

**MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA NARANJA TANGELO  
(*Citrus X Tangelo*) UTILIZANDO SIG**

**JUAN FERNANDO TABARES OCAMPO**

**SEBASTIÁN QUINTERO GARCÍA**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA  
INGENIERIA DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
MANIZALES**

**2021**

**MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA NARANJA TANGELO  
(*Citrus X Tangelo*) UTILIZANDO SIG**

**JUAN FERNANDO TABARES OCAMPO**

**SEBASTIÁN QUINTERO GARCÍA**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE:  
INGENIEROS DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES**

**Presidente /Asesor Temático  
JOHNATAN VALLEJO CARDONA  
Ingeniero de Sistemas y Telecomunicaciones; Magíster en TIG.  
Docente, Universidad de Manizales**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA  
INGENIERIA DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
MANIZALES  
2021**

Nota de Aceptación

---

---

---

---

Presidente del Jurado

---

Jurado

---

Jurado

Ciudad y Fecha (día, mes, año) (Fecha de entrega)

## **AGRADECIMIENTOS**

En el trasegar de la carrera se conocen personas que dejan infinitas enseñanzas para la vida personal y laboral, es así, como se culmina otra etapa de nuestras vidas y queremos agradecer a todas ellas, las cuales nos acompañaron en este proceso académico en la universidad de Manizales, aquellas que siempre vieron en sus futuros profesionales un crecimiento potencial en el área de la ingeniería, gracias a ellos por permitirnos participar en tan excelente universidad, y su gran compromiso por entregar personas competentes en una sociedad cada vez más competitiva y fuerte en el mundo real.

Al Docente Johnatan Vallejo Cardona, quien hizo parte de todo el proceso de formación académico, un hombre con valores y principios sin igual, que siempre se esmeró y velo por sacar nuestro proyecto de grado adelante; a la Ingeniera agrónoma Alejandra Vallejo Sánchez, una de las personas que no solo se prestó para hacer el seguimiento al cultivo, si no también, que pretendió garantizar la excelencia y la correcta ejecución de este.

A nuestras familias, quienes desde el principio se ilusionaron y soñaron a esperas de poder celebrar con nosotros un futuro título como Ingenieros de Sistemas y Telecomunicaciones y, que a pesar de las condiciones en que se presentó la ejecución del proyecto debido a la pandemia, nunca desfallecieron y siguieron creyendo en nosotros.

Por último, queremos hacer extensivo nuestro agradecimiento a nuestros compañeros y amigos que nos brindaron luz y una sana competencia en nuestro proceso académico, aprendimos mucho de cada uno y espero que todas sus metas y proyectos sean tan prósperos como su paso por la Universidad de Manizales.

## CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE TABLAS .....	6
TABLA DE IMÁGENES.....	7
TABLA DE FIGURAS.....	8
1. INTRODUCCIÓN.....	11
2. OBJETIVOS .....	13
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	14
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	14
3.2 JUSTIFICACIÓN .....	15
4. MARCO TEÓRICO .....	16
LA CITRICULTURA EN COLOMBIA .....	16
VANT .....	20
SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICOS .....	22
5. TIPO DE TRABAJO Y MÉTODOS .....	29
5.1 TIPO DE TRABAJO .....	29
5.2 METODOLOGÍA.....	29
6. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	32
6.1 ANÁLISIS DEL DESARROLLO DEL PROYECTO .....	50
6.2. TABLA DE NAVEGACIÓN.....	51
6.3 CRONOGRAMA.....	58
CONCLUSIONES .....	59
PRESUPUESTO .....	60
BIBLIOGRAFÍA .....	61

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1. Colores</b>	<b>40</b>
<b>Tabla 2. Presupuesto de implementación.</b>	<b>60</b>

## TABLA DE IMÁGENES

	<b>Pág.</b>
Imagen 1. Análisis inicial del Terreno Hacienda La Trinidad	32
Imagen 2. Plano Hacienda la Trinidad	32
Imagen 3. Identificación de los puntos y los cultivos	33
Imagen 4. Ubicación de los Linderos Hacienda la Trinidad	34
Imagen 5. Identificación del Terreno Cultivo de Naranja	35
Imagen 6. Recolección Producto	36
Imagen 7. Muestra Cosecha del Producto Identificación de Enfermedades	36
Imagen 8. Toma de Fotografías	37
Imagen 9. Hormiga ( <i>Atta sp.</i> )	39
Imagen 10. Plaga Trips en la flor de la naranja	39
Imagen 11. Plaga de ácaros los frutos de la naranja	40
Imagen 12. Página EarthExplorer	41
Imagen 13. Zona demarcación Hacienda La Trinidad	42
Imagen 14. Selección Sateite Landsat 8	42
Imagen 15. Descarga de Mapa Satelital	43
Imagen 16. Arcmap Proyecto De Grado	43
Imagen 17. Imagen Color Natural Arcmap.	44
Imagen 18. Fotografía Combinación de Bandas 5 6 2	44
Imagen 19. Identificación Fuentes Hídricas	45
Imagen 20. Ortofoto zona total hacienda la Trinidad	45
Imagen 21. Fotografía terreno sembrado Naranja Tangelo	46
Imagen 22. Polígono Sembrado Hacienda la Trinidad	46
Imagen 23. Identificación metros cuadrados Área Sembrada	47
Imagen 24. ArcGis Pro	48
Imagen 25. Zona de Posibles Siembras, Hacienda la Trinidad	49
Imagen 26. Posibles nuevas zonas de siembra	49
Imagen 27. Demarcación Fuentes Hídricas Hacienda la Trinidad	50
Imagen 28. Análisis espacio entre arboles cercanos	56
Imagen 29. Análisis espacio entre arboles cercanos	57

## TABLA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1. Método sembrado al 3 Bolillo</b>	<b>48</b>



## GLOSARIO

**Agricultura de precisión:** La Agricultura de Precisión es una tecnología de información basada en el posicionamiento satelital; consiste en obtener datos georreferenciados de los lotes para un mejor conocimiento de lo que puede suceder en un lote durante las 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, aplicación de dosificación variable de insumos, etc. (INTA Manfredi, 2005)

**Arcgis:** software utilizado para el tratamiento de fotografías y tratamientos de datos especiales, Proporciona herramientas para visualizar, analizar, compilar y compartir datos en entornos 2D y 3D, se espera que esta nueva herramienta, aunque no tiene las mismas funcionalidades llegue a superar a Arcmap y sea su remplazo.

**Cafetos:** arbusto o árbol pequeño el cual puede llegar a medir alrededor de 10 metros en estado silvestre El cafeto requiere mucha humedad para dar fruto; prefiere los terrenos altos, y no es resistente a las heladas.

**Cámara multiespectrales:** Una cámara multiespectrales, como su propio nombre indica, es una cámara que es capaz de captar varios espectros de luz (el ojo humano es incapaz de verlas). Las cámaras multiespectrales que se montan en los drones son de pequeñas dimensiones y pueden llegar a tomar valores de hasta 6 bandas espectrales. (Aerial-Insights. 2017)

**Capas:** las capas son las superposiciones de fotografías o datos que permiten identificar las zonas de un espacio geográfico, estas me permiten mostrar información como espacios, dimensiones, mediante medidas y colores y polígonos.

**Citrus X Tangelo:** es una especie de cítrico. Puede ser un híbrido entre mandarina y pamplémusa o mandarina y pomelo, Originaria de Asia, entre el sur de China e Indonesia, desde donde su cultivo se extendió a India y al Medio Oriente. Los musulmanes la introdujeron a España y norte de África. Los españoles y los portugueses la cultivaron en el territorio americano a partir del siglo XVI.

**Polígono:** es una figura geométrica que ubica los límites de un terreno en la agricultura de precisión, sirve para delimitar e identificar los espacios de siembra mediante este podemos medir en metros cuadrados el cultivo.

**Procesamiento de datos:** Conjunto de operaciones que un ordenador realiza partiendo de un programa, permitiendo la acumulación y manipulación de elementos de datos para producir información significativa (Alexander Moreno Toro y Edison Salgado Polo, 2019).

**SIG:** Un sistema de información geográfica (SIG) es un sistema empleado para describir y categorizar la Tierra y otras geografías con el objetivo de mostrar y analizar la información a la que se hace referencia espacialmente. Este trabajo se realiza fundamentalmente con los mapas. (ArcGis)

**VANT:** Una aeronave es un vehículo que se desplaza por el aire. En el caso de las VANT, su principal característica es que no son tripulados: es decir, no transportan personas. Los drones, por lo tanto, se manejan a distancia. (Julián Pérez Porto. 2017)

## RESUMEN

La agricultura en Colombia aún carece de tecnologías que ayuden a crecer productivamente a los medianos y pequeños agricultores, problema que conlleva a que estos pierdan sus cosechas y su economía se vea afectada drásticamente, sin embargo, uno de los principales problemas de esta causa, se debe a que las pocas políticas públicas que existen en el país, no generan interés en estos, concentrando la atención en las empresas privadas que generan mayores ingresos y aportan al PIB de este. También, la poca educación y la agricultura tradicional que aún se maneja, no permite transferir nuevo conocimiento y generar nuevos aportes, para que el costo/beneficio en sus cosechas, sean rentables.

Con la introducción de nuevas tecnologías en el campo, como la agricultura de precisión y los Sistema de información geográfica, se espera estudiar, cómo esta influye positivamente en el rendimiento de sus productos sembrados ya que se cuenta con múltiples herramientas informáticas y dispositivos electrónicos que permitirá determinar cómo y cuándo se van a tomar los datos de las labores culturales del cultivo, permitiendo generar una información suficiente para crear mapeos, vuelos con aeronaves no tripuladas, fotografías satelitales y demás elementos necesarios para la producción de alta calidad y que no genere sobrecostos ni pérdidas tanto de dinero, como de cultivos; mediante la zonificación de sectores de un campo específico y poder atender las necesidades nutricionales del suelo, abonando en los lugares necesarios ahorrando de sobremanera el uso de estos.

Por otra parte, con la información obtenida durante el estudio y análisis del terreno intervenido, se generaron nuevas estrategias de siembra que mejoran la productividad del cultivo de la naranja en la zona, al igual que dar a conocer a los propietarios, de las nuevas herramientas con las que cuentan, aclarando que muchas de ellas son de forma gratuita, que ayudara a mejorar la producción no solo de la Naranja Tangelo (*citrus x Tangelo*), si no de los cultivos que deseen implementar en la zona; además de esto lo que se espera es poder brindar una plataforma donde encontraran embebida toda la información del área sembrada y poder tomar decisiones con los cultivos presentes allí, e identificar aquellas fuentes hídricas que permitan estudiar la posibilidad de replantear un plan de contingencia en caso de presentarse fuertes sequias.

**PALABRAS CLAVE:** Sistema de información geográfica, Agricultura de precisión.

## 1. INTRODUCCIÓN

La apropiación social y circulación del conocimiento, realizada mediante una investigación documental de los cultivos en el entorno mundial; y el estudio de como la agricultura de precisión genera mejores perspectivas y aceptación en los agricultores de gran escala, ayuda para incluir socialmente a los campesinos a las nuevas tecnologías que está a favor de la protección de los recursos naturales y con esto un mejor uso de la agricultura, disminuyendo costos de manutención y aumento en la producción de los cultivos, generando nuevas estrategias y coadyuvando al desarrollo tecnológico en aquellos lugares donde es difícil el acceso de las tecnologías<sup>1</sup>. Podría decirse que se trata de una forma de aumentar el flujo de la producción en los cultivos y en la evolución social, donde se desestigmatiza y se disminuyen los tradicionalismos en la aplicación de la agricultura, para dar entrada a unas nuevas metodologías de siembra que, de la mano de los agricultores, es la puerta del mejoramiento de la producción agrícola. Se aplicará en la zona Bajo Occidente de Caldas, donde se cuentan con cultivos ya establecidos y de igual manera se cuentan con fuentes que permiten obtener información, que será utilizada para crear un Sistema de Información Geográfico que permita facilitar la toma de decisiones mediante el estudio de los datos del IDEAM, INCODER, otras entidades, y con los datos propios obtenidos durante la ejecución del proyecto<sup>2</sup>

En el Eje Cafetero, Antioquia y Norte del Valle, se encuentra la mayor área tecnificada de cítricos de Colombia, no sólo por lo reciente de la citricultura, sino por las grandes inversiones realizadas por productores y empresas procesadoras.

En el caso del departamento de Caldas, se registran diferentes sistemas de producción: independiente, tecnificados pero asociados a cultivos como piña, maracuyá; y asociados con el cultivo de papaya (*Carica papaya*) o café, y pequeñas parcelas tradicionales intercaladas con café, plátano y aguacate. Pero la gran mayoría de los sistemas de producción no cuentan ni con grados altos de tecnificación, y en muy pocos casos con el apoyo de tecnologías de información y comunicación (TIC).

---

<sup>1</sup> Neményi, M., Mesterházi, P. Á., Pecze, Z., & Stépán, Z. (2003). The role of GIS and GPS in precision farming. *Computers and Electronics in Agriculture*. P.40

<sup>2</sup> Nasrollahi, N., Kazemi, H., & Kamkar, B. (2017). Feasibility of ley-farming system performance in a semi-arid region using spatial analysis. *Ecological Indicators*. P.24

La producción de cítricos en esta región no cuenta con suficientes herramientas tecnológicas que permitan con precisión y detalle el mapeo de las plantaciones, administración de las prácticas de cultivo y la detección de enfermedades. Herramientas como los sensores remotos, estaciones agroclimáticas, procesamiento digital de imágenes dan a tecnologías emergentes como la agricultura de precisión y los sistemas de información geográfica (SIG), oportunidades para atacar los problemas en la producción de cítricos, descritos anteriormente.

El presente proyecto presenta inicialmente la situación de la producción citrícola en Colombia y su distribución geográfica. Al mismo tiempo plantea las problemáticas más comunes y la interacción con la industria procesadora. Como caso de estudio se analiza la situación de la producción y el manejo de inventarios para insumos, en La Hacienda La Trinidad productora de Naranja Tangelo (*Citrus X Tangelo*).

La información es recolectada por medio de imágenes con aeronaves no tripuladas (drones) y por medio de una estación agroclimática, donde se toman los datos más relevantes de las parcelas que se van a estudiar, como también de la composición del suelo, características físicas de las plantas, y establecimiento del estado del cultivo, a través de la comparación con estándares definidos (firma espectral o NDVI)

Finalmente, con la información recolectada se construye una base de datos espacial y un SIG, que contiene toda la información recolectada y con la cual se puede realizar la gestión del cultivo y la toma de decisiones para mejorar la productividad.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Mejorar la productividad de la Naranja Tangelo (*Citrus X Tangelo*) en La Hacienda la Trinidad, en el Municipio de San José, departamento de Caldas, a través de técnicas de teledetección y sistemas de información geográfica.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Tomar y procesar las imágenes de la zona de estudio utilizando VANT, en parcelas sembradas con Naranja Tangelo (*Citrus X Tangelo*).
- Realizar un análisis mediante el procesamiento de Imágenes y teledetección que permita identificar y delimitar las hectáreas cultivables y los recursos disponibles en el área de estudio.
- Desarrollar un informe que contenga la información obtenida como fotografías, metros cuadrados, fuentes naturales para su aprovechamiento lo cual servirá para la toma de decisiones a futuro dentro de los previos comprometidos.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

A pesar de las ventajas comparativas que ofrecen muchas regiones del país para el desarrollo de los cítricos, aún existen algunos factores que limitan su competitividad, como la falta de escalas comerciales importantes, la alta dispersión geográfica de la producción, la falta de gestión empresarial y un pobre desarrollo tecnológico<sup>3</sup>.

En el Eje Cafetero, Antioquia y norte del Valle, se encuentra la mayor área tecnificada de cítricos de Colombia, no sólo por lo reciente de la citricultura, sino por las grandes inversiones realizadas por productores y empresas procesadoras. De otro lado la producción de cítricos en esta región no cuenta con suficientes herramientas tecnológicas que permitan con precisión y detalle el mapeo de las plantaciones, administración de las prácticas de cultivo y la detección de enfermedades. Herramientas como los sensores remotos, estaciones agroclimáticas, procesamiento digital de imágenes dan a tecnologías emergentes como la agricultura de precisión y los sistemas de información geográfica, oportunidades para atacar los problemas en la producción de cítricos, descritos anteriormente.

Por ser zona de influencia e interés para la Universidad, el estudio se desarrollará en el departamento de Caldas, en la Haciendas “La Trinidad”, situada en el municipio de San José. La temperatura promedio es de 24°C a 35°C, la altura es de 1.580 metros sobre el nivel del mar y produce principalmente Mandarina Valencia, Naranja Tangelo, Plátano, Café, y Cacao, distribuidas en 15 hectáreas.

A pesar del manejo ordenado de los procesos productivos de los cultivos de naranja y mandarina, no existe un control total sobre la producción de frutos, manejo de insumos y prevención o manejo de enfermedades, debido a la carencia de una herramienta tecnológica que, en tiempo real, pueda tener información sobre variables climáticas, del suelo, morfológicas, inventario de insumos y existencia de plagas o enfermedades. Al mismo tiempo que pueda determinar el estado de un cultivo, mediante fotografías aéreas, usando sensores remotos y SIG.

---

<sup>3</sup> ORDUZ, J.O., et al. Características de la citricultura del departamento del Casanare y recomendaciones para su mejoramiento productivo. Villavicencio, Meta: CORPOICA, 2008. 90 p.

### **3.2 JUSTIFICACIÓN**

Este proyecto se hace con la necesidad de utilizar nuevas herramientas tecnológicas para facilitar al agricultor la toma de decisiones sobre las labores necesarias del cultivo desde antes de la siembra, hasta la Poscosecha. Esto se puede lograr, gracias a los datos que serán registrados al SIG y al Hub, donde se observará en tiempo real las condiciones físicas en las que se encuentran los cultivos, así podrá mejorar los posibles escenarios de estos en caso que hayan afectaciones, sobre todo en los casos urgentes donde el costo/beneficio del productor se vea afectado y así asegurar que el rendimiento de la cosecha será el planeado, al igual que en la calidad de los productos obtenidos.

#### **4. MARCO TEÓRICO**

El medio ambiente continua deteriorándose a pasos agigantados, como se puede evidenciar a nivel mundial el daño puede llegar a ser irreversible y esto puede afectar sobre manera la estabilidad de los cultivos, las malas aplicaciones agrícolas devastan cada vez más los suelos y las fuentes hídricas elementos importantes para la producción de productos agrícolas; la agricultura de precisión se posiciona a nivel mundial cada vez con más fuerza y Colombia no puede ser ajeno a esta evolución agroindustrial, estados unidos y España son grandes productores de cítricos a nivel mundial, al igual que Brasil y china estos países han implementado e innovador en la producción mediante técnicas poco comunes pero de gran impacto como la agricultura de precisión, Colombia no es ajeno a este se puede evidenciar grandes campos donde se da aplicabilidad a estas técnicas en cultivos como la caña, pero en la producción de cítricos este aun es algo ignoto; la producción de cítricos es una de las fuentes de ingreso agropecuario más alto en el eje cafetero después del café por ende se ve la necesidad de fortalecer la agroindustria en este campo aplicando las técnicas que permitan aumentar la producción, controlar y disminuir costos en los procesos productivos<sup>4</sup>.

#### **LA CITRICULTURA EN COLOMBIA**

Colombia como productor de cítricos pertenecen a una pequeña parte que procesa este producto, aunque en el ámbito internacional está presentando una evolución con resultados positivos.

El comercio global de cítricos en fruto es relativamente bajo como proporción de la producción, se evidencia un elevado consumo de este producto en los países que son productores al igual que en procesos agroindustriales que se destinan para suplir tanto la demanda interna como la de los mercados internacionales de cítricos ya procesados<sup>5</sup>.

Aunque el sector cítrico ha ido ganando en forma exponencial la participación en el sector del agro colombiano por la demanda en el consumo del cítrico, las importaciones están creciendo mientras que las exportaciones decrecen lo que indica que nivel de balance comercial es negativo. Esto se debe principalmente a debilidades que enfrenta la producción de cítricos y en general la cadena como son: la falta de escalas comerciales importantes, la alta diseminación en la producción, el bajo grado de asociatividad entre los productores y la falta de

---

<sup>4</sup> Comité de Gestión de Cítricos. (08 de 2019). Recuperado el 2020 de 08 de 03

<sup>5</sup> CITRICOS: Cultivo, Poscosecha e Industrialización. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Artes y Letras S.A.S. 2012 pp. 9



cultura agro empresarial que limita el acceso al crédito y a la asistencia técnica<sup>6</sup>. Un factor que influye y no se puede dejar a un lado es la poca integración que hay entre la agricultura, lo que lleva a tener poca investigación e implementación de tecnologías que permita facilitar la producción de la citricultura, además por estas barreras influye en que no se realicen campañas de prevención de plagas y enfermedades. A todo esto, debe sumarse que las variaciones climáticas como los fenómenos de “La Niña” y “El Niño”, que traen disminuciones en la producción y demuestran que los citricultores no están preparados para manejar efectivamente el riesgo ni de adaptarse a fluctuaciones climáticas y catástrofes<sup>7</sup>.

Según cifras del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), en el 2018, de los 40 millones de hectáreas para uso agrícola con las que cuenta el país gracias a su condición tropical y variedad de pisos térmicos, Colombia utiliza 7,6 millones, es decir, solo una cifra cercana al 20% de su capacidad y potencial agropecuario y otro 80% a pasturas y sabanas, que no necesariamente están ocupadas por ganadería. Y de todas estas solo el 1,69% corresponde al sector de los cítricos, son cifras preocupantes por el porcentaje tan alto de hectáreas que están dejando de producir y son altamente ricas en sus suelos por los nutrientes que poseen.

De acuerdo con el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) indican que, en 2019, 11 millones de personas habitaba zonas rurales del país y tenían su sustento en la actividad agropecuaria, que es menos del 20% de la población total, donde la mayoría de estos son pequeños productores con prácticas de trabajos tradicionales que implican una baja tecnificación en el desarrollo y la producción de los cultivos.

Se tiene en cuenta que la disponibilidad de los recursos naturales como el agua, el aire y el suelo se ha ido reduciendo tanto en su cantidad como en su calidad y la variabilidad que presenta hoy el clima como fenómeno transversal en todo lo que respecta en el desarrollo de la actividad se puede, sin lugar a dudas hablar de pérdidas económicas de grandes y pequeños productores. En ese panorama adicionando la escasa planificación, los sobrecostos en el tratamiento de plagas, manejo inadecuado en los insumos, así como la poca asistencia técnica y la escasa implementación de nuevas tecnologías en cada una de las fases de desarrollo del sistema productivo, se ve reflejado en una baja competitividad y

---

<sup>6</sup> Ibíd. p.9 - 10

<sup>7</sup> Lau, C., Jarvis, A., & Ramirez, J. (2011). Agricultura Colombiana: Adaptación al Cambio Climático. CIAT Políticas en Síntesis no. 1. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

poca participación en mercados que exigen un uso bajo de agroquímicos, manejo sostenible y tecnificación del sistema de producción.

El uso de agroquímicos, fertilizantes y plaguicidas, es hoy un tema de vital importancia ya que de la forma que se use tiene repercusiones en la resistencia de las plagas y enfermedades de los cultivos, generando mayor inversión económica, de tiempo, afectando la calidad nutricional final del producto y a su vez influye en la calidad de vida de las familias del campo<sup>8</sup>.

El uso de tecnologías para la productividad del campo es un salto cualitativo y cuantitativo porque permite la optimización de todos los recursos, minimizar los costos tanto económicos como ambientales y por ende puede ampliar el margen de utilidad (ambiental, social y económica). En el marco de este proyecto el uso de tecnología, se referirá únicamente al uso de las TIC y el IoT (Internet of Things, Internet de las Cosas). En este orden de ideas las bases de datos, la teledetección, los SIG y la Agricultura de Precisión, son tecnologías que brindan al agricultor un volumen de información muy amplio para la toma de decisiones, dentro de las premisas de la optimización de la producción, la reducción de costos y el aumento del margen de utilidad.

El eje cafetero es la zona con más presencia de la citricultura poniendo el departamento de caldas dentro una gran área sembrada nacional que representa la zona del eje cafetero donde se cuenta en el departamento de caldas con cultivos tradicionales de cítricos. La zona cafetera cuenta con buenas características para la producción y comercialización de cítricos ya que, además de presentar excelentes condiciones agroecológicas, cuenta con adecuada infraestructura, con empresarios organizados y con una agremiación (Asocítricos) lo que da confianza a la hora de producir, contratar con los empresarios de la región permitiendo ser sobresalientes respecto a competidores directos y todo esto debido a la gran confiabilidad y calidad de sus productos.

La región dispone también de varias empresas comercializadoras de cítricos que se encargan de suministrar el producto a supermercados e industrias procesadoras dentro de las que se encuentran, Frutas Cambia en Caldas, lo que genera parte de comienza para la distribución de la producción que en esta zona se genera y así tener aliados amigos para entregar el producto a los destinos finales con estándares de transporte adecuados para conservar la calidad<sup>9</sup>.

---

<sup>8</sup> Flórez C., Mosquera J. La relación ser humano – naturaleza frente a los derechos fundamentales en el territorio. (2013). Rev. Alimentos Hoy. Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. ISSN 2027-291X, Vol. 21(28), p.79- 96.

<sup>9</sup> Mercado, G. S. (2018, 06 22). Retrieved 08 10, 2020

## LA TELEDETECCIÓN

La teledetección es un mecanismo de control clave de los recursos naturales (Atzberger, 2013). Esto consiste en el uso de la tecnología tanto software como hardware con el fin de recolectar datos como imágenes que permitan la toma de decisiones (Seelan, Laguette, Casady, & Seielstad, 2003). La define como una técnica que tiene por objeto la captura, tratamiento y análisis de imágenes digitales tomadas por satélites o dispositivos aerotransportados<sup>10</sup>.

Su importancia se deriva entonces de que la agricultura depende del clima, de los ciclos biológicos de los cultivos, del espacio físico (suelo y ecosistema) y de las prácticas de administración (Rhee & Carbone, 2010). Con esto se observa que el uso de la teledetección es esencial para la producción agrícola ya que el control de la productividad, la calidad de los productos se debe realizar de manera oportuna y basada en información confiable (Thorp & Tian, 2004). Chuvieco (1990) determina que esta técnica es un recurso eficaz cuando se busca realizar un inventario y administrar mejor los recursos naturales. A su vez Ponvert y Lau (2006), establecen que la teledetección es crucial para reconocer, identificar y clasificar la vegetación, con lo cual la realización de inventarios agrarios emplea menos tiempo y recursos físicos. Con imágenes de la resolución adecuado se puede realizar el inventario de la cantidad de plantas que se tiene en una parcela, hectárea o en su defecto en la finca y a través de sus características físicas está la posibilidad de determinar e identificar el tipo de arbusto, su estado general, la existencia de plagas, entre otras.

Países como Estados Unidos, España y Brasil, han avanzado en el uso de la teledetección para la planificación y manejo de grandes extensiones de cultivos; así ocurre, en la elaboración de mapas para la localización de brotes de hierbas invasoras, distritos de riego, zonas para la fertilización y anomalías presentes en cultivos de cítricos<sup>11</sup> o en la identificación de la participación de la luz y la transferencia de energía, el enfriamiento y la foto protección en la cosecha mediante el uso de imágenes hiperespectrales<sup>12</sup>, lo que permiten reconocer las propiedades de la superficie terrestre y la estimación de propiedades geobiofísicas

---

<sup>10</sup> Gutiérrez, C. P., & Nieto, Á. L. M. (2006). Teledetección: nociones y aplicaciones. Carlos Pérez

<sup>11</sup> Herwitz S., Johnson L.F., Dunagan S.E., Higgins R., Sullivan D.V., ZHENG, J. & Huamán Z. (2004). Botánica sistemática y morfología de la papa. Boletín de información técnica 6. Centro Internacional de la Papa Lima, 1-22

<sup>12</sup> Zarco-Tejada P.J., Guillén-Climent M.L., Hernández-Clemente R., Catalina, A., González M.R., Martín, P. (2013). Estimating leaf carotenoid content in vineyards using high resolution hyperspectral imagery acquired from an unmanned aerial vehicle (UAV). Agric. for. Meteorol, p. 171,172, 281, 294

a partir de la interacción de la radiación electromagnética con el material del suelo o las plantas<sup>13</sup>.

Dentro de la teledetección están los sensores son dispositivos electrónicos con la capacidad de detectar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia, son encargados de tomar información en el medio físico y convertirlo en eléctrica que son entendidas por un microcontrolador.

En la agricultura de precisión un aliado clave e indispensable para hablar de calidad son los sensores, los cuales brindan información ya sea en tiempo real o por ciclos con el fin de brindar información útil para el cultivador como lo puede ser pluviosidad, humedad del terreno, viento y demás factores climáticos o no climáticos que son indispensables y afectan directamente el cultivo con el fin de tomar acciones necesarias para corregir los problemas que se presentes con la información recolectada<sup>14</sup>.

Todos estos beneficios que tiene la teledetección se ven favorecidas en la agricultura ya que propietarios de cítricos ven los beneficios que lleva el implementar esta tecnología debido a que permite el tener un control más preciso de lo que sucede en los cultivos porque permite tener evidencia de lo que sucede en hectáreas determinadas, zonas ya que con imágenes se puede hacer procesamientos y tomar decisiones de si un cultivo le está faltando algún tipo de nutriente, si el terreno se está saturando de agua y tomar en cuenta todas las variable que afectan al cultivo en sí.

## **VANT**

Vehículos aéreos no tripulados (VANT), unmanned aerial vehicle (UAV) o Drones Los VANT son aeronaves o multirrotores controladas de forma remota o programada previamente para realizar un vuelo en un lugar en específico (Torres-Sánchez, 2013), operando fuera del sistema de navegación interno. Los UAV fueron desarrollados inicialmente por el ejército americano y la capacidad de controlarlos a grandes distancias no era muy sofisticada, de tal forma que los primeros VAT realizaban vuelos por lugares preestablecidos, operando fuera del sistema de navegación interno, lo que condujo a denominar dron a cualquier máquina que funciona sin control humano. El uso de estos drones permite tener

---

<sup>13</sup> Fernández L.G. y Chacón-Murguía, M. Adquisición y registro de imágenes aéreas multiespectrales para generación de imágenes NDVI. (2014). *Electro*, p.7-102.

<sup>14</sup> Seelan, S. K., Laguette, S., Casady, G. M., & Seielstad, G. A. (2003). Remote sensing applications for precision agriculture: A learning community approach. *Remote Sensing of Environment*, 88, 157-169.

una calidad y precisión en las imágenes mucho mejor, ya que puede ingresar a lugares de difícil captura de imagen por parte de los satélites o aeronaves tripuladas.

los datos satelitales aún no están disponibles para la mayoría de las aplicaciones agrícolas siendo esto escaso se simulan datos mediante aeronaves como drones o pequeños aviones viendo esto como una nueva área de aplicación, permitiendo la interacción de los sensores en tierra con la aeronave permitiendo mediciones muy cercas ya que estos artefactos pueden moverse muy lentamente así como rápidamente cerca del suelo esto permite tener una serie de datos que muchas aplicaciones sin acceso a datos satelitales no lo tienen, lo cual nos va permitir mapear los diferentes capas del suelo, para hacer la planificación de caminos de trabajo y rutas de reposición, esto lo podemos encontrar en la web y allí se puede sacar datos que permiten una implementación de estas tecnologías en la tierra<sup>15 16 17</sup>.

Un punto clave dentro de toda la agricultura de precisión es el uso de las tecnologías y los beneficios que trae el uso de ellas, una de estas ayudas informáticas que aporta en todo este proceso de agricultura es el uso de imágenes satelitales las cuales permiten tener delimitados sectores, clasificaciones y demás parámetros que se requieran y sea necesario el uso de estas imágenes, el principal problema que se presenta con esta manera de capturar información es en zonas nubosas ya que interfieren en la captura<sup>18 19</sup>, un enfoque que se le ha dado al SIG es el uso de mapas donde se encuentran datos específicos del sitio latitud, longitud y una colección de atributos que le da a las personas información del sitio que están estudiando y/o investigando<sup>20</sup>.

---

<sup>15</sup> Gerke, M., Masár, I., Borgolte, U., & Röhrig, C. (2013). Farmland Monitoring by Sensor Networks and Airships. *IFAC Proceedings Volumes*, 46, 321-326

<sup>16</sup> Okuno, T., Takamatsu, K., Suzuki, K., & Kakazu, Y. (2001). Field Information System for Map-Based Precision Farming. *IFAC Proceedings Volumes*, 34, 209-214

<sup>17</sup> Prey, L., & Schmidhalter, U. (2019). Simulation of satellite reflectance data using high-frequency ground based hyperspectral canopy measurements for in-season estimation of grain yield and grain nitrogen status in winter wheat. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 149, 176-187.

<sup>18</sup> González, M. P., Bonaccorso, E., & Papeş, M. (2015). Applications of geographic information systems and remote sensing techniques to conservation of amphibians in northwestern Ecuador. *Global Ecology and Conservation*, 3, 562-574. doi:<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2015.02.00>

<sup>19</sup> Seelan, S. K., Laguette, S., Casady, G. M., & Seielstad, G. A. (2003). Remote sensing applications for precision agriculture: A learning community approach. *Remote Sensing of Environment*, 88, 157-169. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.04.007>

<sup>20</sup> Okuno, T., Takamatsu, K., Suzuki, K., & Kakazu, Y. (2001). Field Information System for Map-Based Precision Farming. *IFAC Proceedings Volumes*, 34, 209-214. doi:[https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)33138-5](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)33138-5)

De igual manera en la agricultura de precisión se cuenta con múltiples herramientas que nos van a permitir captar diferentes datos esto con el fin de poder intensificar en aquellos procesos productivos y de recolección y mejorar la efectiva de este cultivo una de las más importantes son los monitores de rendimiento, los cuales deben de contar con una serie de sensores que van a estar instalados en la cosechadora, con el fin de medir los niveles de humedad con los que cuenta estos cultivos de cítricos, de igual manera adicionan GPS los cuales nos brindan datos de rendimiento geoestacionarios en este los datos necesarios para el cultivo son:

- flujo de fruta por unidad de tiempo
- humedad de la zona
- velocidad de avance de la cosecha
- ancho del corte del cabezal
- señal GPS para mapas de rendimiento

De igual manera con el fin de que la toma de estos datos sea efectiva necesitaremos componentes como:

- sensor de flujo del árbol
- sensor de humedad de la tierra
- sensor de velocidad de avance
- consola de monitor
- receptor de GPS

21

## **SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICOS**

Los sistemas de información geográficos son de gran ayuda cuando se requiere tener informaciones precisas en la cuales queramos tener monitoreados ciertos factores para los cultivos, los cuales son los más determinantes y que afectan la correcta producción, por ejemplo la precipitación de lluvias que es un factor clave en la agricultura como sucede en la provincia de Grosseto, en el sur de Toscana (Italia central) en el cual tiene todos los datos geoespaciales bien definidos y que permiten saber en qué partes de esta zona de Italia, tenerla más vigilada ya que *La región experimenta una alta variabilidad espacial y estacional en las precipitaciones, desde 600 mm / año en la costa hasta 1100 mm / año en las zonas montañosas y montañosas del interior*<sup>22</sup>. A esta información de datos

---

<sup>21</sup> Batte, M. T., & Arnholt, M. W. (2003). Precision farming adoption and use in Ohio: case studies of six leading-edge adopters. *Computers and Electronics in Agriculture*, 38, 125-139

<sup>22</sup> Debolini, M., Marraccini, E., Rizzo, D., Galli, M., & Bonari, E. (2013). Mapping local spatial knowledge in the assessment of agricultural systems: A case study on the provision of agricultural services. *Applied Geography*, 42, 23-33. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.04.006>

geoespaciales se consolidan en los softwares libres o pagos, los cuales permiten tener la información geolocalizada y por sus diferentes capas y componentes que le dan existencia a todo el modelo pertinente para poder optimizar su recursos como lo realizan en Putian, Fujian, China que tiene como objetivo tener sus estudios en “ fertilidad del suelo, sistemas de aguas superficiales y la red de transporte en cada condado”<sup>23</sup>, dándole información importantes de como es el comportamiento de estas variables independientes, montadas en capas separadas pero dándole un conjunto de información lo cual le permite al usuario evitar errores en la toma de decisiones y así poder determinar con certeza lo que es mejor para el cultivo que se esté monitoreando<sup>24</sup>, y lo más importante es que los datos tomados se pueden evaluar independientemente.

Como se puede evidenciar en el oeste de Shiraz, provincia de Fars, Irán, para esta región lo más importante es el uso del suelo como se pudo ver en Putian, Fujian, China que también es de gran importancia el suelo pero la diferencia encontrada es que en irán se basan en investigar los componentes químicos (potasio (K), fósforo (P), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), carbono orgánico (OC) y zinc (Zn)) y en el estudio de estos componentes poder tener referencias en qué zonas se presentan más los nutrientes esenciales para el apropiado crecimiento de los cultivos y esto se realiza mediante mapas de calor que me dan las indicaciones y modelos raster para poder localizar espacialmente los cultivos.<sup>25</sup>.

Otra ayuda importante cuando se habla de agricultura de precisión es la sensórica ya que esta permite tener datos en tiempo real o realizar tareas específicas en algún espacio de tiempo durante el día, semana o mes dependiendo de las parametrizaciones o conclusiones alcanzadas en la investigación. La labor de esta tecnología tiene dos momentos una la recolección de datos que van desde la temperatura, humedad, velocidad del aire y demás parámetros que se requiera para la toma de datos y decisiones, el otro momento es el de poder realizar acciones como lo pueden ser el permitir el paso del agua para hidratar los cultivos, el rocío de algún pesticida.<sup>26</sup>.

---

<sup>23</sup> Peng, L., Chen, W., Li, M., Bai, Y., & Pan, Y. (2014). GIS-based study of the spatial distribution suitability of livestock and poultry farming: The case of Putian, Fujian, China. *Computers and Electronics in Agriculture*, 108, 183-190. doi:<https://doi.org/10.1016/j.compag.2014.08.004>

<sup>24</sup> Harist, M. C., Shidiq, I. P., Fitriani, A. H., & Santoso, A. D. (2018). A GIS-based model for a land suitability analysis of *Amomum compactum* Soland ex Maton (cardamom) in West Sumatra., 2021. doi:10.1063/1.5062733

<sup>25</sup> Mokarram, M., & Hojati, M. (2017). Using ordered weight averaging (OWA) aggregation for multi-criteria soil fertility evaluation by GIS (case study: southeast Iran). *Computers and Electronics in Agriculture*, 132, 1-13.

<sup>26</sup> Earl, R., Thomas, G., & Blackmore, B. S. (2000). The potential role of GIS in autonomous field operations. *Computers and Electronics in Agriculture*, 25, 107-120.

Cuando se tiene que en países desarrollados el crecimiento poblacional aumenta el riesgo en los recursos naturales debido a las explotaciones indiscriminadas donde como afectación en los suelos, minerales y recursos que se usan para la agricultura<sup>27</sup>, esto se ve afectado sobre todo en las hectáreas de cultivos, pero hay países como Estados Unidos que tienen protegidas estas áreas para evitar su extinción, y cada condado tiene su propia administración para poder llevar un rumbo el cual les permite seguir existiendo este tipo de trabajo, por eso es de gran importancia cuando las personas van a realizar un cambio en el cultivo tener en cuenta una serie de factores para poder ser aprobado ese tipo de cambio, los factores son los siguientes (1) *probabilidad de viabilidad agrícola a largo plazo*, (2) *grado de inminencia del cambio de la tierra de uso agrícola productivo a uso no agrícola*, (3) *consideraciones especiales para lograr objetivos del programa*, (4) *mejor compra relativa* y (5) *excepciones de conservación solicitadas*. Todos los condados participantes cumplen con estos criterios con pequeñas variaciones en la implementación.<sup>28</sup>

La agricultura específica del sitio puede contribuir de múltiples maneras en la agricultura de precisión y teniendo en cuenta que la agricultura de precisión influye directamente en la fertilización que va a ayudar al ambiente ya que estos abonos se pueden aplicar en sitios específicos que pueden dar un punto de vista más favorable en las condiciones distintivas que tiene el campo esto ayuda a adaptar el suelo y el cultivo ya que previamente se realizan estudios de las condiciones locales, por el rendimiento de agricultura se espera tener la toma de decisiones más acertadas mediante los diferentes apoyos tecnológicos, los requisitos ambientales se clasificaron de acuerdo a los parámetros establecidos por Naciones Unidas para lo cual la analítica de datos tiene gran influencia y aquellos resultados muestran que la agricultura tiene una ganancia hasta del 60% en tierras que cuentan con problemas de hidratación y nutrición que se presentan en una gran parte de los países del mundo.<sup>29 30</sup>

---

<sup>27</sup> Tajbakhsh, S. M., Memarian, H., & Kheyrikhah, A. (2018). A GIS-based integrative approach for land use optimization in a semi-arid watershed. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 4, 31-46. doi:10.22034/gjesm.2018.04.01.004

<sup>28</sup> Tulloch, D. L., Myers, J. R., Hasse, J. E., Parks, P. J., & Lathrop, R. G. (2003). Integrating GIS into farmland preservation policy and decision making. *Landscape and Urban Planning*, 63, 33-48

<sup>29</sup> Kazemi, H., & Akinci, H. (2018). A land use suitability model for rainfed farming by Multi-criteria Decision-making Analysis (MCDA) and Geographic Information System (GIS). *Ecological Engineering*, 116, 1-6.

<sup>30</sup> Schmidhalter, U., Maidl, F.-X., Heuwinkel, H., Demmel, M., Auernhammer, H., Noack, P. O., y otros. (2008). Chapter 2.3 - Precision Farming – Adaptation of Land Use Management to Small Scale Heterogeneity. En P. Schröder, J. Pfadenhauer, & J. C. Munch (Eds.), *Perspectives for Agroecosystem Management* (págs. 121-199). San Diego: Elsevier



En el municipio de Aq-Qala, al norte de Irán, se realizó uso de los sistemas de información geográfico para evaluar la idoneidad de tres cultivos como lo son trigo, cebada y alfalfa anual teniendo en cuenta seis criterios para poder tener con éxito estos cultivos, los 6 criterios son “1) temperatura promedio, mínima y máxima 2) precipitaciones, 3) pendiente, 4) aspectos de la pendiente, 5) elevación, 6) características del suelo tales como materia orgánica, pH, conductividad eléctrica, textura, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, hierro y zinc”<sup>31</sup>.

Con estos criterios lograron delimitar áreas adecuadas para la producción del trigo como cebada y alfalfa, también se pudo establecer cuales aspectos son los más críticos para el cultivo y cuáles son los más beneficios, con el fin de poder tomar acciones y optimizar los recursos adecuadamente ya que se encuentra en una zona árida donde las condiciones son relativamente extremas para estos cultivos<sup>32</sup>

*“Una tarea de la agricultura de precisión por ejemplo en un cultivo de olivo donde tiene una afectación grave con la mosca es la fumigación con insecticida en el suelo contra la mosca de la fruta de olivo, la plaga más grave en los cultivos de oliva. Requiere conocimiento de la ubicación, para ser más eficientes, amigables con el medio ambiente y las áreas domésticas, y garantizar productos de oliva con bajos residuos de insecticidas.”*<sup>33</sup> Donde se debe controlar esa plaga para la adecuada cultivación, manteniendo la calidad en los productos, es allí donde la precisión en conocer cuales hectáreas, zonas o plantas están afectadas por esta mosca y el poder mediante uso SIG sectorizar que plantaciones se están viendo afectadas , también teniendo georreferenciado los accesos a estas zonas, las trampas y demás objetos que hacen posible el normal desarrollo de la planta todos estos controles permiten evitar pérdidas de plantaciones a su vez sin perder dinero por parte del cultivador<sup>34</sup>.

Durante las últimas décadas, se han generados nuevas estrategias para la aplicación de agricultura de precisión en Estados Unidos, más precisamente en los cultivos de maíz lo cual mediante estudios realizados se ha logrado disminuir de gran manera los costos en la implementación de fertilizantes en zonas específicas, donde se evidenciaba una falencia en aquellas zonas de producción toda vez que los suelos eran heterogéneos, ayudando con ello a los agricultores quienes

---

<sup>31</sup> Ibíd. p.25.

<sup>32</sup> Ibíd 2., p.25.

<sup>33</sup> **No hay ninguna fuente en el documento actual.** 2010 p.355.

<sup>34</sup> Ibíd., p.362.

redujeron la aplicación de nitrógeno e identificaron los cambios históricos en costos de este e implementaron tanto variable como uniforme<sup>35</sup>.

De igual manera se ha conocido casos donde se aplica la agricultura de precisión en la zootecnia donde se ha logrado importantes resultados tanto en la producción de carne o demás productos que se puedan aprovechar estos, logrando identificar y tiene una influencia significativa en la calidad del aire, el clima global, la calidad del suelo, Biodiversidad y calidad del agua, alterando los ciclos biogeoquímicos de nitrógeno, fósforo y carbono, dando lugar a preocupaciones medioambientales e identificación de factores que puedan estresar los animales al igual que alimentación y como puede llevar esto a una mejor calidad de vida del animal<sup>36</sup>.

En Ohio se tiene como fuente un estudio de cómo se aplica la agricultura de precisión en los agricultores logrando identificar que muchos de ellos se abstienen de la adopción de la misma, por los que genera la implementación de esto en las fincas una de las grandes posibilidades que se tiene para poder eliminar esta barrera es acoger a varias granjas las cuales se encuentren cercanas para cubrir no un sector menor si no aumentar la cobertura mejorando con ello la economía de inversión de nuevas tecnologías, en el agro, realizando sociedades entre ellos<sup>37</sup>;

Con el fin de renovar esfuerzos en los países más flagelados por las condiciones de suelo, clima y demás aspectos que hacen que la agricultura no sea un fuerte para ellos, en África el énfasis ha puesto en la modernización de la agricultura a pequeña escala mediante el despliegue de mejoras Insumos especialmente en tecnologías mecanizadas En Ghana Frimpong-Ansah<sup>38</sup>; el principal objetivo es proporcionar una herramienta que permita analizar los datos obtenidos de diversas fuentes mediante funciones básicas de sistemas de información geográfico que mediante funciones analíticas, las cuales se pueden categorizar:

1. Funciones para integrar datos espaciales de diferentes fuentes con diferentes escalas y resoluciones.

---

<sup>35</sup> Godwin, R. J., Richards, T. E., Wood, G. A., Welsh, J. P., & Knight. An Economic Analysis of the Potential for Precision Farming in UK Cereal Production. *Biosystems Engineering* 2003, p. 533

<sup>36</sup> Tullo, E., Finzi, A., & Guarino, Environmental impact of livestock farming and Precision Livestock Farming as a mitigation strategy. *Science of The Total Environment*, 2019 p. 2572

<sup>37</sup> Batte, M. T., & Arnholt, Precision farming adoption and use in Ohio: case studies of six leading-edge adopters. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2003 p. 126

<sup>38</sup> Kansanga, M., Andersen, P., Kpienbaareh, D., Mason-Renton, S., Atuoye, K., Sano, Y., y otros. Traditional agriculture in transition: examining the impacts of agricultural modernization on smallholder farming in Ghana under the new Green Revolution. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, (2019). p.12

2. Funciones para aislar, particionar o bloquear regiones espaciales para simplificar Análisis dentro de un entorno multifactorial.
3. Funciones para el análisis del patrón espacial en cartesiano (cuadrículas cuadradas) y polar (campo centro-pivote) sistemas de coordenadas.
4. Funciones para integrar datos de sensores remotos en el análisis<sup>39</sup>.

La eficacia de la del uso de la tierra el uso adecuado del agua mediante los riegos controlados generando una mayor economía en la producción y un menor desgaste ambiental se cuenta como antecedente un estudio realizado en un campo de maíz en Ismailía Egipto se aplicó la agricultura de precisión donde con apoyo de los agricultores se pudo tomar muestras de suelo cantidad de plantas y demás elementos o factores se pueda aplicar agricultura de precisión para la toma de decisiones en la plantación<sup>40</sup>.

La utilización de fertilizantes fue analizada por una computadora la cual se encargada de aumentar o disminuir gradualmente el uso de fertilizantes, debido a la utilización de sistemas de información geográficos quienes brindan puntos estratégicos para el uso de estos y el manejo exitoso de del cultivo.<sup>41</sup>

La aplicación de agricultura de precisión tiene un sinnúmero de aplicaciones y estas técnicas como lo estamos evidenciado se enfocan en su gran parte en los países más alejados de la zona ecuatorial esto se le puede adjudicar a los diversos climas en Inglaterra se tiene como fuente la aplicación de agricultura de precisión en más de 13 tipos de suelos en cultivos de cereales el estudio se centró en la variabilidad del campo la creación de una técnica de identificación en tiempo real, e incluyo la variabilidad del rendimiento de los cultivos para la toma de decisiones oportunas, identificando estos puntos mediante mapas históricos.<sup>42</sup>

En la comunidad de valencia España donde su 44% de la superficie terrestre se utiliza para fines agrícolas realizaron un estudio para determinar sus diferentes suelos árenosles a chernozems, pasando a través de fluvisoles, calcisoles, leptosoles, luvisoles y regosoles, con estos datos geospaciados, sin dejar a un lado todo el tema del clima que presenta esta zona como es “árido a semiárido (51% del territorio) con veranos secos y calurosos y otoños lluviosos. Sin

---

<sup>39</sup> Kansanga, M., Andersen, P., Kpienbaareh, D., Mason-Renton, S., Atuoye, K., Sano, Y., y otros. Traditional agriculture in transition: examining the impacts of agricultural modernization on smallholder farming in Ghana under the new Green Revolution. International Journal of Sustainable Development and World Ecology, (2019)p. 14

<sup>40</sup> Nahry, A. H., Ali, R. R., & Baroudy, An approach for precision farming under pivot irrigation system using remote sensing and GIS techniques. Agricultural Water Management,2011 p.518

<sup>41</sup> *Ibíd.*, p.519

<sup>42</sup> Godwin, R. J., Wood, G. A., Taylor, J. C., Knight, S. M., & Welsh, J. P.. Precision Farming of Cereal Crops: a Review of a Six Year Experiment to develop Management Guidelines. Biosystems Engineering, 2003 p376

embargo, en el norte, el clima es frecuentemente subhúmedo a seco subhúmedo con otoños lluviosos y veranos cálidos influenciados por el Mar Mediterráneo.”<sup>43</sup> Esto llevando a su vez el poder sectorizar las zonas con los climas, sus precipitaciones para dividir las explotaciones ganaderas permitiendo tener un control sobre todos estos elementos que son involucrados.

Teniendo todos estos datos específicos se realiza la unión de datos mediante el uso del SIG para logra la sectorización y caracterización unitaria de las diferentes zonas con sus respectivas cualidades.<sup>44</sup>

En la actualidad los agricultores están buscando la manera de maximizar los beneficios monetarios cuando están aplicando agricultura de precisión por ende están utilizando tecnologías como lo son la detección remota, los sistemas de información geográfica y los sistemas de posicionamiento global (GPS), y hoy en día ya se está hablando y poniendo en uso todo le tema de teledetección que por mediante de cámaras multiespectrales están detectando el color que tiene el cultivo con ello basados en los parámetros que se tienen de coloración respecto a condiciones óptimas de la planta se puede evidenciar los problemas que está presentando la planta y así tomar las decisiones correspondientes para contra restar estos problemas que están evitando un desarrollo óptimo y de calidad de los productos llevando a tener un producto de unos estándares altos y con buenos beneficios monetarios que lo que al fin de cuentas lo que le interesa al cultivador.<sup>45</sup>

*“Este estudio se llevó a cabo para analizar la idoneidad del uso de la tierra en la provincia de Golestan, ubicada en el noreste de Irán, para el rendimiento de la agricultura de secano utilizando el Sistema de información geográfica (GIS) y el Análisis de decisiones de criterios múltiples (MCDA) en 2016. Primero, temáticos mapas de varias variables ambientales incluyendo suelo, clima y variables topográficas fueron obtenidas.”*<sup>46</sup>

Esto influye a que se requiere tener una agricultura de presión teniendo en cuenta varios parámetros para lograr una optimización de recursos y adecuado uso de ellos, por eso es de vital importancia el poder tener personas con experticia en los diferentes campos como lo son agronomía, en la ingeniería y demás áreas que

---

<sup>43</sup> Calafat, C., Gallego, A., & Quintanilla, I. Integrated geo-referenced data and statistical analysis for dividing livestock farms into geographical zones in the Valencian Community (Spain). Computers and Electronics in Agriculture p.59

<sup>44</sup> Ibid p.62

<sup>45</sup> Seelan, S. K., Laguette, S., Casady, G. M., & Seielstad, Remote sensing applications for precision agriculture: A learning community approach. Remote Sensing of Environment, G. A. (2003). p.157-158

<sup>46</sup> Kazemi, H., & Akinci, A land use suitability model for rainfed farming by Multi-criteria Decision-making Analysis (MCDA) and Geographic Information System (GIS). Ecological Engineering, H. (2018). p.1

requiera el cultivo para forma un cultivo multidisciplinar logrando trabajar juntos para cumplir con los objetivos trazados y lograr la optimización de los recursos.<sup>47</sup>

## 5. TIPO DE TRABAJO Y MÉTODOS

### 5.1 TIPO DE TRABAJO

Corresponde a un proyecto de investigación aplicada y desarrollo tecnológico que, busca a través de técnicas de teledetección y SIG, determinar las condiciones físicas de los cultivos, con miras a mejorar la productividad.

En el se incluirán aspectos de disciplinas como la geodesia, la informática y las telecomunicaciones.

El proyecto está avalado por el grupo de Investigación y desarrollo en informática y telecomunicaciones en su línea de Geomántica.

### 5.2 METODOLOGÍA

El proyecto se realizará en cuatro fases, así:

**Fase 1. Tomar y procesar las imágenes de la zona de estudio utilizando VANT y cámaras para fotografías aéreas para el análisis del cultivo de Naranja Tangelo (*Citrus X Tangelo*).** Esta fase permitirá identificar e investigar las diferentes técnicas de teledetección que son aplicables al proceso de producción de plantas cítricas<sup>48-49-50</sup>.

- **Actividad 1. Realizar las consultas correspondientes en teledetección.** Con esta información se espera definir las técnicas que se pueden usar para el procesamiento de imágenes en la producción de cultivos de Naranja Tangelo (*Citrus X Tangelo*).
- **Actividad 2. Consolidar técnicas aplicables.** Con esta actividad se espera definir la técnica adecuada, teniendo como presente los factores climáticos de la zona, nubes, niveles de precipitación y demás factores ambientales.
- **Actividad 3. Identificar las herramientas a utilizar.** Con esta actividad esperamos llegar a tener unas herramientas que generen una mayor confiabilidad y análisis de la información ya sea como aeronaves no tripuladas

---

<sup>47</sup> *Ibíd.*, p.4

<sup>48</sup> Prey, L., & Schmidhalter, U. (2019). Simulation of satellite reflectance data using high-frequency ground based hyperspectral canopy measurements for in-season estimation of grain yield and grain nitrogen status in winter wheat. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, P.182.

<sup>49</sup> Huuskonen, J., & Oksanen, T. (2018). Soil sampling with drones and augmented reality in precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, P.25.

<sup>50</sup> Suzuki, K., Takamatsu, K., Okuno, T., Ohuchi, A., & Kakazu, Y. (2001). Path Planning for Precision Farming Based on Autonomous Vehicles. *IFAC Proceedings Volumes*, P.216.

o fotos satelitales, al igual que sensores, sistemas de riego que ayuden a aumentar la producción y mejorar las condiciones ambientales del entorno.

**Fase 2. Realizar un análisis mediante el tratamiento de la información el cual permita identificar y delimitar las hectáreas o metros cuadrados de la finca en estudio.** Esta fase permitirá obtener información de la superficie terrestre para procesarla, con el fin que permita a los agricultores, agrónomos e Ingenieros de sistemas, tomar las mejores decisiones frente a su cultivo de una manera mucho más precisa, mediante el conocimiento demográfico y tener información que el ojo humano no puede capturar, al igual que definir las estrategias para mejorar su producción y dar los tratamientos correspondientes<sup>51-52</sup>.

- **Actividad 2. Verificar información obtenida.** Con esta actividad se espera identificar qué acciones a realizado el agricultor con el fin de conocer los planes de contingencia se ha generado en caso de presentarse alguna eventualidad.
- **Actividad 4. Establecer los procedimientos que va ayudar al análisis de datos.** Con esta actividad se espera tener finiquitado el tratamiento de la información obtenida en el campo, con el fin de ubicar aquellos puntos que pueden ser vulnerables y dar los tratamientos correspondientes.

**Fase 3. Desarrollar un sistema de información geográfico que contenga la información obtenida como fotografías, metros cuadrados, fuentes naturales para su aprovechamiento, lo cual servirá para la toma de decisiones a futuro dentro de los previos comprometidos.** En esta fase se espera construir con las variables obtenidas un informe que ayude a identificar factores y toma de decisiones al productor<sup>53-54</sup>.

- **Actividad 1. Obtener información de método de siembra de la Naranja Tangelo (*Citrus X Tangelo*).** Con esta actividad esperamos realizar un análisis de las técnicas y metodologías agronómicas de siembra de Naranja Tangelo (*Citrus X Tangelo*), y observar cómo se dan campo (espacio en

---

<sup>51</sup> Calafat, C., Gallego, A., & Quintanilla, I. (2015). Integrated geo-referenced data and statistical analysis for dividing livestock farms into geographical zones in the Valencian Community (Spain). *Computers and Electronics in Agriculture*, P.60.

<sup>52</sup> Kazemi, H., & Akinci, H. (2018). A land use suitability model for rainfed farming by Multi-criteria Decision-making Analysis (MCDA) and Geographic Information System (GIS). *Ecological Engineering*, P.5.

<sup>53</sup> Okuno, T., Takamatsu, K., Suzuki, K., & Kakazu, Y. (2001). Field Information System for Map-Based Precision Farming. *IFAC Proceedings Volumes*, 34, P.214.

<sup>54</sup> Mokarram, M., & Hojati, M. (2017). Using ordered weight averaging (OWA) aggregation for multi-criteria soil fertility evaluation by GIS (case study: southeast Iran). *Computers and Electronics in Agriculture*, 132, 1-13.

surcos, cantidad de agua, nutrientes, fecha de siembra, Genotipo y grupo de madurez) entre otras.

- **Actividad 2. Identificar factores naturales de los terrenos.** Con esta actividad se espera determinar aquellos factores naturales que inciden en la producción de Naranja Tangelo (*Citrus X Tangelo*), teniendo como presente variables como el clima, necesidades climáticas de las plantas, control climático, suelos, entorno, agua, entre otros.

## 6. DESARROLLO DEL PROYECTO

El proyecto se inicia con la coordinación de la salida de campo. En este proceso se realizan las tomas fotográficas utilizando VANT y cámaras para fotografías aéreas para el análisis del cultivo de Naranja Tangelo (*Citrus X Tangelo*), se realiza el desplazamiento hacia La Hacienda la Trinidad, ubicando el cultivo mediante vuelos previos como se muestra a continuación:

**Imagen 1. Análisis inicial del Terreno Hacienda La Trinidad**



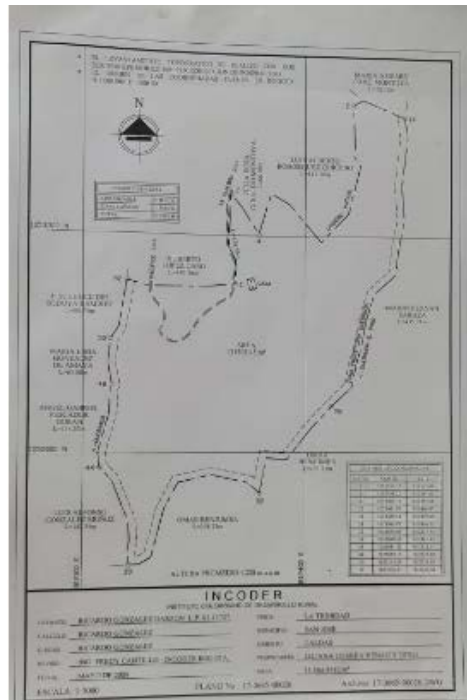
**Fuente: Juan Fernando Tabares Ocampo y Sebastián Quintero García.**

En este primer paso, se identifican los diferentes cultivos con los cuales cuenta la hacienda, al igual poder observar si el cultivo de naranja se encuentra asociado con otros cultivos como musáceas y plantas de café.

De igual manera, se realizó un vuelo, teniendo como fuente el mapa que se muestra en la **Imagen 2**. otorgado por los propietarios de la hacienda, esto se realiza con el fin de identificar nacimientos de agua, ríos o quebradas que rodean o atraviesan la hacienda, para el aprovechamiento de las mismas en el riego de los cultivos o prever desprendimientos de capa orgánica. Se lograron observar dos quebradas que rodean los cultivos, la quebrada Valle y la quebrada El Pino.



**Imagen 2. Plano Hacienda la Trinidad**



**Fuente: Juan Fernando Tabares Ocampo y Sebastián Quintero García.**

Por otra parte, al realizar la técnica de adquisición de datos concernientes a la teledetección, se encuentra un sinnúmero de información, la cual reposa como marco teórico en este documento, allí podemos identificar las herramientas, métodos y técnicas que son aplicables para el cultivo, enmarcado dentro del proceso investigativo para desarrollar el proyecto.

Una vez realizado los vuelos previos, con ayuda de **fotos satelitales de Google** y en conjunto con uno de los propietarios de la hacienda, se identifican aquellos puntos que probablemente fueron omitidos en los vuelos como lo muestra la **imagen 3**, de esta manera podemos asegurar que el proceso de toma de fotografías es correcto y cubrir la mayor parte o en su totalidad del cultivo de Naranja Tangelo.

### Imagen 3. Identificación de los puntos y los cultivos



**Fuente: Juan Fernando Tabares Ocampo y Sebastián Quintero García.**

Finalizada esta parte, procedemos a realizar un desplazamiento por los linderos de la hacienda, ubicando los árboles y puntos más altos de las montañas, ya que este proceso es necesario para poder realizar el vuelo fotográfico sin inconvenientes o accidentes que puedan entorpecer la toma de las imágenes. Es importante determinar los factores de riesgo para el dispositivo, pues la finca se encuentra ubicada en una colina dificultando el desarrollo de las tomas fotográficas, este recorrido se realizó en compañía de los propietarios y de la Ingeniera Agrónomo de la hacienda, quienes ya han recorrido la zona e identifican el nivel de inclinación del terreno. **(Ver Imagen 4).**

**Imagen 4. Ubicación de los Linderos Hacienda la Trinidad**



**Fuente: Juan Fernando Tabares Ocampo y Sebastián Quintero García.**

Después del desplazamiento por la hacienda, se realiza el recorrido al cultivo de naranja, con el fin de identificar, además de los riesgos de altura y árboles para el dispositivo, se encontró fauna como lo son gavilanes, aguilillas y algunos tipos de aves carroñeras, que puede afectar el vuelo de la nave no tripulada.

**Imagen 5. Identificación del Terreno Cultivo de Naranja**



**Fuente: Juan Fernando Tabares Ocampo y Sebastián Quintero García.**

Una vez hecho este, se identifica si se presentan enfermedades o plagas en una muestra significativa del cultivo, también, se realiza un análisis del producto final. Orientados por la Ingeniera Agrónoma, se observa en la fase de maduración de la naranja, el modo de recolección, lavado, y todo el proceso de producción hasta la entrega final al cliente. **(Ver Imagen 6)**

**Imagen 6. Recolección Producto**



**Fuente: Juan Fernando Tabares Ocampo y Sebastián Quintero García.**

La recolección muestra frutos sanos y listos para el consumo humano, lo cual es un panorama alentador para la correcta ejecución del SIG, así, al momento de presentarse dificultades en la producción, poder identificar de manera rápida y oportuna el problema.

**Imagen 7. Muestra Cosecha del Producto Identificación de Enfermedades**



**Fuente: Juan Fernando Tabares Ocampo y Sebastián Quintero García.**

Es de resaltar el trabajo que se requiere realizar antes de los vuelos con el VANT para la captura de las fotografías e información necesaria para el caso de estudio de la Naranja Tangelo, ya que es necesario ubicar correctamente el lugar en el cual se realizara este proceso, con la experiencia y conocimiento tanto de la agrónoma, que permite dar información de la zona de cultivo, sus lotes como la del piloto que maneja el VANT, se procede a realizar la correcta ubicación en la zona alta de la hacienda la Trinidad, con el fin de tener una mejor visual sobre el terreno

y evitar accidentes, para este proceso se realiza el uso de la aplicación DJI pro que permite programar los vuelos y que se realice de forma automática donde el piloto realiza ajustes de brillo sobre las fotografías para un mejor muestreo de la zona.

**Imagen 8. Toma de Fotografías**



**Fuente: Juan Fernando Tabares Ocampo y Sebastián Quintero García.**

Una vez culminada la toma de las fotografías, se procede a realizar un análisis completo donde es posible predecir que La Hacienda se encuentra ubicada en una zona con fuertes ventajas climáticas para la producción de la naranja, el clima de la zona es un clima templado con temperaturas que oscilan entre los 27°C y los 40°C, presenta poca nubosidad, siendo un factor poco común debido a que la finca se encuentra ubicada en las estribaciones de la cordillera occidental, además se identifica como factor de riesgo que puede llegar a afectar la producción, la fuerte oleada de calor en la zona de producción.

Como segundo punto se enfocaron los esfuerzos para identificar los sistemas de riego con los cuales cuenta la finca, no se encontró sistemas definidos para ello, por ende, se procede a realizar dicho seguimiento con los propietarios y la agrónoma, los cuales informan no tener implementado un sistema de riego. Afirman que los riegos se realizan por gravedad, colocando una manguera en lo

alto del terreno, desde un tanque que almacena el agua de nacimiento, propia de la finca al igual que las quebradas que rodean el predio.

Se identifica que el **método de siembra, es al bolillo o triangulo**, las plantas ocupan en el terreno cada uno de los vértices de un triángulo equilátero, guardando siempre la misma distancia entre planta y planta y entre filas, las cuales para el caso cuentan con 6 metros de distancia. La siguiente fórmula nos determina el número de plantas por superficie que se pretende plantar al tresbolillo:

$$N = \frac{Su \text{ m}^2}{(d * d)} * \text{Cos } 30^\circ$$

La metodología agronómica es por siembras directas de la variedad Naranja Tangelo (*Citrus X Tangelo*), la cantidad de agua depende de las precipitaciones y los riegos por gravedad. Los nutrientes son fertilizantes como NPK, como su nombre indica, es un abono formado por tres elementos o, mejor dicho, macro elementos primarios. Estos macro elementos son el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K).

Dentro de todo el abanico de fertilizantes que hay disponibles, podemos decir que los fertilizantes NPK son los más completos nutricionalmente hablando, o entre los conocidos el triple 15, potasio, y DAP (es un fertilizante granulado para aplicación del suelo, con una alta concentración integral de fósforo)

Los cultivos de Naranja, son cultivos maduros de más 10 años, el genotipo de la copa, es Tangelo (*Citrus X Tangelo*).

Se identifica que en la zona cuando los días de sol son tan largos, el cultivo presenta ataques de patógenos como: Hormiga arriera (*Atta sp.*), Ácaros (*Panonychus citri*), Trips (*Pezotrrips kellyanus*), así como se muestran en las imágenes.

**Imagen 9. Hormiga (*Atta sp.*)**



Fuente: Ica.

Trips es otro tipo de plaga que puede llegar a afectar estos se pueden evidenciar en la imagen.

**Imagen 10. Trips (*Pezotrips kellyanus*)**



Fuente: Gipcitricos

Mediante la asesoría del agrónomo y debido a que los cultivos se encuentran cerca de varios tipos de cultivos entre ellos plantas musáceas como plátano y banano se genera la incógnita si es posible que algunas plagas que no sean propias de la naranja pueden afectar la producción de cualquiera de estos se puede inferir que los ácaros pueden llegar afectar la producción de naranja debido a que se encuentra cerca de cultivos de café.

**Imagen 11. Ácaros (*Panonychus citri*).**



**Fuente: Agroterra.**

Los tratamientos realizados al cultivo, son tratamientos químicos, cuando este problema no sobre pasa el umbral económico, es decir, antes de afectar la producción, de igual manera constantemente se realizan podas de aclaramiento para permitir el paso de aire y luz a las mejores ramas y así permitir el crecimiento de los frutos.

Se identifica que no se cuenta con planes de contingencia en casos de sequía o precipitaciones, debido a que las condiciones del terreno son muy buenas y la hacienda cuenta con 1 nacimiento de agua y dos quebradas que rodea el predio (Quebrada el Pino y Quebrada Valle), a pesar del grado de inclinación del terreno no se han presentado derrumbes o desprendimientos de capa orgánica.

Para el sistema de Geo-ubicación de la finca se utilizan fotos satelitales y se toma la información más actualizada del satélite **Landsat 8** para poder ver el estado del cultivo, mediante un mapa de colores que permite observar estos procesos; para ello, se tendrá en cuenta una serie de intervalos y números preestablecidos que ayudan al análisis.

**Tabla 1. Colores**

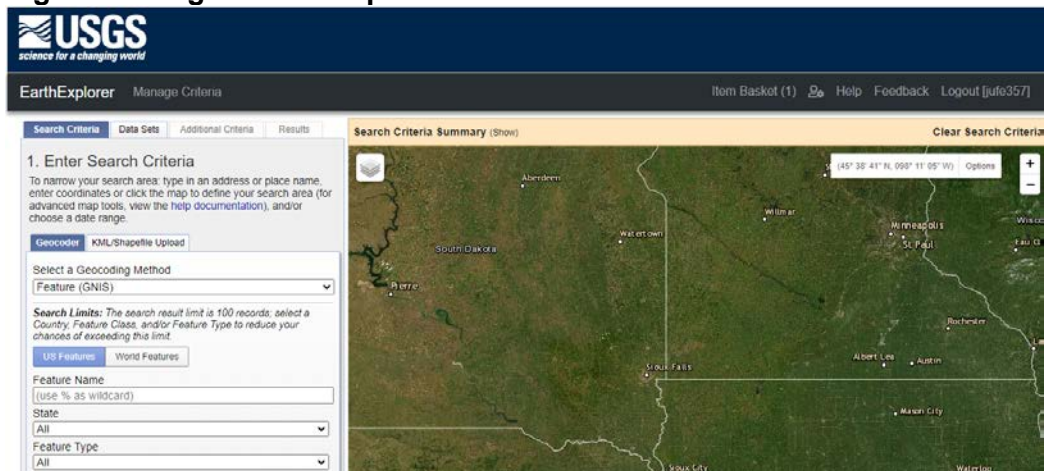
Color	Valores
Color Natural	4 3 2
Falso Color (Urbano)	7 6 4



<b>Color Infrarrojo (Vegetación)</b>	5 4 3
<b>Agricultura</b>	6 5 2
<b>Penetración Atmosférica</b>	7 6 5
<b>Vegetación Saludable</b>	5 6 2
<b>Tierra y Agua</b>	5 6 4
<b>Natural con Remoción Atmosférica</b>	7 5 3
<b>Infrarrojos de Onda Corta</b>	7 5 4
<b>Análisis de Vegetación</b>	6 5 4

Posteriormente, se ingresa a la página de Earth Explorer, con el objetivo de profundizar en el conocimiento del cambio climático y establecer programas para la monitorización precisa de la Tierra mediante el lanzamiento de 6 satélites, otorgando información fotográfica libre que ayuda al procesamiento de la información en un SIG.

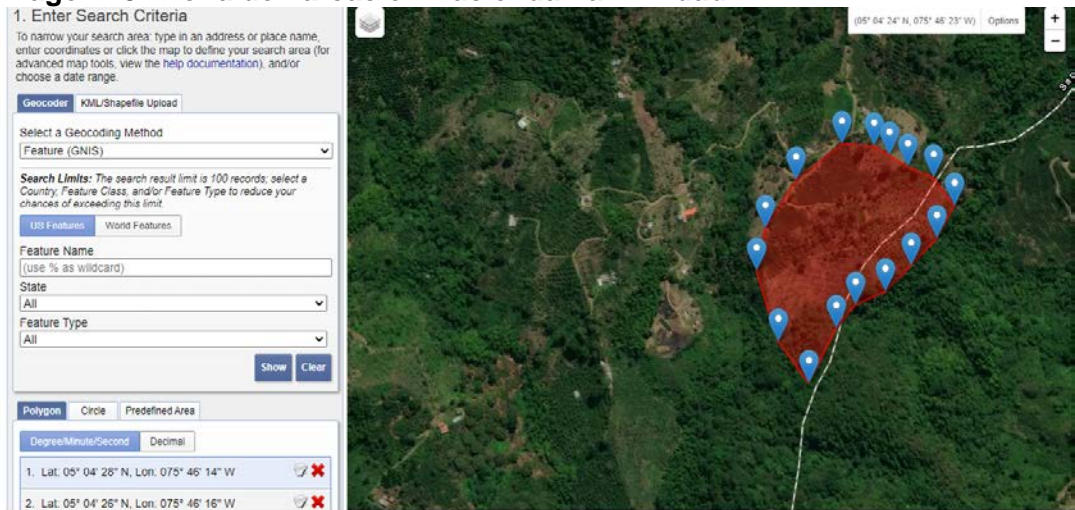
**Imagen 12. Página EarthExplorer**



**Fuente: EarthExplorer.**

Como siguiente paso procedemos a ubicar la zona de estudio donde se encuentra el cultivo de Naranja Tangelo en La Hacienda La Trinidad. En la imagen podemos observar la zona del cultivo demarcada de color rojo.

### Imagen 13. Zona demarcación Hacienda La Trinidad

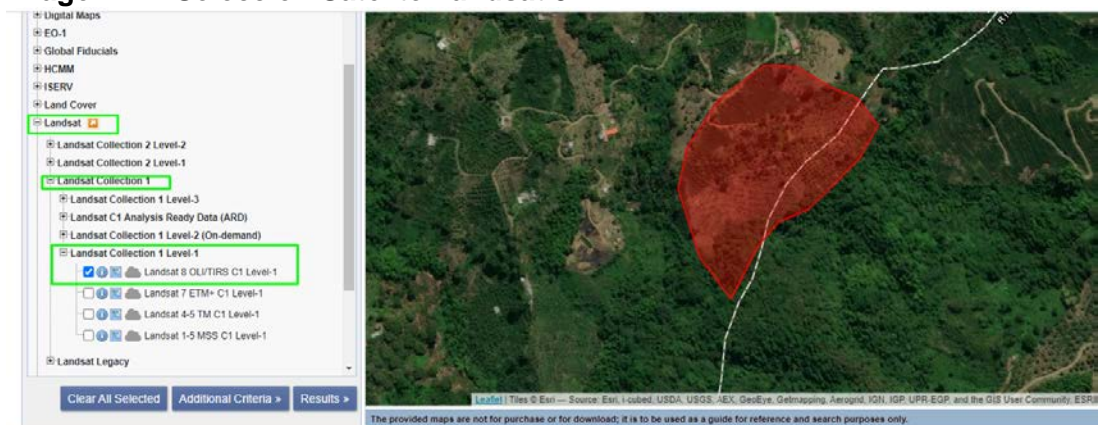


Fuente: EarthExplorer.

Luego, se realiza una selección de los satélites que han ejecutado las tomas en la zona, Landsat 8 es uno de los satélites que contiene la información más actualizada, cuenta con imágenes desde 1972 hasta la actualidad.

Su funcionalidad consiste en que cada vez que el sol emite rayos sobre la superficie terrestre, estas se reflejan sobre ondas diferentes, el satélite tiene sensores especiales que identifican los diversos rangos de reflectancia de la zona y el satélite los procesa como imágenes multiespectrales.

### Imagen 14. Selección Satélite Landsat 8

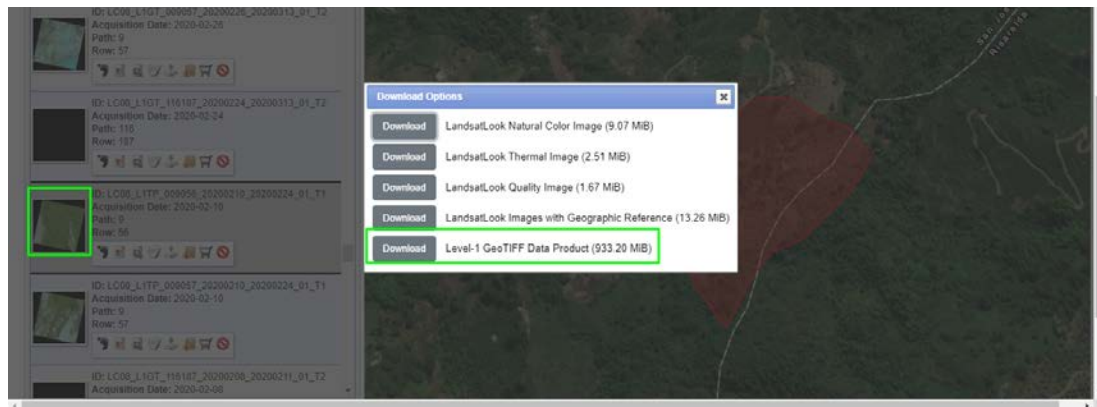


Fuente: EarthExplorer.

Una vez realizado el proceso de selección del satélite, se realiza una búsqueda de resultados, esperando identificar aquellas fotografías con una poca nubosidad y

las más recientes, para poder trabajar e identificar el estado actual del cultivo en la zona.

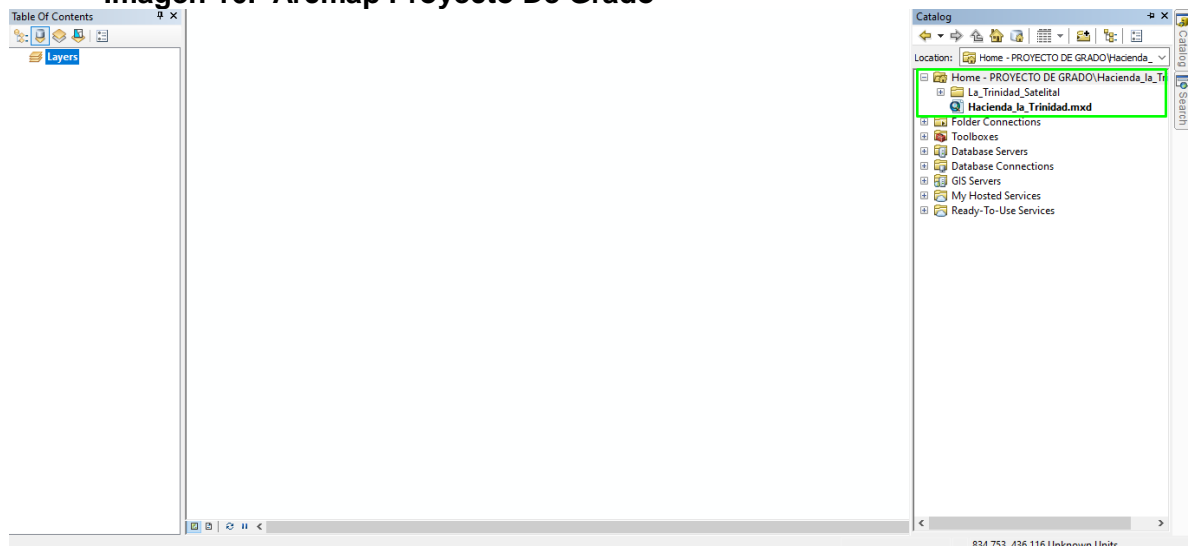
**Imagen 15. Descarga de Mapa Satelital**



Fuente: EarthExplorer.

Una vez descargado el mapa procedemos a realizar el montaje en **Arcmap**, como primer paso descomprimos el proyecto y renombramos la carpeta, para este caso se llamará Hacienda la trinidad.

**Imagen 16. Arcmap Proyecto De Grado**



Fuente: **Juan Fernando Tabares Ocampo y Sebastián Quintero García.**

Para el siguiente paso se realiza una combinación entre capas, con el fin de poder obtener la imagen de color natural, como ya se había observado en la Ilustración 12, se identifica las fotografías con los colores 4 3 2, este proceso se debe realizar

en el orden respectivo, como resultado se obtiene una imagen de color natural de la zona de estudio.

**Imagen 17. Imagen Color Natural Arcmap.**

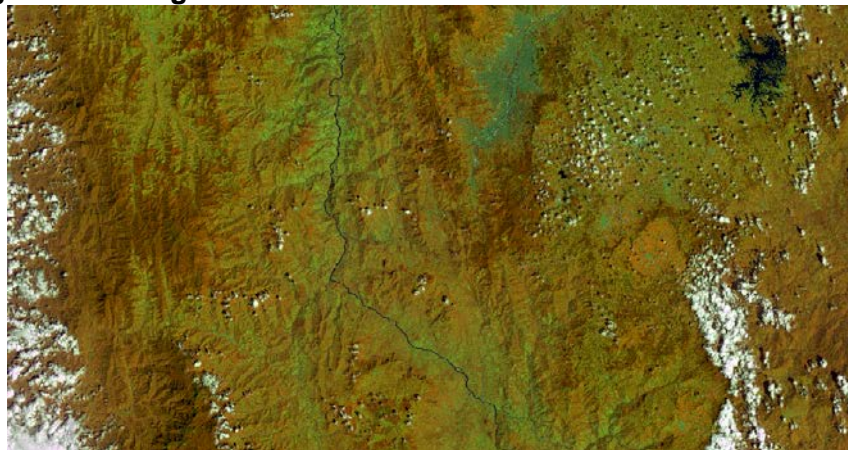


**Fuente: Juan Fernando Tabares Ocampo y Sebastián Quintero García.**

Posterior a esto vamos a montar una composición de bandas más avanzada con el fin de poder obtener el resto de los colores de la imagen, así se podrá realizar otros tipos de análisis a la zona de estudio.

En la siguiente fotografía trabajaremos con 3 colores diferentes que nos ayudaran a identificar como vegetación saludable la cual será una combinación 5 6 2, haciendo esta configuración podemos realizar un análisis donde como se observa en la imagen la zona cuenta con muchos cultivos saludables, esto se puede adjudicar a las fuentes hídricas que hay en el sector.

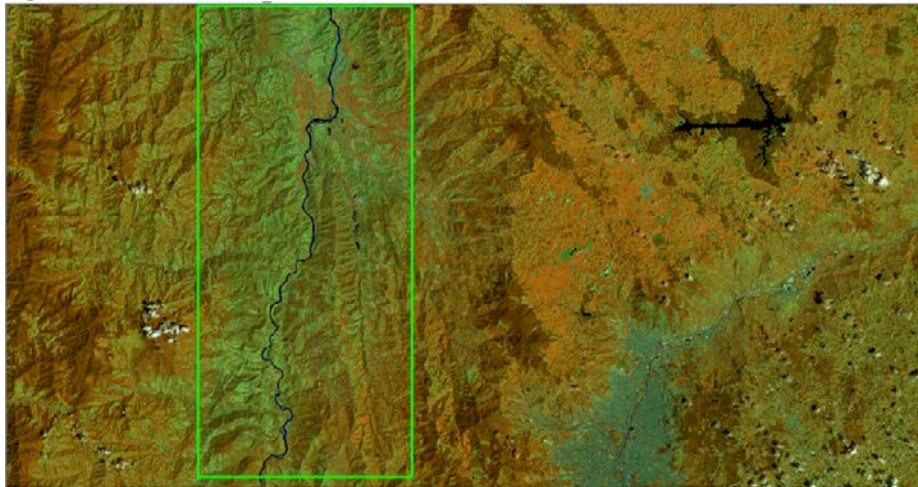
**Imagen 18. Fotografía Combinación de Bandas 5 6 2**



**Fuente: Juan Fernando Tabares Ocampo y Sebastián Quintero García.**

Para la siguiente imagen vamos a identificar las zonas áridas o con gran cantidad de tierra, al igual que con agua para ello vamos a trabajar con la combinación de colores, 5 6 4, esto ayudara a identificar las fuentes hídricas de la zona y poder corroborar el análisis anterior donde le adjudicamos el estado de la vegetación a esta.

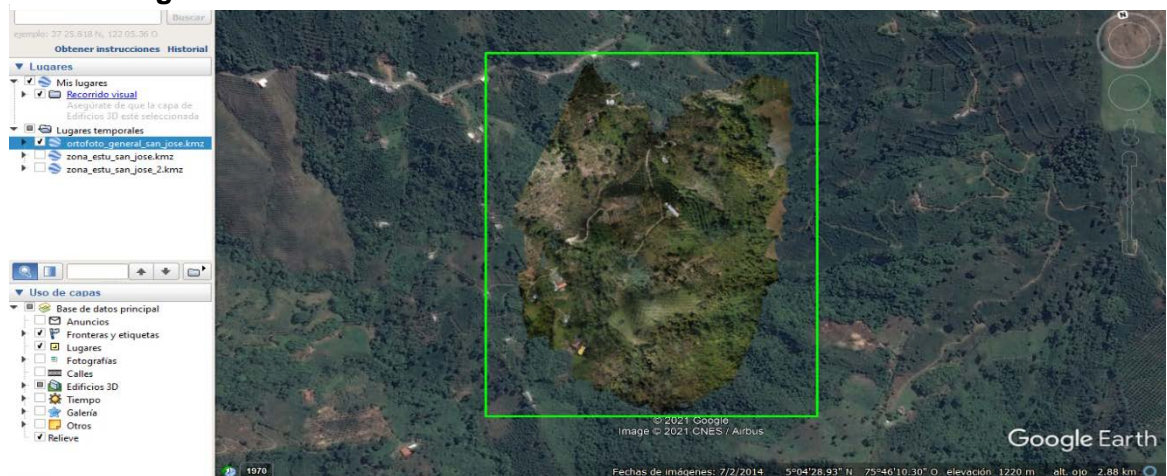
### Imagen 19. Identificación Fuentes Hídricas



Fuente: Juan Fernando Tabares Ocampo y Sebastián Quintero García.

Como consiguiente una vez contamos con las ortofoto, lo que procedemos a realizar es la identificación tanto de la finca como del cultivo esto con ayuda de Google Earth Pro, en la siguiente imagen vamos a observar el área total de la hacienda.

### Imagen 20. Ortofoto zona total hacienda la Trinidad



Fuente: Juan Fernando Tabares Ocampo y Sebastián Quintero García.

Sobre poniendo las capas podemos definir el área de estudio más específicamente la ubicación precisa del área sembrada del cultivo de naranja Tánguelo, con este paso tenemos una ortofoto mucho más específica del terreno.

**Imagen 21. Fotografía terreno sembrado Naranja Tánguelo**



**Fuente: Juan Fernando Tabares Ocampo y Sebastián Quintero García.**

Mediante esta fotografía se puede identificar el área de sembrado de la naranja, no obstante, aunque la fotografía es un insumo importante para la identificación del terreno, para realizar un análisis mucho más preciso, se hace necesario crear un polígono del área sembrada, lo cual ayuda a identificar los límites del sembrado de la naranja en la hacienda La Trinidad.

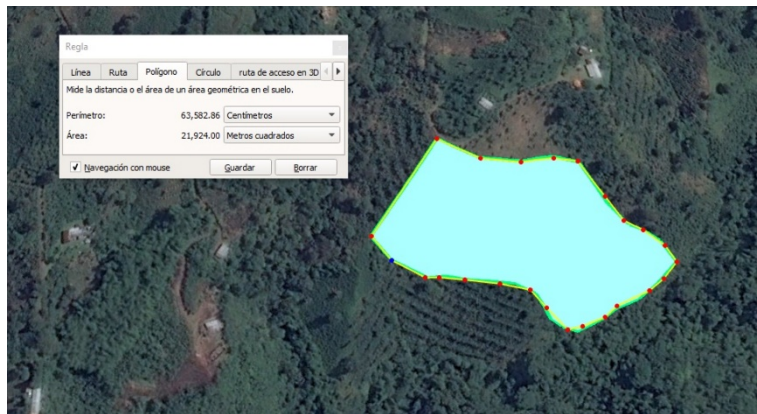
**Imagen 22. Polígono Sembrado Hacienda la Trinidad**



Fuente: Juan Fernando Tabares Ocampo y Sebastián Quintero García.

Conociendo el área del polígono se puede totalizar los árboles que se encuentran sembrados, aplicando la fórmula con el sistema tres bolillo, en la siguiente ilustración se puede apreciar de igual manera, el área en metros cuadrados del cultivo, la cual consta de 21.924 metros cuadrados.

Imagen 23. Identificación metros cuadrados Área Sembrada



Fuente: Juan Fernando Tabares Ocampo y Sebastián Quintero García.

$$\cos 30^\circ = \frac{CA}{H} = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad CA = \frac{\sqrt{3}}{2} * L$$

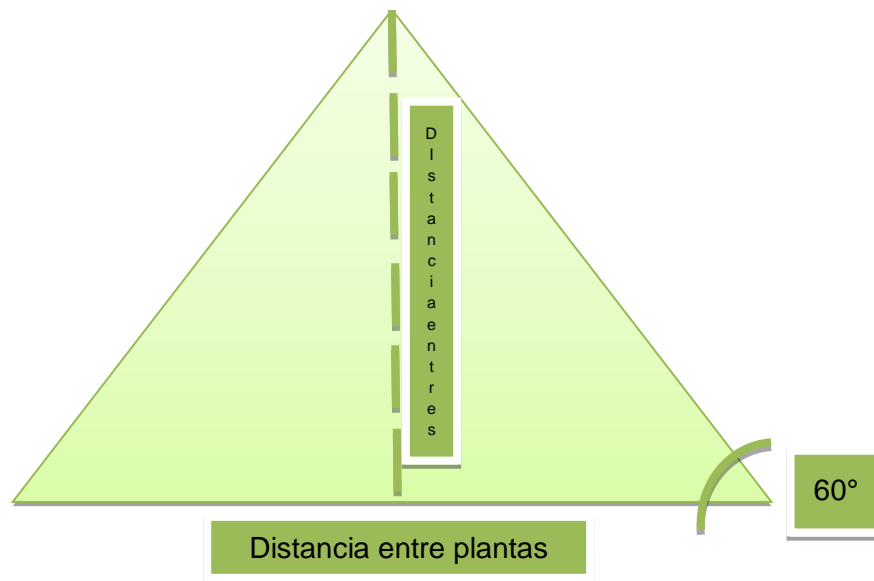
$$Distancia \text{ entre surcos} = \frac{\sqrt{3}}{2} * 7mts = 6.06 \text{ mts} * 5 * 2 = 60.62m^2$$

R= Cada planta está sembrada a 60.62 m<sup>2</sup>

$$N = \frac{Su \text{ m}^2}{(d * d)} * \cos 30^\circ = \frac{21927}{(7 * 7)} * \cos 30^\circ = 387$$

Como resultado tenemos un total de 387 árboles.

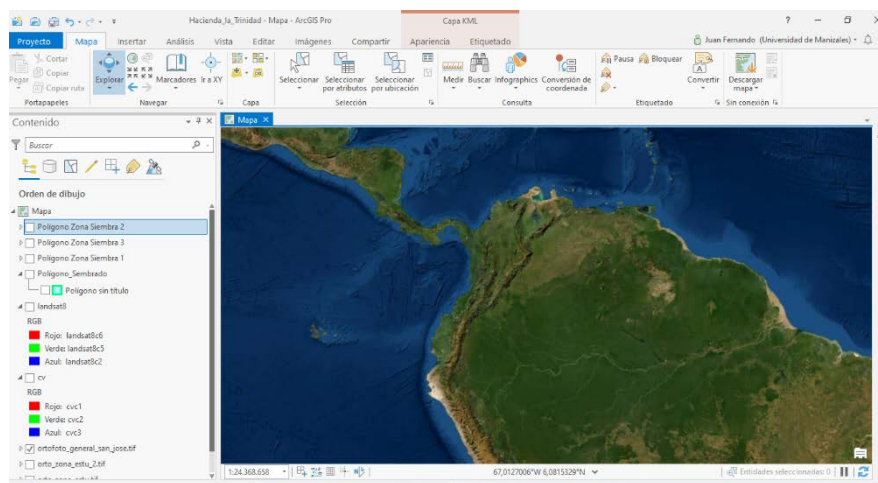
**Figura 1. Método sembrado al 3 Bolillo**



**Fuente: Juan Fernando Tabares Ocampo y Sebastián Quintero García.**

Como otra herramienta del proyecto se opta por utilizar Arcgis pro, es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Es una serie de programas de software y herramientas que le permiten realizar trabajo SIG profesional.

**Imagen 24. ArcGIS Pro**





**Fuente: Juan Fernando Tabares Ocampo y Sebastián Quintero García.**

En esta herramienta para el desarrollo del SIG, se procede a cargar las fotografías con **extensión .tif** y las ortofotos con **extensión .kmz**, con el fin de realizar el análisis completo del terreno e identificar las posibles nuevas zonas de siembra, al igual que la franja que se encuentra sembrada.

**Imagen 25. Zona de Posibles Siembras, Hacienda la Trinidad**



**Fuente: Juan Fernando Tabares Ocampo y Sebastián Quintero García.**

Como podemos ver en la imagen anterior se logra obtener un total de 3 posibles áreas sembradas 1 hacia el occidente del terreno y 2 hacia oriente estos posibles terrenos en la actualidad se encuentran soqueado por café, este ya realizo los ciclos esperados para la producción una vez realizado el proceso se puede iniciar con la resiembra, estas zonas serian espacios propicios para la producción y sembrado de nuevos árboles de Naranja Tangelo.

**Imagen 26. Posibles nuevas zonas de siembra**



**Fuente: Juan Fernando Tabares Ocampo y Sebastián Quintero García.**

**Imagen 27. Demarcación Fuentes Hídricas Hacienda la Trinidad**



**Fuente: Juan Fernando Tabares Ocampo y Sebastián Quintero García.**

Se realiza un análisis en los cuerpos hídricos que rodean el terreno sembrado con Naranja tangelo (*Citrus X Tangelo*), esta ilustración ubica las fuentes de agua al igual que define posibles sistemas de riego en la zona del cultivo actual, de igual manera en caso de presentarse nuevas siembras de naranja este proceso dará información valiosa, puesto que la zona donde se encuentra ubicada la hacienda La Trinidad, cuenta con un clima templado que puede provocar deshidratación en los árboles y el suelo.

## **6.1 ANÁLISIS DEL DESARROLLO DEL PROYECTO**




Una vez realizado el procesamiento de la información, mediante la cual se pretendía identificar todos los factores climáticos, fuentes hídricas y posibles zonas de sembrado en el terreno mediante el siguiente análisis lo que se espera es brindar una información que permita facilitar a los propietarios y agrónomo de la Hacienda la Trinidad, la toma de decisiones y las posibles falencias que puede llegar a tener en el cultivo de Naranja Tangelo.

Para ello decidimos no solo realizar el análisis exhaustivo de la zona si no también brindarle al agricultor una herramienta de análisis donde podrá acceder a la información plasmada en el proyecto, la creación de un sistema de información geográfico geo referenciando la zona de estudio todo embebido en un solo punto de acceso, esto se realizó como un punto adicional toda vez que se hace necesario reflejar la labor realizada en el levantamiento análisis y conclusión del proyecto.

Esta plataforma de participación basada en la nube abre las puertas de una manera inicial y económica de los principales procesos de la agricultura de precisión esto se debe a que aún es poca las fincas o haciendas que cuentan con un levantamiento detallo del terreno coadyuvando a los agricultores mediante esta fuente de información a posibles certificaciones que abre puertas a la producción e inserción de nuevos mercados que cuentan con políticas enmarcadas en la calidad al igual que ser posibles exportadores de naranja a nivel mundial.

## 6.2. TABLA DE NAVEGACIÓN

Navegación	Imagen
<p style="text-align: center;"> <b>Página inicial</b>  <a href="https://naranja-tangelo-umanizales.hub.arcgis.com/">https://naranja-tangelo-umanizales.hub.arcgis.com/</a> </p>	 <p>The screenshot shows a mobile web interface for 'Naranja Tangelo'. It features a satellite map of an agricultural field with a blue grid overlay. Text on the screen includes 'Agricultura De Precisión En Naranja Tangelo' and 'Ultima Actualización 05, Febrero De 2021, 08:30 PM'. The interface also shows various navigation and status icons at the top and bottom.</p>

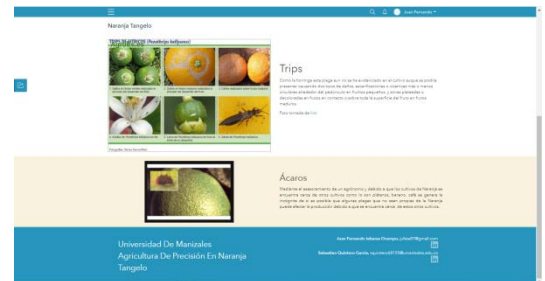
Navegación	Imagen
<p align="center"> <b>Página inicial</b>  <a href="https://naranja-tangelo-umanizales.hub.arcgis.com/">https://naranja-tangelo-umanizales.hub.arcgis.com/</a> </p>	
<p align="center"> <b>Página inicial</b>  <a href="https://naranja-tangelo-umanizales.hub.arcgis.com/">https://naranja-tangelo-umanizales.hub.arcgis.com/</a> </p>	
<p align="center"> <b>Antecedentes</b>  <a href="https://naranja-tangelo-umanizales.hub.arcgis.com/pages/antecedentes">https://naranja-tangelo-umanizales.hub.arcgis.com/pages/antecedentes</a> </p>	

Navegación	Imagen
------------	--------

**Enfermedades**  
<https://naranja-tangelo-umanizales.hub.arcgis.com/pages/enfermedades>



**Enfermedades**  
<https://naranja-tangelo-umanizales.hub.arcgis.com/pages/enfermedades>



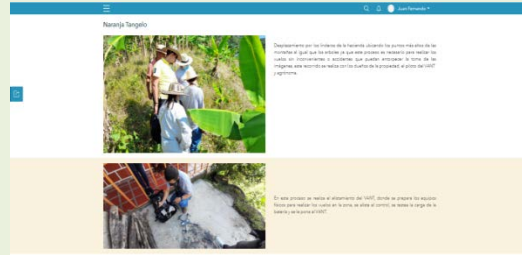
**Galería de fotos**  
<https://naranja-tangelo-umanizales.hub.arcgis.com/pages/galeria-de-fotos>



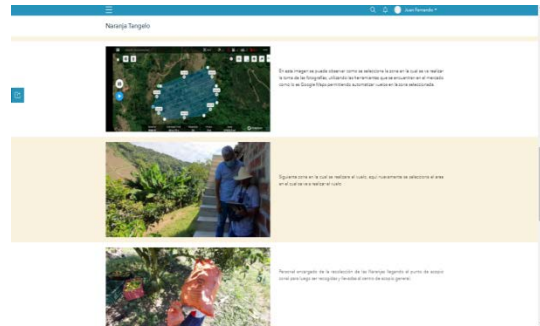
**Navegación**

**Imagen**

Galería de fotos  
<https://naranja-tangelo-umanizales.hub.arcgis.com/pages/galeria-de-fotos>



Galería de fotos  
<https://naranja-tangelo-umanizales.hub.arcgis.com/pages/galeria-de-fotos>


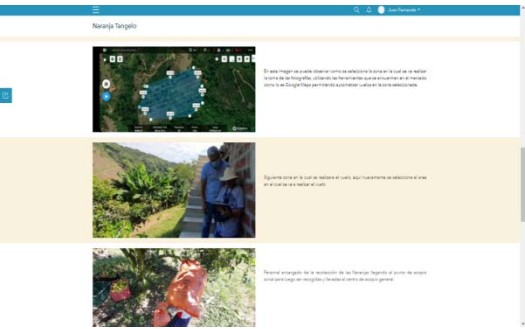



Galería de fotos  
<https://naranja-tangelo-umanizales.hub.arcgis.com/pages/galeria-de-fotos>



Navegación

Imagen

<p style="text-align: center;"><b>SIG</b></p>	
<p style="text-align: center;"><b>SIG</b></p>	
<p style="text-align: center;"><b>SIG</b></p>	

Este portal se encuentra publicado y disponible las 24 horas, como se mencionó anteriormente esta herramienta dará la posibilidad de realizar análisis de viabilidad y soluciones paliativas a los agriculturas y propietarios de la hacienda la Trinidad

De igual manera como un siguiente análisis procedemos a identificar en el SIG las posibles zonas de siembra en el terreno donde se pudo concluir lo siguiente, así:

- Se identifica un total de 20950 metros cuadrados en la cual los agricultores pueden aprovechar y poder aumentar la producción de la naranja Tangelo

estos metros cuadrados en el SIG se encuentran en los polígonos de posibles zonas de siembra 1, 2 y 3 en el polígono 1 se encuentra soqueado, lo que hace que la resiembra de nuevos árboles de Naranja Tangelo sea posible, teniendo en cuenta lo anterior se procede a realizar el cálculo del aprovechamiento del terreno donde como resultado lo obtenemos si se continua con la técnica de siembra a 3 bolillos, así:

$$N = \frac{Su \text{ m}^2}{(d * d)} * \text{Cos } 30^\circ = \frac{20950}{(6 * 6)} * \text{Cos } 30^\circ = 504$$

Como resultado tenemos un total de 504 árboles que se pueden sembrar en las 3 zonas.

$$\text{Cos } 30^\circ = \frac{CA}{H} = \frac{\sqrt{3}}{2} \quad CA = \frac{\sqrt{3}}{2} * L$$

$$\text{Distancia entre surcos} = \frac{\sqrt{3}}{2} * 6\text{mts} = 5.19 \text{ mts} * 5 * 2 = 51.96\text{m}^2$$

Cada planta estaría sembrada a 51.96m<sup>2</sup> entre ellas

- Se evidencia que el espacio entre surcos es considerablemente grande, al igual que el espacio entre cada árbol, estos espacios se pueden optimizar con nuevos árboles, teniendo en cuenta que con la experiencia obtenida de este sembrado ya que, al ser un cultivo maduro, el promedio de naranjas por árbol oscila entre 400 y 600 naranjas lo cual podría generar un promedio total de 252.000 naranjas por cosecha.

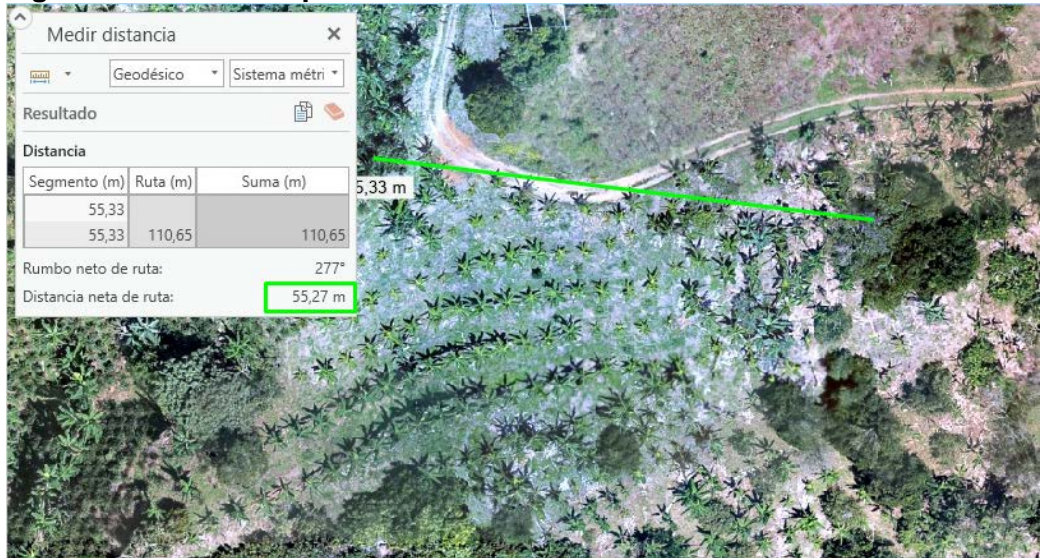
**Imagen 28. Análisis espacio entre arboles cercanos**



Fuente: Juan Fernando Tabares Ocampo y Sebastián Quintero García.



**Imagen 29. Análisis espacio entre arboles cercanos**



**Fuente: Juan Fernando Tabares Ocampo y Sebastián Quintero García.**

- Teniendo en cuenta las fuentes hídricas que tiene el terreno cuenta con dos quebradas que lo rodean la Quebrada Valle y Quebrada El Pino esto hace que la zona en temporadas fuertes de calor o sequia mantenga siempre una fuente considerable de agua, por otra parte la finca cuenta con un nacimiento el cual esta canalizado y almacenado en un tanque de abastecimiento desde donde mediante la técnica de riego por gravedad se hidrata el cultivo; es recomendable implementar nuevos sistemas de riego debido a las altas temperaturas de la zona, esto en caso de resembrar las posibles zonas de siembra.
- Debido a que el cultivo se encuentra sembrado cerca de otros cultivos de diferentes tipos y a pesar de que durante los más de 10 años de este no se han presentado enfermedades que requieran una acción contundente mediante insecticidas u plaguicidas, no obstante como se vio en la elaboración del proyecto es posible que las cercanía del café el cacao y el plátano pueda llegar a presentar algún tipo de enfermedad como lo son los aceros, hormiga, tripas entre otros, por ende se recomienda realizar los resembrados con naranja Tangelo con el fin de aumentar la población de los árboles y en caso de presentarse algún tipo de plaga poder controlar de una manera más precisa y contundente sin que se pueda ver tan afectada la cosecha.

## 6.3 CRONOGRAMA

	Semana 0		Semana 1							Semana 2							Semana 3				
	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1. Tomar y procesar las imágenes de la zona de estudio utilizando VANT, en parcelas sembradas con Naranja Tangelo.																					
Realizar las consultas correspondientes en teledetección																					
Consolidar técnicas aplicables																					
Identificar las herramientas a utilizar																					
Fotografías Aereas																					
2. Realizar un análisis mediante el procesamiento de imágenes y teledetección que permita identificar y delimitar las hectáreas cultivables y los recursos disponibles en el área de estudio																					
Verificar información obtenida																					
Establecer los procedimientos que va ayudar al análisis de datos																					
3. Desarrollar un informe que contenga la información obtenida como fotografías, metros cuadrados, fuentes naturales para su aprovechamiento lo cual servirá para la toma de decisiones a futuro dentro de los previos comprometidos.																					
Obtener información de método de siembra de la Naranja																					
Identificar factores naturales de los terrenos																					
Realizar SIG (capas, conteo de arboles)																					
Realizar HUB																					
Desarrollo del informe																					
Documentación final																					
Documentación																					

Ejecucion y/o Elaboracion de la actividad	
Fecha de entrega de la actividad a realizar	
Fecha de sustentación del proyecto de grado	

## CONCLUSIONES

La agricultura de precisión es una herramienta tecnológica que garantiza un análisis desde una nueva perspectiva, que mejora y apunta a la producción de calidad y optimización de los espacios en el terreno, al igual que la optimización de usos excesivos de fertilizantes.

Arcgis es una herramienta tecnológica muy eficiente para el tratamiento de la información fotográfica y análisis en la agricultura de precisión, a pesar de llevar aproximadamente 12 años después de su lanzamiento oficial, ha ido tomando cada vez más fuerza en el área de la agricultura, especialmente en aquellos países donde los terrenos son áridos y se torna difícil obtener un producto de calidad.

Desde un concepto social, en Colombia debido a los problemas que acrecientan cada vez más la agricultura, se convierte en una labor poco recompensada y reconocida, lo que hace que la implementación de nuevas metodologías y técnicas de siembra sean más costosas que en otros países de primer nivel.

Colombia al ser un país tropical donde la abundancia de fauna y flora y recursos hídricos son su principal atractivo, hace que la agricultura de cierta manera, sea una labor más artesanal, ya que la gran mayoría de los terrenos son fértiles y se puede sembrar casi cualquier tipo de producto teniendo resultados exitosos.

A pesar que la agricultura de precisión aun es nueva en el país y que las tierras son altamente propicias para la producción, se ha demostrado que la introducción de estas nuevas tecnologías ha mejorado significativamente la producción, además, la tecnificación de los cultivos hace que Colombia se convierta en potencia del agro a nivel mundial.

## PRESUPUESTO

**Tabla 2. Presupuesto de implementación.**

Ítem	Unidad	cantidad	Valor unitario	Valor total
Agrónomo	Horas	20	\$ 11.718	\$ 234.360,00
VANT	consumo de baterias	7	\$ 650.000	\$ 4.550.000,00
Licencia Argis anual	Unidad	1	\$ 380.000	\$ 380.000,00
Desplazamientos	Unidad	2	\$ 47.500	\$ 95.000,00
Elaboración de SIG	Horas	80	\$ 12.127	\$ 970.160,00
Elaboración HUB	Horas	50	\$ 11.890	\$ 594.500,00
				\$ -
			<b>Total</b>	<b>\$ 6.824.020,00</b>

## BIBLIOGRAFÍA

Comité de Gestión de Cítricos. (08 de 2019). Recuperado el 2020 de 08 de 03, de [https://www.agronegocios.es/digital/files/planstar/Sanfeliu\\_pstar\\_citricos\\_valencia.pdf](https://www.agronegocios.es/digital/files/planstar/Sanfeliu_pstar_citricos_valencia.pdf)

CÍTRICOS: Cultivo, Poscosecha e Industrialización. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Artes y Letras S.A.S. 2012 pp. 9.

Lau, C., Jarvis, A., & Ramírez, J. (2011). Agricultura Colombiana: Adaptación al Cambio Climático. CIAT Políticas en Síntesis no. 1. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Flórez C., Mosquera J. La relación ser humano – naturaleza frente a los derechos fundamentales en el territorio. (2013). Rev. Alimentos Hoy. Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. ISSN 2027-291X, Vol. 21(28), p.79- 96.

mercado, G. S. (2018, 06 22). Retrieved 08 10, 2020, from [http://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/mercocitzricos\\_ejecafetero.htm](http://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/mercocitzricos_ejecafetero.htm)

Gutiérrez, C. P., & Nieto, Á. L. M. (2006). Teledetección: nociones y aplicaciones. carlos perez.

Herwitz S., Johnson L.F., Dunagan S.E., Higgins R., Sullivan D.V., ZHENG, J. & Huamán Z. (2004). Botánica sistemática y morfología de la papa. Boletín de información técnica 6. Centro Internacional de la Papa Lima, 1-22.

Zarco-Tejada P.J., Guillén-Climent M.L., Hernández-Clemente R., Catalina, A., González M.R., Martín, P. (2013). Estimating leaf carotenoid content in vineyards using high resolution hyperspectral imagery acquired from an unmanned aerial vehicle (UAV). Agric. for. Meteorol, p. 171,172, 281, 294.

Fernández L.G. y Chacón-Murguía, M. Adquisición y registro de imágenes aéreas multiespectrales para generación de imágenes NDVI. (2014). Electro, p.7-102.

Seelan, S. K., Laguette, S., Casady, G. M., & Seielstad, G. A. (2003). Remote sensing applications for precision agriculture: A learning community approach. *Remote Sensing of Environment*, 88, 157-169.

Gerke, M., Masár, I., Borgolte, U., & Röhrig, C. (2013). Farmland Monitoring by Sensor Networks and Airships. *IFAC Proceedings Volumes*, 46, 321-326.

Okuno, T., Takamatsu, K., Suzuki, K., & Kakazu, Y. (2001). Field Information System for Map-Based Precision Farming. *IFAC Proceedings Volumes*, 34, 209-214

Prey, L., & Schmidhalter, U. (2019). Simulation of satellite reflectance data using high-frequency ground based hyperspectral canopy measurements for in-season estimation of grain yield and grain nitrogen status in winter wheat. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 149, 176-187

González, M. P., Bonaccorso, E., & Papeş, M. (2015). Applications of geographic information systems and remote sensing techniques to conservation of amphibians in northwestern Ecuador. *Global Ecology and Conservation*, 3, 562-574. doi:<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2015.02.00>

Seelan, S. K., Laguette, S., Casady, G. M., & Seielstad, G. A. (2003). Remote sensing applications for precision agriculture: A learning community approach. *Remote Sensing of Environment*, 88, 157-169. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rse.2003.04.007>

Okuno, T., Takamatsu, K., Suzuki, K., & Kakazu, Y. (2001). Field Information System for Map-Based Precision Farming. *IFAC Proceedings Volumes*, 34, 209-214. doi:[https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)33138-5](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)33138-5)

Batte, M. T., & Arnholt, M. W. (2003). Precision farming adoption and use in Ohio: case studies of six leading-edge adopters. *Computers and Electronics in Agriculture*, 38, 125-139.

Debolini, M., Marraccini, E., Rizzo, D., Galli, M., & Bonari, E. (2013). Mapping local spatial knowledge in the assessment of agricultural systems: A case study

on the provision of agricultural services. *Applied Geography*, 42, 23-33. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2013.04.006>

Peng, L., Chen, W., Li, M., Bai, Y., & Pan, Y. (2014). GIS-based study of the spatial distribution suitability of livestock and poultry farming: The case of Putian, Fujian, China. *Computers and Electronics in Agriculture*, 108, 183-190. doi:<https://doi.org/10.1016/j.compag.2014.08.004>

Harist, M. C., Shidiq, I. P., Fitriani, A. H., & Santoso, A. D. (2018). A GIS-based model for a land suitability analysis of *Amomum compactum* Soland ex Maton (cardamom) in West Sumatra., 2021. doi:10.1063/1.5062733

Mokarram, M., & Hojati, M. (2017). Using ordered weight averaging (OWA) aggregation for multi-criteria soil fertility evaluation by GIS (case study: southeast Iran). *Computers and Electronics in Agriculture*, 132, 1-13. doi:<https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.11.005>

Earl, R., Thomas, G., & Blackmore, B. S. (2000). The potential role of GIS in autonomous field operations. *Computers and Electronics in Agriculture*, 25, 107-120. doi:[https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(99\)00058-7](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(99)00058-7)

Tajbakhsh, S. M., Memarian, H., & Kheyrkhan, A. (2018). A GIS-based integrative approach for land use optimization in a semi-arid watershed. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 4, 31-46. doi:10.22034/gjesm.2018.04.01.004

Tulloch, D. L., Myers, J. R., Hasse, J. E., Parks, P. J., & Lathrop, R. G. (2003). Integrating GIS into farmland preservation policy and decision making. *Landscape and Urban Planning*, 63, 33-48. doi:[https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00181-0](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00181-0)

Kazemi, H., & Akinci, H. (2018). A land use suitability model for rainfed farming by Multi-criteria Decision-making Analysis (MCDA) and Geographic Information System (GIS). *Ecological Engineering*, 116, 1-6.

Schmidhalter, U., Maidl, F.-X., Heuwinkel, H., Demmel, M., Auernhammer, H., Noack, P. O., y otros. (2008). Chapter 2.3 - Precision Farming – Adaptation of Land Use Management to Small Scale Heterogeneity. En P. Schröder, J. Pfenhauer, & J. C. Munch (Edits.), *Perspectives for Agroecosystem Management* (págs. 121-199). San Diego: Elsevier.