum Gis 0.11, Kosmo y Saga Gis 1.2, esta herramientas son muy útiles para realizar trabajos de alta calidad y para motivar el aprendizaje además se puede descargar de forma gratuita. Estas herramientas muestran mapas de

forma minuciosa para analizar los tipos y características de la imagen (Restrepo, 2015).

La cartografía utiliza la tecnología informática para la representación gráfica de mapas con el objetivo generar información de datos espaciales o mapas georreferenciados.

### **3.1.1.2 Fotografía**

La fotografía es capaz de reflejar imágenes con más detalle o calidad visual que permite la digitalización de las fotos mediante escáner y el envío de una imagen fotográfica a cualquier parte del mundo usando la fibra óptica, los satélites artificiales y el computador. Además, fue la primera técnica capaz de reflejar sobre el papel la sensación real que percibe el ojo humano. La fotografía fue el arte de fijar y producir por medio de reacciones químicas en superficies convenientemente preparadas, las imágenes obtenidas por una cámara oscura (Rodríguez Á. , 2019).

La fotografía permite observar y teorizar la relación social como dato, ayuda a mejorar los problemas sobre los aspectos menos visibles. Desde los orígenes de su invención ha estado determinada por un contexto mercantil, lo que ha redundado a lo largo de su profesionalización, ha sido concebida sobre bases económicas. El fotógrafo y su cámara pasan a ser un medio para obtener un fin económico a través de las fotos y posibilita profundizar sobre aspectos menos visibles en otros modos de registro de lo observado (Alfaro, 2019).

La fotografía desarrolla un impacto muy importante en la vida cotidiana además es un producto desarrollado por los científicos y tecnológicos. A lo largo de doscientos años se descubrieron los procedimientos fotoquímicos con los que pretendían representar con la ayuda de cámaras. Hoy en día la fotografía

constituye una poderosa herramienta que se han dado para investigar dichas formas o complicaciones que algunas iniciativas que emplean fotografías científicas (Díaz, 2017).

La fotografía aporta aspectos para realizar un trabajo excelente, además un servicio de fotografía aérea está destinado a cubrir las necesidades del cliente en infinidad de sectores, por ejemplo, capturas imposibles, costes más económicos y riesgo.

### **3.1.1.3 Fotogrametría**

#### **3.1.1.3.1 Fotogrametría terrestre**

Fotogramétrica suele generar mapas de orto imágenes, mapas simbólicos, capas SIG o modelos tridimensionales (3D) de escenas u objetos del mundo real. La fotogrametría terrestre es la implementación de métodos fotogramétricos con equipo terrestre. El uso de estas herramientas puede resultar muy práctico en aquellos sitios donde las leyes no permiten el vuelo de drones obtendrá el beneficio de la precisión centimétrica en sus mediciones además se pueden generar otros productos que producen capas SIG vectoriales con entidades como carreteras, edificios, hidrología y otras entidades del terreno (Guimenéz y Avilés, 2014).

La fotogramétrica terrestre genera discontinuidad de mapeo en líneas de exploración que proporciona información más compleja y precisa que permite inspeccionar afloramientos inaccesibles que se utiliza para estimar la precisión de varios modelos 3D además destacar métodos rentables. Fabbri, *et al.* (2018) manifiestan que:

El escaneo láser terrestre (TLS) y las técnicas de fotogrametría 3D se utilizaron en una cueva relativamente pequeña (de 100 m de largo) desarrollada en yeso mesiniano en Emilia-Romagna (norte de Italia). Las

encuestas se llevaron a cabo para comparar los resultados obtenidos por ambos métodos en el mapeo de morfologías pequeñas a medianas. Estas mediciones permitieron reconstruir las etapas de evolución de las morfologías para genéticas (antigravitativas) (canales de techo y colgantes) que tallaron el techo de la cueva, y su relación con la geomorfología local, el relleno de sedimentos, espeleotemas y elementos estructurales (p.1).

La fotogrametría terrestre se encuentra apoyada sobre el terreno que ayuda a los agricultores medir de forma segura sin utilizar drones. Además, que puede alcanzar hasta 300 m de medición que puede generar dos diferentes tipos de cámara: independiente, donde se conoce la relación angular del eje de la cámara, y estermétrico, que puede tener una base fija o variable.

#### **3.1.1.3.2 Fotogrametría aérea**

Normalmente se utilizan fotografías aéreas tomadas por una cámara especial situada en un avión o en un satélite. Las distorsiones de las fotografías se corrigen utilizando un aparato denominado restituidor fotogramétrico que muestra etapas de construcción que nutren la identidad de sus habitantes. Representa no solamente los paisajes de la memoria, sino un material muy valioso de concienciación. Este proyector crea una imagen tridimensional al combinar fotografías superpuestas del mismo terreno tomadas desde ángulos diferentes. Los límites, las carreteras y otros elementos se trazan a partir de esta imagen para obtener una base sobre la cual se realizará el mapa (Mendoza H. , 2016).

La fotografía aérea tiene diferentes funciones para realizar el análisis de la imagen que realiza levantamientos de una zona determinada mediante GPS surgen la necesidad una cartografía de algunos elementos que rodean, para obtener imágenes precisas utilizan fotografía aérea que sea eficaz además permite obtener imágenes digitales del terreno con mayor nivel de detalle en

comparación a métodos de topografía terrestre y fotogrametría tradicional ya que tomas menos tiempo y menor recursos posibles que facilita la toma de decisiones actualizadas (Bello & Martínez, 2015).

La fotogrametría aérea presenta imagen de la superficie terrestre que son obtenidas de las cámaras especiales sobre plataformas aéreas, además son apropiadas para los trabajos de campo a escalas medianas y pequeñas debido a su importante logística y economía. Algunas aplicaciones estudian geomorfológicos relacionados con el proceso del suelo y mapeo a escalas que caen en el orden preciso o a una escala genérica que obtiene la medición perfecta (Soto, 2016).

Las fotografías aéreas permiten determinar una gran cantidad de información e imágenes referente a grandes extensiones de terrenos, distancias horizontales y verticales en los mismos, pendientes entre otros. De ahí deriva la gran importancia de la fotogrametría tanto terrestre como aérea, para realizar mapas topográficos, mediciones y otras aplicaciones geográficas.

#### **3.1.1.4 Batimetría**

Batimetría es el Sonar, este instrumento emite ondas de sonido que, al rebotar contra algún cuerpo material o el fondo marino, devuelve su profundidad y posición. Además esta tecnología permite el uso de imágenes satelitales de alta resolución para determinar rangos de profundidad en función de la longitud de onda de las bandas espectrales de la imagen. La batimetría ha ido evolucionando mucho en topografía hasta la aparición del GPS, la batimetría se dividía, como todos los trabajos, en la obtención de la planimetría por una parte y la altimetría por la otra, lo que podemos denominar, topografía clásica (Ferraz, 2015).

La Batimetría realiza levantamientos de coordenadas definidos del fondo del mar, es decir la cartografía de los fondos del mar. Mediante el levantamiento de coordenadas puede desarrollar anomalías, siendo importante la economía para obtener mejor calidad de imagen. Además, es de especial interés para producir cartas náuticas y dar soporte a la navegación de los barcos desde hace mucho tiempo. La ejecución de todo tipo de obras marítimas que la batimetría ha logrado para diseñar diques, puertos, muelles, paseos marítimos (García M. , 2015).

La Batimetría es utilizada para realizar análisis en el agua con un ecosonda multi-haz, la cual cuenta con un transductor de frecuencia 30 kHz que debe tener una cobertura angular. La ecosonda EM300 opera con diferentes longitudes de pulso, que varían con respecto a la profundidad, para aguas poco profundas, menores a 500 m, el área de barrido o abanico (swath) se reduce considerablemente, mientras que para aguas mayores a 2000 m, el swath llega para medir entre 4 a 5 km dependiendo de las características de la columna de agua (Osorio, 2016).

La Batimetría tiene una gran trascendencia y técnica en la construcción y seguimiento de una amplia variedad de obras marítimas y procesos litorales. Así como los programas de mapeo de superficies, hoy en día son herramientas son muy útiles para la determinación de relieves terrestres y subacuáticos que brindan los fundamentos científicos necesarios para la toma de decisiones.

#### **3.1.1.5 Radiología digital**

La radiografía digital se puede considerar como el mayor avance tecnológico en sistemas de imágenes debido a sus múltiples ventajas como herramienta de diagnóstico de múltiples enfermedades. Además, el paciente se puede llevar las

imágenes de rayos X en un disco compacto para ponerlas a disposición de otros médicos u otros hospitales. El médico que prescribió el examen puede ver en su ordenador personal o en su portátil la imagen que solicitó, e incluso emitir un informe pocos minutos después de haberse realizado la exploración. Este sistema permite que la misma imagen sea vista simultáneamente en distintos lugares. Sin embargo, la validez para la aplicación clínica del uso de imágenes digitales aún no ha sido totalmente establecida (Sigal y Eduardo, 2016).

La radiografía digital presenta imágenes de alta calidad con diversa índole, que analiza las enfermedades para reconocer con mayor frecuencia. Pero sobre otras anomalías que afectan a las estructuras óseas y los dientes se tienen menos datos. Además, los analistas recogen radiografías de los pacientes para estructurar y estudiar de acuerdo al contraste y densidad que permite la lectura de las variables a estudiar las enfermedades y caries que afectan a los pacientes para evitar las pérdidas de dientes (Sánchez, *et al.* 2018).

La radiografía digital es muy importante para analizar patrones pulmonares en caninos normalmente más frecuente en personas de avanzada edad o niños que sufren de enfermedad. Genera de mucha utilidad para realizar trabajos de forma rápida el patrón mixto alveolar + bronquial + intersticial. Sin embargo, los pacientes cuando se le muestra y se le comenta el significado de los hallazgos, parecen tranquilizarse y satisfacer, al menos parcialmente, su necesidad de conocimiento en lo referente a la repercusión de su patología. Unos días después recibe la notificación de ingreso para intervención quirúrgica por biopsia pulmonar. En dicho proceso operatorio se observa una superficie pulmonar de aspecto antracótico (Stewart & Denise, 2018).



Actualmente la radiología ayuda a las personas a implementar con muchos servicios de radiodiagnóstico. A pesar de los retos y los problemas que se pudieran encontrar al desarrollar una red de imagenología, este sistema sin lugar a dudas terminará imponiéndose en todos los centros de diagnóstico.

#### **3.1.1.6 Ortofotomapa**

El Ortofotomapa consiste en una ortofoto que ha sido rectificada, de tal manera que mantiene una escala uniforme en toda la superficie de la imagen, y a la cual se ha incorporado elementos cartográficos de un mapa. Para planificación de los sistemas de comunicación el propósito de este contenido es ofrecer a los usuarios un fondo de referencia para cualquier solución o proyecto que requiera una base de imágenes ráster detallada que facilite la identificación del entorno (Nuñez, 2017).

La Ortofotografía es un producto cartográfico georreferenciado y corregido de deformaciones, generado a partir de fotografía aérea. Su objetivo es el conocimiento de las dimensiones y posición de objetos en el espacio, a través de la medida o medidas realizadas a partir de la intersección de dos o más fotografías, o de una fotografía y el modelo digital del terreno correspondiente al lugar representado. La generación de Ortofotografías Aéreas se realiza mediante un riguroso proceso que comprende diferentes fases: orientación de las fotografías aéreas, obtención de un Modelo Digital de Elevaciones (del Terreno), orto rectificación de cada fotografía. Además la topografía trabaja con drones que ofrecen múltiples posibilidades para la agricultura. Pueden sobrevolar los campos de una forma rápida y captar información diversa gracias a sus sensores. Esto permite que aquellos que gestionan los cultivos tengan a

su disposición una herramienta para controlar e incrementar la productividad (Pérez, 2019).

La ortofotomapa se obtiene a partir de los modelos digitales de superficie a partir de la escala de visualización. Además, la calidad y resolución que brinda para analizar las imágenes e implementar métodos apropiados para generar resultados cumple con el objetivo de ampliar las cartografías con gran nivel en cualquier zona (Santana, *et al.* 2018).

El ortofotomapa consiste en una fotografía aérea o una imagen de satélite que ayuda a las personas obtener información de forma rápida. De esa manera mantiene una escala uniforme donde los elementos de la superficie terrestre son visibles para adaptar información cartográfica en las partículas del territorio. Es una herramienta que genera en las zonas de la superficie terrestre presentando una escala homogénea con teoría sin errores, con detalles de una fotografía aérea que ayuda a las personas obtener un plano cartográfico fotogramétrico.

#### **3.1.1.7 Drone**

Una de las tecnologías que más destacan y llaman la atención de todos en estos últimos años son los llamados drones, que pueden ser útiles en el ámbito de la agricultura para la inspección y control de campos y cosechas, o la vigilancia de grandes extensiones de terreno. Una visión aérea puede ser de mucha más ayuda que un vehículo, ya que el drone puede abarcar mucho más espacio de un solo vistazo. Además, un drone con cámara puede ser utilizado por canales de televisión para transmitir imágenes que de otra manera deberían ser captadas por un helicóptero (Acosta y Mendoza, 2017).

Un drone es un vehículo aéreo no tripulado (VANT) controlado a distancia. Se utilizan para llevar a cabo múltiples tareas como vigilancia, fotografía. Además

la ciencia no ha desaprovechado la oportunidad y ha incursionado con bastante éxito en el uso de estas plataformas colocando, diversos instrumentos de medición en los VANT lo que ha permitido reducir el costo de recolección de grandes cantidades de datos de alta calidad (Téllez y Herrera, 2017).

Los drone se utilizan para fotografía aérea, mapeo o vigilancia. La fotografía aérea comenzó hace apenas décadas tras la reducción de los costos de sistema de geo localización, como el GPS que puede controlarse desde el teléfono celular con ayuda de una aplicación, así como servicios de filmación que ofrecen espectaculares tomas aéreas con estos dispositivos (Guzmán, 2019).

El drone es muy importante en el campo que ayuda de forma rápida, gracias a sus sensores, para gestionar y controlar la productibilidad, que puede ser monitoreado cientos de hectáreas de forma precisa, con el fin de recolectar información de temperatura o el crecimiento de las plantas para detectar plagas que arruinen el cultivo.

### **3.1.2 Características de tecnología del mapeo digital**

#### **3.1.2.1 Cartografía Digital**

La cartografía digital es importante para la realización de una gran variedad de productos que son especializados por el uso de hardware y software. Sus principales características son: gestión de modelos y de tipos de información, utilización de imágenes raster, entidades vectoriales 3D, generación de modelos digitales de terreno, mapas de curvado y edición topográfica (Leal y Ferreira, 2017).

Es importante la cartografía digital porque realiza tareas de forma rápida, de manera muy concisa. Debido a que las descripciones no son suficientes, y por sí solas pueden resultar inútiles, lo mejor es utilizar las imágenes y gráficos: sólo

una imagen puede llevar un gran volumen de datos en tan poco espacio y facilitar la interpretación e interrelación compleja de la información (Campos y Lopéz, 2016).

La cartografía permite utilizar información espacial digital para usar las SIG en las descripciones. Las características son: conforman archivos de gran tamaño, por lo que requieren mucho espacio de almacenamiento, es sencillo de producir a partir de una imagen impresa como un mapa, pueden tener todo el colorido y los detalles que se requieran (Cayón, 2015).

La cartografía ha ayudado al hombre para ubicarse en este planeta desde los primeros tiempos, ya que estas extensiones gestionan modelos y de tipos de información, utilización de imágenes raster, sin poder tener una manera de devolvernos hacia ciertos lugares de nuestro interés. Mediante las nuevas formas de cartografía se ha ejercido un dominio más efectivo sobre un espacio cada vez más complejo, tomando en cuenta las necesidades de la sociedad

### **3.1.2.2 Drone**

Un drone es clasificado como un vehículo aerodinámicamente con características especiales y muy parecidas a un avión. Algunos, por ejemplo, los de uso militar tienen dimensiones relativamente grandes, similares a las de aviones de combate; esto les permite tener la rigidez y capacidad para portar armamento, equipos de comunicaciones, hardware especializado y combustible (Merino y Correas, 2015).

Se han desarrollado algunos prototipos más pequeños con menor capacidad de autonomía en vuelo, pero con la característica de ser más indetectables por su tamaño reducido. Existen drones muy pequeños utilizados para fotografía

comercial, cinematografía, entretenimiento, usos de la industria y la ingeniería (Solorzano y Rosales, 2018).

Los drones generan información con diferentes características: son vehículos relativamente pequeños y ligados con fibras de carbono que permiten presionar un botón que hace que el dron vuele, son caros pero tendrán mejor precisión al evitar obstáculos, cuentan con componentes de conducción mediante radiocontrol, permiten ejecutar tareas de forma automática con los sensores y poseen GPS incorporado en su electrónica para tomar decisión sin la intervención del ser humano (Navas, 2016).

Los drones profesionales son costosos. Es natural que también incorporen un GPS a la hora de utilizar que toma una decisión. Hay diferentes drones con diferentes características y precio. Para que incluya grandes distancias de recorrido es primordial tener en cuenta diferentes aspectos como el tamaño, el montaje, características del video y las dimensiones.

### **3.1.3 Aplicación de la tecnología de mapeo digital**

#### **3.1.3.1 GPS**

El GPS realiza tareas en el campo con sus parámetros geolocalización. Muchas de las máquinas agrícolas cuentan con GPS para agilizar y hacer más precisas tareas como la preparación del terreno, la cosecha, la fertilización, la siembra, nos brindan información exacta sobre el posicionamiento en el terreno. Todo ello permite mejorar la planificación, elaborar mapas topográficos, realizar un muestreo del suelo, orientarnos sobre relieves de la tierra. La exactitud del GPS permite a los agricultores el levantamiento de mapas de sus campos con medidas precisas de las parcelas, localización de carreteras y distancias entre puntos de interés, además permite a los agricultores dirigirse, año tras año con

precisión, a lugares determinados de sus campos, ya sea para recoger muestras del suelo o vigilar la situación del cultivo (Gastón y Agapito, 2019).

En mapeo digital es primordial utilizar GPS, porque se encarga ubicar la dirección correcta en software permitiendo elaborar mapas a base de la información del satelital, ya que genera información de forma rápida y además proporciona información al gobierno. Sin embargo, para comprobar el error de un terreno se ajusta lo virtual a lo real de forma muy minuciosa. Un estándar ISO genera el 98% de la información real debidamente documentada con imágenes y diagramas. Anteriormente para analizar los mapas se demoraban días con un papel recorriendo terrenos y tomando apunto, mientras que actualmente con las tecnologías se obtienen resultados al instante (García R. , 2019).

El GPS realiza tarea muy importante como capturar coordenadas geográficas (longitud y altitud) para analizar el cultivo y obtener información de utilidad para estudio. La información obtenida corresponde a los analistas de forma cuidadosa que generan muestras dese la raíz con la ayuda del GPS, además el mapa es un documento que tiene que ser entendido según los propósitos que intervinieron en su preparación en orden jerárquico de valores (Juárez, 2018).

En la vida cotidiana y en departamentos de trabajo es una herramienta muy importante el GPS, que apoya con precisión la cartografía para analizar del mundo físico desde montañas y ríos, hasta calles, edificios, cables y tuberías de los servicios públicos, y lo más importante, en terrenos para analizar el cultivo en parcelas. Además se pueden visualizar en mapas y en sistemas de información geográfica (SIG) que almacenan, manipulan y visualizan los datos geográficos.

### **3.1.3.2 Google Maps**

Google Maps es la primera herramienta de geolocalización para gestionar los cultivos desde el móvil es un servicio de mapas de Google. Brinda diferentes funcionalidades, tales como: marcadores, asignación de rutas, trazar sectores dentro de un mapa, entre otras. Funciona como un mapa interactivo, en el que se recoge información sobre hospedajes ecológicos, rutas, productos típicos, parques naturales e iniciativas emprendedoras relacionadas con la artesanía, la agricultura sostenible y la ganadería autóctona (Matamoros y Cedeño, 2018).

Google Maps permite elegir diferentes mapas de base satelital, físico y estándar. Esta es una de las formas más sencillas de comenzar a utilizar Google Maps, marcando múltiples ubicaciones y de este modo explorar cómo se relacionan geográficamente. Es importante utilizar esta aplicación para ubicar un punto del planeta de forma rápida (Martínez, 2015).

Google Maps es utilizado de forma amigable para los usuarios, en Ecuador es utilizado para diagnosticar el rendimiento como apoyo disponible con GPS para general diferentes pruebas de rendimiento para determinar el tipo de combustible, para demostrar la realidad de costos y consumos y el nivel de contaminación (Morquecho, 2018).

Google Maps es de mucha utilidad en todos los medios y es un servicio gratuito que permite analizar a los analistas con diferentes características como acercamiento y alejamientos. Además, permite la búsqueda de dicha provincia que se está realizando los mapeos, y permite guiar de forma rápida. Todo esto funciona con imágenes satelitales.

### **3.1.3.3 Bing Maps**

Ofrece una API para crear mapas para integrar en la web con Bing Maps SDK, API de Bing Maps (API de geo codificación). Microsoft ofrece un servicio Business o un servicio mensual, donde los mapas de Bing están disponibles a través de Azure con hasta 10.000 transacciones API gratuitas al mes. Además es un servicio que ofrece lo mismo que la competencia del buscador por satélite. La calidad de ambos es similar ganando cada uno en diferentes casos propuestos. Bing Maps se puede utilizar en todos los productos de ArcGIS como con otros servicios web que se utilizan en ArcGIS, no hay datos para almacenar o administrar localmente. En su lugar, el mapa o la escena acceden directamente al servidor de Bing Maps (Cascón y Ruiz, 2018).

La aplicación Bing Maps es un programa de software de mapas interactivas para generar información a nivel de la calle, o aún más información para buscar y descubrir lugares desconocidos que permite a los usuarios ver ciudades y países desde lo más alto. También asiste paso a paso a los conductores en su ruta, mientras proporciona información respecto al tráfico, además condiciones de la carretera y ubicación de espacios para estacionamiento (Gallego, 2018).

Bing Maps es una aplicación y servicio de la búsqueda sirve para localizar lugares o trazar rutas son datos satelitales y aumento los mapas binarios mundiales. Durante las últimas década se ha convertido en una de las alternativas atractivas que se evaluaron estadísticamente para identificar el rango de niveles representativos por la inflorescencia para su discriminación de otros elementos de la imagen (Rodríguez J. , 2015).



Bing Maps es un software que ayuda a los usuarios ubicar de forma inmediata información, además es un servicio que ofrece la competencia del buscador por satelital.

#### **3.1.3.4 *OpenStreetMap***

OpenStreetMap (OSM) es una aplicación colaborativa para crear mapas libres y editables que pueden ser usados por personas e instituciones en la atención de emergencias. Al dibujar líneas se representan vías y ríos, con polígonos se representa edificaciones; con puntos se representan sitios de interés como tiendas, restaurantes y monumentos; y con áreas se representa terrenos y zonas residenciales. Su plataforma permite seleccionar una cuadrícula para trabajar, y cargar una imagen satelital de modo que el usuario pueda dibujar sobre ella los elementos que se vayan reconociendo a partir de la imagen satelital (Ermini, 2017).

Es una base de datos cartográfica con todos los datos, con licencia libre que permite a todos editar el mapa. Esta herramienta es un software multiplataforma que se puede instalar en cualquier sistema operativo, además permite descarga y subir todos los cambios a los servidores web, después al capturar información geográfica para asegurar que la pestaña satélite sea usado en el mapa de datos protegido (Plaza, 2014).

OpenStreetMap nos permite navegar a través de diferentes lugares y en diferentes escalas para consultar carreteras, caminos, pueblos o ciudades, entre otras muchas cosas. Es una herramienta destacable para recoger información en áreas sin interés comercial de plataformas similares como algunas áreas.

#### **3.1.3.5 *Google Earth***

Google Earth es una aplicación muy útil y fácil de utilizar que contribuye a acercar de la tecnología al campo con aplicaciones que permiten medir terrenos, acceder a mapas, tipos de suelo y tener radares de clima para predecir la temperatura. Además permite medir distancias y áreas, y resulta útil para identificar el terreno sembrado. Es posible guardar en la computadora la imagen con la fecha de siembra, nombre del cultivo y especie sembrada para poder visualizar qué se ha sembrado alrededor para que el agricultor pueda planear la rotación de su cultivo por temporadas (Miziara y Ferreira, 2019).

Google Earth sirve para crear mapas digitales y editar mapas personalizadas además es posible importar datos de una hoja de cálculo con información geográfica. Es una de las formas más sencilla de comenzar a trazar información, y también ofrece el poder de motor de búsqueda en Google (Ledezma, *et al.* 2018).

El uso de esta aplicación ayuda a visualizar qué se ha sembrado alrededor para que el agricultor pueda planear la rotación de su cultivo por temporadas.

### **3.1.4 Obtención del mapeo digital**

#### **3.1.4.1 Herramientas de hardware para mapeo digital**

Las herramientas de hardware para la agricultura inteligente en el mundo tendrán un aumento entre 2017 y el 2022. Las herramientas utilizadas son VTR (Tecnología de Tasa Variable) y el GPS, que dan impulso al crecimiento en este segmento. El propósito de usar hardware avanzado en los campos es fácil para mejorar la calidad de recursos e insumos (Chinchilla y Chacón, 2016).

Las herramientas de hardware usualmente ayudan a desarrollar de forma rápida y sencilla debido a que las computadoras y otros equipos poseen muchos

tornillos. Desde que empezaron a utilizarse las herramientas de agricultura de precisión como drones, teléfono, computadoras, las imágenes satelitales tomaron protagonismo para encontrarle un uso agronómico a dicha información (González y Sarmiento, 2015).

Son muy importantes las herramientas de hardware porque ayudan a desarrollar de forma sencilla, que dan impulso al crecimiento de GPS. El polvo es el enemigo más peligroso de nuestro PC, y por lo tanto es imprescindible darle un baño a nuestro computador del correctivo del Hardware del PC.

### ***3.1.4.2 Herramientas de software para el mapeo digital***

#### ***3.1.4.2.1 Mide Mapas***

Las herramientas de software han evolucionado en los últimos tiempos con nuevas tecnologías también llamadas Agro aplicaciones, las cuales buscan incrementar el apoyo técnico dentro de los campos de cultivo. Cada vez más compañías e instituciones desarrollan App agrícolas que son: Mide Mapas, App del IVIA, Cultivapp, PlantCare Pro, Agrobío, Yara CheckIt, Appgro, Agri Precision que ofrecen al agricultor aumentar la eficiencia en la comunicación y toma de decisiones (Aguayo, 2012).

Es la primera app interesante antes del desarrollo del iPhone. Permite hacer mediciones y pasarlas al ordenador con la precisión del GPS incorporado en el móvil. Además puede realizar medidas de distancias, rutas y superficies sobre un mapa de forma exacta para calcular distancias, perímetros y superficies con una exactitud total, tanto para medidas pequeñas de hasta un metro hasta medidas de varios kilómetros, teniendo en cuenta la curvatura de la superficie terrestre (Ortega y Torre, 2018).

Mide Mapas es una aplicación para móviles inteligentes que cubren, prácticamente, cualquier necesidad que el profesional del campo pueda tener. Estas aplicaciones móviles permiten a todos los involucrados en el sector (agricultores, agrónomos, comercializadores de insumos, asesores, agencias del gobierno, institutos de investigación, instituciones financieras, universidades, etc.), ser mucho más eficientes, productivos y rentables en la producción agrícola (González y Pérez, 2011).

Las herramientas se han evolucionado en los últimos años, Mide Mapas en tiempo real permite realizar mediciones con la precisión de GPS, además realiza medidas de distancias a largo tiempo.

#### **3.1.4.2.2 App del IVIA**

La aplicación está organizada en función de los fundamentos de la gestión integrada de plagas, es decir, en la correcta identificación de cada plaga y los daños que ésta produce. Para tal fin se cuenta con la sección de avisos, una herramienta que permite a los usuarios informarse semanalmente de las novedades y noticias de interés mediante un correo electrónico dirigido a los suscriptores. De este modo, los agricultores pueden encontrar un gran número de fotografías de alta resolución; los métodos de muestreo y umbrales de tratamiento, especificados de forma clara y sencilla; y los métodos de control, donde se exponen las diversas estrategias a seguir para cada una de las plagas enfermedades de los cultivos (Hernández, 2017).

Esta aplicación permite mejorar los sistemas productivos cítricos. Actualmente al sector agrario de la Comunitat en Valencia durante la jornada “Presentación Web y App Gestión Integrada de Plagas y Enfermedades de Cítricos”, pone a

disposición del personal técnico información actual sobre la gestión integrada de plagas y enfermedades, así como nuevas herramientas relativas al cálculo de grados en tiempo real para las principales plagas, el sistema de estación de avisos para el control de alternaría, el cálculo de los volúmenes de aplicación de fitosanitarios y la calibración de turbo atomizadores (GIP Cítricos, 2019).

Esta herramienta tiene importantes funciones en la agricultura para integrar las plagas y enfermedades que tienen las plantas y el suelo. Permite diagnosticar con el fin de gestionar, además esta aplicación cuenta con la sección de avisos.

#### **3.1.4.2.2 *CultivAPP***

CultivAPP permite gestionar y almacenar toda la información relativa a través del registro de campo. Un profesional puede registrar todas sus actividades diarias como siembra y recolección, riegos, abonos y fertilizantes, tratamientos fitosanitarios. Gracias a su base de datos de ámbito mundial, los usuarios pueden consultar los productos fitosanitarios que se encuentran autorizados para su uso, sus características químicas, su plazo de seguridad, las dosis recomendadas, etcétera. Gestionar los cultivos detallando qué está cultivando en cada momento además controlar las parcelas almacenando todos los datos relevantes acerca de las fincas en cuestión, geo localizándolas, asociándole cultivos, etcétera (Jovellanos, 2015).

A través de CultivaAPP quedan recogidas fechas clave para sembrar, recolectar, vencimiento de plazos de seguridad, visitas previstas de los técnicos, fechas probables de recolección, etc. Permite a cooperativas y técnicos agrícolas la vinculación de la aplicación con un portal web, que amplía las capacidades de la app móvil. Dicha aplicación ofrece al agricultor registrar todas las actividades

que realizan en sus explotaciones en tiempo real, controlar los tratamientos fitosanitarios aplicados, las labores de siembra y la recolección, los riegos, la aplicación de abonos y fertilizantes, administrar sus cultivos y parcelas (SL, Inventia Agrícola, 2017).

Permite a los usuarios gestionar y almacenar información. Esta aplicación es muy importante porque puede registrar todas las actividades diarias de cómo se siembra y como se recolectan los abonos y fertilizantes, además de administrar los cultivos y parcelas.

## **3.2 Técnicas para el procesamiento de información para mapeo digital de suelos, diagnóstico y evaluación de cultivos**

### **3.2.1 Medición de las propiedades del suelo través del uso de equipo de conductividad eléctrica**

Este instrumento ha sido específicamente diseñado para medidas directas de sales en suelo, así como en agua y en soluciones nutritivas. La salinidad del suelo, el agua de riego o las soluciones de fertilizantes es un importante parámetro que afecta a la zona radicular. Cualquiera de estos factores puede afectar significativamente en el crecimiento de la planta. La forma más fácil de controlar la salinidad, es midiendo la conductividad eléctrica (CE), la misma que puede definirse como la aptitud de éstos para transmitir la corriente eléctrica (Zamora, 2018).

Múltiples factores contribuyen a la variabilidad de la CE, tales como: los que afectan la conectividad de agua en el suelo, la agregación del suelo (agentes cementantes como arcillas, materia orgánica y estructura del suelo), electrolitos en la solución del agua (salinidad, iones, contenido de humedad del suelo, y temperatura del suelo), y la conductividad de la fase mineral (tipo y cantidad de minerales). Las mediciones espaciales de la CE han sido reportadas como un potencial indicador de la variación de la producción de los cultivos, causada por diferencias en el agua del suelo (**Ver Figura 1**). En algunos casos, la CE puede ser directamente correlacionada con la propiedad física y la química del suelo (Mantovani, 2014).

En la actualidad la tecnología ha generado un sinnúmeros de proyecto como el uso de conductibilidad eléctrica para medida directas de sales en suelo de forma

más fácil, además detectan la agregación del suelo. Sin embargo las mediciones espaciales han sido deportadas como potencial indicador para los cultivo.

### **3.2.1.1 Usos de los Mapas de CE del Suelo**

La conductividad eléctrica ayuda a los agricultores o analistas a usar una plataforma de SIG (Sistema de Información Geográfica) algo robusta, en vez de un sencillo software para mapear rendimiento de cosecha. Hay numerosos usos posibles para los mapas de CE (**Ver Figura 2**). En la mayor parte de los centros urbanos hay consultores privados y centros de cartografía que pueden ayudar a mapear la conductividad eléctrica. Estas aplicaciones varían de agricultor a agricultor, de región a región, y entre tipos de cultivos debido a diferencias en las características del suelo, requerimientos e interés del agricultor (Doerge, 2015).

La conductibilidad eléctrica mide la salinidad en los suelos, por lo tanto la contracción dentro del campo no se modifica con el pasar de los años o diferentes estaciones del suelo soluble presentan soluciones del suelo ayudan a hacer aplicaciones de insumos correctas, analizar resultados y tomar decisiones de niveles razonables de humedad. Su valor es más alto por dicha corriente a través del mismo suelo con concentraciones más elevada de sales los problemas más cautas con en las regiones áridas y semiáridas (Medina A. , 2015).

La CE es una herramienta muy importante para los usuarios en la agricultura de precisión, ya que permite medir de forma rápida y fácil los impactos de rendimiento de los cultivos y se necesita contemplarla cuando se decide cualquier plan de



muestreo del suelo; además indica que el suelo es rendimiento para mejorar las imágenes económicas de distintas áreas.

### **3.2.1.2 Equipo para medir la actividad eléctrica del suelo**

#### **3.2.1.2.1 HANNA Instruments (HI)**

HANNA Instruments (HI) es un equipo (HI993310) desarrollado a partir de un circuito electrónico común. Permite medir la conductividad eléctrica de una disolución, como la actividad eléctrica del suelo que permite mostrar el aspecto que adopta el equipo cuando tiene conectada la sonda para medir la actividad eléctrica del suelo. La sonda con forma de punzón para clavarla en el suelo y un dispositivo electrónico con la carátula para medir la conductividad eléctrica (**Ver Tabla 1**) de una disolución (W) ó la actividad del suelo (S), principalmente (González, *et al.* 2018).

En Ecuador en la provincia de El Oro analizaron con el HANNA Instruments (HI), las dosis de  $\text{CaCO}_3$  en los suelos. Los resultados obtenidos de esta investigación de los parámetros analizados fueron factibles para los cultivos de diferentes productos. De esta manera poder estimar dosis de enmiendas calcáreas para la corrección de acidez del suelo (Ortiz, *et al.* 2017).

Es una herramienta que ha desarrollado en los últimos tiempos es un equipo de mucha utilidad que permite medir la conductibilidad eléctrica de una disolución, además permite mostrar los aspectos que aporta el equipo para medir la actividad eléctrica del suelo. Cuenta con una sonda de penetración de acero inoxidable para mediciones directas.

### **3.2.1.3 Modelos de equipo de conductividad eléctrica**

La conductibilidad electrónica del suelo puede mapearse a pie o usando un vehículo para arrastrar el aparato. Los modelos más importantes de la CE (**Ver Tabla 1**) ayudan a los agricultores diagnosticar de forma rápida el suelo. Tanto el operador a pie o el vehículo llevan un receptor GPS con corrección diferencial, recorren el campo en series de líneas espaciadas mecánicamente, y sobre esas líneas se toman medidas registrando al mismo tiempo los datos de conductividad eléctrica y posición GPS (Tatis, *et al.* 2017).

La conductibilidad eléctrica permite al usuario realizar diferentes tipos de mediciones con diferentes equipos que son: Medidor de conductividad PCE-PWT 10, Medidor de conductividad PCE-PHD 1-LF, Medidor de conductividad HI 9813-5, etc. La CE permite elegir entre medidores de conductibilidad para corriente o suelo además ofrecen diferentes campos de medición de conductibilidad (Peruzzo, 2015).

La conductibilidad eléctrica (CE) permite a los agricultores definir el estudio del suelo con diferentes tipos de equipos. Los voltajes aplicados dependen del tipo, número, carga y movilidad, la facilidad de transporte iónico o conductividad aumentará a medida que se eleva la temperatura.

### **3.2.2 Medición espacial de materia orgánica de suelos**

Genera equipos para determinar en forma no destructiva la Materia Orgánica (MO) del suelo, generando planos espaciales de esta información. El equipo es denominado mapeador de tierra vegetal (TSM), el cual recoge datos de alta calidad, rápida y fácil de procesar. El Veris OpticMapper tiene un sensor óptico de doble longitud de onda montado dentro de una fila plantadora, configurado

especialmente por debajo de los residuos de cultivos y la superficie del suelo seco. Las mediciones del suelo se adquieren a través de una ventana de zafiro en la parte inferior del pie de equipo, en el surco. Las lecturas se recogen una vez por segundo y conectados a su ubicación geográfica por un GPS. La profundidad de medición es ajustada entre 1 a 3 pulgadas, ó 2.5 a 7.6 cm (Medina, *et al.* 2017).

Las materias orgánicas de suelo tiene propiedades de Da, MOS, textura y contenido del agua en el suelo. Estos indicadores se someten a análisis estadísticos y geo-estadísticos, además es un conjunto de materias orgánicas del suelo que permite ubicar la medición entre hileras. Los resultados obtenidos por los analistas muestran una gran variedad espacial, dependiendo de la resistencia de la penetración de suelo (Tapia, *et al.* 2018).

Las mediciones en la región Mixteca han estado sometidas a la deforestación. Como resultado los suelos se han degradado desde los tiempos ancestrales, los pueblos Mixtecos han establecido estrategias para retener el suelo de diferentes superficies y humedad, analizando propiedades físicas como densidad, capacidad de campo que generan de mucha utilidad. Utilizan materia orgánica, nitrógeno, fosforo y carbono orgánico que muestran alta variabilidad espacial. Como resultado obtienen la capacidad de retención de agua y conductibilidad hidráulica (Sánchez, *et al.* 2018).

La medición espacial es importante en la vida cotidiana para los agricultores porque permite configurar los residuos de los cultivos y la superficie del suelo que está compuesta de restos orgánicos de origen vegetal, con acciones de los microorganismos en los macro y nutrientes.

### **3.2.2.1 Veris OpticMapper**

Con el equipo Veris MSP3 es posible medir la conductividad eléctrica aparente (CEa) en dos profundidades (0 a 30 cm y 30 a 90 cm), reflectancia en dos anchos de banda, pH con el sensor antimonio y datos topográficos del terreno. Todas sus mediciones se realizan mientras es remolcado por un tractor y georreferenciadas por un GPS interno. Los datos recolectados por el equipo se procesan en el Veris Mapping Center (Centro de procesamiento de datos de la empresa Veris Technologies), y sirven para eliminar mediciones irregulares de campo, siendo esta la base de datos utilizadas para la calibración y validación de Veris, además de calcular e incorporar datos de curvatura y elevación (Novais y Rodríguez, 2019).

Veris OpticMapper es fundamental para el manejo de zonas específicas del cultivo, las técnicas de sensores del suelo para evaluar están siendo desarrolladas con una gran potencia en el manejo de cultivos considerando la influencia de la humedad y la fracción arcilla en el suelo. La influencia de la humedad del suelo en los valores de pH son proporcionalmente crecientes con el aumento de la cantidad de agua (Patricia, *et al.* 2018).

Es un sensor óptico de onda dentro de una unidad especializado que configura mapeando el suelo de superficie seca y se adjunta la ubicación GPS en la plataforma de sensores móviles la textura del suelo y la materia orgánica.

### **3.2.2.2 Topsoil Mapper**

El TopSoil Mapper es un dispositivo de inducción electromagnética de alta sensibilidad, que mide la electro conductividad de las capas más importantes del suelo, además sistema integrado de mediciones geofísicas, utilizado para definir

diferentes parámetros del suelo de manera extensiva. Con el desarrollo de la tecnología GPS y el Scanner de suelo TopSoil Mapper hoy se dispone de numerosas herramientas para el mapeo y georeferenciación en agricultura, para la optimización de procesos productivos en el campo (Horacio, 2019).

Este sistema se puede montar en cualquier vehículo de remolque para realizar mediciones autónomas de la conductividad eléctrica del suelo sin entrar en contacto con el suelo. Como regla general, los agricultores utilizan estos mapas en combinación con el control específico del sitio de sus equipos agrícolas, así como para la planificación de nuevas operaciones agrícolas, el tipo de suelo y la saturación de agua se pueden determinar a partir de los datos medidos. El agricultor luego tiene la opción de integrar estos datos con otros datos para su sistema de administración de fincas y generar mapas de aplicaciones a partir de los resultados (Violini, 2016).

En la vida cotidiana es importante utilizar esta herramienta para los agricultores porque permite medir las capas del suelo utilizando diferentes parámetros con el desarrollo de GPS y los scanner de topSoil Mapper como herramienta del mapeo en la agricultura.

#### **3.2.2.2.1 Topsoil Data Analyzer**

Es un software de escritorio que se puede instalar en la computadora portátil, directamente en el campo. Este software recopila información de inmediato y analiza automáticamente. Los datos sin procesar y los datos procesados se muestran como mapas en pocos segundos, las muestras de suelo se pueden tomar de forma directa en función de los mapas de zona determinados en el sitio. Los beneficios del software son: los procesos de trabajo se reducen

significativamente; análisis automatizado y consistente de datos por un analista (el software TSDA); independencia en la determinación de diferentes parámetros del suelo, contenido relativo de agua, tipo de suelo y densidades (Bedord, 2018). Topsoil Mapper permite registrar la falta de homogeneidad en el suelo para una gran área y mapear de manera integral los parámetros del suelo en diferentes tipos de suelo, saturación de agua y compactación, utilizando la inducción electromagnética. Estos parámetros de suelo se pueden usar en tiempo real para el control variable de los sensores de la máquina permitiendo registrar datos del suelo de forma autónoma (Pérez L. , 2018).

Este software recopila información de forma segura y automática. A los agricultores se puede instalar en cualquier dispositivos, además en pocos segundos se muestra el suelo ya analizado detalladamente.

### **3.2.3 Sensores de reflectometría en el dominio del tiempo**

Miden el coeficiente dieléctrico del suelo a partir del tiempo de recorrido de un pulso electromagnético a lo largo de varillas de acero que se introducen en el suelo y que sirven de guía a las ondas. Para medidas en superficie no requieren la instalación de elementos permanentes en el suelo, pero para medidas en profundidad hay que realizar un acceso e instalar más o menos permanentemente las varillas. Miden la humedad volumétrica del suelo con un margen de error del 1-5%. La zona de medida es la comprendida entre las varillas de acero (2, 3 ó 4 modelos). Una dificultad práctica importante es que la distancia entre la sonda y el instrumento registrador se limita a longitudes inferiores a 25 m (Royo, 2015).

Los sensores de reflectometría es una tecnología que impulsa los medios de transmisión eléctricos u ópticos, como por ejemplo en cable coaxial y fibra óptica, que se utilizan para detectar fallos del sistema y que permite a los usuarios retornar la señal local y después se filtra el ruido. Además los sensores impiden a reflectores que devuelva en mucho tiempo la información (González J. , 2017).

### **3.2.3.1 Lisímetros**

Los lisímetros permiten desarrollar estrategias para cuantificar en forma muy aproximada los requerimientos de agua de los cultivos, además es útil en el desarrollo del monitoreo a través del perfil del suelo de los químicos solubles y no solubles del agua del suelo. Es una herramienta necesaria para recoger muestras de solución de suelo y realizar a continuación análisis químicos de NKP y otros nutrientes. De este modo el técnico agrícola puede controlar fácilmente el nivel de nutrientes, tales como amoníaco, nitrato, fósforo y potasio, sulfato, calcio, magnesio, etc. Está equipado con medidores de humedad capacitivos en el centro de los mismos, tensiómetros construidos para este propósito, un tubo de drenaje para (Quintero, *et al.* 2017).

Un lisímetro es un dispositivo que genera técnicas para analizar el suelo. Se denomina evapotranspirometro porque en el balance hídrico normalmente hay un balance que se puede determinar la cantidad de agua en el lisímetros donde la cantidad de drenaje equivale exactamente a los análisis químicos (Silicani, 2015).

El lisímetro volumétrico puede usarse en los cultivos de noventa y cinco días desde la siembra el cultivo. El cultivo tiene impacto con la utilización de lisímetro para calcular la humedad del suelo la evapotranspiración de referencia calculada

por el método de Penman Monteith determinando el mayor valor de ETo. La estimación de las necesidades hídricas de los cultivos es una de las etapas obligadas en el diseño, construcción, instalación y operación de cualquier sistema de riego que se quiera implantar (Acaro, *et al.* 2017).

En la actualidad la herramienta lisímetro es muy útil, porque permite medir el rendimiento de los cultivos y desarrolla el monitoreo a través del perfil del suelo. De esta manera pueden controlar fácilmente el nivel de nutrientes.

### **3.2.3.2 Tensiómetros**

El tensiómetro es el único sistema de medición directo disponible, lo que significa que realmente lee las fuerzas físicas del trabajo en el suelo. Los tensiómetros actúan como una raíz artificial, lo que permite que la humedad del suelo interactúe con el instrumento a través de la punta cerámica. Requiere de un mantenimiento periódico para mantenerlos llenos de agua, y debemos retirarlos del terreno durante los meses de invierno para evitar la congelación. La tensión del agua del suelo en el exterior del instrumento trata de eliminar el agua del tensiómetro (Carrillo y Romero, 2018).

El medidor de humedad sirve para mantener unos niveles de agua en el suelo siempre estables, evitando así riegos desmesurados o bien, y en el lado opuesto, sequía. Para diagnosticar el suelo es muy importante, útil en la determinación de la humedad (Espinoza, 2018).

Un tensiómetro es un medidor simula movimiento del agua a través del suelo, realiza curvas explícitas alrededor de la cerámica seca. Mientras más seco se encuentre el suelo, más altura será la lectura de los tensiómetros, además cuando el suelo se moja el agua entra al tubo bajando la lectura cercana del cero debido



a que cada suelo tiene sus propias características de referente del agua (Anyosa y Renzo, 2018).

Esta herramienta que consta de una o una serie de picas que se clavan al suelo y proporciona algunos parámetros relacionados con el riego (humedad, temperatura, conductividad, etc.). Dependiendo del modelo, están pensados para aguantar las inclemencias del tiempo, ya que algunos se dejan de formar permanente en el suelo, con el fin de ganar en comodidad de cara a poder calibrar o modificar la dosis y frecuencia de aportación de agua a tus plantas. A pesar del nombre (tensiómetro), son instrumentos bastante sencillos de utilizar y se adaptan a la mayoría de suelos que podemos encontrar además un análisis de la humedad contenida en los primeros niveles del suelo (Espinoza, 2018).

El tensiómetro actúa como raíz artificial que requiere niveles de agua en el suelo para mantenerlos firmes y poder usarse en terrenos como parcelas o invernaderos, etc.

### **3.2.3.3 *Aspersor de neutrones***

El aspersor de neutrones contribuye a una relación entre la capacidad de hidrógeno de un suelo con la cantidad de agua que contiene el mismo. El método que tiende a ser preciso, pero al trabajar con radiación se necesita de calibración, no permite trabajar de forma automática por lo que genera un alto costo (Sotomayor, 2018).

El aspersor de neutrones está equipado con detectores de fuente de neutrones que emite el suelo. Algunos neutrones chocan con el hidrogeno y son reflectados y así registran por sensores digitales. Sin embargo, el neutrómetro necesita ser calibrado para cada tipo de suelo (Inzunza, *et al.* 2015).

#### **3.2.3.4 Drones con alta resolución espacial y frecuencia temporal**

Para diagnosticar el cultivo existen diversos tipos de drones, siendo los rotocópteros y fixed wing (pequeños aviones) los más utilizados (**Ver Figura 4**). Se pueden apreciar ventajas y desventajas de cada una de las plataformas ya que definirán la resolución espacial y temporal de las lecturas. Existen diferentes plataformas en las que estos sensores se pueden ubicar: satélites, plataformas móviles en terreno y vehículos aéreos no tripulados o drones, UAV por su sigla en inglés (Zúñiga, 2018).

Los drones detallan información por medio de GPS, limitante de suministrar información temporal discontinua e información espectral de baja resolución. Los Vehículos Aéreos No Tripulados (VANTs), comúnmente llamados “drones” presentan características y componentes utilizados con fines agrícolas. Los trabajos relacionados y su uso potencial tienen potencial en las diferentes áreas de aplicación hidroagrícola. Son de gran utilidad para el monitoreo y supervisión de la superficie terrestre a través de imágenes georreferenciadas de alta resolución espacial, temporal, y espectral de baja altura (Bustamante, *et al.* 2017).

Los drones ayudan a las personas informar de forma rápida y sencilla por medio de GPS. Además los vehículos no tripulados presentan información con las principales características con fines agrícolas.

### **3.3 Herramientas de hardware y software para la realización de diagnóstico y evaluación de mapeo digital de cultivos**

#### **3.3.1 Hardware para la realización de diagnóstico y evaluación de mapeo digital de cultivos**

##### ***3.3.1.1 Drones para diagnosticar el suelo***

Los drones tienen la capacidad de sobrevolar amplias superficies de terreno en breve tiempo (hasta 400 hectáreas al día), recopilando imágenes de gran nitidez y una enorme cantidad de datos. Cuentan con la posibilidad de medir el estrés hídrico y el vigor de las plantas, determinar el número y el tamaño de cepas o ejemplares, como también realizar seguimiento de los cambios de color o forma de las plantas. Ayudan a identificar con premura posibles enfermedades o riesgo de heladas (Pino, 2019).

Los drones son programados para que vuelen con diferentes tipos de utilidad. Con más frecuencia se utilizan en la agricultura de precisión. Las imágenes obtenidas son procesadas por los sensores para analizar qué tipo de suelo se obtiene para la producción, y de esta manera ver si es apto para cultivos en las actividades o labores agrícolas, estimación de la evapotranspiración y contenido de humedad del suelo, nutrientes en los cultivos y rendimiento de los cultivos (Berrío, *et al.* 2019).

Los drones diagnostican principales sistemas de producción relacionados con la viabilidad espacial y están involucrados en el manejo del cultivo. Esta tecnología es versátil y muy útil en infinidad de campos, entre los que se halla el ámbito agropecuario donde quizás de manera silenciosa ya ocupa un lugar no conocido

por el gran público, propaganda u otras producciones aun locales en que no se utilicen tomas realizadas con estos dispositivos UAV (Aguiar, 2019).

En la actualidad es muy importante utilizar la tecnología ya que generan información eficaz. En la agricultura los drones son capaz de sobrevolar amplias superficies recopilando imágenes a una enorme cantidad de datos.

### **3.3.1.2 La consola de la familia X**

La familia X de consolas multitáctiles de Topcon brinda rendimiento innovador, intuitivo y líder en el sector a cualquier tipo o tamaño de operación de producción agrícola. Además consolas ofrece un rendimiento innovador, intuitivo y líder en el sector para, prácticamente, cualquier tipo o tamaño de operación de producción agrícola. Estos monitores de pantalla táctil llevan el control de máquinas de precisión a nuevos niveles de rendimiento y ofrecen simplicidad para el productor que busca mejorar la eficiencia operativa y reducir los costes de inversión (Bastidas, *et al.* 2017)

La consola X de Topcon ofrece productos de gama básica dirigidos para clientes dando una solución eficaz y configurable. Posee una pantalla de alta visibilidad en condiciones de sol intenso, fácil de instalar en la mayoría de las máquinas del mercado, como tractores, pulverizadoras y cosechadoras. Previa compra de un código de desbloqueo, la consola se hace compatible con ISOBUS, lo que le permite interactuar de manera flexible con una amplia gama de implementos (López, *et al.* 2019).

La consola brinda rendimiento innovador en los sectores agrícolas, cuenta con las posibilidad de medir el estrés hídrico y determinar el número y el tamaño de los terrenos.

### **3.3.1.3 Raspberry Pi y Arduino**

Los sistemas embebidos tales como Raspberry Pi y Arduino se presentan como semilleros que utiliza el Hardware Libre para el mundo del cultivo y la agricultura ecológica que permitirá no sólo recrear por completo el proyecto, sino también personalizarlo para innovar en la agricultura ofreciendo soluciones económicas, sustentables, robustas y de código abierto para contribuir a la construcción colectiva de una seguridad alimentaria global. Su objetivo es dar a conocer proyectos que optimizan procesos agrícolas por medio del control de datos ambientales y la gestión de actividades que se involucren en las labores diarias del campo, registro de enfermedades, plagas y malezas, aprovechando los beneficios del hardware y software (Garcia, *et al.* 2018).

Raspberry Pi y Arduino son hardware libre en el mundo del cultivo y la agricultura ecológica. Tienen amplia perspectiva que permite presentar proyectos personalizados además, crear nuevos gadgets e incluso aportar contextos como un balcón o una mini terraza. Su funcionalidad y su creación no es diferente a una impresora 3D. Además este hardware hace posible controlarse a cierta distancia permitiendo su movilidad de forma remota (Rivera, 2018).

Los dos hardware son muy utilizados en mundo de la tecnología, principalmente en la agricultura. Este avance tecnológico ha alcanzado un nivel que le permite al productor medir, analizar, y manejar la variabilidad dentro de los lotes, logrando adecuar el manejo de suelos y cultivo.

### **3.3.2 Herramientas de software para la realización de diagnóstico y evaluación de mapeo digital de cultivos**

#### **3.3.2.1 Modular del DSSAT**

DSSAT ha sido utilizado en varios estudios sobre efectos del cambio climático en los cultivos. El modelo DSSAT tiene la opción de crear un nuevo perfil del suelo dependiendo de las características de una zona en particular. Además realiza estudios profundos de capas del perfil, contenido de nitrógeno total, carbón orgánico, nivel de pH en agua y en solución de cloruro de potasio, porcentaje de arcilla, arena y capacidad de intercambio catiónico, factor de crecimiento de la raíz, punto de marchitez permanente, punto de saturación y capacidad de campo. Estos perfiles de suelo requieren datos sobre las propiedades físicas y químicas, por ejemplo la clasificación del tipo de suelo, pendiente de inclinación del terreno, textura, color de la superficie el suelo, drenaje, número (Ovando, *et al.* 2018).

El software permite controlar varios aspectos importantes de las operaciones de su explotación agrícola, desde su oficina. Permite administrar los costos y hacer un seguimiento asociados a variables como campos, cultivos, variedades, rendimiento, maquinas, fertilización y agroquímicas. Es fácil almacenar y administrar una gran variedad de información referente a cultivos y explotaciones agrícolas. Es el programa para crear y manipular los mapas de rendimiento a partir de los datos recolectadas por la cosechadora (Gutierrez, *et al.* 2018).

Los software son importantes utilizando las respectivas aplicaciones para administrar los costos y realizar seguimiento en cultivos y fertilizantes, además permite crear y manipular los rendimientos, el modelo DSSAT realiza estudios profundos.

### **3.3.2.2 Modelo APSIM**

APSIM es una aplicación que permite modular el modelamiento que ha sido desarrollado para sistemas de producción agrícolas en Australia. APSIM es el producto de una asociación fuerte y duradera entre CSIRO. Comprende un modelo de sistemas agrícolas que simula los efectos de las variables ambientales y las decisiones de gestión sobre la producción agrícola, los beneficios y las variables ambientales que incluye analizar pastos, ganado, árboles y más de 30 cultivos (Zubillaga, 2016).

APSIM desarrolla modelos agronómicos para la producción de diferentes condiciones climáticas para simular los crecimientos de la hierba sin realizar modificaciones en la estructura del modelo. Cuando se modifican los parámetros de entrada que definen una especie de cultivo, el efecto de la eliminación parcial de brotes simulando una opción de plaga de insectos en CROPGRO, se consiguen realizar estudios de campo adicionales, cuya información sirve para estimar los parámetros de entrada necesarios (Pérez y Pijo, 2019).

Este modelo ayuda a los agricultores y productores a generar investigación, impulsando a muchas herramientas de toma de decisiones para estimar la rentabilidad además el rendimiento, riesgo económico y los efectos sobre el medio ambiente.

### **3.3.2.3 Software embebido o incorporado**

Este tipo de sistemas permiten recibir, interpretar, manipular y retransmitir datos obtenidos por diversos instrumentos de precisión y almacenados en dispositivos electrónicos como sensores (de índice verde, de temperatura, de humedad,

remotos, etc.), controladores y medidores de distintas muestras, PDAs, monitores de siembra y cosecha, receptores GPS y todos los dispositivos relacionados con la robótica. Este tipo de sistemas, en conjunto con la parte mecánica y la parte electrónica conforma un sistema que se conoce como mecatrónica (Sánchez R. , 2016).

Este tipo de software permite soluciones electrónicas que requieren componentes de captura (sensores), procesamiento (micro-controladores) de datos, los cuales trabajan con software embebido. Esta aplicación capta los datos en tiempo real, y el creciente desarrollo de Internet en muchos de los ámbitos de la vida cotidiana permite a las empresas disponer cada vez más dispositivos que estén interconectados a esta red (Mendoza J. , 2018).

#### **3.3.2.4 Agri Precisión**

Esta aplicación realiza las funciones de un GPS portátil. Permite registrar el terreno y generar la frontera de la propia parcela, así como calcular el área de la misma. Además, genera una cuadrícula de muestreo que da la facilidad al agricultor de editar el tamaño, la dirección de numeración y la ubicación de los puntos de muestreo de la cuadrícula. Realiza una navegación punto a punto para el muestreo, para luego crear una tabla de datos que permite introducir los valores obtenidos en el muestreo. También permite exportar los puntos fronterizos, la cuadrícula y los valores de la tabla de datos a un archivo. Por lo que resulta de mucha utilidad dentro de la agricultura de precisión (Chavez, *et al.* 2017).

Agri Precisión es una tecnología de información basada en el posicionamiento satelital. Sirve para obtener datos geo referenciados de diferentes labores a



realizar en barbecho, siembra, pulverizaciones durante el ciclo del cultivo, relevamientos a campo como seguimientos del cultivo, muestreos de suelos dirigidos o en grillas, cosecha, manejo de programas GIS o SIG (Martorell, 2019).

Esta aplicación ayuda a los agricultores generar de forma rápida las funciones de un GPS portátil, guiando con un punto a otro, de manera que las muestras se recogen en el campo.

#### **4. Conclusiones**

Luego de haber concluido con la presente monografía, de acuerdo a los tres objetivos planteados, se concluye que:

La utilidad y modo de obtención de mapeo digital constituye una importante herramienta tecnológica en la formación de una cultura general e integral del estudiante desde la Geografía como elemento procedimental de esta, fundamentalmente de los cultivos. Además las características de la tecnología drone es importante para captar imagen y video mediante un vehículo aerodinámico con características especiales y muy parecidas a un avión.

La conductividad eléctrica ayuda a medir las propiedades del suelo, a través del uso de equipo de tecnológicos. Este instrumento ha sido específicamente diseñado para medidas directas de sales en suelo, agua y soluciones nutritivas. Los agricultores o analistas usan una plataforma de SIG (Sistema de Información Geográfica) algo robusta, en vez de un sencillo software para mapear rendimiento de cosecha, la aplicación ANNA Instruments (HI) ha permitido en los últimos años desarrollar circuitos electrónicos que permiten medir la conductividad eléctrica de una disolución, como la actividad eléctrica del suelo. Con el desarrollo de la tecnología GPS y el Scanner de suelo TopSoil Mapper hoy se dispone de numerosas herramientas para el mapeo y georreferenciación en agricultura.

El mapeo digital ha permitido alcanzar análisis profundos mediante software que permite controlar varios aspectos importantes de las operaciones de su explotación agrícola. Desde oficina permite administrar los costos y hacer un seguimiento asociados a variables como en campos. La aplicación DSSAT ha sido utilizada en varios estudios sobre efectos del cambio climático en los cultivos. Este tipo de sistemas recibe, interpreta, manipula y retransmite datos obtenidos por diversos

instrumentos de precisión almacenados en dispositivos electrónicos como controladores y medidores de distintas muestras, PDAs, monitores de siembra y cosecha, receptores GPS y todos los dispositivos relacionados con la robótica. En La Troncal los análisis del suelo mediante dron especializado en bananeras tuvo como resultado la falta de agua para el cultivo. Esto tiene en alerta sanitaria a los países de América Latina que viven de la producción y exportación de estos productos.

## **5. Recomendaciones**

Como se ha mencionado en el presente proyecto, el mapeo digital permite a los agricultores analizar de forma rápida con tecnologías como GPS, drone que permite tomar foto de últimos planos, mapas, topografías, cartografía digital. Se recomienda utilizar estas tecnologías para los agricultores o los empresarios de bananeras, cacao, etc.

Se recomienda a las empresas desarrolladoras de software, conocer más sobre las técnicas de mapeo digital, para obtener un mejor resultado en cuanto a calidad, en los proyectos o productos que estén en proceso de elaboración dentro de la organización. El mapeo digital permitir diagnosticar el cultivo mediante medición de las propiedades del suelo través del uso de equipo de conductividad eléctrica.

Así también, se recomienda que se implementen este tipo de estudio en las empresas o pequeños agricultores del país para obtener un mayor producto, así como para la planificación de nuevas operaciones agrícolas. El agricultor luego tiene la opción de integrar los datos con otros datos para su sistema de administración de fincas.

## 6. Bibliografía

- Acaro, R., Martínez, M., & Paúl, Y. (2017). *Determinar los requerimientos hídricos del pepino (Cucumis sativus L) mediante el lisímetro volumétrico, en el sector Trinidad perteneciente al sistema de riego Campana-Malacatos*. Ecuador: Universidad Nacional de Loja.
- Acosta, G., & Mendoza, C. (2017). *Aplicaciones de los drones en la agricultura*. El Salvador: Csiro.
- Aguayo, R. (17 de 12 de 2012). *10 aplicaciones útiles para la agricultura*. Obtenido de Criandonaranjos: <https://criandonaranjos.com/2012/12/17/262/>
- Aguiar, E. (2019). *Drones en el ámbito agropecuario, una herramienta que llegó para quedarse*. Argentina: Chaco S.A.
- Alfaro, H. (2019). *Ética en fotografía. Consideraciones y análisis. General de Información y Documentación, 2*.
- Anyosa, C., & Renzo, J. (2018). *Ensayo controlado aleatorizado de tele-monitoreo domiciliario de la presión arterial con un tensiómetro adaptado con capacidad SMS*. Perú: Universidad Peruana Cayetano Heredia.
- Bastidas, C., Fabián, E., & Parra, S. (2017). *Diseñar e implementar un sistema registrador de crecimiento mediante el uso de técnicas de visión artificial para la clasificación del cultivo de rosas freedom en el invernadero de la florícola high connection flowers de la parroquia Mulaló - provincia de*. Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Bedord, L. (2018). *Mapa, visualización y gestión de datos de suelo superior*. Obtenido de Analizador de datos de suelo:

<https://www.agriculture.com/technology/data/map-visualize-and-manage-top-soil-data>

- Bello, M., & Martínez, P. (2015). *Fotogrametría de UAV de ala fija y comparación con topografía clásica*. Madrid: Universidad Politécnica.
- Berrío, V., Mosquera, J., & Alzate, D. (2019). *Uso de drones para el análisis de imágenes multiespectrales*. Colombia: Universidad de Pamplona.
- Bustamante, O., Sánchez, G., Pérez, M., & Velásquez, F. (2017). *Aplicaciones de los vehículos aéreos no tripulados en la ingeniería hidroagrícola*. México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- Campos, A., & López, A. (2016). La Cartografía temática: una herramienta para la gobernanza de las ciudades. *Estudios Andaluces (REA)*, 5.
- Carrillo, C., & Romero, J. L. (2018). *Uso del tensiometro en la determinación del régimen de riego en el cultivo de frejol Phaseolus vulgaris L bajo invernadero*. Ecuador: Universidad Técnica de Machala.
- Cascón, J., & Ruiz, A. (2018). Georreferenciación y publicación web de cartografía antigua en sistemas de información geográficos: requisitos para su evaluación y estudio de caso. *General de información y documentación*, 196.
- Cayón, A. (2015). *Uso y elaboración de cartografía temática a través de la SIG*. España: Universidad Cantabria.
- Chavez, J., García, J., & Sánchez, A. (2017). *Modo de una red de sensores y actuadores inalámbricos para aplicaciones en agricultura de precisión*. México: IEEE.

- Chinchilla, R., & Chacón, D. (2016). *Buenas prácticas en la elaboración de mapas de suelo*. Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Constitución Política del Ecuador. (2008). Elementos constitutivos del estado. *Constitución de la República del Ecuador*, 215.
- Díaz, V. G. (2017). La fotografía científica. *Revista Digital Universitaria*, 1.
- Doerge, T. (2015). *Mapeo de conductividad eléctrica del suelo*. Colombia: LOGEMIN S.A. .
- Dúran, J. (2016). *La conductividad eléctrica al servicio de la agricultura*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Ermini, P. V. (2017). Mapeo de la agricultura urbana y periurbana en el área metropolitana santa rosa-toay: aproximaciones metodológicas para la lectura territorial. *Revista de investigaciones agropecuarias*, 34-45.
- Espinoza, L. (2018). *Determinación del régimen de riego mediante el uso tensiómetros*. Machala: Universidad Técnica de Machala.
- Fabbri, S., Santagata, T., Chiarini, V., & Columbu, A. (15 de 10 de 2018). Observaciones geomorfológicas y espeleogenéticas utilizando escaneo láser terrestre y fotogrametría 3D en una cueva de yeso (Emilia Romagna, N. Italia). *Geomorfología*, pág. 1.
- Ferraz, B. (2015). Mapa batimétrico Da Bacia de Campos. *Geología e Geomorfología*, 68.

- Galarza, C. (2019). La cartografía en el ámbito de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). *Revista DIM*, 2.
- Gallego, M. (2018). *Llega la Inteligencia Artificial a Bing Maps*. Obtenido de BigData: <https://bigdatamagazine.es/llega-la-inteligencia-artificial-a-bing-maps>
- García, D., Martínez, Á., & Espinoza, M. (2018). Raspberry Pi y Arduino: semilleros en innovación tecnológica para la agricultura de precisión. *Revista de tecnología de la informática y telecomunicación*, 2-5.
- García, M. (2015). *Elaboración de batimetrías con imagen de teledetección*. México: ENED.
- García, R. (2019). Cómo crear una App basada en GPS. *Mobincube*, 1.
- Gastón, M., & Agapito, H. (2019). *Sistema de posicionamiento satelital con exactitud de centímetros para soluciones en agricultura de precisión*. Uruguay: Universidad ORT.
- GIP Cítricos. (20 de 09 de 2019). *Gestión integrada de plagas y enfermedades en cítricos*. Obtenido de Instituto Valenciano de Investigación Agraria: <http://gipcitricos.ivia.es/>
- González, S., Ramírez, F., Robledo, A., & Juárez, A. (2018). Efecto de los ácidos fenólicos en plantas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 21-22.
- González, J. (2017). *Análisis y modelado de sensores de reflectometría en frecuencia de media de agua en el suelo*. Colombia: Universidad Politécnica de Cartagena.



- González, A., & Sarmiento, F. (2015). *Drones Aplicados a la Agricultura de Precisión*. Bogotá: Universidad de Cundinamarca.
- González, B., & Nuño, V. (2015). Tendencias actuales de arquitectura de la información en colecciones cartográficas digitales españolas. *Investigación bibliotecológica: archivonomía, bibliotecología e información*, 145.
- González, C., & Pérez, F. (2011). Sistema para la generación automática de mapas de rendimiento. Aplicación en la agricultura de precisión. *Scielo*, 50-52.
- Guimenéz, E., & Avilés, M. (2014). El control temporal de las deformaciones de la granada y el otoño (Cordillera Bética, sur de España). *Tecnología de proceso*, 889.
- Gutierrez, S., Hernández, L., Delgado, I., Orozco, R., & Díaz, O. (2018). Análisis de imágenes multiespectrales adquiridas con vehículos aéreos no tripulados. *Revista de ingeniería electrónica automática y comunicación*, 86.
- Guzmán, G. (2019). Drones ciencia al vuelo. *Divulgación de la Ciencia de la UNAM*, 1.
- Hernández, V. (2017). *APP IVIA para el cuidado de críticos*. Obtenido de Agromarketing: <https://www.agromarketing.mx/agrotecnologia/app-ivia-para-el-cuidado-de-criticos/>
- Horacio, E. (2019). *Geosistemas presentó un scanner de suelos en agroactiva 2019*. Obtenido de Portal agropecuario: <https://www.portalagropecuario.com.ar/2019/06/29/932/>

- Inzunza, M., Mendoza, F., Catalán, E., & Villa, M. (2015). Modelos de calibración de un dispersor de neutrones para representar el contenido de humedad del suelo. *Dianet*, 1.
- Jovellanos, G. (2015). *Cultivapp herramienta de gestión agrícola*. Obtenido de Agriculturers: <https://agriculturers.com/cultivapp-herramienta-de-gestion-agricola-disponible-gratuitamente/>
- Juárez, A. (2018). Metodología para la elaboración digital de mapas: caso Volcán Nevado de Toluca. *Estudios Territoriales*, 1.
- Leal, M., & Ferreira, H. (2017). *Cartografía temática para mapas de sensibilidad*. Lima: Atlas de sensibilidad de ambiental a vazamento de óleo.
- Ledezma, J., Cardenas, N., & Ureña, J. (2018). Herramientas cartográficas digitales en vigilancia de enfermedades transmitidas por Aedes spp; caso en Costa Rica. *Scielo*, 1.
- Ley de Fomento de la Producción. (2015). Congreso Nacional. *Ley de Fomento Artesanal*, 5.
- López, S., Martínez, A., Rodríguez, M., & Rodríguez, D. (2019). *Interacción agricultura de subsistencia y ambiente en la región semiárida*. México: Universidad de Córdoba.
- Lucas, Á. (2018). Agricultura. *Gps.Gov*, 1.
- Mantovani, E. (2014). *Manual de agricultura de precisión*. Argentina: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

- Martínez, A. (2015). Mapas digitales y aplicaciones basadas en la localización. *Tecnología Educativa*, 2.
- Martorell, A. (2019). Beneficios de la agricultura de precisión. *Geo innova*, 1.
- Matamoros, J., & Cedeño, J. (2018). Propuesta agroturística sustentable en la finca Santa Mónica, Río Bonito – El Guabo. *Centro de investigación UTMACH*, 85-89.
- Medina, A. (2015). El uso que se da al suelo en el Ecuador consta en un mapa. *El Comercio*, 1.
- Medina, J., Volke, V., Galvis, A., Cortés, J., & Cruz, J. (2017). *Incremento de la materia orgánica del suelo y rendimiento de mango en luvisoles*. México: Agron. Mesoam.
- Medina, S., & López, J. (2019). *Organización y transformación de los sistemas de información para la empresa*. Madrid: ESIC.
- Mendoza, H. (2016). La fotografía aérea de la fundación ICA . *Instituto de Geografía*, 209.
- Mendoza, J. (2018). *Arquitectura de aplicaciones de software embebido en micro controladores para tarjetas de captura de datos de la IOT*. Colombia: Universidad de San Buenaventura Colombia.
- Merino, V., & Correas, H. (2015). *Piloto de dron (RPAS)*. Madrid: Paraninfo.
- Miziara, F., & Ferreira, N. (21 de 06 de 2019). Mapeando uso ecobertura solo de mocambique a plataforma google earth engine. *Electronica en geociencias*, pág. 43.

- Morquecho, F. (2018). Análisis de rendimiento y costo de los combustibles ecopaís y super. *Innova*, 1.
- Navas, M. (2016). *¿Qué son los drone? Toda la infromación*. Obtenido de Profesional Review: <https://www.profesionalreview.com/2016/03/04/que-son-los-drones-toda-la-informacion/>
- Novais, W., & Rodríguez, J. (2019). *Calibración y validación del equipo veris MSP3 en dos suelos de Guanacaste*. Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Nuñez, A. (2017). Construcción automático de ortofotomapa. *Investigaciones geográficas, boletín del Instituto de Geografía*, 3-20.
- Ortega, J., & Torre, P. J. (2018). *Delimitación de zonas de manejo utilizando variables topográficas y mapas de rendimiento*. Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.
- Ortiz, V., Ricardo, D., & Gallegos, J. (2017). *Variación de la capacidad tampón en suelos ácidos de origen aluvial y piedemonte costero en la provincia de El Oro*. Ecuador: Universidad Técnica de Machala.
- Osorio, C. G. (2016). *Conformación de un modelo batimétrico de alta resolución de la Bahía de La Paz*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ovando, J., Sayago, S., & Bocco, M. (2018). Evaluación de la precisión del modelo DSSAT para la estimación del rendimiento de soja utilizando datos meteorológicos satelitales. *Elsevier*, 12.
- Paez, M. (2017). Aproximación a la construcción de cartografía social a través de la geomática. *Contribuciones Científicas*, 3.

- Patricia, A., & Gutiérrez Hernández. (2018). *Evaluación del uso potencial del sensor Veris pH Manager considerando la influencia de la humedad del suelo y de la fracción arcilla en sus lecturas*. Madrid: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales.
- Pérez, A. (2016). *Introducción a los sistemas de información geográfica y geotelemática*. Buenos Aires , Argentina : Teseo .
- Pérez, C., & Pijo, E. (2019). Software de modelación agrícola. *Scielo*, 1.
- Pérez, L. (2018). ¿Cómo proceder ante el incumplimiento de las premisas de los métodos paramétricos? *Jardín Botánico Nacional*, 1.
- Pérez, S. (2019). Recursos hídricos y descargas de nitratos en relación con los usos de las tierras agrícolas en una cuenca de riego intensivo. *La ciencia del medio ambiente total*, 1293-1306.
- Peruzzo, M. (2015). Validación del modelo de curvas de Conductividad Eléctrica en el tiempo en cultivares de soja y trigo. *Repositorio Institucional CONICET Digital*, 1.
- Pino, E. (2019). Los drones, una herramienta para una agricultura eficiente: un futuro de alta tecnología. *Scielo*, 23.
- Plan Nacional de Desarrollo. (2017). Consejo Nacional de Planificación. *Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo*, 81.
- Plan Nacional de Desarrollo. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo, Toda una Vida*. Quito: República del Ecuador.

- Plaza, A. (2014). OpenStreetMap una década trazando el mundo entre todos. *El diario*, 1.
- Quintero, Q., Quintero, M., Gonzáles, C., & Flórez, V. (2017). *Lisímetros*. Obtenido de Muestreadores de Lixiviados: [https://www.researchgate.net/publication/320694451\\_Lisímetros\\_volumetricos](https://www.researchgate.net/publication/320694451_Lisímetros_volumetricos)
- Ramírez, L. (2017). *Diseño del sistema de información geográfica*. Bogotá: Universidad distrital francisco José de caldas.
- Restrepo, J. C. (2015). La cartografía en el ámbito de las tecnologías de la información y comunicación (TIC). *Científica de opinión y divulgación*, 7.
- Rivera, J. L. (2018). *Sensores distribuidos de fibra óptica basados en reflectometría de correlación de dos canales*. México: Centro de Investigación Científica .
- Rodríguez, Á. (2019). Fiabilidad del uso de fotografías en la clasificación de heridas relacionadas con la dependencia. *Enfermería Clínica*, 52.
- Rodríguez, J. (2015). *La geografía y la representación cartográfica en un mundo virtual: las tierras digitales*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- Royo, M. (2015). *El uso de GPS para el análisis del comportamiento espacio-temporal de los turistas*. Valencia: Universidad de Valencia.
- Sánchez, J., Vaquera, H., Granados, E., Martínez, M., & Mejía, B. (2018). Variabilidad espacial de propiedades físicas y químicas del suelo en un sistema lama-bordo en la Mixteca Alta de Oaxaca, México. *Scielo*, 1.

- Sánchez, R. (2016). *Propuesta de software base para el desarrollo de sistemas*. Cuba: Universidad Central Marta Abreu.
- Sánchez, S., Porras, J., & Rodríguez, A. (2018). Una Aproximación epidemiológica sobre patologías orales desde la perspectiva de la radiología. *SciELO*, 1.
- Santana, L., Borda, O., & Fontalvo, C. (2018). Generación y comparación de ortofotos realizadas a partir de procedimientos fotogramétricos como insumo en la adopción del catastro multipropósito urbano en Colombia. *Topografía Azimut*, 1.
- Sigal, T., & Eduardo, D. (2016). Competencia diagnóstica de los médicos de atención primaria con distintas técnicas de visualización de radiografías. *Educación médica*, España.
- Silicani, R. (2015). *Diseño, construcción y operación de un lisímetro de bajo costo*. Argentina: Universidad Nacional de Cuyo.
- SL, Inventia Agrícola. (26 de 10 de 2017). *CultivAPP*. Obtenido de Datos.gob.es: <https://datos.gob.es/es/aplicaciones/cultivapp-0>
- Solorzano, F., & Rosales, M. (2018). *Implementación de un sistema de navegación para drones multipropósito por medio de una aplicación desarrollada con tecnologías*. Ecuador: Universidad de Guayaquil. Facultad de ciencias matemáticas y físicas. Carrera de ingeniería en sistemas computacionales.
- Soto, S. A. (2016). *Levantamientos topográficos multitemporales basados en técnicas de fotogrametría aérea*. México: Cicese.
- Sotomayor, L. (2018). *Desarrollo de un control automático de riego y monitoreo de suelo*. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.

- Stewart, B., & Denise, A. (2018). *Prevalencia de patrones pulmonares anormales diagnosticados mediante radiografías digitales en Canis lupus familiaris que asisten a la consulta en la Clínica Veterinaria Dr. Pet en la ciudad de Guayaquil*. Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Tapia, R., Cabeza, E., & Herrera, R. (2018). *Efecto de la variabilidad espacial y temporal sobre la resistencia a la penetración del suelo en cuarteles de uva vinífera*. Chile: Universidad de Talca .
- Tatis, A., Ayala, C., & Román, A. (2017). Prueba de conductividad eléctrica en la evaluación de la calidad fisiológica de semillas en berenjena (*Solanum melongena* L.). *Scientia Agropecuaria*, 35.
- Téllez, M., & Herrera, A. (2017). El uso de drones en ciencias de la tierra. *Ciencia y Tecnología Universitaria*, 1.
- Vargas, R. (2021). *Mapeo del suelo afectados por sanilidad*. Roma: Organización de Naciones Unidas.
- Vázquez, J. J. (2016). *Teledetección y sensores*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid .
- Violini, S. (2016). *Uso de suelo agrícola en la zona central de Córdoba: análisis de datos espaciales multisensor para su estudio y gestión*. España: Universidad Nacional de Córdoba.
- Zamora, I. (2018). *Tecnologías aplicables en Agricultura de Precisión*. Chile: Propiedad Intelectual.



Zubillaga, M. (2016). *Variabilidad de la mineralización de nitrógeno a escala intraparcela y sus consecuencias sobre la fertilización de los cultivos*. España: Universidad Caruña.

Zúñiga, C. (2018). *Nuevos sensores ópticos en agricultura de precisión*. Obtenido de Redagrícola: <http://www.redagricola.com/cl/nuevos-sensores-opticos-en-agricultura-de-precision/>

## 7. Glosario

**Cartografía:** Ciencia que estudia los mapas y cartas geográficas y cómo realizarlos.

**Curvatura:** Desviación de la dirección o forma recta de una línea, superficie u objeto.

**Electromagnético:** Es un campo físico, de tipo tensorial, producido por aquellos elementos cargados eléctricamente, que afecta a partículas con carga eléctrica.

**Imagenología:** Se utiliza para revelar, diagnosticar y examinar enfermedades o para estudiar la anatomía y las funciones del cuerpo.

**Inclinación:** Una pendiente es un declive del terreno y la inclinación, respecto a la horizontal, de una vertiente.

**Fitosanitarios:** La prevención y curación de las enfermedades de las plantas o relacionado con ello.

**Lisímetros:** es un dispositivo introducido en el suelo, relleno con el mismo terreno del lugar y con vegetación.

**Mapper:** Es un paquete de software de sistema de información geográfica desarrollado actualmente por Blue Marble Geographics que se ejecuta en Microsoft Windows.

**Perímetros:** es el contorno de una superficie plana, es decir, la medida de todos sus lados ya sean rectos o curvos. El cálculo del perímetro se utiliza en la industria de la construcción, agricultura, arquitectura, etc.

**Plagas:** Colonia de organismos animales o vegetales que ataca y destruye los cultivos y las plantas.

**Poliéster:** Fibra sintética de poliéster que se utiliza principalmente en industria textil.

**Rigidez:** Capacidad de resistencia de un cuerpo a doblarse o torcerse por la acción de fuerzas exteriores que actúan sobre su superficie

**Sensores:** Es un objeto capaz de variar una propiedad ante magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas con un transductor en variables eléctricas.

## 8. Anexos

**Tabla 1.** Tipos de drones: Ventajas de la plataforma más utilizada

| Tipo               | Carga Soportable(kg) | Tiempo de vuelo(min) | Ventajas  | Limitaciones   |
|--------------------|----------------------|----------------------|---|--|
| <b>Rotocóptero</b> | <b>0,8-8,0</b>       | <b>8-120</b>         | Se puede usar puntos de referencia para navegar<br>Puede suspenderse en el aire<br>Puede instalarse un amplio rango de sensores | La carga puede limitar el uso de la batería  |
| <b>Fixed wing</b>  | 1.0-10               | 30-240               | Se puede usar puntos de referencia para navegar<br>Mejor tiempo de vuelo.<br>Puede instalarse un amplio rango de sensores.      | Capacidad limitada para suspenderse en el aire.<br>Se requiere baja velocidad para poder pegar imágenes. |

Se detalla las ventajas de la plataforma más utilizada en la agricultura.

Fuente: (Zúñiga, 2018).

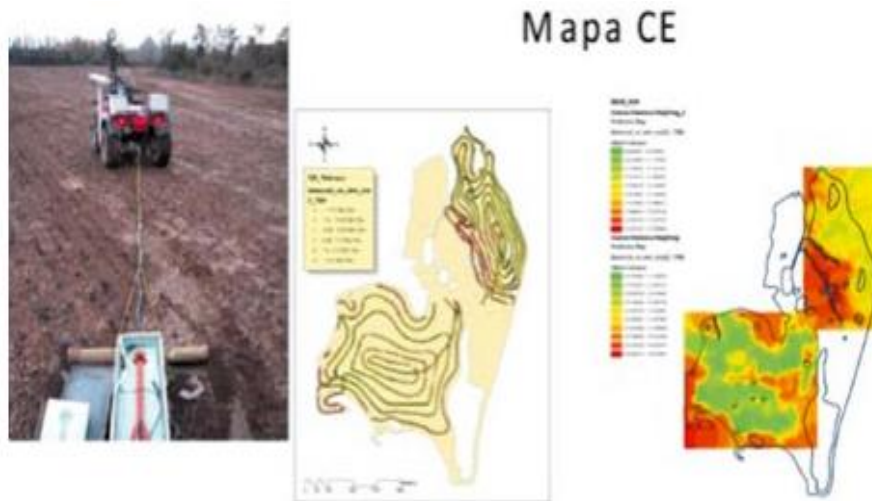
**Tabla 2.**Tipos de conductibilidad eléctrica

| Tipos   | Concepto   | Precio                    | Lugar                                     |
|---|--|---------------------------|---|
| <b>HI 99121. Medidor directo del pH y Temperatura del Suelo, sustrato o compost</b>                     | Kit de precisión para medir pH del Suelo directamente, con Electrodo Especial. El kit HI 99121 ha sido diseñado para la medición directa del pH del suelo, simplificando el procedimiento,   | 538,45 €<br>= \$ 602,91   | Guayaquil<br>(Anna Instruments)<br>España |
| <b>HI 993310. Conductímetro para Mediciones directas en Suelo, Sustrato o Compost y Regadío</b>         | La Conductímetro HI 993310 está indicado para la medición directa sobre el terreno y soluciones de regadío. Rango: 0.00 a 19.99 mS/cm.   | 710,27 €<br>=\$795,30     | Costa rica<br>Guayaquil                   |
| <b>Conductímetro para mediciones directas en suelo. Conductividad eléctrica y temperatura: HI 98331</b> | El medidor de conductividad eléctrica y temperatura HI 98331 está indicado en jardinería, viverismo, etc. Este Conductímetro es un medidor de bolsillo especial diseñado para medir directamente la temperatura del suelo.   | 228,69 €<br>=\$ 256,07    | Guayaquil<br>Quito                        |
| <b>HI 983311 Aqua Dip. Medidor de Conductividad eléctrica, TDS y Temperatura</b>                        | Este medidor es económico, resistente y preciso medidor de Conductividad Eléctrica, TDS y Temperatura en lugares con un alto porcentaje de humedad. El medidor HI 983311 (Aqua Dip) es sumamente sencillo de utilizar.   | 242,00 €<br>=\$ 270,97    | España<br>Cuenca<br>Quito                 |
| <b>Medidor de conductividad eléctrica directa del suelo. Field Scout</b>                                | Conductímetro para mediciones directas en suelo y soluciones nutritivas. Este instrumento ha sido específicamente diseñado para medidas directas de sales en suelo, así como en agua y en soluciones nutritivas.   | 716,08 €<br>=\$801,81     | Guayaquil<br>Cuenca                       |
| <b>Medidor económico de pH del suelo. SoilStik</b>  | Este medidor de pH del suelo SoilStik con su sensor de superficie plana mide el pH en suelos y sustancias sólidas, semi-sólidas y líquidas. Ya no habrá más sonda rotas o juntas tapadas.  | 276,85 €<br>=\$ 309,99    | Quito<br>Ambato                           |
| <b>Medidor de pH, conductividad y temperatura del suelo. IQ 150</b>                                     | Medidor de pH, temperatura y conductividad del suelo con sonda de 15,2 cm. y punta delgada. Herramienta rápida fácil de usar y precisa para medir el pH, la conductividad y temperatura en suelo. El medidor IQ 150 le permite mediciones instantáneas y precisas de pH. | 1.384,24 €<br>=\$ 1549,96 | Guayaquil<br>Cuenca                       |

Se detalla los tipos de conductibilidad y los precios, además el lugar donde se puede adquirir.

Fuente: (Mendoza 2019)

**Figura 1. Sistema EM38**



Se detalla el desarrollo de mapas de conductividad eléctrica de suelo

Fuente: (Mantovani, 2014)

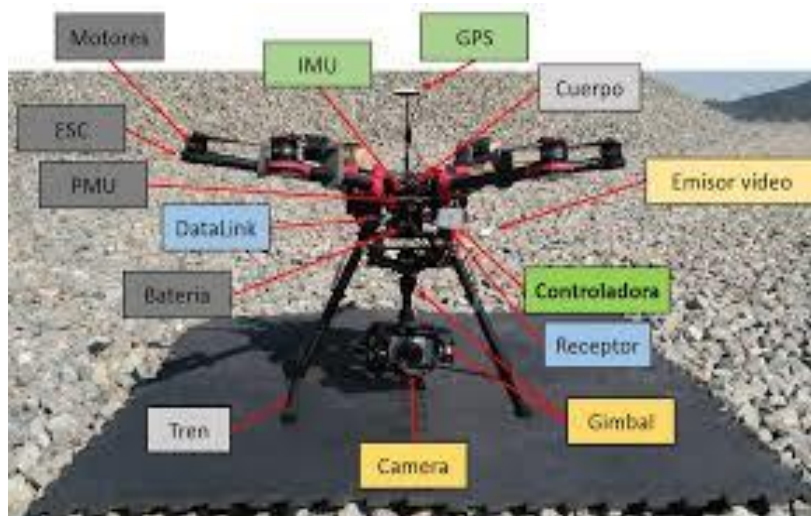
**Figura 2. HANNA Instruments (HI) un equipo (HI993310)**



Un instrumento para realizar mediciones rápidas y precisas de la conductividad en suelos y líquidos.

Fuente: (Dúran, 2016)

**Figura 3. Drones**



Permiten alta resolución espacial y mayor frecuencia temporal

Fuente: (Vázquez, 2016)