



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIENCIAS APLICADAS**

Trabajo de fin de Carrera titulado:

**DETERMINAR EL ESTADO NUTRICIONAL DE LA PLANTACIÓN  
BANANERA UTILIZANDO UN VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO (DRON)  
EN LA FINCA LA GLORIA PERTENECIENTE AL CANTÓN EL TRIUNFO  
PROVINCIA DEL GUAYAS**

Realizado por:

**Gastón Olmedo Gaibor Ramírez**

Director del proyecto

**Diego Fernando Bustamante Villagómez, M.Sc.**

Como requisito para la obtención del título de:

**MAGISTER EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DE PROCESOS**

Quito, 19 de octubre del 2022

## DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, Gastón Olmedo Gaibor Ramírez, ecuatoriano, con Cédula de ciudadanía N° 0201813326, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional, y se basa en las referencias bibliográficas descritas en este documento.

A través de esta declaración, cedo los derechos de propiedad intelectual a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y normativa institucional vigente.

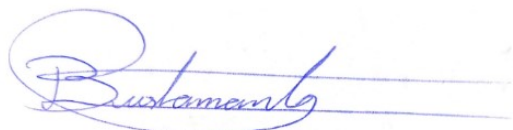


Ing. Gastón Olmedo Gaibor Ramírez

C.I.: 0201813326

## DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Bustamante', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

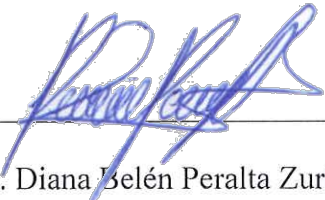
-----  
Ing. Diego Fernando Bustamante Villagómez, Msc.  
Master en Docencia Universitaria.

**LOS PROFESORES INFORMANTES:**

Msc. Diana Belén Peralta Zurita-

Msc. José Gabriel Salazar Loor-

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador.



---

Msc. Diana Belén Peralta Zurita.

---

Msc. José Gabriel Salazar Loor.

Quito, 19 de octubre de 2022



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.



---

Ing. Gastón Olmedo Gaibor Ramírez

C.I.: 0201813326

### **Dedicatoria**

La presente investigación la dedico primordialmente a Dios, por inspírame y proveer de muchas fuerzas para continuar en este proceso para lograr obtener una de las prioridades más anheladas en mi vida.

Dedicales a mis padres por su amor infinito, por la vida que me ha dado, por formar de mí una persona de bien, una persona con responsabilidad, con muchos valores para enfrentar la vida y ser cada día mejor en todos los aspectos.

A mi esposa Marcela y mi hijo Danielito por el amor, apoyo, comprensión y acompañamiento moral, que me brindaron en el transcurso de esta nueva etapa de mi vida.

### **Agradecimiento**

Deseo agradecer a Dios infinitamente, quien con su bondad y valiosa bendición llena de alegría siempre mi vida y de toda mi familia.

Mi profundo agradecimiento a la Finca la Gloria del Cantón el Triunfo, por tener esa confianza en mí, por abrirme las puertas de su finca y admitir realizar todo el trabajo investigativo dentro de ella.

Del mismo modo agradecer a la Universidad Internacional SEK, a mi tutor de tesis y a todos los docentes quienes conforman esta noble institución educativa, por brindar sus conocimientos, por esa dedicación, apoyo y amistad absoluta.

## Resumen

Conocer el NDVI ( Índice de vegetación de diferencia normalizada) en una plantación bananera es fundamental en estos tiempos, ya que es uno de los productos más comercializados a nivel mundial, es por tal razón que nuestra investigación se ha enfocado en conocer el NDVI mediante la utilización de un vehículo aéreo no tripulado como es el Dron, la cual emite una fotografía aérea donde indica el estado de vegetación de cada una de la plantación bananera, una vez que el agricultor tenga conocimiento del estado en la que se encuentra su cultivos pueda tomar decisiones puntuales para el bienestar y el buen desarrollo de sus cultivos, esto ayudara al agricultor a tener una estabilidad económica, social y ambiental.

En el presente tratamos el porcentaje de nitrógeno y humedad que contiene el suelo : si el porcentaje emitido por el laboratorio tiene correlación con los datos arrojados mediante el Dron, de esta manera poder conocer si el estado nutricional del suelo es adecuado para un buen desarrollo de la plantación bananera.

**Palabras claves:** Agricultura, Nitrógeno, Humedad, NDVI, suelo

**Abstract**

Knowing the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) in a banana plantation is very fundamental in these times, since it is one of the most commercialized products worldwide, it is for this reason that our research has focused on knowing the NDVI through the use of an unmanned aerial vehicle such as the drone, which emits an aerial photograph indicating the state of vegetation of each of the banana plantations, once the farmer is aware of the state of his crops, he can make specific decisions for the well-being and good development of their crops, this will help the farmer to have economic, social and environmental stability.

In the present investigative work we also evaluate the percentage of nitrogen and humidity that the soil contains, in order to know if the percentage emitted by the laboratory correlates with the data thrown by the Drone, in this way to know if the nutritional status of the soil is suitable for a good development of the banana plantation.

**Keywords:** Agriculture, Nitrogen, Moisture, NDVI, soil

**INDICE**

Resumen.....	5
Abstract.....	6
Introducción .....	12
Justificación .....	13
Planteamiento de problema.....	14
Formulación de problema .....	15
Objetivos.....	15
Objetivo general.....	15
Objetivo específico .....	15
Ubicación de nuestra zona de estudio.....	16
Estado de Arte.....	18
Sector bananero.....	18
Tecnología aplicada en la agricultura .....	19
Utilización del DRON en el sector agrícola .....	19
NDVI.....	21
Suelos.....	23
Suelos con cobertura vegetal .....	23
Beneficios de la cubierta vegetal del suelo.....	24
Diagnóstico del suelo.....	25
Parámetros e indicadores del suelo.....	25

Parámetros físicos químicos del suelo .....	26
Calidad del suelo.....	28
Nitrógeno .....	28
Variedad de Nitrógeno .....	28
Sistema de información geográfica.....	29
Funcionalidad del GIS .....	30
Tipos de Software .....	31
METODOLOGÍA.....	32
Materiales para el procesamiento de datos .....	32
Materiales para toma muestras de suelo .....	32
Método para el procesamiento de datos.....	33
Método para el análisis de suelo .....	41
Resultados.....	45
Resultado el primer vuelo realizado .....	46
Resultado del segundo vuelo realizado.....	57
Resultado del tercer vuelo realizado .....	67
Discusión.....	77
Conclusiones .....	83
Recomendaciones .....	85
Referencias bibliográficas.....	86

Bibliografía .....	86
Anexos .....	90
Anexo 1. Utilización del DRON para ejecutar los sobre vuelos en el aérea de estudio	90
Anexo 2. Proceso de extracción de la muestra de suelo.....	90
Anexo 3. Identificación del follaje de la plantación bananera. ....	91
Anexo 4. Recolección de las muestras de suelo.....	91
Anexo 5. Muestras de suelos de la finca la Gloria.....	92
Anexo 6. Refrigerante para las muestras.....	92
Anexo 7. Almacenamiento de las muestras de suelo con su respectiva refrigeración ...	93
Anexo 8. Área de estudio FINCA LA GLORIA.....	93
Anexo 9. Informe del primer vuelo emitidos por el laboratorio LABCESTTA S.A. ....	94
Anexo 10. Informe del primer vuelo emitidos por el laboratorio LABCESTTA S.A. ..	95
Anexo 11. Informe del segundo vuelo emitidos por el laboratorio LABCESTTA S.A.	96
Anexo 12. Informe del segundo vuelo emitidos por el laboratorio LABCESTTA S.A.	97
Anexo 13. Informe del tercer vuelo emitidos por el laboratorio LABCESTTA S.A.....	98
Anexo 14. Informe del tercer vuelo emitidos por el laboratorio LABCESTTA S.A.....	99

### **Índice de figuras**

Grafico 1. Mapeo finca la Gloria .....	16
--	----



Grafico 2.	Hectáreas de la plantación Bananera .....	16
Grafico 3.	Producción del sector bananero .....	19
Grafico 4.	UAV (Vehículo aéreo no tripulado).....	21
Grafico 5.	Estado de salud de una vegetación.....	22
Grafico 6.	Capas de datos en el sistema de información geográfica.....	30
Grafico 7.	Toma de punto de muestra mediante el GPS .....	33
Grafico 8.	Grafico.- Finalidad del vuelo .....	34
Grafico 9.	Grafico. Bandas que presentara la camara multiespectral.....	35
Grafico 10.	Ortofotomosaico.....	36
Grafico 11.	Procesamiento de datos en ArcGIS.....	37
Grafico 12.	Estado de la vegetación.....	38
Grafico 13.	Implementación de la formula en el ArcGIS .....	39
Grafico 14.	NDVI designados para obtener el valor compuesto.....	40
Grafico 15.	Toma de muestra de suelo del área de estudio.....	42
Grafico 16.	Muestras de suelo.....	43
Grafico 17.	Transporte de medidas de suelo de la finca la Gloria .....	44

### **Índice de tablas**

Tabla 1.	Particularidades del suelo .....	27
Tabla 2.	Propiedades Químicos del suelo.....	27

Valores para evaluar el NDVI.....	38
Tabla 3. Rango para evaluar el Nitrógeno .....	44
Tabla 4. Rangos para evaluar la Humedad .....	45

### **Índice de anexos**

Anexo 1. Utilización del DRON para ejecutar los sobre vuelos en el aérea de estudio	90
Anexo 2. Proceso de extracción de la muestra de suelo.....	90
Anexo 3. Identificación del follaje de la plantación bananera. ....	91
Anexo 4. Recolección de las muestras de suelo.....	91
Anexo 5. Muestras de suelos de la finca la Gloria.....	92
Anexo 6. Refrigerante para las muestras.....	92
Anexo 7. Almacenamiento de las muestras de suelo con su respectiva refrigeración ...	93
Anexo 8. Área de estudio FINCA LA GLORIA.....	93
Anexo 9. Informe del primer vuelo emitidos por el laboratorio LABCESTTA S.A. ....	94
Anexo 10. Informe del primer vuelo emitidos por el laboratorio LABCESTTA S.A. ..	95
Anexo 11. Informe del segundo vuelo emitidos por el laboratorio LABCESTTA S.A.	96
Anexo 12. Informe del segundo vuelo emitidos por el laboratorio LABCESTTA S.A.	97
Anexo 13. Informe del tercer vuelo emitidos por el laboratorio LABCESTTA S.A.....	98
Anexo 14. Informe del tercer vuelo emitidos por el laboratorio LABCESTTA S.A.....	99

## **Introducción**

El sector agrícola es considerado como una de las actividades monetarias, sociales y ambientales más fundamentales para el hombre. La agricultura además de contar con muchos beneficios ambientales, constituye virtuosamente al paisaje, la misma que aporta ventajas medioambientales en la preservación de la superficie del suelo, salvaguardando la biodiversidad y procura una administración razonable de los recursos naturales (FAO, 2022).

Al incrementar la población las tierras cultivables se van disminuyendo, es por tal razón que los agricultores han puesto énfasis en duplicar la búsqueda de novedosas formas para realizar las mejoras en la producción y la sostenibilidad de los mismos, surgiendo de esta manera nuevas formas de obtener una agricultura de precisión (IICA, 2017).

Es por este motivo que los agricultores buscan la utilización de tecnologías novedosas como aeronaves no tripuladas que son aquellas que tienen la posibilidad de ser comandadas desde el espacio aéreo y tiene propiedades únicas para utilizarla en diferentes espacios agrícolas. A inicios de la década de los 80 el Gobierno japonés logró un requerimiento a la Cía. Yamaha Motor Company Limited, para construir el primer helicóptero no tripulado esto con fines agrícolas. Esta compañía sirvió como un ejemplo para que otros programadores decidan averiguar nuevas aplicaciones que beneficiarían al desarrollo de la agricultura (Moralez, 2015).

Esta tecnología es utilizada en la agricultura de precisión, la cual ayuda en la recolección, procesamiento y análisis de datos que tiene como finalidad de minimizar los riesgos latentes a los cuales están expuestos un sector agrícola.

La agricultura de precisión es fundamental al momento de implementar insumos sumamente necesarios en diferentes sitios agrícolas, colocando cantidades correctas ya sean el

porcentaje del nitrógeno que necesita un sector agrícola, de esta manera poder conservar el buen desarrollo de sus cultivos. A lo largo de los años son muchos los avances que se ha ido empleando a la agricultura tradicional con fines diversos, así como para mejorar tanto en la producción bananera, así como también mejorar en la calidad de sus productos que son dos objetivos más relevantes a conseguir en estas épocas.

En estos tiempos estas tecnologías nos permiten caminar hacia una dirección correcta ya que es viable optimizar las falencias que existe en un cultivo para mejorar el rendimiento del mismo. El DRON es una de las herramientas que nos ayudara a conseguir de manera mucho más rápido y precisa de los nutrientes y la humedad necesaria de cada una de la plantación bananera.

Al adoptar esta técnica en la agricultura de precisión persiste en la importancia económica que tiene el banano en el Ecuador al ser uno de los productos más exportados a nivel mundial.

Esta investigación busca determinar la factibilidad de implementar este tipo de tecnología en las plantaciones bananeras en el cantón el Triunfo de la provincia del Guayas y conocer el comportamiento de la producción bananera.

### **Justificación**

El Ecuador es un país líder en la exportación bananera a nivel mundial, por mucho más de 40 años esta actividad tuvo un peso de suma consideración para el progreso del país, ya que desde el punto de vista social y económico nuestro banano es básico en la comercialización mundial, es por tal razón que el Ecuador no solo es el primer exportador además es el segundo productor de Latinoamérica desde 1990 (Gonzales, 2014).

Siendo el Ecuador el primer proveedor de banano de la Unión Europea y el segundo proveedor de los EEUU su economía se potencializa ya que nuestro banano es exportado a

diferentes países, así como, EEUU, Rusia, Chile, Nueva Zelanda, Argentina y Japón en el año 2019 se exportaron 4.772.413 (FAO, 2022) toneladas a distintos países del todo el mundo.

Ya que el Ecuador es un país agrícola y de fuerte demanda de producción los agricultores tienen que poseer una excelente calidad en sus productos, por lo tanto, el agricultor debe acoger los instrumentos correctos para lograr proteger sus cultivos ya sean de las plagas, la utilización hídrica correcta en las plantaciones bananeras, comprender las propiedades de los suelos y otras condiciones a las que están expuestos sus cultivos y de esa forma sugerir un banano de mejor calidad dado que estas van hacer exportadas a diferentes países de todo el mundo.

Por lo tanto, la justificación del presente proyecto se establece por la aportación que se realizó al sector bananero, debido que en el proyecto se plantea un modelo de un vehículo área no tripulado el cual nos ayudara con la exploración y de esta forma anunciar a los agricultores la manera de proteger sus cultivos disminuyendo tiempo y recursos.

Es considerable recalcar que esta investigación es transcendental por la demanda que hay en nuestro país de la producción bananera, tomando en cuenta que hay una necesidad apremiante para mejorar los procesos agrícolas y fundamentalmente incrementar la productividad y evadir pérdidas ocasionadas por distritos componentes.

Otro beneficio del uso de un vehículo no tripulados, así como un DRON en el sector agrícola, impide la utilización elevada e innecesaria de productos agroquímicos en los cultivos debido a que este vehículo monitorizan en tiempo real la vegetación de cada uno de los cultivos.

### **Planteamiento de problema**

En la actualidad hay grandes necesidades aun por conseguir procesos agrícolas eficientemente productivos que sean amigables con el hombre y el medio ambiente, por la misma

razón se busca implementar en cada etapa de los sembríos agrícolas tecnologías avanzadas, principalmente diseñadas que logren promover el buen desarrollo de la plantación. Las enfermedades en la vegetación son limitadores de la producción, tanto que los todos los agricultores si no actúan tienen la posibilidad de obtener perdidas catastróficas en su producción.

En los últimos años, el DRON han sido de suma importante para el sector agrícola, anteriormente estos vehículos eran utilizados únicamente para el ejercito militar. Sin embargo, con el paso de los años fueron implementados nuevas aplicaciones civiles para el sector agrícola.

Estas aplicaciones han logrado incursionar especialmente en la agricultura, la misma que ayuda a mantener la vegetación constantemente controlada y mediante las monitorizaciones lograr analizar el estado nutricional de cada una de las plantas en tiempo real.

### **Formulación de problema**

En esta investigación es necesario plantear la siguiente pregunta interrogante acorde a nuestra investigación ¿La utilización de un vehículo aéreo no tripulado como es el (DRON) ayudara a determinar el estado nutricional de la plantación bananera en la finca la Gloria?

### **Objetivos**

#### **Objetivo general**

Determinar el estado un nutricional de la plantación bananera utilizando un vehículo aéreo no tripulado (DRON) en la finca la Gloria perteneciente al cantón el Triunfo Provincia del Guayas, para que el agricultor tenga conocimiento del estado en la que se encuentra sus cultivos y pueda tomar decciones puntuales para obtener mejores resultados en la producción.

#### **Objetivo específico**

- Evaluar el vigor de la plantación de banano mediante el DRON.

- Realizar un estudio Físico- Químico del suelo mediante un laboratorio para verificar el nitrógeno y la humedad del suelo
- Verificar si la información generada por el DRON guarda relación con la información generada de los estudios Físicos-Químicos del suelo.

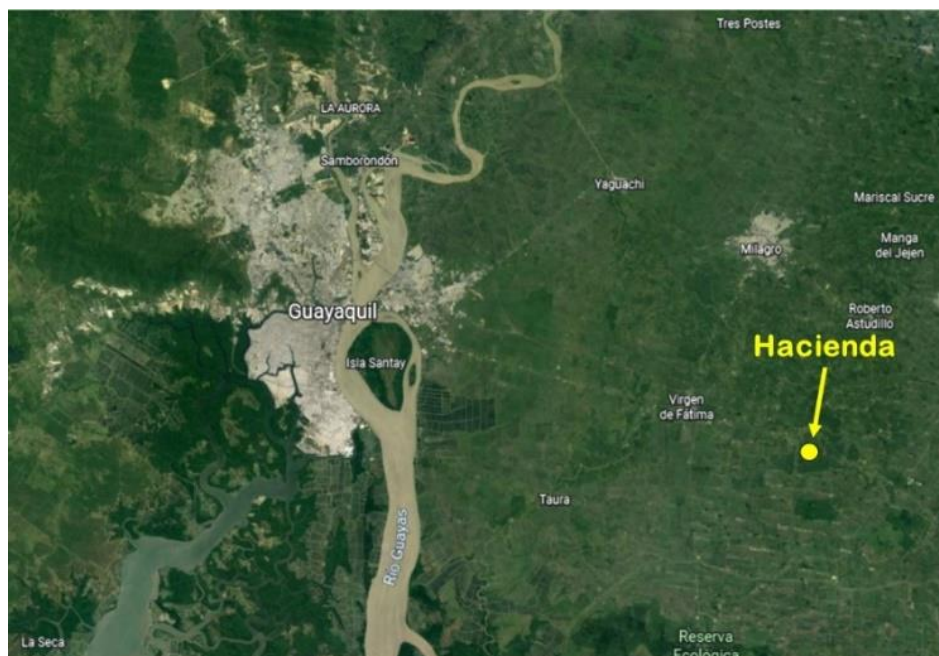
### **Hipótesis**

Se logro determinar el estado nutricional de la plantación bananera mediante el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada

### **Ubicación de nuestra zona de estudio**

Nuestra investigación será implementada en la finca “La Gloria” perteneciente al Cantón el Triunfo provincia del Guayas - Ecuador

Mapeo finca la Gloria



**Fuente:** Autoría propia

Hectáreas de la plantación Bananera



**Fuente:** Autoría propia

### **Localización Geográfica**

Con las siguientes coordenadas UTM en:

Punto en X: (X:667044,67) longitud

Punto en Y: (Y:9646198,59) latitud

Altitud: 42 msnm

### **Caracterización de la zona**

Nuestra zona de estudio principalmente está conformada en su gran mayoría por la producción agrícola bananera, la mismas que son exportadas a diferentes partes del mundo, nuestra zona de estudio tiene un clima tropical mega térmico esto comprendido entre seco a semihúmedo, caracterizado al total pluviométrico al año entre 500 a 1000mm.

En nuestra área de estudio su principal producto agrícola es la producción de banano ya que su suelo por ser fértil acoge en gran porcentaje de producción agropecuaria.



## **Estado de Arte**

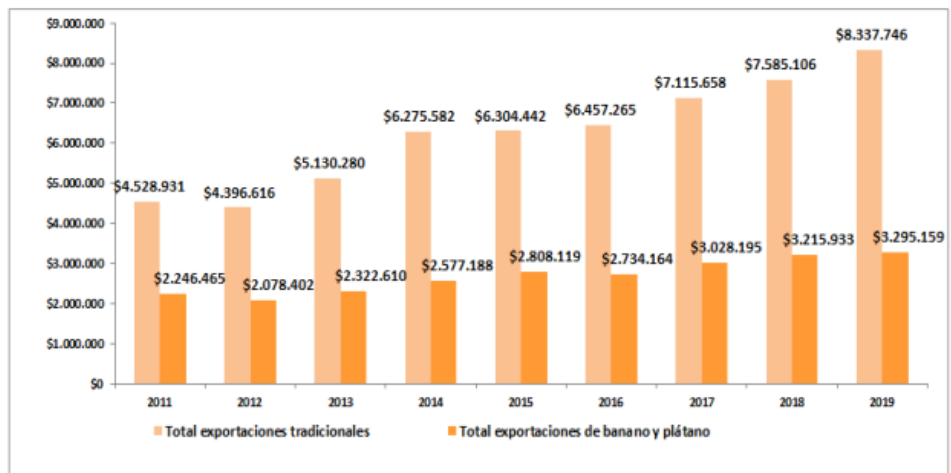
### **Sector bananero**

El sector bananero es de suma importancia para todo el mundo, este cultivo en su gran mayoría se cultiva en grandes extensiones, por lo cual América Latina domina la economía de todo el mundo gracias a la producción del banano. Este producto es un pilar valioso en la economía de Latinoamérica desde la década 1950, cuando aumento la demanda de los países de Norteamérica y la Unión Europea el incremento llego a un 60% de las importaciones a nivel mundial, esto conlleva a una expansión más rápido de la producción bananera (Flores, 2017).

En el Ecuador se establece que la producción del sector bananero es de suma importancia para el crecimiento de la economía del país, ya que en el año 2010 nuestro estado exporto cerca de las 4 millones 828 mil toneladas de banano a diferentes partes del mundo. Esto actualmente representa un ingreso de un \$ 1900 millones de dólares por concepción de divisas, y otros \$ 90 millones de dólares por concepción de impuestos al estado. Esto indica las entradas económicas que genera el sector agrícola para nuestro país, siendo que genera el 50% del PIB agrícola y el 20% de las exportaciones privadas del país (Licango, 2022).

El sector agrícola genera empleo para más de un millón de familias ecuatorianas, esto quiere decir que alrededor de 2,5 millones de personas trabajan en esta industria, que en porcentaje equivalen a un 17 % de la población actual, que dependen de una u otra manera de esta actividad, así como se representa en la figura.

### Producción del sector bananero



Fuente: Exportación del Banano (FAO, 2022).

### Tecnología aplicada en la agricultura

La tecnología aplicada en la agricultura se ha ido desarrollando a un ritmo mucho más rápido en estos años, de esta manera logrando que se obtengan unos mecanismos para visualizar una respuesta productiva en diferentes cultivos (Bravo, 2020). Dentro de estos nuevos mecanismos desarrollados se encuentran los vehículos no tripulados como es el (DRON) este vehículo está equipado con una tecnología adecuada que se convierte en un aliado para la secuencia de objetivos de producción del sector agrícola (Licango, 2022).

Estos vehículos aéreos hoy en la actualidad tienen más o menos el 70% de mecanismos que aportan en la agricultura de precisión, la misma que ayuda a los agricultores a conocer diferentes parámetros en cada una de sus siembras, así como la vegetación de cada uno de sus cultivos (Montufar, 2022).

### Utilización del DRON en el sector agrícola

La utilización del DRON en el área agrícola contribuye un enfoque mucho más amplio en la cual el propietario puede tomar decisiones oportunas o apropiadas para lograr conseguir el

aumento de la productividad en el campo agrícola, lo cual resultará al agricultor reducir los gastos realizados y generar ganancias, con este mecanismo se lograra además un impacto positivo para el ser humano y el medio ambiente, ya que esto ayudara a reducir la ampliación excesiva de agroquímicos a una plantación (Crehana, 2019).

Los UAV's (Vehículo aéreo no tripulado) más conocidos como DRON en estos tiempos se han ido desarrollando y hoy en día ayuda a los productores a estar en constante monitorización de sus cultivos para accionar ante las diferentes deficiencias que se encuentren afectando a los cultivos, así como las condiciones hídricas y el cambio climático que perturban a que una planta se desarrolle con normalidad. Los vehículos aéreos no tripulados están catalogados como un mecanismo de fácil de utilización, el conjunto de misiones de captura de fotografías aéreas para elaboración de mapas y datos con drones se ejecutan mediante programas automáticos, en otras palabras, significa que un DRON tiene la capacidad para volar por sí solo, y los softwares especializados sirven para procesar todos los datos capturados por el vehículo aéreo no tripulado (Crehana, 2019).

Los UAV's posee un sistema de cámara asociados con un sinnúmero de sensores que tiene altísima resolución y exactitud que alcanzan a capturar las imágenes a detalle de los cultivos y posteriormente ser procesadas a través de un software libre, los cuales son especializados que otorgan un informe final al productor para conocer el estado actual de la plantación y de esa manera lograr tomar las decisiones más correctas que minimizan sus pérdidas en la producción (CropLife, 2021).

DRON o UAV (Vehículo aéreo no tripulado): a este dispositivo se le conoce como un transporte de vuelo no tripulado que vuela a largas distancia sin la necesidad que conduzca un ser humano como se muestra en el presente gráfico.

UAV (Vehículo aéreo no tripulado)



Fuente: DRON una herramienta para la agricultura (Idesia, 2019).

### **Cámaras Multiespectrales**

Las cámaras multiespectrales en un DRON nos permiten mayor resolución espacial que la teledetección por satélite, mediante estas cámaras obtenemos datos en tiempo real, esta cámara tiene múltiples sensores según la necesidad a ser procesadas.

### **Sensor multiespectral**

Un sensor multiespectral contiene cinco bandas que se encuentra integrada en cualquier DRON, las 3 bandas captan imágenes RGB y las dos bandas captan Imágenes infrarrojos.

### **NDVI**

NDVI (índice de vegetación de diferencia normalizada): es un componente muy útil que nos ayuda a evaluar la cantidad, calidad y el desarrollo de una plantación, se logra evaluar este componente en base a la intensidad de la luz solar de diferentes bandas que emiten las ondas electromagnéticas, gracias a esto logramos conocer el estado de salud de una vegetación. (Auravant, 2017).

Luz visible: esta luz es una región pequeña del espectro electromagnético aquellas ondas tienen una longitud que emite desde los 780 nanómetros de luz roja a unos 380 de la luz violeta. Esta región pequeña del espectro es la luz que descubre el ojo humano y nos permite ver los objetos, en cambio la Luz infrarrojo es la irradiación del espectro luminoso, que contiene mayor longitud de onda y se localiza más allá del rojo visible (Ambuludí, 2018).

Según (Portero, 2018) menciona que un sensor es un punto de conexión que atrae magnitudes físicas (diferenciaciones de luz, temperatura, etc.) también otras alteraciones de su entorno.

Esto se puede demostrar con cualquier tipo de DRON especializados que oferten la variedad de posibilidades para el sector agrícola, logrando de esta manera realizar los vuelos en los campos agrícolas de una forma eficaz y precisa para captar mucha información mediante los sensores asociados, esto ha permitido que aquellas personas que buscan gestionar que sus cultivos se encuentren en constante monitorización logren tener a disposición una herramienta con infinidad de que ayuden a incrementar la producción. El NDVI es estimada como una de las medidas para evaluar el vigor y la salud de la vegetación, la cual indica que la vegetación verde absorbe toda la cantidad de luz visible.

#### Estado de salud de una vegetación



Fuente Agricultura de precisión (AURAVANT, 2000).

### Como obtener el NDVI

Para calcular en NDVI implica aplicar esta fórmula que contiene dos bandas tanto el infrarrojo cercano (NIR) y el rojo (RED) como indicamos a continuación.

Formula para calcular el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}}$$

### Suelos

Los suelos son recursos naturales restringidos y no reversibles que ofrecen diferentes funcionalidades ambientales, la cual posee la intervención en los diferentes ciclos biogeoquímicos de los elementos químicos como son el carbono, nitrógeno, fósforo, etc., que, por efecto de la energía disponible, pasan de los componentes vivos y a los componentes no vivos del planeta (Altamirano, 2019).

### Suelos con cobertura vegetal

Conservar la cubierta superficial del suelo es un elemento primordial para conservar la agricultura. Los desechos de los sembríos se deben mantener sobre la superficie del suelo, pero es importante conocer que es sumamente necesario acudir a cultivos de cobertura con un intervalo de tiempo entre la siembra de un cultivo y la cosecha del mismo. La cobertura incrementa la estabilidad del procedimiento en una plantación, no solo por mantener los micronutrientes del suelo, sino también por su capacidad para beneficiar en su mayoría la biodiversidad en el ecosistema agrícola (FAO, 2022).

Mientras que las cosechas sean comercializadas en el mercado, el follaje de los sembríos se utiliza primordialmente como forraje para la alimentación de los diferentes animales y esto causa una fertilidad del suelo (FAO, 2022).

La cobertura vegetal del suelo son fuentes de nutrientes económicas, pero esto se debe manejar de una manera correcta ya que esto permitirá un manejo adecuado para el estado hídrico del suelo, impidiendo adquirir pérdidas considerables por la vaporización que causa el medio en donde se encuentre. Con lo cual lograremos desarrollar medidas preventivas para resguardar las condiciones del suelo y de esta manera evitar pérdidas extensas en los recursos hídricos por la evaporación, de igual manera evadir la erosión hídrica y eólica que tiene un gran impacto en un suelo agrícola (Bravo, 2020).

### **Beneficios de la cubierta vegetal del suelo**

El ministerio de la agricultura y riego (riego, 2022) menciona que el suelo es una cubierta vegetal que nos ayuda en la reducción de las pérdidas de suelo esto a causa de la erosión, también incrementa la infiltración del agua en el suelo, de esta manera reduce la vaporización del suelo reteniendo agua al mayor tiempo, incrementa el contenido del material orgánico en el perfil del suelo y mejora la permanencia estructural de los incorporados superficiales.

La (FAO, 2022) indica que una cobertura vegetal inoportuna en la superficie del suelo es posible que exista una degradación física en la misma, a esto se conoce como pérdida de la calidad de suelo para los diferentes cultivos.

Los acontecimientos que provocan la pérdida de los nutrientes del suelo es que la superficie de un suelo sin cobertura vegetal produce finas costras donde surgen capas compactadas o duras

otro de los acontecimientos también es el retiro del material sólido por cualquier persona que no conoce cómo manejarla, esto causa la erosión del suelo (riego, 2022).

### **Diagnóstico del suelo**

Para realizar un diagnóstico del suelo se necesita una serie de metodologías y procedimientos la cual ayuden a establecer las particularidades físicas y químicas para la excelencia en el progreso de un cultivo. Los suelos se conservan en un ritmo cíclico en sus procesos jamás se detiene, como conocemos en otras regiones las latitudes intermedias, como las regiones templadas, son actividad biológica que se reduce al mínimo por las bajas temperaturas. Esta actividad física, química y biológica de los diferentes suelos está reguladas principalmente por la humedad y la temperatura (riego, 2022).

### **Parámetros e indicadores del suelo**

La eficacia del suelo es catalogada como los elementos prioritarios en el progreso de las prácticas agrícolas sostenibles. La automatización en las prácticas de manejo de suelo indica especialmente el grado y la dirección de los diferentes cambios en su calidad en tiempo y espacio. Un paso elemental para poder verificar el costo ambiental de las unidades de producción, es el uso de los indicadores de la calidad del suelo (Terrestre, 2004).

La degradación del suelo es una preocupación elevada en los agricultores ya que disminuye su producción, causa un gran impacto en la sociedad y el medio ambiente, es por tal razón que la humanidad busca algunas variables que se puede evaluar el estado nutricional que tiene el suelo. Estas variables son conocidas como indicadores, por lo cual representan una condición y conllevan información acerca de los cambios existentes, los indicadores son instrumentos que se deben analizar y que esto permita simplificar y cuantificar los diferentes fenómenos complejos (Terrestre, 2004).



### **Indicadores para evaluar la calidad del suelo**

Según (Bravo, 2020) menciona que para evaluar las propiedades físicas y químicas de suelo de lo debe tomar en cuenta los siguientes parámetros:

Describir los procesos del ecosistema

Realizar la intervención de las propiedades física y químicas del suelo

Reflejar las variables sostenibles que se quiere medir

Conocer la variación del clima

Conocer los cambios del suelo y los resultados de la degradación

### **Parámetros físicos químicos del suelo**

Los parámetros físicos y químicos del suelo son indicadores que se utilizan para conocer los cambios constantes que ocurren en el manejo del suelo, la cual son evaluados como indicadores de calidad mostrando la sensibilidad de los cambios que presenta el suelo, de esta manera dando resultados a mediano y largo plazo. (Altamirano, 2019).

#### **Parámetros físicos**

Las particularidades físicas del suelo es una parte esencial en el análisis de la calidad del suelo ya que por lo mismo no se puede generarse con mayor facilidad. Las propiedades físicas del suelo son manejadas como parámetros de calidad en la que se muestra como este recurso admite, inmoviliza y transmite agua a las plantas, de igual manera como las limitaciones que se da en el desarrollo de las de las raíces, la infiltración, el movimiento del agua hacia la planta.

A continuación, mencionaremos el conjunto de indicadores físico

## Particularidades del suelo

<b>FÍSICAS</b>		
<b>Propiedad</b>	<b>Relación y condición del suelo</b>	<b>Valores o unidades relevantes</b>
Textura	Transporte de agua y compuestos químicos	% arena, limo y arcilla
Profundidad delo suelo	Estima la productividad potencial y la erosión	cm o m
Densidad aparente	Potencial de productividad y erosividad	
Capacidad de retención del agua	Humedad, textura y material orgánico	% (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )

Fuente: Parámetros Físico- Químico del suelo (Altamirano, 2019)

**Parámetros Químicos**

Las particularidades químicas son en referencia a los diversos contextos que afecta a una relación del suelo con una planta, la capacidad del amortiguamiento del suelo, el porcentaje y la calidad del agua disponible y los micronutrientes para el desarrollo de la planta (Velástegui, 2019).

## Propiedades Químicos del suelo

<b>Químicos</b>		
<b>Propiedad</b>	<b>Relación y condición del suelo</b>	<b>Valores o unidades relevantes</b>
Material Orgánico	Define la fertilidad dl suelo	
Nitrógeno	Determinar los nutrientes disponibles	Niveles suficientes para el desarrollo del cultivo
Conductividad eléctrica	Define la actividad vegetal y microbiana	
Calcio	Determina la potencialidad del suelo	Niveles suficientes para el desarrollo del cultivo

Fuente: Parámetros Físico- Químico del suelo (Altamirano, 2019)

## **Calidad del suelo**

La calidad del suelo se ha conocido con diferentes definiciones la cual se ha venido manejando desde la antigüedad de esta manera se puede exponer diferentes cualidades del suelo cultivado en cualquier aspecto ya sean suelos ricos o suelos ligeros.

## **Nitrógeno**

El nitrógeno del suelo originario es la fijación atmosférica y de los restos orgánicos es alto en comparación con las rocas. En la agricultura la parte más fundamental del Nitrógeno usado por las plantas es provenientes del fertilizante. Es de suma importancia mencionar que el crecimiento de una planta está a menudo afectado por la deficiencia de Nitrógeno que presenta el suelo. Una razón para para el desarrollo de una plantación es que se requieren grandes cantidades de nitrógeno. Se ha logrado descubrir que las plantas poseen de mayor átomo de Nitrógeno, la cual les ayuda a una mantener una buena salud en la vegetación. Por ende, también es importante mencionar que el elemento hídrico es primordial para el buen desarrollo de una planta (Paramo, 2015).

## **Variedad de Nitrógeno**

**Nitrógeno inorgánico.** – El Nitrógeno inorgánico del suelo incluyen: nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), óxido nítrico ( $\text{NO}$ ), amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), amoniaco ( $\text{NH}_3$ ). Podemos mencionar desde el punto de vista de fertilidad del suelo, las formas  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  y  $\text{NO}_3^-$  son los más importantes, porque así es como absorben las plantas este elemento. El  $\text{NH}_4^+$  se encuentra principalmente en forma intercambiable adsorbido a los coloides del suelo (Paramo, 2015).

El  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{NO}$  estos elementos son gases que generalmente no son muy complicados para poder detectarlos.

**Nitrógeno Orgánico.** – El nitrógeno orgánico se encuentran como aminoácidos y proteínas consolidadas, aminoácidos independientes, amino-azúcares y otras variables no identificadas. El contenido de Nitrógeno en la materia orgánica es del 5% (porciento) y únicamente el 1% (porciento) está disponible para las plantas (Velástegui, 2019).

### **Calcio**

En el estado nutricional de una plantación, el calcio desempeña un rol muy fundamental de macronutrientes. Estos elementos son cuantiosos la cual ayuda a enfrentar las diversas necesidades que adquiere una planta. Es por esta razón que no se piensa que aquellos serían como fertilizantes. Los fertilizantes aportan al suelo inmensas cantidades de calcio, magnesio y azufre (Idesia, 2019).

El calcio (Ca), se denomina como un elemento secundario ya que el desarrollo de una plantación necesita cantidades considerables de aquello en su desarrollo normal, pero este factor es agregado al suelo como abonos en cantidades grandes. El calcio se usa en forma concurrente para incrementar el potencial hidrogeno de los suelos.

### **Sistema de información geográfica**

Un sistema de información geográfica conocido también como GIS es una herramienta integral y tiene una relación con diversos componentes que nos permite la organización, almacenamiento, manipulación, análisis y modelamiento de amplios datos originados en un espacio real que está vinculado a una referenciación espacial, la cual facilita la incorporación de aspectos sociales, culturales y ambientales ya que estos conducen para que la población pueda tomar una buena decisión de manera eficaz (Mundogeografía, 2022).

## Funcionalidad del GIS

Esta tecnología de información geográfica ayuda a las personas alcanzar un objetivo en común, SIG es el integrador de diversos tipos de capas de datos ya que estos datos utilizan la ubicación espacial en tiempo real, estos datos también incluyen imágenes, atributos y mapas base vinculado a una hoja de cálculo y tablas (Aeroterra, 2022).

### Ilustración de las capas de datos en GIS

Capas de datos en el sistema de información geográfica



Fuente: Diferente funcionalidades (Aeroterra, 2022).

#### Datos

El sistema de información geográfica incluye diversos tipos de datos que son extraídos de la ubicación espacial, en su gran mayoría de todos los datos tiene un componente geográfico.

#### Mapas

Los diferentes mapas son los contenedores geográficos para la capa de datos y análisis con lo que se requiere trabajar, estos mapas geográficos se pueden compartir en diferentes aplicaciones de manera fácil y son accesibles para todos desde cualquier lugar (Ingeoexpert, 2022).

#### Análisis

Este Análisis consiente en realizar evaluaciones en términos de capacidad de interpretar y comprender, evaluar y predecir. De esta manera ofertando nuevas perspectivas a nuestros conocimientos y luego tomar decisiones eficientes (Ingeoexpert, 2022).

Los objetivos de la información geográficas se pueden comprender como:

Como un Software libre.

Como un proyecto orientado a gestionar o la amplificación territorial.

Como un campo de trabajo de multidisciplinario.

### **Tipos de Software**

En los Sistemas de Información Geográfica se puede trabajar con diferentes herramientas que brinda este sistema, la cual nos ayuda a realizar gestionar, y posterior analizar esta información de varias maneras. En este caso la primordial diferenciación para poder trabajar con el Software es que se utilizara de acuerdo al Análisis o mapas que se va a realizar (Ingeoexpert, 2022).

**SIG RASTER:** Un Ráster está basado en el uso de capas ráster, la cual consiste en una red rectangular generadas por píxeles. En cada una de las celdas existe un número, este número conlleva la información importante para realizar un mapa de acuerdo al medio, un sistema de información ráster es más adecuados para modelizar aspectos generales cuantitativos (Palacios, 2017).

**SIG VECTORIAL:** Un sistema de información vectorial esta categorizado por formar un conjunto de puntos, líneas o polígonos que nos ayudan a realizar un mapa de acuerdo a lo solicitado. Los sistemas de información vectoriales son más apropiados para modelizar aspectos variables como cualitativos (Palacios, 2017).

## **METODOLOGÍA**

### **Materiales para el procesamiento de datos**

Para nuestra investigación se utilizó los siguientes materiales:

- GPS marca (Garmin 650t). - este instrumento fue necesario para obtención de los puntos del contorno de la finca, así como también para obtener las coordenadas de los puntos donde se encuentran tomando las muestras del suelo para nuestra investigación.
- DRON Phantom 4Pro marca DJI. – este vehículo aéreo no tripulado fue utilizado para realizar el sobrevuelo en nuestra área de estudio.
- Computadora portátil. - Este instrumento fue utilizado para realizar el desarrollo de la investigación y sus respectivos análisis de datos.
- Celular smartphone. – Este instrumento fue utilizado para la toma de fotografías en el proceso de levantamiento de información.
- Software de procesamiento de imágenes. – Uno de los softwares utilizados para el procesamiento de datos es el ARCGIS.

### **Materiales para toma muestras de suelo**

- Barreno. – este instrumento es para sacar el perfil del suelo
- Combo. - Este instrumento fue utilizado para dar golpes en el barreno dependiendo al perfil del suelo.
- Funda ziploc. – Este elemento fue utilizado para la recolección de muestras.
- Papel aluminio. - este elemento fue utilizado para recolectar las muestras sin que se pueda perder su composición.
- Refrigerante. - Este elemento fue utilizado para que las muestras recolectadas estén en refrigeración.

- Cooler. - Este instrumento fue utilizado para transportar las muestras de suelo

## **Método para el procesamiento de datos**

### **Toma de una geografía adecuada para realizar el sobrevuelo**

Para realizar una toma adecuada debemos obtener un punto georreferenciado a través del GPS navegador para poder ejercer el vuelo en la finca la Gloria, una vez georreferenciado se logra realizar el vuelo en 10 hectáreas a ser analizadas en el presente trabajo investigativo.

### **Toma de punto de muestra mediante el GPS**



**Fuente:** Autoría propia

### **Elaboración del plan de vuelo**

Para elaborar nuestro plan de vuelo se utilizó una cámara multiespectral que tiene la aplicación Pix4D, para obtener un plan de vuelo exitosos tenemos que tener en cuenta los siguientes parámetros:

- La altura
- Condiciones climáticas
- El tiempo



- Traslape longitudinal
- Traslape transversal

Estos para parámetros nos permite obtener una óptima restitución fotogramétrica.

Cabe mencionar también que se realizó tres vuelos en diferentes fechas con la finalidad de obtener espectro fotografía de alta resolución dependiendo a los aspectos climáticos.

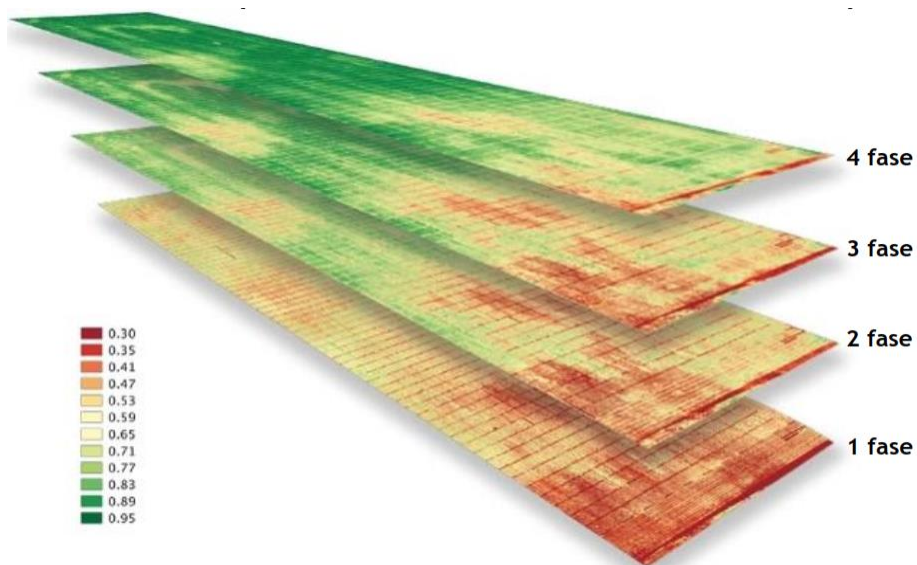
Fecha 1. martes 10 de mayo

Fecha2. jueves 26 de mayo

Fecha 3. lunes 06 de junio

Se ha logrado realizar los vuelos en estas tres fechas para conocer el cambio que presenta la vegetación, así como se lo indicamos en la siguiente imagen.

Grafico.- Finalidad del vuelo



**Fuente:** Autoría propia

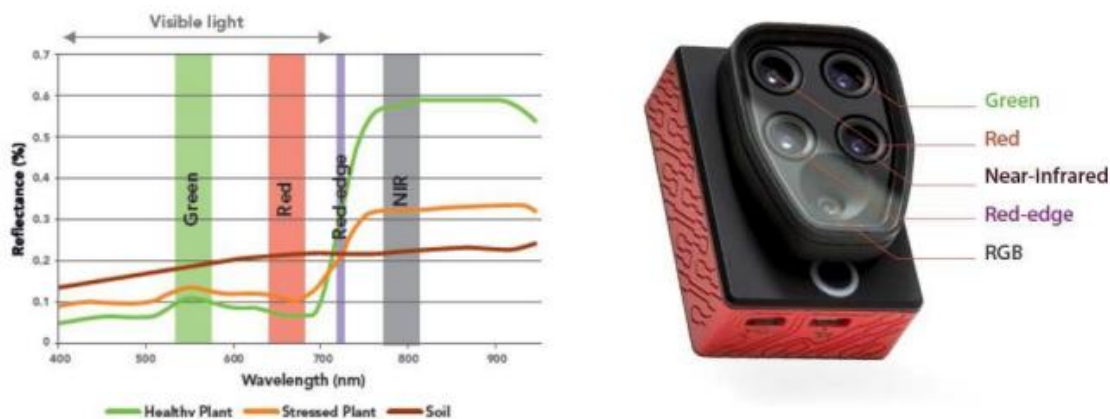
### Obtención de imágenes mediante el DRON

El DRON presenta una cámara multispectral Pix4D, esta cámara contiene cinco bandas, las 3 bandas captan imágenes RGB (estas bandas están basados en una composición para mejorar los colores primarios de la luz) y las dos bandas captan imágenes infrarrojas. Se utilizó esta cámara por que presenta bandas muy estrechas para mediciones precisas y con mayor exactitud, ya que en nuestro trabajo investigativo planteamos conocer el estado nutricional de cada una de la plantación bananera, es por tal razón que se eligió trabajar con esta cámara ya que nos ayudara a obtener valores con mayor finesa que ocurren en el cultivo.

Banda NIR (Luz roja cercana).- Esta banda nos ayuda a conocer el estado real de la vegetación

Banda RED (Luz roja visible).- Esta banda nos ayuda detectar el contenido hídrico de la vegetación y conocer su vigorosidad.

Grafico. Bandas que presentara la camara multispectral.



**Fuente:** Autoría propia

Dentro de la obtención de las ortofotos adquiridas por el DRON tipo cuadrilátero se tomó fotografías de alta calidad, los mismos que constan con un traslape lateral y un traslape longitudinal

del 70%, este vuelo se realizó con una altura de 150 metros sobre el nivel del suelo, se tomó con dicha altura para captar de mejor manera el área vegetativa con mejores pixeles y de esa manera poder procesar datos con mucha eficiencia.

### Procesamiento de las imágenes

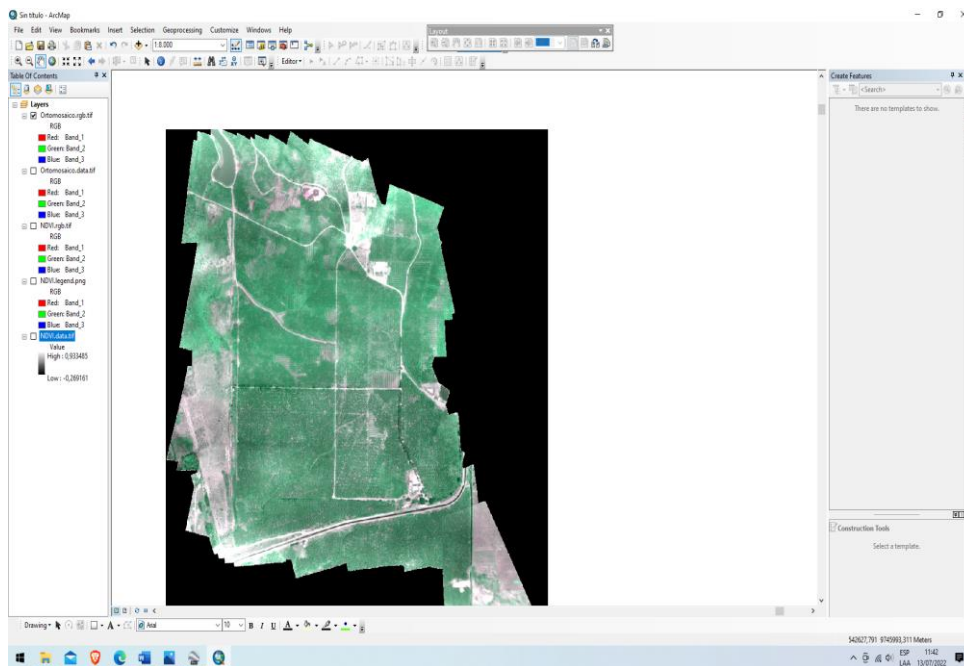
Las imágenes pasaron por diferentes procesos que lo mencionaremos a continuación:

Inicio del procesamiento. - Este proceso se realizó para obtener la información de las fotografías y poder identificar el área a ser analizado.

Nube densa de puntos. - este proceso se obtiene con la finalidad de realizar un modelamiento tridimensional.

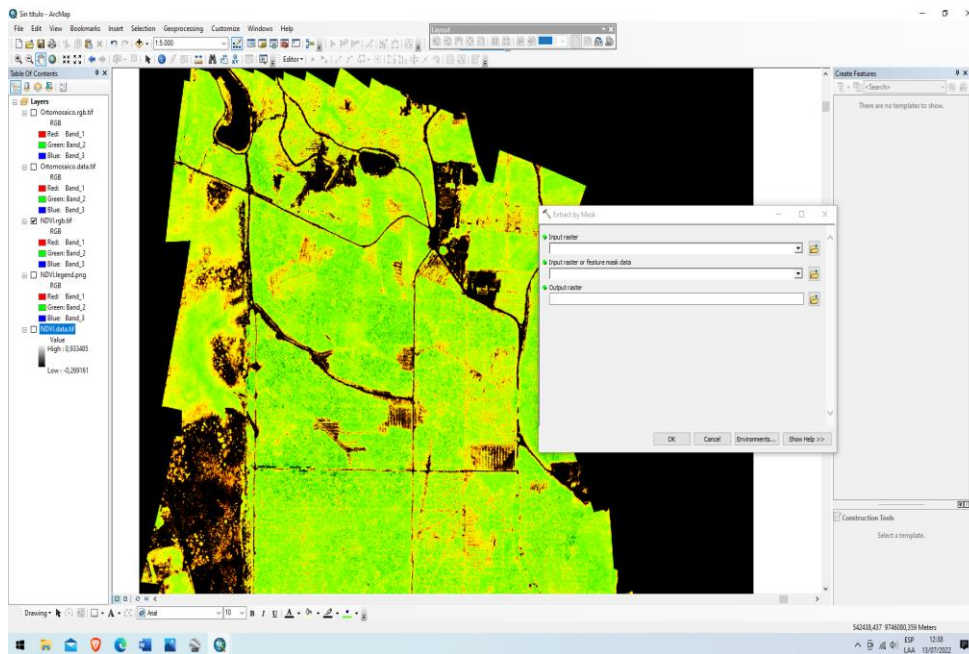
Ortofotomosaico. - Esta fotografía consiste en obtener una fotogrametría de alta calidad y luego identificar los índices para el desarrollo del mismo como se indica continuación:

### Ortofotomosaico



Procesamiento y toma de área de estudio. - Este proceso se realizó mediante el ArcGIS este es un Software libre, este software libre nos ayuda a procesar las muestras ráster como se indica a continuación:

### Procesamiento de datos en ArcGIS



### Índice de vegetación y puntos de muestreo

El NDVI es la composición de las dos bandas multispectrales, estas bandas emiten valores espectrales la cual tienden a cumplir con ciertos parámetros ya sean sumados, dividido o multiplicados para producir un valor que indique la vigorosidad de una plantación. Por lo tanto, estos valores nos ayudan a valorar el estado de salud de la plantación, mediante la medición de la radiación que la planta refleja.

Existe varias medidas cuantitativas para obtener el índice de vegetación, estas medidas se han ido desarrollando para ayudar en el monitoreo de la vegetación, la mayor parte está basado con las

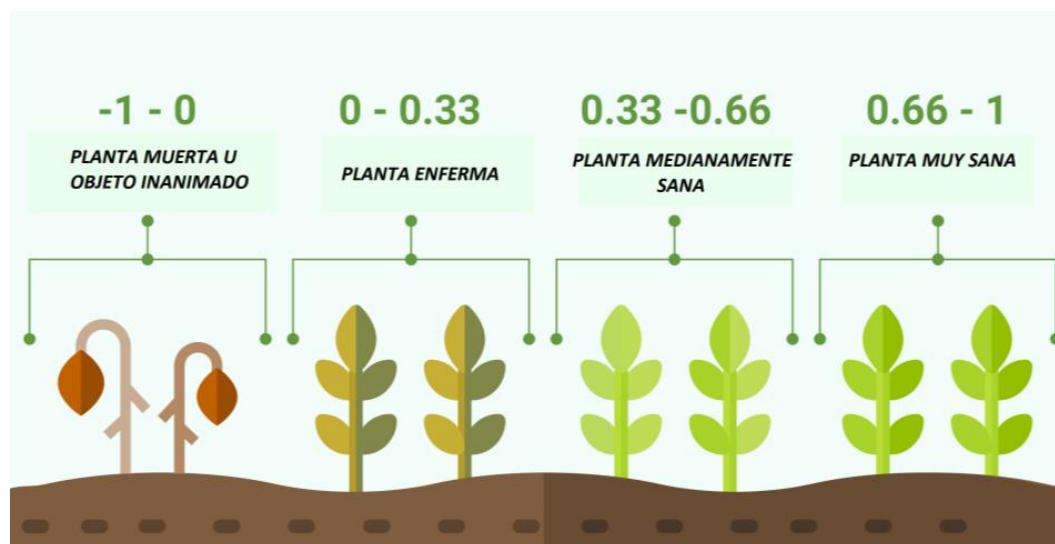
diferentes interacciones entre la energía electromagnética que son las bandas del espectro rojo e infrarrojo.

A continuación, mencionaremos como calcular el NDVI (Índice de vegetación de diferencia normalizada).

## NDVI

Este índice fue desarrollado con la finalidad de conocer el estado de salud de una vegetación como se observa a continuación

Estado de la vegetación



Fuente: nivel del NDVI (Teledetección, 2022)

Este índice está basado en la reflectancia de la luz que emite cada una de las plantas, la cual está interrelacionada con la actividad fotosintética y la estructura foliar de la misma, al obtener este índice nos ayuda a determinar el vigor de cada una de las plantas bananeras. Para analizar la vigorosidad de la planta lo realizamos mediante la siguiente tabla:

Valores para evaluar el NDVI

<b>VALORES PARA EVALUAR EL NDVI</b>			
Planta Muerta	Planta enferma	Planta medianamente sana	Planta muy sana
-1 -0	0 - 0.33	0.33 - 0.66	0,66 - 1

Fuente: Valores para evaluar el Índice de vegetación de diferencia normalizada

Los valores que arroja el índice de vegetación de diferencia normalizada son en función a la energía solar absorbida o reflejada de la vegetación en diferente parte del espectro electromagnético. Como podemos ver en las imágenes anteriores las plantas que están muy vigorosas muestra un claro contraste entre el espectro visible que emite la banda roja e infrarrojo cercano.

### **Como calcular el NDVI**

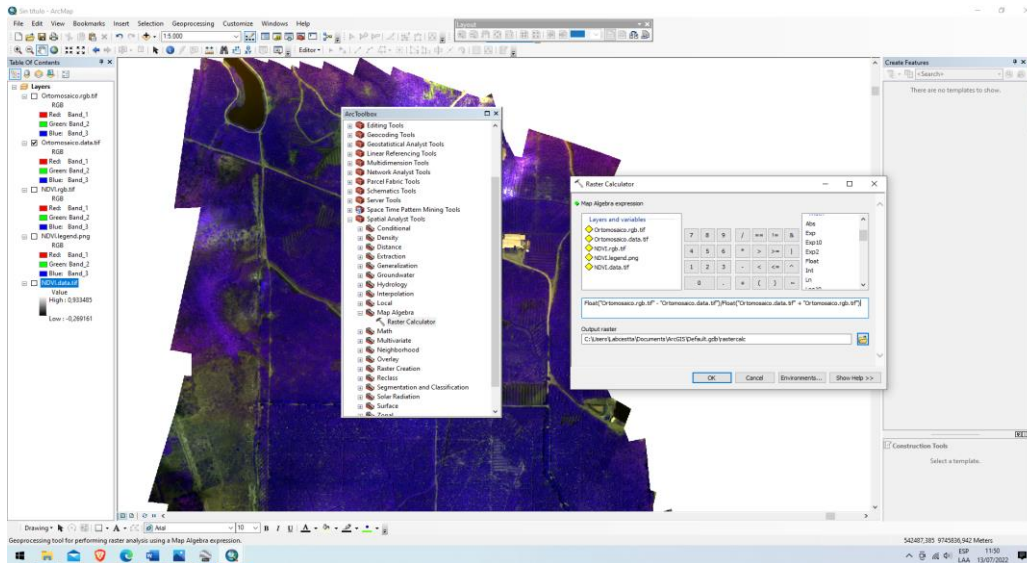
Para calcular en NDVI implica aplicar esta fórmula que contine dos bandas tanto el infrarrojo cercano (NIR) y el rojo (RED) como indicamos a continuación.

Formula para calcular el Índice de Vegetación de diferencia Normalizada

$$NDVI = \frac{\varphi_{NIR} - \varphi_{RED}}{\varphi_{NIR} + \varphi_{RED}}$$

Donde NIR es la reflectancia espectral del canal infrarrojo cercano y el RED representa a la reflectancia del canal rojo visible. Esta fórmula nos ayuda a relacionar la existencia inversa entre el valor de reflectancia de las dos bandas, por lo que es fundamental el uso de esta fórmula par a conocer la vigorosidad de la planta.

### **Implementación de la formula en el ArcGIS**



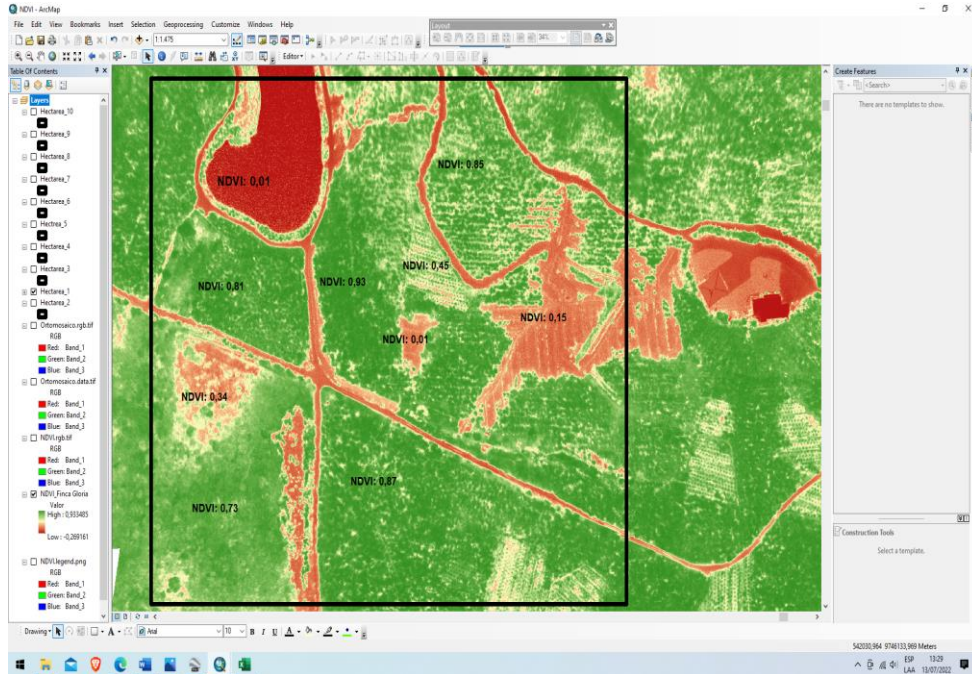
### NDVI COMPUESTO

Para obtener el índice de vegetación de diferencia normalizada se ha trabajado con un total de 10 hectáreas, estas hectáreas se lo analizo por cada una de las hectáreas, en cada una de estas hectáreas se ha procedido a tomas 10 parámetros del NDVI en diferentes áreas a ser analizadas, posteriormente se ha procedido a realizar una suma con los parámetro elegido y finalmente dividir para los mismos parámetros elegidos, de esa manera poder obtener el índice de vegetación de diferencia normalizada compuesta como se indica a continuación.

$$NDVIC = \frac{DVI1 + DVI2 + DVI3 + DVI4 + DV5 + DVI6 + DVI7 + DVI8 + DVI9 + DVI10}{10}$$

NDVI designados para obtener el valor compuesto





## Método para el análisis de suelo

### Equipos empleados para la Humedad

Estufa LCGEI-008.- este equipo nos ayuda en el porcentaje de la humedad

Balanza LCGEI-0060.- Esto nos ayuda para sacar la diferencia de peso así como el peso inicial - el peso final par contener la Humedad

### Equipos empleados para el Nitrógeno

Digestor LCGEI-0087

Scrubber LCGEI-0088

Unidad de destilación LCGEI-0089

Estos tres equipos nos ayuda para la destilacion deol nitrogenos



### **Toma de muestra**

Mediante nuestra investigación también implantamos realizar un estudio de suelo mediante la tomas de muestra de la fina en estudio e ingresarlo la laboratorio LABCESTTA S.A. para verificar el Nitrógeno que contiene el suelo y el % de Humedad que contiene el suelo, es por ello al momento de reunir nuestras muestras de suelo debemos tener en cuenta que el porción del material debe ser en cantidades pequeñas para facilitar la trasportación y de esa manera el laboratorio pueda manipularlo sin que pierda la composición relativa del suelo.

Para la toma de esta muestra acudió un técnico del laboratorio para realizar la respectiva toma, cabe mencionar esto ya que las personas que son autorizadas para reunir las muestra tienen que tener la responsabilidad en su validez al momento de llevarlos al laboratorio, de esta manera no causar ninguna alteración significativa en su composición.

Para la toma de muestra de suelo se logró recoger estas muestras a través del barreno introducido en la superficie del suelo como se lo indica a continuación.

Toma de muestra de suelo del área de estudio



Fuente: Autoría propia

Cabe mencionar que las muestras fueron tomadas en estas tres fechas al igual que se los realizó el vuelo con el DRON

Fecha 1. martes 10 de mayo

Fecha 2. jueves 26 de mayo

Fecha 3. lunes 06 de junio

### **Toma de muestra para caracterización del suelo**

Para nuestra investigación se tomó 10 submuestras por cada una de las hectáreas, las mismas que fueron mezcladas y homogenizadas para obtener una muestra compuesta por hectáreas cada una de estas muestras contienen un peso de 0,5 kg tomada a una profundidad de 0 a 30cm. Las muestras se lo indica en el siguiente gráfico.

Muestras de suelo



Fuente: Autoría propia

**Transporte de las muestras de suelo**

Es importante mencionar que el transporte de las muestras hacia el laboratorio debe contemplarse con los parámetros adecuadamente, para que de esta manera las muestra no pierda su composición.

Transporte de medidas de suelo de la finca la Gloria



Fuente: Autoría Propia

Estos resultados fueron analizados depende a los resultados emitido por el laboratorio, se receipto tres resultados de cada una de las hectáreas debido a las tres tomas de muestra que se realizó, el motivo de realizar las tres muestras fue debido al número total del vuelo realizado para conocer las diferencias existentes en este lapso del tiempo tanto en el estado nutricional de la vegetación y el estado nutricional del suelo.

### **Interpretación de los indicadores Físicos-Químicos del suelo**

#### **Indicadores para evaluar el Nitrógeno**

Para esta investigación los rangos y los niveles de interpretación fueron tomados de la información emitida por el instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)

Rango para evaluar el Nitrógeno

<b>N Rango (%)</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Nivel</b>
< 30	Bajo	1
30.0 - 60.0	Medio	2
> a 60.0	Alto	3

Fuente: Evaluación del Nitrógeno (INIAP, 2022).

### **Indicadores para evaluar el porcentaje de la humedad**

Para esta investigación los rangos y los porcentajes de interpretación fueron tomados de la información emitida por el instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)

#### Rangos para evaluar la Humedad

<b>Humedad (%)</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Nivel</b>
< 25	Bajo	1
25.0 - 50.0	Medio	2
> a 50.0	Alto	3

Fuente: Evaluación del Nitrógeno (INIAP, 2022).

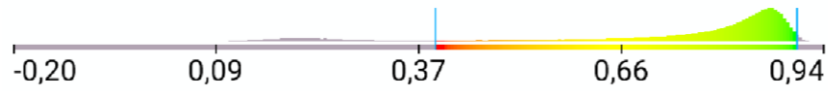
Todos estos parámetros fueron analizados en el laboratorio LABCESTTA S.A. para realizar el respectivo análisis de acuerdo a los indicadores emitido por el instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

## **Resultados**

### **Promedio general de NDVI en nuestra aérea de estudio**

Los valores promedios del NDVI registradas en la finca la Gloria durante el presente año muestra que existe una alta heterogeneidad espacial en la cobertura del estado de una plantación.

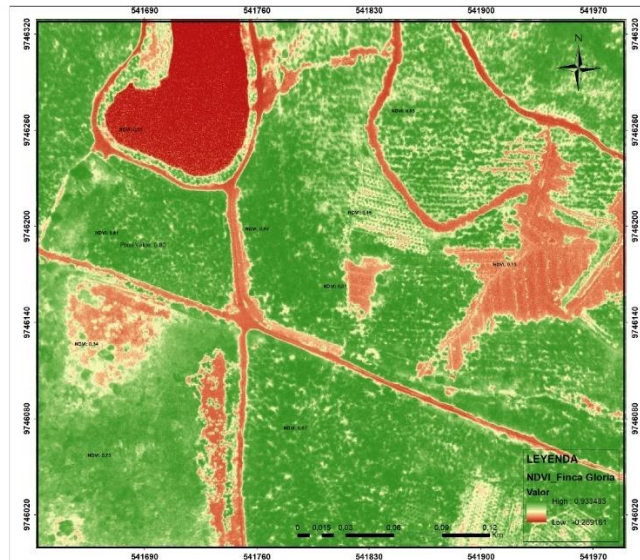
Principalmente se observó que la mayor parte de la vegetación obtuvo un valor desde 0,37 a 0,94 de la obtención por cada una de las hectáreas.



**Resultado el primer vuelo realizado**

**Hectárea 1**

**Gráfico 16. NDVI de la hectárea 1**



**NDVI = 0,52**

**Tabla 6. Resultado emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A**

N° de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación medianamente sana	HECTAREA 1	S1	33	39

Las imágenes multispectrales procesados en el Software ArcGIS, permitieron estimar los índices de vegetación de diferencia normalizada en esta hectárea, emitiendoun valor de 0,52 como un

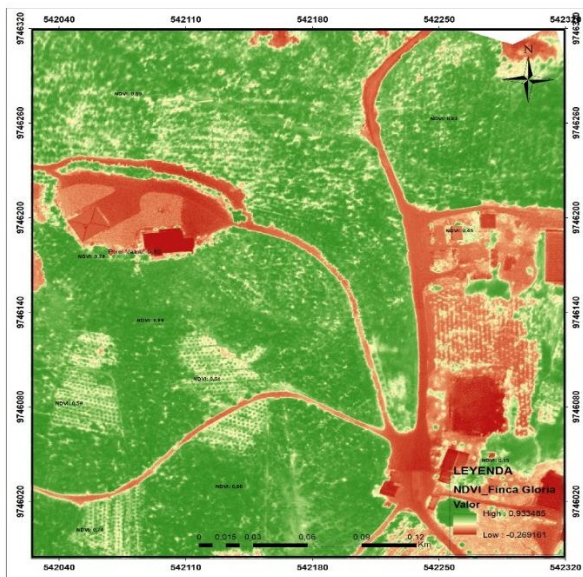
resultado compuesto del NDVI, esto indica que la presente hectárea contiene una vegetación medianamente sana, por ende el agricultor deberá tomar decisiones oportunas para el manejo y cuidado de su plantación bananera, esto con la finalidad de incrementar un buen desarrollo de la plantación para que de esa manera pueda obtener buenos resultados en su producción.

Una vez obtenido los resultados del análisis del suelo emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A, los resultados indica que esta hectárea cuenta con el 39% de Nitrógeno de acuerdo a los parámetros expuesto por el instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, por tal razón podemos mencionar que esta hectárea de cultivo de banano tiene un nivel medio de nitrógeno en el suelo, por ende mencionamos la semejanza que tiene las imágenes multiespectrales con los porcentajes emitidos por el laboratorio, por tal razón cabe recalcar que los agricultores deben optar por ejercer una agricultura de precisión mediante el DRON ya que esto les ayudaría a actuar con mayor rapidez ante cualquier problema que presente la vegetación y de esa manera disminuir la tasa de mortalidad de la vegetación.

## **Hectárea 2**

**Gráfico 17.** NDVI de la hectárea 2





**NDVI = 0,53**

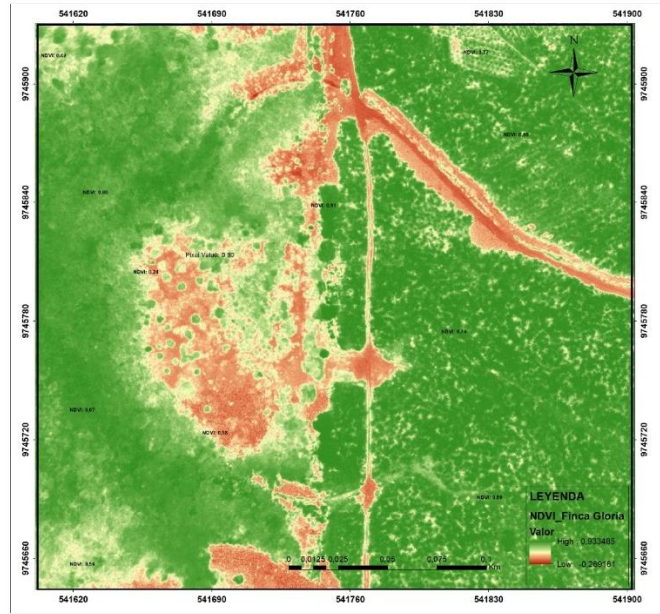
**Tabla 7.** Resultado emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A.

N° de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación medianamente sana	HECTAREA 2	S2	31	35

Esta hectárea tiene un nivel de índice de vegetación de diferencia normalizada compuesta de 0,53 de acuerdo al procesamiento de imágenes multiespectrales donde indica que esta hectárea tiene una vegetación medianamente sana la cual el agricultor debe tomar decisiones puntuales para obtener una mejor calidad en su desarrollo, este índice concuerda con los resultados obtenidos del análisis de suelo, donde indica que este suelo tiene un porcentaje medio de humedad y tan solo el 35 % de nitrógeno, esto quiere decir que este suelo necesita de un mayor porcentaje de nitrógeno para poder desarrollarse y dar buenos frutos.

### Hectárea 3

**Gráfico 18.** NDVI de la hectárea 3



**NDVI = 0,66**

**Tabla 8.** Resultado emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A.

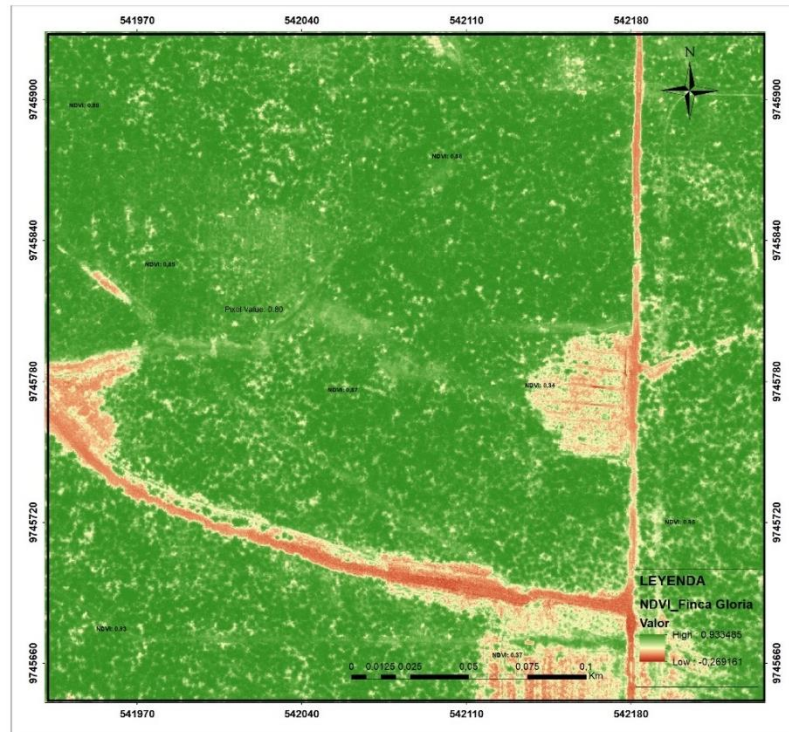
N° de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación sana	HECTAREA 3	S3	34	62

Esta hectárea tiene un nivel de índice de vegetación de diferencia normalizada compuesta de 0,66 de acuerdo al procesamiento de imágenes multiespectrales donde indica que esta hectárea tiene una vegetación sana, pero esto no quiere decir que el agricultor debería tener una tranquilidad en el desarrollo de su cultivo por la misma razón que los resultados arrojados por el laboratorio indica que este suelo tiene solo el 62% de nitrógeno, este nivel de nitrógeno puede ocasionar varios cambios en el desarrollo de sus cultivos con el transcurso del tiempo.

**Hectárea 4**

**Gráfico 19.** NDVI de la hectárea 4





**NDVI = 0,73**

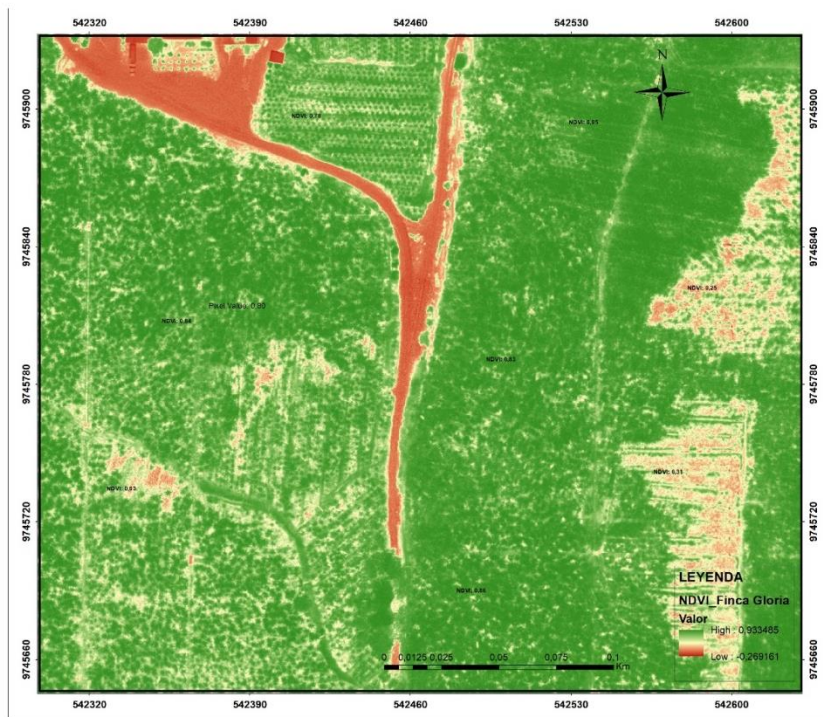
**Tabla 9.** Resultado emitido por el laboratorio LABCESTA S.A.

N° de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación sana	HECTAREA 4	S4	46	66

Esta hectárea tiene un nivel de índice de vegetación de diferencia normalizada compuesta de 0,73 de acuerdo al procesamiento de imágenes multiespectrales donde indica que esta hectárea tiene una vegetación sana, tanto que los resultados arrojados por el laboratorio indica que tiene un nivel medio de la humedad esto no causaría ningún problema para el desarrollo de las plantas, pero si debemos tener en cuenta del porcentaje del nitrógeno que presenta este suelo que es de tan solo 66%.

**Hectárea 5**

**Gráfico 20.** NDVI de la hectárea 5



NDVI = 0,68

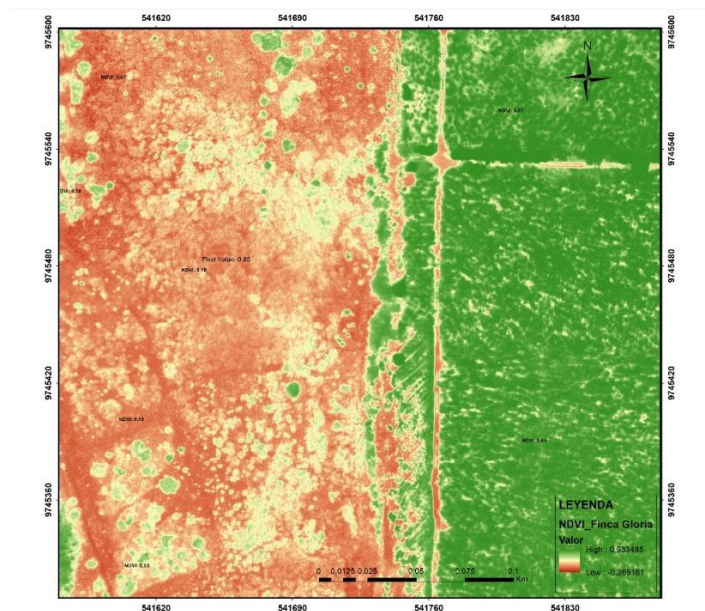
Tabla 10. Resultado emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A.

N° de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación sana	HECTAREA 5	S5	36	63

Dentro de la esta hectárea podemos observar que tenemos el índice de vegetación de diferencia normalizada compuesta de 0,68 la cual nos indica que esta hectárea tiene una vegetación sana, así como nos emite las fotos multiespectrales procesadas en el software, de igual manera los resultados emitidos por el laboratorio indica que estos suelos tienen el 63% de nitrógeno, esto quiere decir que el agricultor debe incrementar el nivel el nitrógeno para el bienestar de su plantación bananera.

**Hectárea 6**

Gráfico 21. NDVI de la hectárea 6



**NDVI = 0,46**

**Tabla 11.** Resultado emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A.

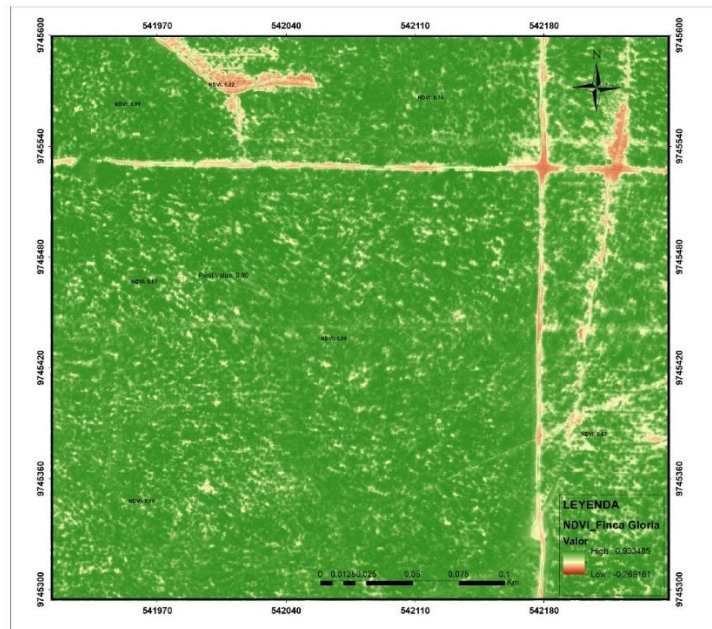
N° de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación medianamente sana	HECTAREA 6	S6	28	22

Dentro de esta hectárea podemos observar que el índice de vegetación de diferencia normalizada compuesta es de 0,46 así lo indica las imágenes multispectrales procesadas por el software, la cual nos indica que el vigor de la plantación es medianamente sano.

Los resultados emitidos por el laboratorio indica que estos suelos tienen el 22% de nitrógeno, esto si es preocupante porque el nivel del nitrógeno está bajo, es por tal razón la coloración que se visualiza en el mapa donde contrarresta con los resultados emitidos por el laboratorio. Para esta hectárea el agricultor debería actuar de forma inmediata para poder salvaguardar el desarrollo de la plantación y de esa manera pueda obtener buenos resultados en su producción.

**Hectárea 7**

**Gráfico 22.** NDVI de la hectárea 7



**NDVI = 0,87**

**Tabla 12.** Resultado emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A.

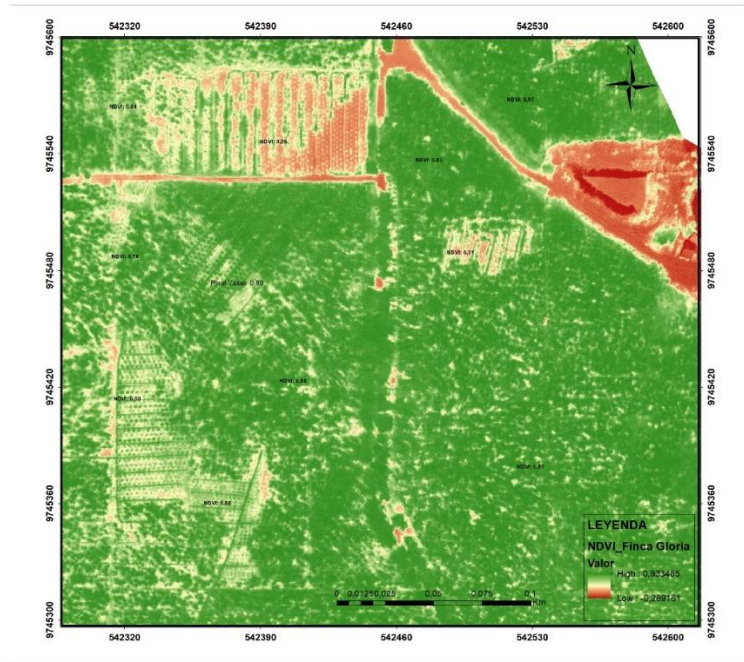
N° de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación sana	HECTAREA 7	S7	47	71

En esta hectárea el valor del índice de vegetación de diferencia normalizada compuesta es de 0,87 así lo emite las fotos multiespectrales producidas por el software, la cual nos indica que esta hectárea tiene una vegetación sana, de igual manera contrarrestando esta información con los resultados emitidos por el laboratorio concuerdan que el porcentaje del nivel de nitrógenos es de 71%, esto nos indica que esta hectárea tiene una vigorosidad alta, por ende se desarrollada la plantación con éxitos y genera buenos resultados.

**Hectárea 8**

**Gráfico 23.** NDVI de la hectárea 8





NDVI = 0,71

**Tabla 13.** Resultado emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A.

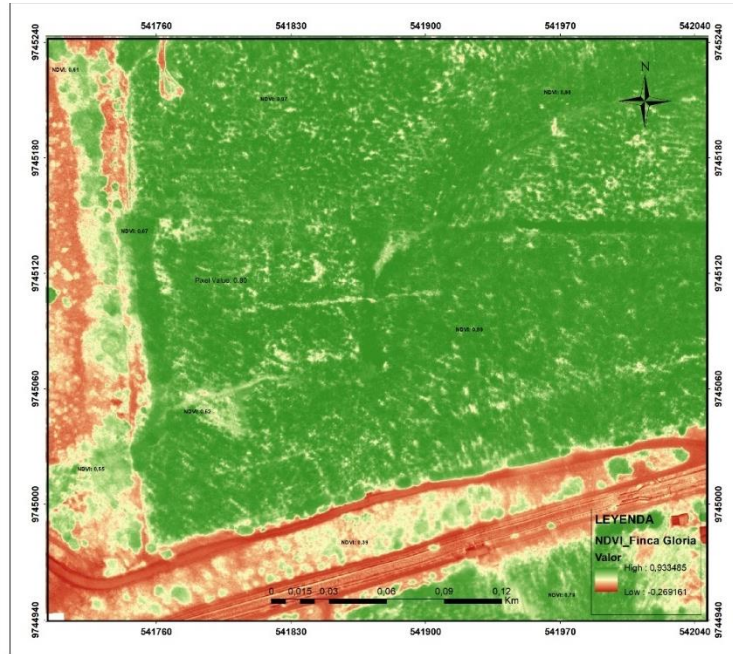
N° de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación sana	HECTAREA 8	S8	42	64

En esta hectárea el valor del índice de vegetación de diferencia normalizada compuesta es de 0,71 esto emitido por las fotos multiespectrales producidas por el software, la cual nos indica que esta hectárea tiene una vegetación sana.

El nivel de nitrógeno emitida por el laboratorio es de 0,64% esto indica que esta hectárea necesita elevar el nivel de nitrógeno para que la vigorosidad de la plantación incremente.

**Hectárea 9**

**Gráfico 24.** NDVI de la hectárea 9



**NDVI = 0,73**

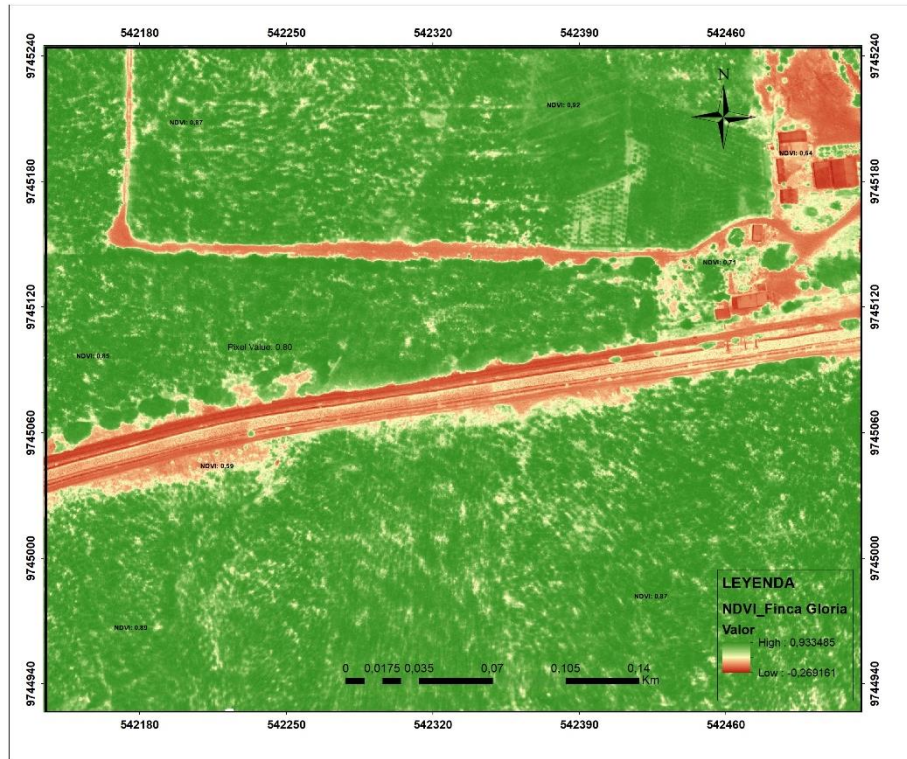
**Tabla 14.** Resultado emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A.

N° de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación sana	HECTAREA 9	S9	40	64

En esta hectárea el valor del índice de vegetación de diferencia normalizada compuesta es de 0,73 así lo emite las fotos multiespectrales producidas por el software, la cual nos indica que esta hectárea tiene una vegetación sana, de igual manera contrarrestando esta información con los resultados emitidos por el laboratorio concuerdan que el porcentaje del nivel de nitrógenos es de 64%, esto indica que el agricultor necesita elevar el nivel de nitrógeno para que la vigorosidad de la plantación sea cada día mejor.

**Hectárea 10**

**Gráfico 25.** NDVI de la hectárea 10



**NDVI = 0,79**

**Tabla 15.** Resultado emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A.

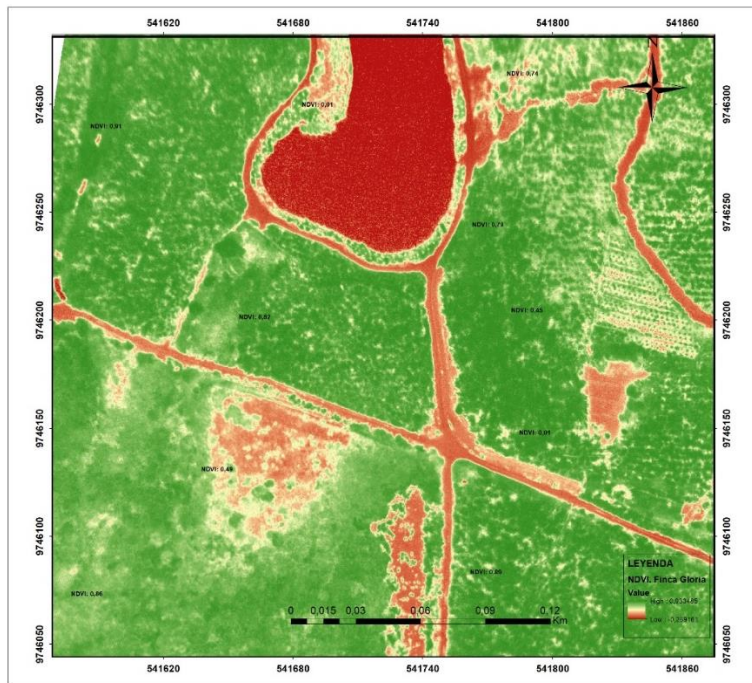
N° de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación sana	HECTAREA 10	S10	45	68

Dentro de esta hectárea podemos observar que el índice de vegetación de diferencia normalizada compuesta es de 0,79 así los emite fotos multiespectrales producidas por el software, la cual nos indica que la vigorosidad de la plantación se encuentra sana, cabe mencionar que los resultados emitidos por el laboratorio indica que este suelo tiene el 68% nitrógeno, es por tal razón que el agricultor debe estar atento a los cambios que puede obtener el desarrollo de la vegetación.

**Resultado del segundo vuelo realizado**

**Hectárea 1**

**Gráfico 26. NDVI de la hectárea 1**



**NDVI = 0,59**

**Tabla 16. Resultado emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A.**

N° de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación medianamente sana	HECTAREA 1	S1	35	41

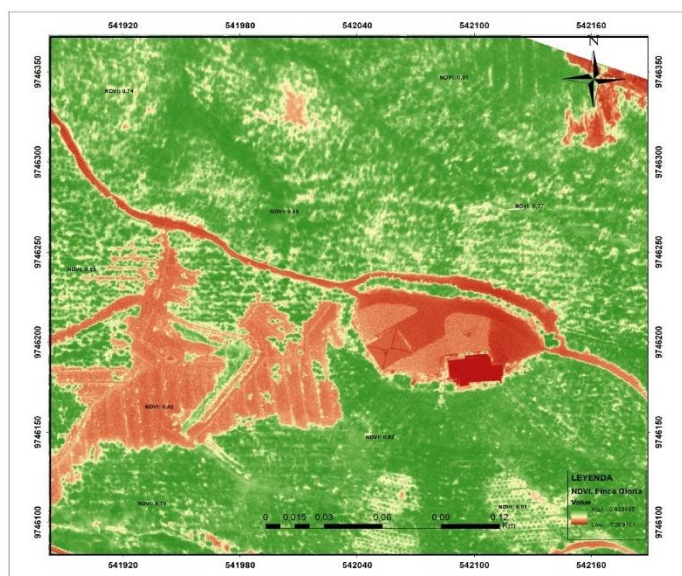
El segundo resultado obtenido del segundo vuelo no tiene mayor diferencia ya que las imágenes multiespectrales procesados en el Software ArcGIS, permitieron estimar los índices de vegetación de diferencia normalizada en esta hectárea, emitiendo un valor de 0,59 como un resultado compuesto del NDVI, esto indica que la presente hectárea contiene una vegetación medianamente sana.



El resultado obtenido mediante el laboratorio indica el nivel de nitrógeno que contiene este suelo, que es de 41 %, esto quiere decir que el agricultor debe tomar decisiones puntuales para salvaguardar la vigorosidad de la plantación y de esa manera poder obtener buenos resultados.

**Hectárea 2**

**Gráfico 27. NDVI de la hectárea 2**



**NDVI = 0,58**

**Tabla 17. Resultado emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A.**

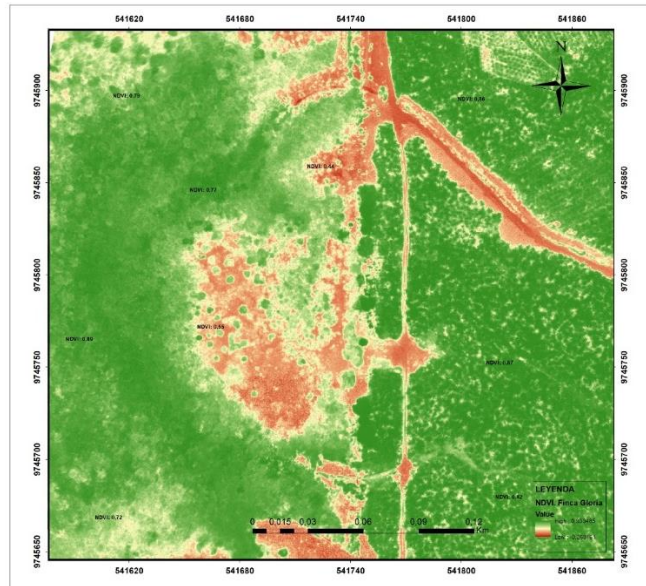
N° de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación medianamente sana	HECTAREA 2	S2	34	37

Esta hectárea tiene un nivel de índice de vegetación de diferencia normalizada compuesta de 0,58 de acuerdo al procesamiento de imágenes multiespectrales donde indica que esta hectárea tiene una vegetación medianamente sana, por tal razón el agricultor debe tomar decisiones puntuales para obtener una mejor calidad en su desarrollo, este índice concuerda con los resultados obtenidos del análisis de suelo, donde indica que este suelo tiene un porcentaje medio de humedad y tan solo el 37

% de nitrógeno, esto quiere decir que este suelo necesita de un mayor porcentaje de nitrógeno para poder desarrollarse y dar buenos frutos.

**Hectárea 3**

**Gráfico 28.** NDVI de la hectárea 3



**NDVI = 0,66**

**Tabla 18.** Resultado emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A.

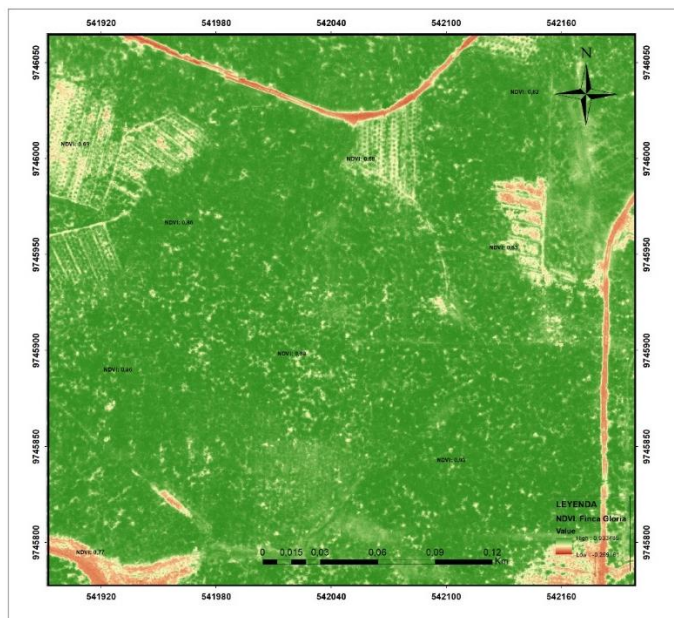
N° de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación sana	HECTAREA 3	S3	36	62

Esta hectárea tiene un nivel de índice de vegetación de diferencia normalizada compuesta de 0,66 de acuerdo al procesamiento de imágenes multispectrales donde indica que esta hectárea tiene una vegetación sana, pero esto no quiere decir que el agricultor debería tener una tranquilidad en el desarrollo de su cultivo por la misma razón que los resultados arrojados por el laboratorio indica que este suelo tiene solo el 62% de nitrógeno, este nivel de nitrógeno puede ocasionar varios cambios en

el desarrollo de sus cultivos con el transcurso del tiempo, cabe mencionar que la vigorosidad y el porcentaje del nitrógeno se mantiene.

**Hectárea 4**

**Gráfico 29.** NDVI de la hectárea 4



**NDVI = 0,83**

**Tabla 19.** Resultado emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A.

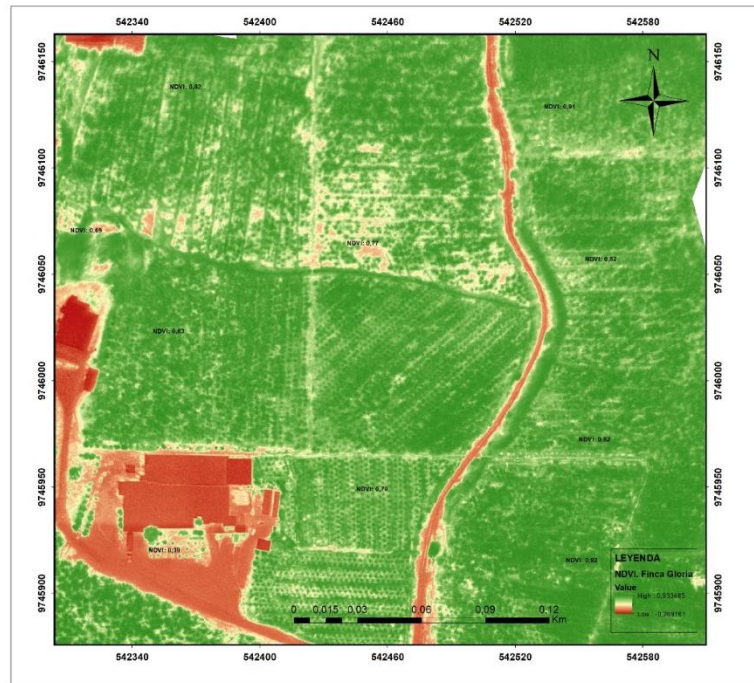
N° de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación sana	HECTAREA 4	S4	47	68

Esta hectárea tiene un nivel de índice de vegetación de diferencia normalizada compuesta de 0,83 de acuerdo al procesamiento de imágenes multispectrales donde indica que esta hectárea tiene una vegetación sana, tanto que los resultados arrojados por el laboratorio indica que tiene un nivel medio de la humedad esto no causaría ningún problema para el desarrollo de la planta, pero si debemos tener en cuenta del porcentaje del nitrógeno que presenta este suelo que es de tan solo 68%. Cabe

mencionar que se ha incrementado la vigorosidad de la plantación con diferencia los resultados anteriormente emitidos.

**Hectárea 5**

**Gráfico 30. NDVI de la hectárea 5**



**NDVI = 0,66**

**Tabla 20.** Resultado emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A.

N° de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación sana	HECTAREA 5	S5	37	61

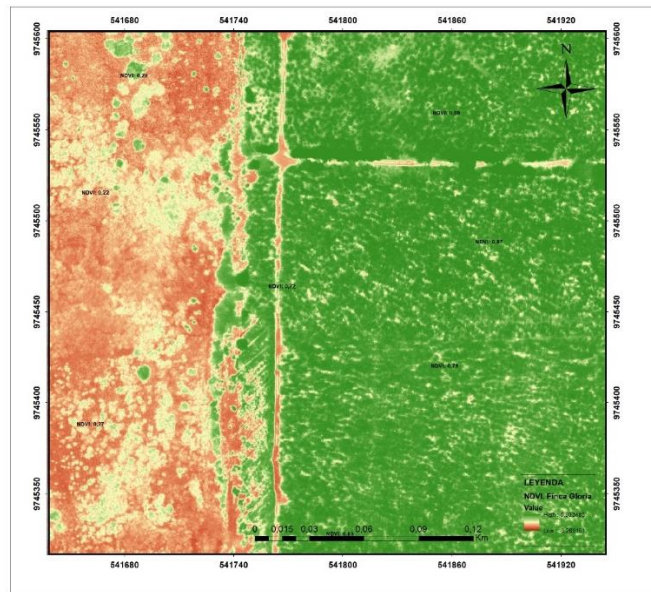
Dentro de la esta hectárea podemos observar que tenemos el índice de vegetación de diferencia normalizada compuesta de 0,66 la cual nos indica que esta hectárea tiene una vegetación sana, así como nos emite las fotos multiespectrales procesadas en el software, de igual manera los resultados emitidos



por el laboratorio indica que estos suelos tienen el 61% de nitrógeno, esto quiere decir que el agricultor debe incrementar el nivel el nitrógeno para el bienestar de su plantación bananera.

**Hectárea 6**

**Gráfico 31.** NDVI de la hectárea 6



**NDVI = 0,55**

**Tabla 21.** Resultado emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A.

Nº de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación medianamente sana	HECTAREA 6	S6	30	23

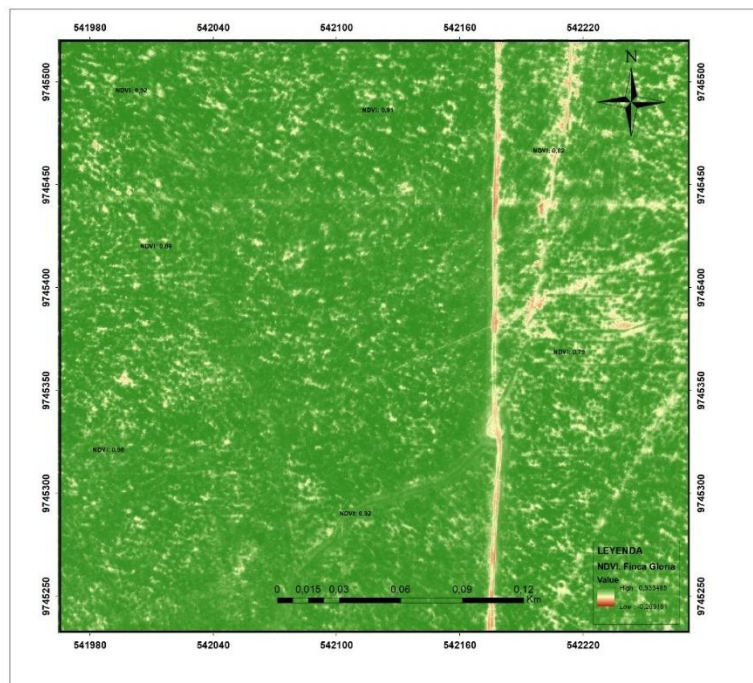
Dentro de esta hectárea podemos observar que el índice de vegetación de diferencia normalizada compuesta es de 0,55 así lo indica las imágenes multispectrales procesadas por el software, la cual nos indica que el vigor de la plantación es medianamente sano.

Los resultados emitidos por el laboratorio indica que estos suelos tienen el 23% de nitrógeno, de igual meneara los resultados emitidos por el laboratorio siguen siendo bajo, por ende el agricultor

debe actuar de forma inmediata para poder salvaguardar el desarrollo de la plantación y de esa manera pueda obtener buenos resultados en su producción

**Hectárea 7**

**Gráfico 32.** NDVI de la hectárea 7



**NDVI = 0,91**

**Tabla 22.** Resultado emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A.

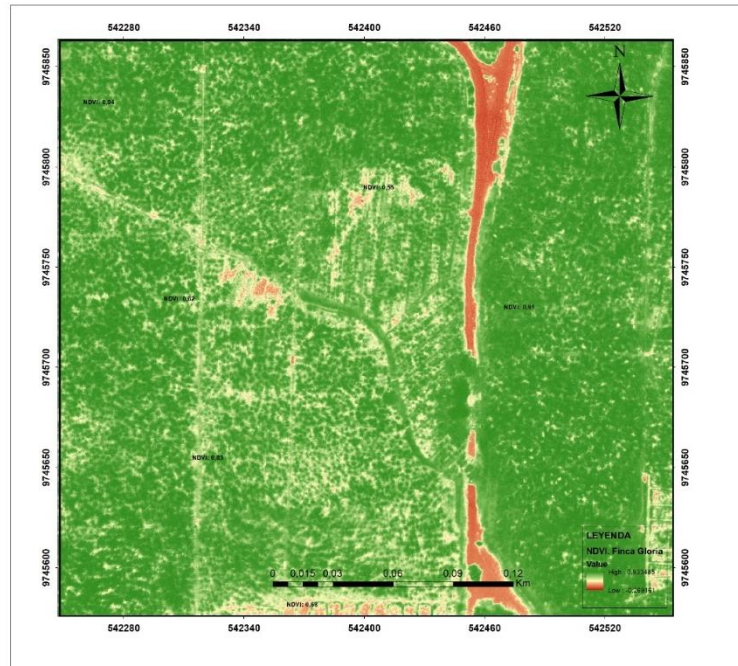
Nº de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación sana	HECTAREA 7	S7	48	73

En esta hectárea el valor del índice de vegetación de diferencia normalizada compuesta es de 0,91 así lo emite las fotos multiespectrales producidas por el software, la cual nos indica que esta hectárea tiene una vegetación sana, de igual manera contrarrestando esta información con los resultados emitidos por el laboratorio concuerdan que el porcentaje del nivel de nitrógenos es de 73%,

esto nos indica que esta hectárea tiene una vigorosidad alta, por ende se desarrollada la plantación con éxitos y genera buenos resultados.

**Hectárea 8**

**Gráfico 33.** NDVI de la hectárea 8



**NDVI = 0,79**

**Tabla 23.** Resultado emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A.

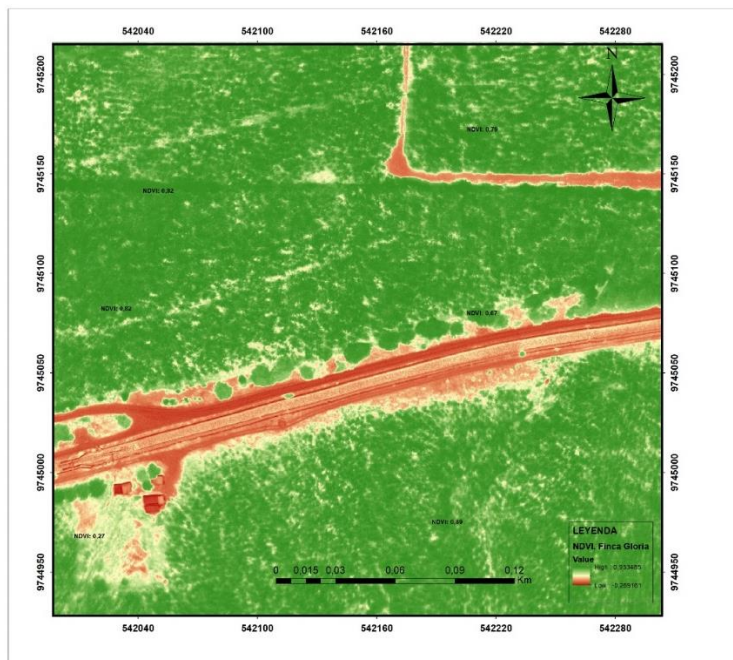
N° de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación sana	HECTAREA 8	S8	44	66

En esta hectárea el valor del índice de vegetación de diferencia normalizada compuesta es de 0,79 esto emitido por las fotos multiespectrales producidas por el software, la cual nos indica que esta hectárea tiene una vegetación sana.

El nivel de nitrógeno emitida por el laboratorio es de 0,66% esto indica que esta hectárea necesita elevar el nivel de nitrógeno para que la vigorosidad de la plantación incremente.

**Hectárea 9**

**Gráfico 34.** NDVI de la hectárea 9



**NDVI = 0,76**

**Tabla 24.** Resultado emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A.

N° de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación sana	HECTAREA 9	S9	43	66

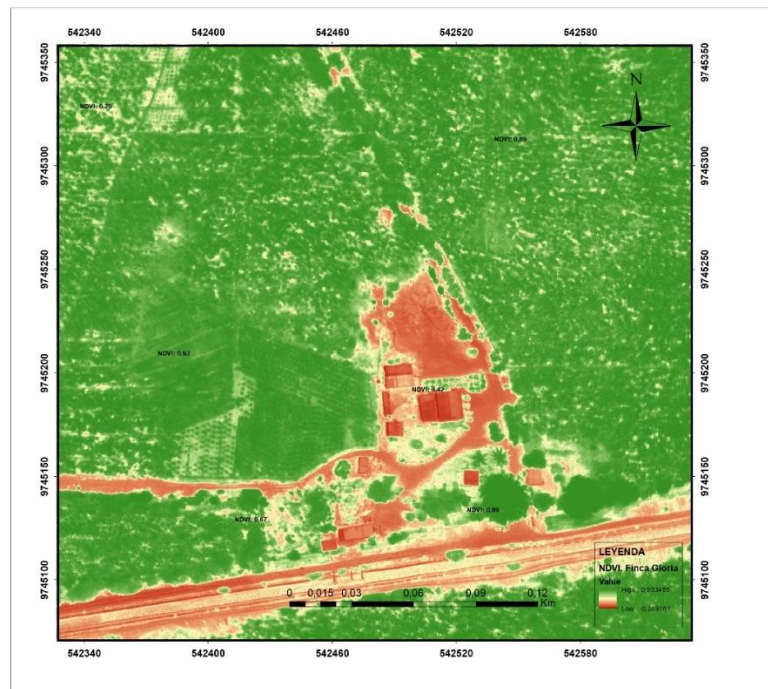
En esta hectárea el valor del índice de vegetación de diferencia normalizada compuesta es de 0,76 así lo emite las fotos multispectrales producidas por el software, la cual nos indica que esta hectárea tiene una vegetación sana, de igual manera contrarrestando esta información con los resultados emitidos por el laboratorio concuerdan que el porcentaje del nivel de nitrógenos es de 66%,



esto indica que el agricultor necesita elevar el nivel de nitrógeno para que la vigorosidad de la plantación sea cada día mejor.

**Hectárea 10**

**Gráfico 35.** NDVI de la hectárea 10



**NDVI = 0,81**

**Tabla 25.** Resultado emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A.

N° de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación sana	HECTAREA 10	S10	46	69

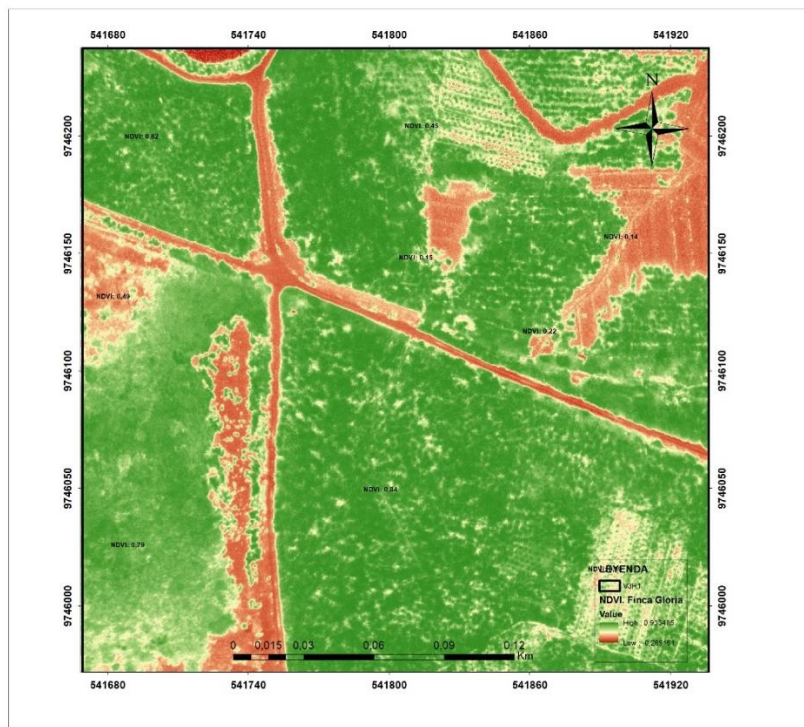
Dentro de esta hectárea podemos observar que el índice de vegetación de diferencia normalizada compuesta es de 0,81 así los emite fotos multiespectrales producidas por el software, la cual nos indica que la vigorosidad de la plantación se encuentra sana, cabe mencionar que los resultados

emitidos por el laboratorio indica que este suelo tiene el 69% nitrógeno, es por tal razón que el agricultor debe estar atento a los cambios que puede obtener el desarrollo de la vegetación.

**Resultado del tercer vuelo realizado**

**Hectárea 1**

**Gráfico 36. NDVI de la hectárea 1**



**NDVI = 0,61**

**Tabla 26.** Resultado emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A.

N° de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación medianamente sana	HECTAREA 1	S1	36	44

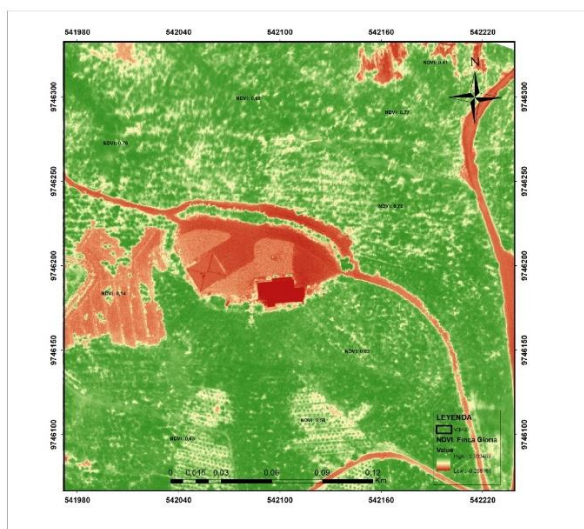
El tercer resultado obtenido no tiene mayor diferencia ya que las imágenes multiespectrales procesados en el Software ArcGIS, permitieron estimar los índices de vegetación de diferencia

normalizada en esta hectárea, emitiendo un valor de 0,61 como un resultado compuesto del NDVI, esto indica que la presente hectárea contiene una vegetación medianamente sana.

El resultado obtenido mediante el laboratorio indica el nivel de nitrógeno que contiene este suelo, que es de 44 %, esto quiere decir que el agricultor debe tomar decisiones puntuales para salvaguardar la vigorosidad de la plantación y de esa manera poder obtener buenos resultados.

**Hectárea 2**

**Gráfico 37. NDVI de la hectárea 2**



**NDVI = 0,56**

**Tabla 27. Resultado emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A.**

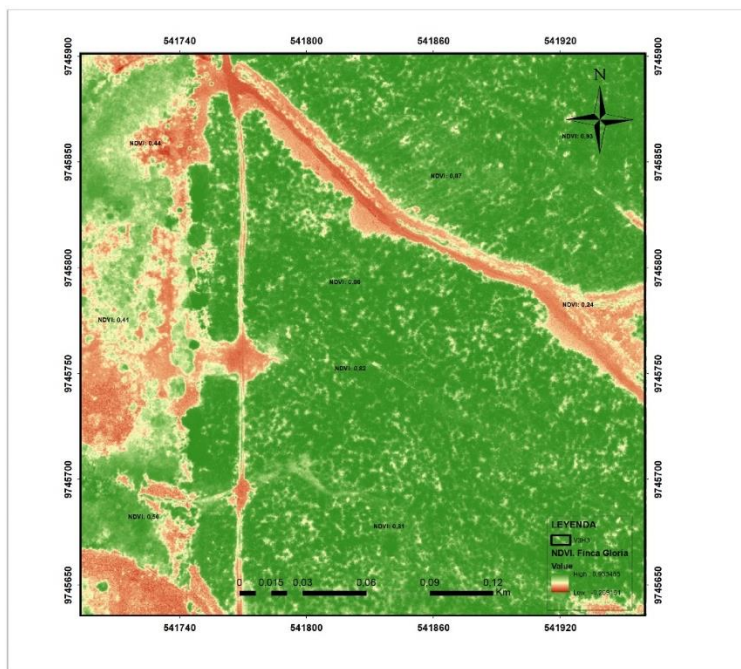
N° de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación medianamente sana	HECTAREA 2	S2	30	32

Esta hectárea tiene un nivel de índice de vegetación de diferencia normalizada compuesta de 0,56 de acuerdo al procesamiento de imágenes multiespectrales donde indica que esta hectárea tiene

una vegetación medianamente sana la cual el agricultor debe tomar decisiones puntuales para obtener una mejor calidad en su desarrollo, este índice concuerda con los resultados obtenidos del análisis de suelo, donde indica que este suelo tiene un porcentaje medio de humedad y tan solo el 32 % de nitrógeno, esto quiere decir que este suelo necesita de un mayor porcentaje de nitrógeno para poder desarrollarse y dar buenos frutos. Cabe mencionar que a diferencia del anterior vuelo la vigorosidad de la plantación se disminuyó debido al bajo porcentaje del nitrógeno.

**Hectárea 3**

**Gráfico 38. NDVI de la hectárea 3**



**NDVI = 0,69**

**Tabla 28.** Resultado emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A.

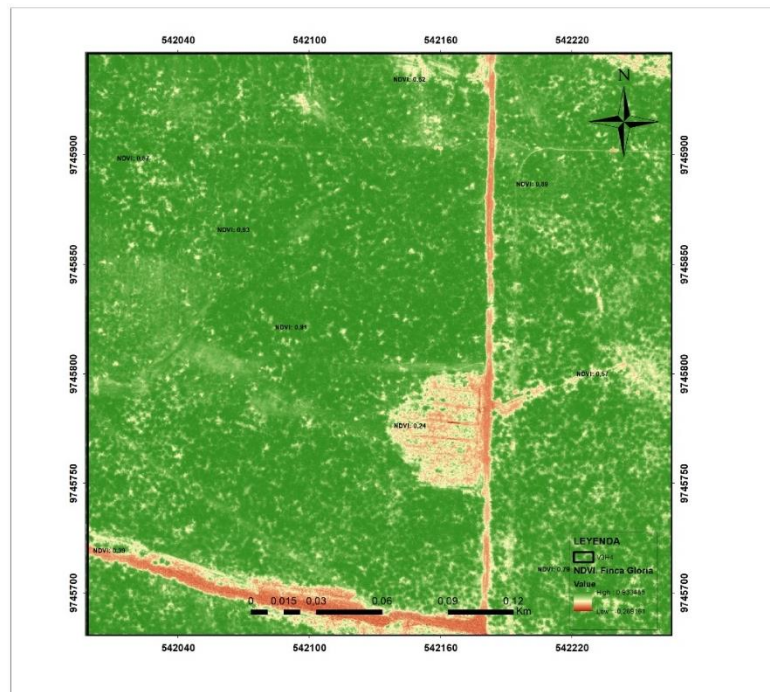
N° de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación sana	HECTAREA 3	S3	40	64



Esta hectárea tiene un nivel de índice de vegetación de diferencia normalizada compuesta de 0,69 de acuerdo al procesamiento de imágenes multiespectrales donde indica que esta hectárea tiene una vegetación sana, pero esto no quiere decir que el agricultor debería tener una tranquilidad en el desarrollo de su cultivo por la misma razón que los resultados arrojados por el laboratorio indica que este suelo tiene solo el 64% de nitrógeno, este nivel de nitrógeno puede ocasionar varios cambios en el desarrollo de sus cultivos con el trascurso del tiempo.

**Hectárea 4**

**Gráfico 39.** NDVI de la hectárea 4



**NDVI = 0,79**

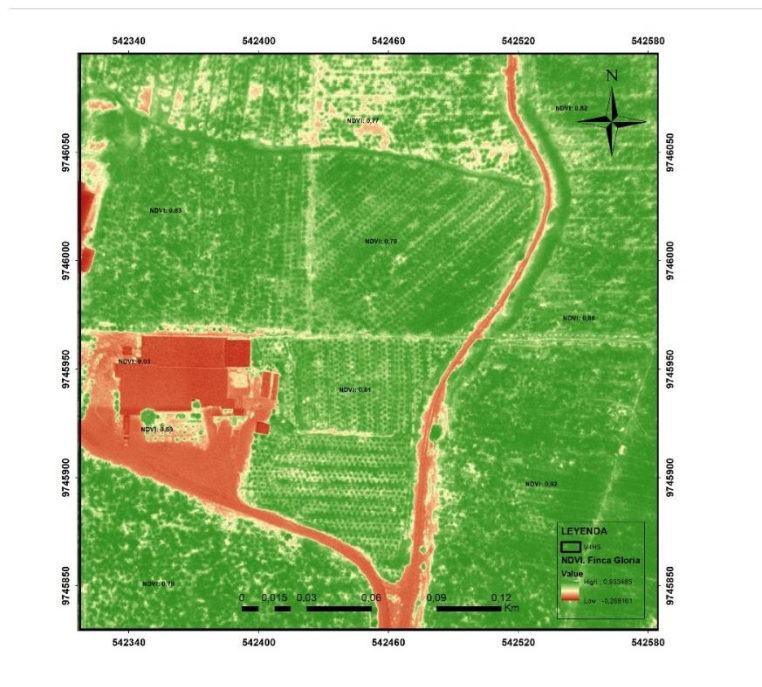
**Tabla 29.** Resultado emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A.

N° de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación sana	HECTAREA 4	S4	46	67

Esta hectárea tiene un nivel de índice de vegetación de diferencia normalizada compuesta de 0,79 de acuerdo al procesamiento de imágenes multiespectrales donde indica que esta hectárea tiene una vegetación sana, tanto que los resultados arrojados por el laboratorio indica que tiene un nivel medio de la humedad esto no causaría ningún problema para el desarrollo de la planta, pero si debemos tener en cuenta el porcentaje del nitrógeno que se ha incrementado en un 67% en este monitoreo.

**Hectárea 5**

**Gráfico 40. NDVI de la hectárea 5**



**NDVI = 0,67**

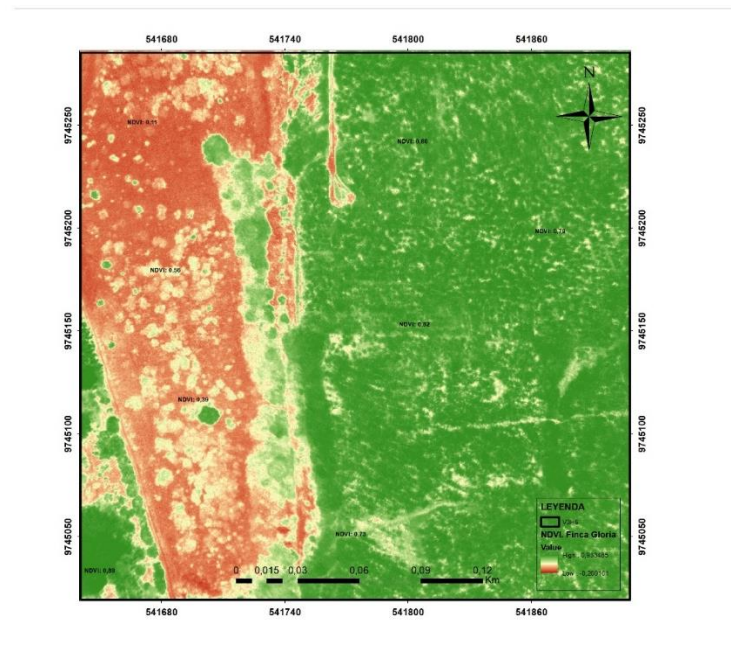
**Tabla 30. Resultado emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A.**

N° de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación sana	HECTAREA 5	S5	38	62

Dentro de la esta hectárea podemos observar que tenemos el índice de vegetación de diferencia normalizada compuesta de 0,67 la cual nos indica que esta hectárea tiene una vegetación sana, así como nos emite las fotos multiespectrales procesadas en el software, de igual manera los resultados emitidos por el laboratorio indica que estos suelos tienen el 62% de nitrógeno, esto quiere decir que el agricultor debe incrementar el nivel el nitrógeno para el bienestar de su plantación bananera.

**Hectárea 6**

**Gráfico 41.** NDVI de la hectárea 6



**NDVI = 0,59**

**Tabla 31.** Resultado emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A.

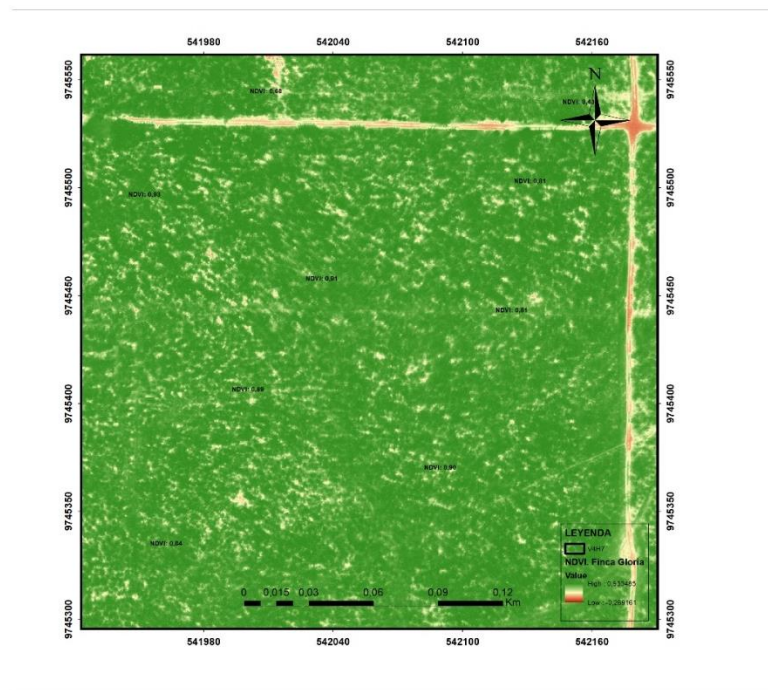
N° de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación medianamente sana	HECTAREA 6	S6	33	25

Dentro de esta hectárea podemos observar que el índice de vegetación de diferencia normalizada compuesta es de 0,46 así lo indica las imágenes multiespectrales procesadas por el software, la cual nos indica que el vigor de la plantación es medianamente sano.

Como podemos observar la vigorosidad de la plantación bananera en el tercer resultado se ha incrementado, obteniendo este suelo el 25% de nitrógeno, esto no quiere decir que el vigor de la plantación ha pasado su proceso de peligrosidad.

**Hectárea 7**

**Gráfico 42.** NDVI de la hectárea 7



**NDVI = 0,93**

**Tabla 32.** Resultado emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A.

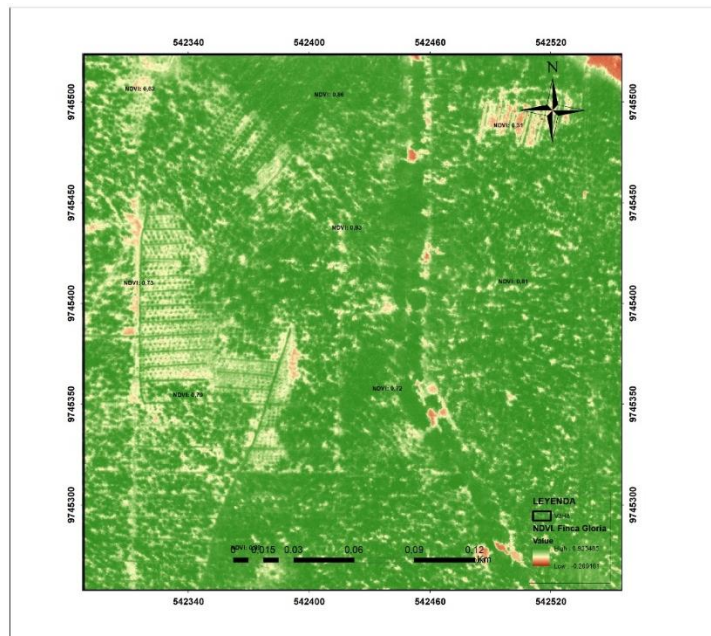
N° de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación sana	HECTAREA 7	S7	49	75



En esta hectárea el valor del índice de vegetación de diferencia normalizada compuesta es de 0,93 así lo emite las fotos multiespectrales producidas por el software, la cual nos indica que esta hectárea tiene una vegetación sana, de igual manera contrarrestando esta información con los resultados emitidos por el laboratorio concuerdan que el porcentaje del nivel de nitrógenos es de 77%, esto nos indica que esta hectárea tiene una vigorosidad alta, por ende se desarrollada la plantación con éxitos y genera buenos resultados.

**Hectárea 8**

**Gráfico 43. NDVI de la hectárea 8**



**NDVI = 0,82**

**Tabla 33.** Resultado emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A.

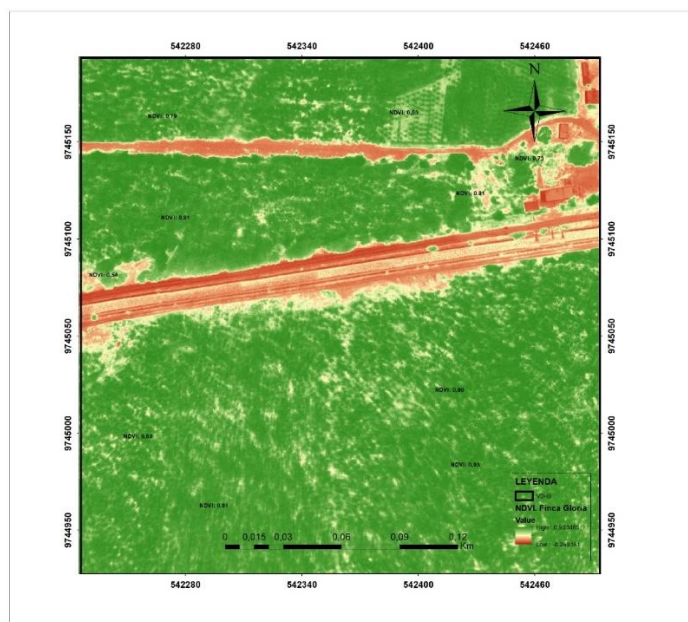
N° de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación sana	HECTAREA 8	S8	47	67

En esta hectárea el valor del índice de vegetación de diferencia normalizada compuesta es de 0,82 esto emitido por las fotos multiespectrales producidas por el software, la cual nos indica que esta hectárea tiene una vegetación sana.

El nivel de nitrógeno emitido por el laboratorio es de 0,67% esto indica que este suelo se ha mejorado con el incremento del nitrógeno.

**Hectárea 9**

**Gráfico 44.** NDVI de la hectárea 9



**NDVI = 0,74**

**Tabla 34.** Resultado emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A.

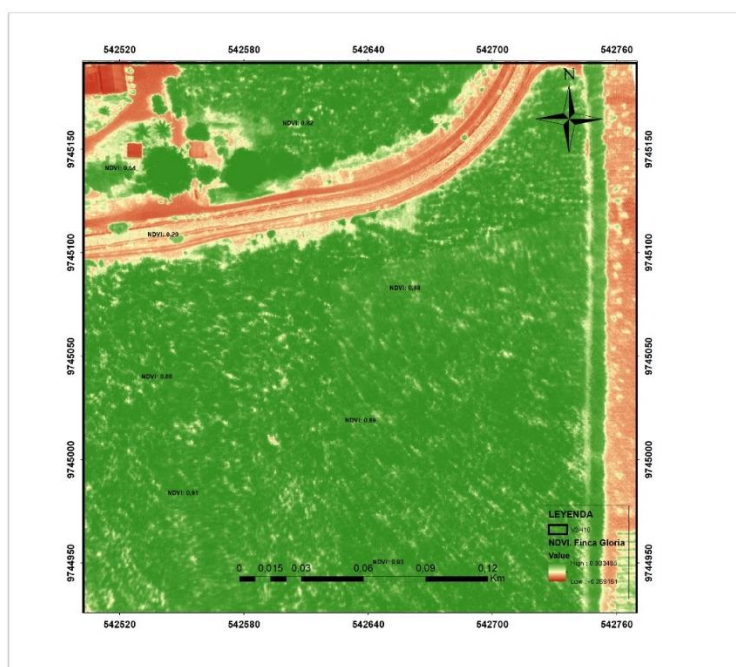
Nº de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación sana	HECTAREA 9	S9	41	65

En esta hectárea el valor del índice de vegetación de diferencia normalizada compuesta es de 0,74 así lo emite las fotos multiespectrales producidas por el software, la cual nos indica que esta

hectárea tiene una vegetación sana, de igual manera contrarrestando esta información con los resultados emitidos por el laboratorio concuerdan que el porcentaje del nivel de nitrógenos es de 65%, esto indica que el agricultor necesita elevar el nivel de nitrógeno para que la vigorosidad de la plantación sea cada día mejor.

**Hectárea 10**

**Gráfico 45.** NDVI de la hectárea 10



**NDVI = 0,79**

**Tabla 35.** Resultado emitido por el laboratorio LABCESTTA S.A.

N° de submuestras	Observaciones	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros	
				Humedad (%)	N (%)
10	Vegetación sana	HECTAREA 10	S10	45	67

Dentro de esta hectárea podemos observar que el índice de vegetación de diferencia normalizada compuesta es de 0,79 así los emite fotos multiespectrales producidas por el software, la cual nos indica que la vigorosidad de la plantación se encuentra sana, cabe mencionar que los resultados

emitidos por el laboratorio indica que este suelo tiene el 67% nitrógeno, es por tal razón que el agricultor debe estar atento a los cambios que puede obtener el desarrollo de la vegetación

## **Discusión**

El índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) fue un componente muy útil que nos ayuda a evaluar la cantidad, calidad y el desarrollo de una plantación bananera en el área de estudio, este componente se logra evaluar en base a la realización de vuelos mediante el DRON Ph 4Pro marca DJI, este equipo es un vehículo aéreo no tripulado que reúne toda la información mediante la intensidad de la luz solar de diferentes bandas como son la banda NIR (Luz roja cercana) la cual nos ayuda a conocer el estado real de la vegetación y la banda RED (Luz roja visible) la cual nos ayuda a detectar el contenido hídrico de la vegetación y conocer su vigorosidad, gracias a estas dos bandas se logró conocer el estado real de la vegetación. Cabe indicar que ya existe estudios anteriormente realizados la cual describe la importancia de utilizar estos equipos en el sector agrario.

Podemos indicar que los valores que presenta el índice de vegetación de diferencia normalizada son de -1 -0 a 1, estos valores están relacionado directamente a la vigorosidad que presenta la plantación bananera.

Catalogando de esta manera -1 -0 significa que la planta está muerta de 0 -0,33 significa que la planta está enferma, de 0,33 – 0,66 significa que la planta esta medianamente sana y de 0,66 – 1 significa que la planta está muy sana.

Mediante nuestra investigación también planteamos realizar un muestreo de suelo para un estudio físico-químico, realizado en laboratorio para el respectivo análisis, los parámetros evaluados son el nitrógeno y la humedad en porcentaje (%), en este trabajo estos informes emitidos por el laboratorio lo analizamos mediante los indicadores que presenta el instituto Nacional de

Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en la cual presenta los rangos de evaluación tanto del nitrógeno y de la humedad.

#### Rango para evaluar el Nitrógeno

<b>N Rango (%)</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Nivel</b>
< 30	Bajo	1
30.0 - 60.0	Medio	2
> a 60.0	Alto	3

Fuente: Evaluación del Nitrógeno (INIAP, 2022).

#### Rangos para evaluar la Humedad

<b>Humedad (%)</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Nivel</b>
< 25	Bajo	1
25.0 - 50.0	Medio	2
> a 50.0	Alto	3

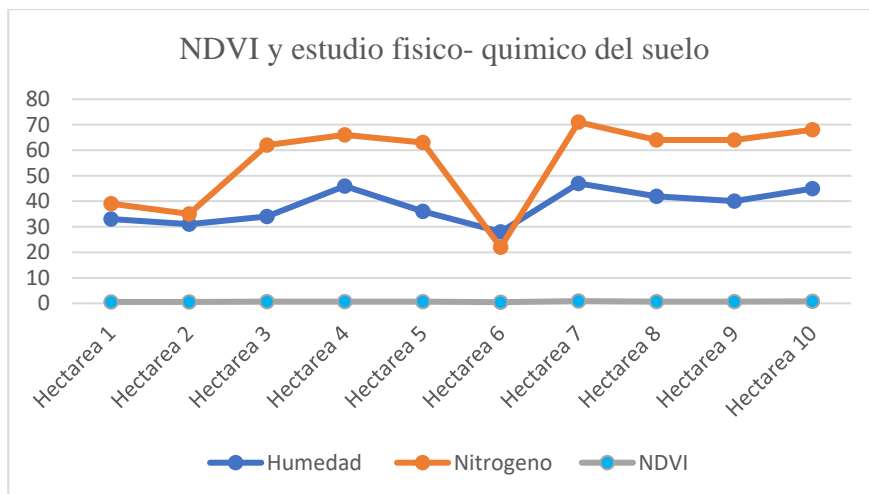
Fuente: Evaluación del Nitrógeno (INIAP, 2022).

El análisis concretado mediante el vehículo área no tripulado y el estudio físico – químico del suelo se ha complementado los siguientes valores, en la cual indica que tanto los valores que arroja el DRON es consecuente con los valores expuestos por el laboratorio, en la cual indica que el promedio del índice de vegetación de diferencia normalizada en la primera hectárea es de 0,52 como lo indica los parámetros de evaluación, esto quiere decir que esta hectárea tiene plantas medianamente sana, de igual manera los valores emitido por el análisis físico químico del suelo indica que esta hectárea tiene el nitrógeno en un 39% esto quiere decir que esta hectárea se encuentra en un rango medio de nitrógeno como lo indica el Instituto Nacional de Investigaciones

Agropecuarias, de igual manera esta hectárea contine un 31 % de humedad la cual indica que los recursos hídricos son adecuados para esta hectárea de plantación bananera.

Matriz de valores del estudio físico - químico del suelo y el NDVI del primer vuelo

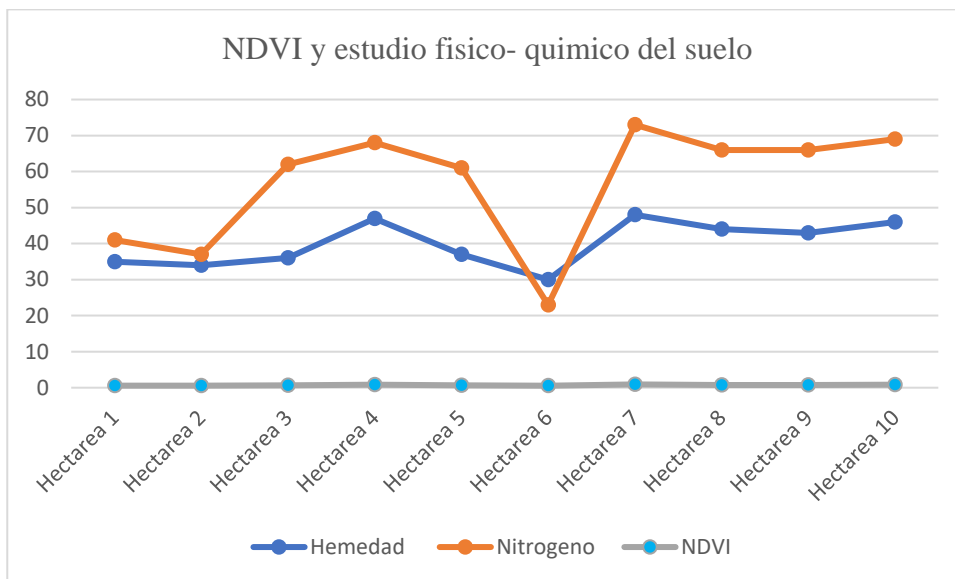
N° de submuestras	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros		Valor	Observaciones
			Humedad (%)	N (%)	NDVI	
10	HECTAREA 1	S1	33	39	0,52	Vegetación Medianamente sana
10	HECTAREA 2	S2	31	35	0,53	Vegetación medianamente sana
10	HECTAREA 3	S3	34	62	0,66	Vegetación medianamente sana
10	HECTAREA 4	S4	46	66	0,73	Vegetación sana
10	HECTAREA 5	S5	36	63	0,68	Vegetación sana
10	HECTAREA 6	S6	28	22	0,46	Vegetación medianamente sana
10	HECTAREA 7	S7	47	71	0,87	Vegetación sana
10	HECTAREA 8	S8	42	64	0,71	Vegetación sana
10	HECTAREA 9	S9	40	64	0,73	Vegetación sana
10	HECTAREA 10	S10	45	68	0,79	Vegetación sana



Matriz de valores del estudio físico - químico del suelo y el NDVI del segundo vuelo

N° de submuestras	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros		Valor	Observaciones
			Humedad (%)	N (%)	NDVI	
10	HECTAREA 1	S1	35	41	0,59	Vegetación Medianamente sana
10	HECTAREA 2	S2	34	37	0,58	Vegetación medianamente sana
10	HECTAREA 3	S3	36	62	0,66	Vegetación medianamente sana
10	HECTAREA 4	S4	47	68	0,83	Vegetación sana
10	HECTAREA 5	S5	37	61	0,66	Vegetación medianamente sana
10	HECTAREA 6	S6	30	23	0,55	Vegetación medianamente sana
10	HECTAREA 7	S7	48	73	0,91	Vegetación sana
10	HECTAREA 8	S8	44	66	0,79	Vegetación sana
10	HECTAREA 9	S9	43	66	0,76	Vegetación sana

10	HECTAREA 10	S10	46	69	0,81	Vegetación sana
----	-------------	-----	----	----	------	-----------------

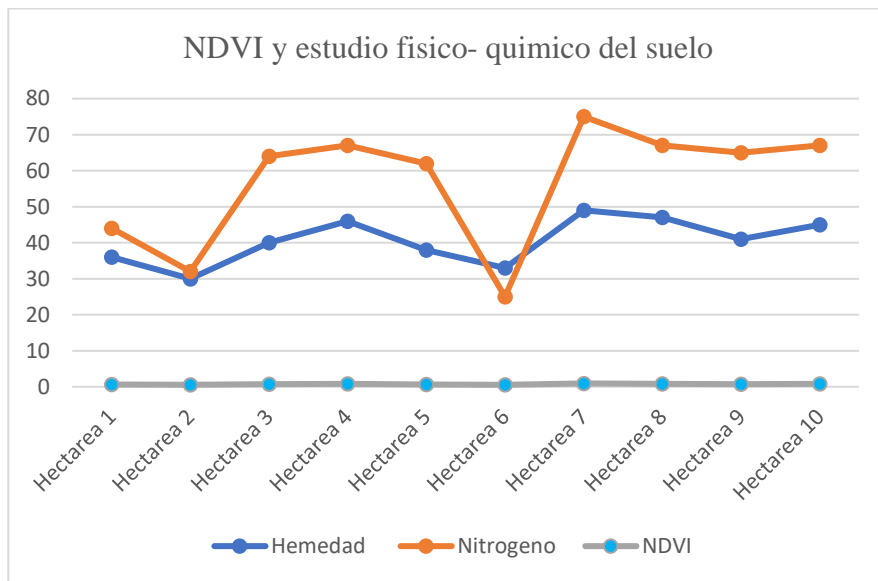


Matriz de valores del estudio físico - químico del suelo y el NDVI del tercer vuelo

N° de submuestras	Punto de muestreo	Código de muestra	Parámetros		Valor	Observaciones
			Humedad (%)	N (%)	NDVI	
10	HECTAREA 1	S1	36	44	0,61	Vegetación Medianamente sana
10	HECTAREA 2	S2	30	32	0,56	Vegetación medianamente sana
10	HECTAREA 3	S3	40	64	0,69	Vegetación sana
10	HECTAREA 4	S4	46	67	0,79	Vegetación sana
10	HECTAREA 5	S5	38	62	0,67	Vegetación sana
10	HECTAREA 6	S6	33	25	0,59	Vegetación medianamente sana



10	HECTAREA 7	S7	49	75	0,93	Vegetación sana
10	HECTAREA 8	S8	47	67	0,82	Vegetación sana
10	HECTAREA 9	S9	41	65	0,74	Vegetación sana
10	HECTAREA 10	S10	45	67	0,79	Vegetación sana



De esta manera se analizó el presente trabajo investigativo el mismo que ayudo a conocer el estado nutricional de la plantación bananera en la finca la Gloria, perteneciente al cantón el Triunfo, provincia del Guayas.

## Conclusiones

El presente estudio ha permitido determinar el estado nutricional de la plantación bananera en la finca La Gloria perteneciente al cantón El Triunfo provincia del Guayas, gracias a las cámaras espectrales que posee un vehículo aéreo no tripulado pues se han obtenido resultados efectivos y reales del estado del cultivo en un espacio de 10 hectáreas, convirtiéndose así en una herramienta muy útil para el sector agrícola bananero del Ecuador, ya que en poco tiempo y con una inversión mínima se ha logrado establecer el estado nutricional del cultivo, permitiendo a los productores establecer medidas correctivas cuando los resultados obtenidos no sean favorables, de esta manera se convierte este estudio en un aporte científico con vinculación social ya que de esta forma muchos de los productores podrán obtener mejores resultados en las plantaciones y evitar pérdidas económicas

Se ha podido establecer de forma efectiva el valor real del vigor de la planta con la utilización del Dron, con lo cual se ha determinado una evaluación promedio que nos ha dado como resultados que las 10 hectáreas de la finca la Gloria tiene un rango de 0,46 a 0,93 NDVI (Índice de vegetación de diferencia normalizada).

Los resultados de los análisis físico químicos realizados en las muestras de suelo tomadas en el área de estudio nos permitieron evaluar parámetros determinantes para el crecimiento de la planta como son la humedad y el nitrógeno que influyen directamente en el vigor de la vegetación. Los resultados de la humedad obtenidos variaron en un rango de 28% a 49% lo que demuestra que el área del estudio es heterogénea, ya que existen sub áreas con un mayor porcentaje de humedad y también existen otras sub áreas con un porcentaje de humedad relativamente bajo lo que afecta la planta del banano, en cuanto a la concentración de nitrógeno se obtuvieron resultados

en un rango de 22% a 75% lo que al igual que la humedad nos muestra que el área del estudio es un área heterogénea en cuanto a la distribución de nutrientes.

## **Recomendaciones**

Se recomienda que los agricultores a medida de lo posible deben aplicar una agricultura de precisión utilizando un vehículo aéreo no tripulado DRON, que sirva como una asistencia para conocer el estado vegetativo de la plantación bananera en tiempo real, ya que de esta manera ayudara que el agricultor obtenga buenos resultados y ofertara productos de excelencia.

En base a los resultados obtenidos en esta investigación, los modelos obtenidos se ajustan a la realidad, al considerar el rendimiento de la utilización de vehículos aéreo no tripulados DRON, la cual han reducido considerablemente los costos frente a la colección de datos y generación de la geoestadística, siendo incluso más eficiente en función del tiempo.

La utilización de este equipo es de gran utilidad ya que nos permite monitorear el cultivo y así reducir considerablemente los gastos y los tiempos empleados en la producción del mismo.

## Referencias bibliográficas

### Bibliografía

(s.f.).

Aeroterra. (2022). <https://www.aeroterra.com/es-ar/que-es-gis/introduccion>. Obtenido de <https://www.aeroterra.com/es-ar/que-es-gis/introduccion>.

Altamirano, C. (2019). Parametros físico y químicos del suelo . *Parametros físico y químicos del suelo* . Cevallos.

Ambuludí, C. M. (2018). Estado nutricional de la plantacion mediante el DRON ., (pág. 23). Loja.

Auravant. (2000). [https://www.auravant.com/blog/agricultura-de-precision/indices-de-vegetacion-y-como-interpretarlos/?gclid=CjwKCAjw7SWBhAnEiwAx8ZLatfh2jV-EDmFpu9aeZgj6uXFbDTKUnxHJDE9lUxPvdH4mmbnq-HuvxoCHv8QAvD\\_BwE](https://www.auravant.com/blog/agricultura-de-precision/indices-de-vegetacion-y-como-interpretarlos/?gclid=CjwKCAjw7SWBhAnEiwAx8ZLatfh2jV-EDmFpu9aeZgj6uXFbDTKUnxHJDE9lUxPvdH4mmbnq-HuvxoCHv8QAvD_BwE). Obtenido de [https://www.auravant.com/blog/agricultura-de-precision/indices-de-vegetacion-y-como-interpretarlos/?gclid=CjwKCAjw7SWBhAnEiwAx8ZLatfh2jV-EDmFpu9aeZgj6uXFbDTKUnxHJDE9lUxPvdH4mmbnq-HuvxoCHv8QAvD\\_BwE](https://www.auravant.com/blog/agricultura-de-precision/indices-de-vegetacion-y-como-interpretarlos/?gclid=CjwKCAjw7SWBhAnEiwAx8ZLatfh2jV-EDmFpu9aeZgj6uXFbDTKUnxHJDE9lUxPvdH4mmbnq-HuvxoCHv8QAvD_BwE).

AURAVANT. (2000). [https://www.auravant.com/blog/agricultura-de-precision/indices-de-vegetacion-y-como-interpretarlos/?gclid=CjwKCAjw7SWBhAnEiwAx8ZLatfh2jV-EDmFpu9aeZgj6uXFbDTKUnxHJDE9lUxPvdH4mmbnq-HuvxoCHv8QAvD\\_BwE](https://www.auravant.com/blog/agricultura-de-precision/indices-de-vegetacion-y-como-interpretarlos/?gclid=CjwKCAjw7SWBhAnEiwAx8ZLatfh2jV-EDmFpu9aeZgj6uXFbDTKUnxHJDE9lUxPvdH4mmbnq-HuvxoCHv8QAvD_BwE).

AURAVANT. (2000). [https://www.auravant.com/blog/agricultura-de-precision/indices-de-vegetacion-y-como-interpretarlos/?gclid=CjwKCAjw7SWBhAnEiwAx8ZLatfh2jV-EDmFpu9aeZgj6uXFbDTKUnxHJDE9lUxPvdH4mmbnq-HuvxoCHv8QAvD\\_BwE](https://www.auravant.com/blog/agricultura-de-precision/indices-de-vegetacion-y-como-interpretarlos/?gclid=CjwKCAjw7SWBhAnEiwAx8ZLatfh2jV-EDmFpu9aeZgj6uXFbDTKUnxHJDE9lUxPvdH4mmbnq-HuvxoCHv8QAvD_BwE).

Obtenido de [https://www.auravant.com/blog/agricultura-de-precision/indices-de-vegetacion-y-como-interpretarlos/?gclid=CjwKCAjw7SWBhAnEiwAx8ZLatfh2jV-EDmFpu9aeZgj6uXFbDTKUnxHJDE9lUxPvdH4mmbnq-HuvxoCHv8QAvD\\_BwE](https://www.auravant.com/blog/agricultura-de-precision/indices-de-vegetacion-y-como-interpretarlos/?gclid=CjwKCAjw7SWBhAnEiwAx8ZLatfh2jV-EDmFpu9aeZgj6uXFbDTKUnxHJDE9lUxPvdH4mmbnq-HuvxoCHv8QAvD_BwE).

vegetacion-y-como-interpretarlos/?gclid=CjwKCAjw7SWBhAnEiwAx8ZLafh2jV-EDmFpu9aeZgj6uXFbDTKUnxHJDE9IUxPvdH4mmbnq-HuvxoCHv8QAvD\_BwE.

Auravant. (2017). [https://www.auravant.com/blog/agricultura-de-precision/indices-de-vegetacion-y-como-interpretarlos/?gclid=CjwKCAjw7SWBhAnEiwAx8ZLalu13XrFPioxolkIRPHwIw9wjaev499Rp8QCKHzzP\\_2yJYHcMpq\\_hoCcVkQAvD\\_BwE](https://www.auravant.com/blog/agricultura-de-precision/indices-de-vegetacion-y-como-interpretarlos/?gclid=CjwKCAjw7SWBhAnEiwAx8ZLalu13XrFPioxolkIRPHwIw9wjaev499Rp8QCKHzzP_2yJYHcMpq_hoCcVkQAvD_BwE). Obtenido de [https://www.auravant.com/blog/agricultura-de-precision/indices-de-vegetacion-y-como-interpretarlos/?gclid=CjwKCAjw7SWBhAnEiwAx8ZLalu13XrFPioxolkIRPHwIw9wjaev499Rp8QCKHzzP\\_2yJYHcMpq\\_hoCcVkQAvD\\_BwE](https://www.auravant.com/blog/agricultura-de-precision/indices-de-vegetacion-y-como-interpretarlos/?gclid=CjwKCAjw7SWBhAnEiwAx8ZLalu13XrFPioxolkIRPHwIw9wjaev499Rp8QCKHzzP_2yJYHcMpq_hoCcVkQAvD_BwE).

Bravo, A. R. (2020). Detección temprana de sigatoka negra. *Revista Científica Instituto Salamanca*, 18.

Crehana. (2019). <https://www.crehana.com/blog/estilo-vida/drones-para-agricultura/>. Obtenido de <https://www.crehana.com/blog/estilo-vida/drones-para-agricultura/>.

CropLife. (2021). <https://www.croplifela.org/es/actualidad/articulos/uso-de-drones-en-la-agricultura>. Obtenido de <https://www.croplifela.org/es/actualidad/articulos/uso-de-drones-en-la-agricultura>.

FAO. (2022). <https://www.fao.org/conservation-agriculture/in-practice/soil-organic-cover/es/>. Obtenido de <https://www.fao.org/conservation-agriculture/in-practice/soil-organic-cover/es/>.

FAO, O. p. (2022). <https://www.fao.org/conservation-agriculture/impact/benefits-of-ca/es/>. Obtenido de <https://www.fao.org/conservation-agriculture/impact/benefits-of-ca/es/>.

Flores, K. (Enero de 2017). Drones agricolas en el manejo de sitio especifico de malezas analisis de beneficios economicos. *Drones agricolas en el manejo de sitio especifico de malezas analisis de beneficios economicos.*

Gonzales, N. (2014). Uso de tecnologias Drones para controlar campos agricolas. *Uso de tecnologias Drones para controlar campos agricolas.* Argentina .

Idesia. (2019). [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34292019000100075](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292019000100075). Obtenido de [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34292019000100075](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292019000100075).

Idesias. (2019). [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34292019000100075](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292019000100075). Obtenido de [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34292019000100075](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292019000100075).

IICA. (2017). *La innovación para el logro de una agricultura competitiva .*

INEAP. (2022). *Indicadores `para evaluar un suelo agropecuario.* Obtenido de Indicadores `para evaluar un suelo agropecuario.

Ingeoexpert. (2022). <https://ingeoexpert.com/articulo/que-son-los-sistemas-de-informacion-geografica-sig-y-como-funcionan/>. Obtenido de <https://ingeoexpert.com/articulo/que-son-los-sistemas-de-informacion-geografica-sig-y-como-funcionan/>.

Licango, A. (2022). Deteccion Temprana de sigatoka negra en el cultivo de banano. *Deteccion Temprana de sigatoka negra en el cultivo de banano.* Quito.

Montufar, C. L. (2022). <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/21500/1/T-UCE-0004-CAG-263.pdf>. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/21500/1/T-UCE-0004-CAG-263.pdf>.

Morales, I. R. (2015). Innovación Tecnológica en el sector agropecuario. *Innovación Tecnológica en el sector agropecuario*. Machala .

Mundogeografía. (2022). <https://mundogeografia.com/sig/>. Obtenido de <https://mundogeografia.com/sig/>.

Palacios, A. V. (2017). *Implementación de sistema de información geográfica en la gestión de espacios protegidos*. Obtenido de Implementación de sistema de información geográfica en la gestión de espacios protegidos.

Paramo, D. J. (Febrero de 2015). Implementación de un Sistema de Información Geográfica para el manejo del recursoS del suelo . *Investigativo*. Quito.

Portero, L. (2018). Uso de drones en la agricultura aplicada. *Uso de drones en la agricultura aplicada*. Cuenca.

riego, M. d. (2022). <https://www.agricultura.gob.ec/>. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/>.

Teledetección. (2022). <https://www.cursosteledeteccion.com/ndvi-que-es-y-para-que-sirve/>. Obtenido de <https://www.cursosteledeteccion.com/ndvi-que-es-y-para-que-sirve/>.

Terrestre, A. e. (2004). la calidad del suelo y sus indicadores. *Revista ecosistemas*.

Velástegui, G. (2019). Parametros físicos y químicos del suelo . *Determinación de la calidad del suelo* . Quito.



## Anexos

### Anexo 1. Utilización del DRON para ejecutar los sobre vuelos en el aérea de estudio



### Anexo 2. Proceso de extracción de la muestra de suelo





**Anexo 3. Identificación del follaje de la plantación bananera.**



**Anexo 4. Recolección de las muestras de suelo**



**Anexo 5. Muestras de suelos de la finca la Gloria**



**Anexo 6. Refrigerante para las muestras**





**Anexo 7. Almacenamiento de las muestras de suelo con su respectiva refrigeración**



**Anexo 8. Área de estudio FINCA LA GLORIA**



**Anexo 9. Informe del primer vuelo emitidos por el laboratorio LABCESTTA S.A.**

DEPARTAMENTO : ANALITICALAB

INFORME DE RESULTADOS No: SG-001-22

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE			
NOMBRE CLIENTE:	FINCA LA GLORIA	ATENCIÓN A.	Ing. Gaston Gaibor Ramirez
DIRECCIÓN:	El Triunfo Av. Juan Montalvo y Abdón Calderón	TELÉFONO:	0994978720
TIPO DE MUESTRA:	Suelo	PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Análisis de suelo de la FINCA LA GLORIA
CÓDIGO CLIENTE:	SI	FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA RESPONSABLE:	N.A.

## INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

TOMA DE MUESTRA REALIZADO POR:	LABCESTTA S.A.	NÚMERO DE MUESTRAS:	01
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA:	10/05/2022 09:20	ANÁLISIS SOLICITADO:	Físico - Químico
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	11/05/2022 08:00	FECHA DE ANÁLISIS:	11/05/2022 - 19/05/2022
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME:	19/05/2022	CÓDIGO LABORATORIO:	AL-SG-001-22
RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA:	Galo Tarres	COORDENADAS:	17M 666541,81 / 9746057,38
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS		T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C	

## RESULTADOS ANALÍTICOS

ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO /NORMA	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
*Nitrógeno Total	%	39	PE-AL-73 EPA 1986	-
*Humedad	%	33	ASTM D4959	-

## OBSERVACIONES:

- Muestra transportada en refrigeración.
- Los ensayos marcados con (\*) son subcontratados por el laboratorio OAE LE 2C 06-008. La columna: Valor límite permisible, esta fuera del alcance de acreditación del SAE

## AUTORIZACIÓN Y RESPONSABLE DEL INFORME:

  
 Ing. Verónica Bravo  
 DIRECTORA TÉCNICA

  
**LABCESTTA**  
 TECNOLOGÍA Y CALIDAD  
 RUC.0691736210001

## NOTAS:

- Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
- Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados.
- Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los ensayos analizados.
- LABCESTTA S.A. no se responsabiliza cuando la información proporcionada por el cliente puede afectar la validez de los resultados.



**Anexo 10. Informe del primer vuelo emitidos por el laboratorio LABCESTTA S.A.**

DEPARTAMENTO : ANALITICALAB

INFORME DE RESULTADOS No: SG-002-22

## INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

NOMBRE CLIENTE:	FINCA LA GLORIA	ATENCIÓN A.	Ing. Gaston Gaibor Ramirez
DIRECCIÓN:	El Triunfo Av. Juan Montalvo y Abdón Calderón	TELÉFONO:	0994978720
TIPO DE MUESTRA:	Suelo	PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Análisis de suelo de la FINCA LA GLORIA
CÓDIGO CLIENTE:	S2	FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA RESPONSABLE:	N.A.

## INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

TOMA DE MUESTRA REALIZADO POR:	LABCESTTA S.A.	NÚMERO DE MUESTRAS:	01
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA:	10/05/2022 09:20	ANÁLISIS SOLICITADO:	Físico - Químico
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	11/05/2022 08:00	FECHA DE ANÁLISIS:	11/05/2022 - 19/05/2022
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME:	19/05/2022	CÓDIGO LABORATORIO:	AL-SG-002-22
RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA:	Galo Torres	COORDENADAS:	17M 666789,89 / 9746118,90
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS	T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C		

## RESULTADOS ANALÍTICOS

ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO /NORMA	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
*Nitrógeno Total	%	35	PE-AL-73 EPA 1986	-
*Humedad	%	31	ASTM D4959	.

## OBSERVACIONES:

- Muestra transportada en refrigeración.
- Los ensayos marcados con (\*) son subcontratados por el laboratorio OAE LE 2C 06-008. La columna: Valor límite permisible, esta fuera del alcance de acreditación del SAE

## AUTORIZACIÓN Y RESPONSABLE DEL INFORME:

Ing. Verónica Bravo  
DIRECTORA TÉCNICA

LABCESTTA  
TECNOLOGÍA Y CALIDAD  
RUC 0691736210001

## NOTAS:

- Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
- Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados.
- Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los ensayos analizados.
- LABCESTTA S.A. no se responsabiliza cuando la información proporcionada por el cliente puede afectar la validez de los resultados

**Anexo 11. Informe del segundo vuelo emitidos por el laboratorio LABCESTTA S.A.**

DEPARTAMENTO : ANALITICALAB

INFORME DE RESULTADOS No: SG-003-22

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE			
NOMBRE CLIENTE:	FINCA LA GLORIA	ATENCIÓN A.	Ing. Gaston Gaibor Ramirez
DIRECCIÓN:	El Triunfo Av. Juan Montalvo y Abdón Calderón	TELÉFONO:	0994978720
TIPO DE MUESTRA:	Suelo	PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Análisis de suelo de la FINCA LA GLORIA
CÓDIGO CLIENTE:	S3	FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA RESPONSABLE:	N.A.

## INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

TOMA DE MUESTRA REALIZADO POR:	LABCESTTA S.A.	NÚMERO DE MUESTRAS:	01
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA:	26/05/2022 09:20	ANÁLISIS SOLICITADO:	Físico - Químico
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	27/05/2022 08:00	FECHA DE ANÁLISIS:	27/05/2022 - 04/06/2022
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME:	04/06/2022	CÓDIGO LABORATORIO:	AL-SG-003-22
RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA:	Galo Torres	COORDENADAS:	17M 666541,81 / 9746057,38
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS		T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C	

## RESULTADOS ANALÍTICOS

ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO /NORMA	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
*Nitrógeno Total	%	41	PE-AL-73 EPA 1986	-
*Humedad	%	35	ASTM D4959	-

## OBSERVACIONES:

- Muestra transportada en refrigeración.
- Los ensayos marcados con (\*) son subcontratados por el laboratorio OAE LE 2C 06-008. La columna: Valor límite permisible, esta fuera del alcance de acreditación del SAE

## AUTORIZACIÓN Y RESPONSABLE DEL INFORME:

  
**Ing. Yerónica Bravo**  
 DIRECTORA TÉCNICA

  
**LABCESTTA**  
 TECNOLOGÍA Y CALIDAD  
 RUC.0691736210001

## NOTAS:

- Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
- Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados
- Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los ensayos analizados.
- LABCESTTA S.A. no se responsabiliza cuando la información proporcionada por el cliente puede afectar la validez de los resultados

**Anexo 12. Informe del segundo vuelo emitidos por el laboratorio LABCESTTA S.A.**

DEPARTAMENTO : ANALITICALAB

INFORME DE RESULTADOS No: SG-004-22

## INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

NOMBRE CLIENTE:	FINCA LA GLORIA	ATENCIÓN A.	Ing. Gaston Gaibor Ramirez
DIRECCIÓN:	El Triunfo Av. Juan Montalvo y Abdón Calderón	TELÉFONO:	0994978720
TIPO DE MUESTRA:	Suelo	PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Análisis de suelo de la FINCA LA GLORIA
CÓDIGO CLIENTE:	S4	FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA RESPONSABLE:	N.A.

## INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

TOMA DE MUESTRA REALIZADO POR:	LABCESTTA S.A.	NÚMERO DE MUESTRAS:	01
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA:	26/05/2022 09:20	ANÁLISIS SOLICITADO:	Físico - Químico
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	27/05/2022 08:00	FECHA DE ANÁLISIS:	27/05/2022 - 04/06/2022
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME:	04/06/2022	CÓDIGO LABORATORIO:	AL-SG-004-22
RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA:	Galo Torres	COORDENADAS:	17M 666791,45 / 9746914,61
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS		T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C	

## RESULTADOS ANALÍTICOS

ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO /NORMA	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
*Nitrógeno Total	%	37	PE-AL-73 EPA 1986	-
*Humedad	%	34	ASTM D4959	-

## OBSERVACIONES:

- Muestra transportada en refrigeración.
- Los ensayos marcados con (\*) son subcontratados por el laboratorio OAE LE 2C 06-008. La columna: Valor límite permisible, esta fuera del alcance de acreditación del SAE

## AUTORIZACIÓN Y RESPONSABLE DEL INFORME:



Ing. Verónica Bravo  
DIRECTORA TÉCNICA



LABCESTTA  
TECNOLOGÍA Y CALIDAD  
RUC 0691736210001

## NOTAS:

- Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
- Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados.
- Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los ensayos analizados.
- LABCESTTA S.A. no se responsabiliza cuando la información proporcionada por el cliente puede afectar la validez de los resultados.



**Anexo 13. Informe del tercer vuelo emitidos por el laboratorio LABCESTTA S.A.**

DEPARTAMENTO : ANALITICALAB

INFORME DE RESULTADOS No: SG-005-22

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE			
NOMBRE CLIENTE:	FINCA LA GLORIA	ATENCIÓN A.	Ing. Gaston Gaibor Ramirez
DIRECCIÓN:	El Triunfo Av. Juan Montalvo y Abdón Calderón	TELÉFONO:	0994978720
TIPO DE MUESTRA:	Suelo	PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Análisis de suelo de la FINCA LA GLORIA
CÓDIGO CLIENTE:	S5	FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA RESPONSABLE:	N.A.

## INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

TOMA DE MUESTRA REALIZADO POR:	LABCESTTA S.A.	NÚMERO DE MUESTRAS:	01
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA:	06/06/2022 09:20	ANÁLISIS SOLICITADO:	Físico - Químico
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	07/06/2022 08:00	FECHA DE ANÁLISIS:	07/06/2022 - 15/06/2022
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME:	15/06/2022	CÓDIGO LABORATORIO:	AL-SG-005-22
RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA:	Galo Torres	COORDENADAS:	17M 666781,49 / 9746707,04
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS		T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C	

## RESULTADOS ANALÍTICOS

ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO /NORMA	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
*Nitrógeno Total	%	44	PE-AL-73 EPA 1986	-
*Humedad	%	36	ASTM D4959	-

## OBSERVACIONES:

- Muestra transportada en refrigeración.
- Los ensayos marcados con (\*) son subcontratados por el laboratorio OAE LE 2C 06-008. La columna: Valor límite permisible, esta fuera del alcance de acreditación del SAE

## AUTORIZACIÓN Y RESPONSABLE DEL INFORME:

  
 Ing. Verónica Bravo  
 DIRECTORA TÉCNICA



## NOTAS:

- Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
- Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados.
- Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los ensayos analizados.
- LABCESTTA S.A. no se responsabiliza cuando la información proporcionada por el cliente puede afectar la validez de los resultados

**Anexo 14. Informe del tercer vuelo emitidos por el laboratorio LABCESTTA S.A.**

DEPARTAMENTO : ANALITICALAB

INFORME DE RESULTADOS No: SG-006-22

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE			
NOMBRE CLIENTE:	FINCA LA GLORIA	ATENCIÓN A.	Ing. Gaston Gaibor Ramirez
DIRECCIÓN:	El Triunfo Av. Juan Montalvo y Abdón Calderón	TELÉFONO:	0994978720
TIPO DE MUESTRA:	Suelo	PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Análisis de suelo de la FINCA LA GLORIA
CÓDIGO CLIENTE:	S6	FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA RESPONSABLE:	N.A.

## INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

TOMA DE MUESTRA REALIZADO POR:	LABCESTTA S.A.	NÚMERO DE MUESTRAS:	01
FECHA Y HORA DE TOMA DE MUESTRA:	06/06/2022 09:20	ANÁLISIS SOLICITADO:	Físico - Químico
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN LAB:	07/06/2022 08:00	FECHA DE ANÁLISIS:	07/06/2022 - 15/06/2022
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME:	15/06/2022	CÓDIGO LABORATORIO:	AL-SG-006-22
RESPONSABLE DE LA TOMA DE MUESTRA:	Galo Torres	COORDENADAS:	17M 666992,76 / 9745552,41
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS	T máx.: 25,0 °C. T mín.: 15,0 °C		

## RESULTADOS ANALÍTICOS

ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO	MÉTODO /NORMA	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
*Nitrógeno Total	%	32	PE-AL-73 EPA 1986	-
*Humedad	%	30	ASTM D4959	.

## OBSERVACIONES:

- Muestra transportada en refrigeración.
- Los ensayos marcados con (\*) son subcontratados por el laboratorio OAE LE 2C 06-008. La columna: Valor límite permisible, esta fuera del alcance de acreditación del SAE

## AUTORIZACIÓN Y RESPONSABLE DEL INFORME:

Ing. Verónica Bravo  
DIRECTORA TÉCNICA



## NOTAS:

- Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
- Los resultados arriba indicados sólo están relacionados con los objetos ensayados.
- Las condiciones ambientales no afectan a los resultados de los ensayos analizados.
- LABCESTTA S.A. no se responsabiliza cuando la información proporcionada por el cliente puede afectar la validez de los resultados