



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

FOTOGRAMETRÍA AÉREA: APLICACIONES EN LA VERIFICACIÓN Y
CORRECCIÓN DE LA DENSIDAD POBLACIONAL EN EL CULTIVO DE
BANANO

RODRIGUEZ PIEDRA ARIEL ALEJANDRO
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

FOTOGRAMETRÍA AÉREA: APLICACIONES EN LA
VERIFICACIÓN Y CORRECCIÓN DE LA DENSIDAD
POBLACIONAL EN EL CULTIVO DE BANANO

RODRIGUEZ PIEDRA ARIEL ALEJANDRO
INGENIERO AGRÓNOMO

MACHALA
2022



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TRABAJO TITULACIÓN
TRABAJO EXPERIMENTAL

FOTOGRAMETRÍA AÉREA: APLICACIONES EN LA VERIFICACIÓN Y
CORRECCIÓN DE LA DENSIDAD POBLACIONAL EN EL CULTIVO DE BANANO

RODRIGUEZ PIEDRA ARIEL ALEJANDRO
INGENIERO AGRÓNOMO

QUEVEDO GUERRERO JOSE NICASIO

MACHALA, 23 DE FEBRERO DE 2022

MACHALA
2022

Tesis Rodríguez Piedra

INFORME DE ORIGINALIDAD

2%

INDICE DE SIMILITUD

1%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

remca.umet.edu.ec

Fuente de Internet

1%

2

Submitted to Universidad Privada Boliviana

Trabajo del estudiante

1%

3

repositorio.puce.edu.ec

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, RODRIGUEZ PIEDRA ARIEL ALEJANDRO, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado FOTOGRAMETRÍA AÉREA: APLICACIONES EN LA VERIFICACIÓN Y CORRECCIÓN DE LA DENSIDAD POBLACIONAL EN EL CULTIVO DE BANANO, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 23 de febrero de 2022



RODRIGUEZ PIEDRA ARIEL ALEJANDRO
0750462962

DEDICATORIA

En primer lugar, mis padres, Olga T. Piedra Ramírez y W. Daniel Rodríguez Yagual, quienes han apoyado mi carrera de estudiante desde el primer momento en el cual decidí tomar esta carrera. Ellos han sido mis maestros de vida por esta universidad de la vida en la que me encuentro; cada sacrificio que han realizado ha sido para que haya logrado ser una persona de bien.

Dedico este trabajo a mis hermanos, Leonardo Rodríguez y Alexander Rodríguez, que han sido ejemplos claros para seguir adelante cada vez, con sus ánimos que cada vez han brindado.

AGRADECIMIENTO

Agradezco de muy sincero corazón a mi madre que se ha sacrificado desde hace mucho tiempo para yo alcanzar a lograr mis metas, ella siempre me ha llevado presente en su vida y me ha brindado toda la ayuda posible.

A mi padre, que, con su esfuerzo, cada mañana dándome ánimos y en los momentos más difíciles hablando conmigo, por ser una persona incondicional con la cual he contado para lograr muchas cosas.

A mis estimados profesores, Ing. José Quevedo, Ing. Irán Rodríguez, Ing. Eduardo Luna, Ing., Diego Villaseñor, Ing. Wilmer Galarza; Dr. Julio Chabla, quienes han impartido sus cátedras de una manera satisfactorias, siempre enseñando con paciencia y sabiduría, estos siendo un pilar muy importante para mi formación profesional.

A todos mis amigos de carrera que me daban ánimos en momentos difíciles, siempre han estado presentes ayudándome en todo este tiempo, especialmente a mis amigos Juan Diego Cobos, Byron Lata, Jhon Tene, Jonathan Chillogalli y Miguel Heredia amigos para toda la vida.

RESUMEN

Fotogrametría aérea: aplicaciones en la verificación y corrección de la densidad poblacional en el cultivo de banano

Autor

Ariel Alejandro Rodríguez Piedra

Tutor

José Nicasio Quevedo Guerrero

Los sistemas de georreferenciación han permitido el desarrollo de varias tecnologías de gran impacto en estudios agropecuarios, manejándose de manera poco compleja y accesible al mundo entero. La fotogrametría aérea en la agricultura se ha convertido en una de las herramientas necesarias y de complemento para la agricultura de precisión, en el cultivo de banano ha tenido gran impacto; los drones han sido utilizados en la agricultura para complementar un sinnúmero de actividades realizadas en las labores agrícolas alrededor de todo el mundo. Ecuador posee gran cantidad de drones en estado activo de manera constante, con lo cual se han desarrollado actividades como fumigación, monitoreo de salud vegetal, índices hídricos, entre otras actividades. El banano es uno de los cultivos con gran cantidad de área cultivada dentro de la provincia, llegando a obtener hasta el 45% de toda el área bananera del Ecuador, por lo tanto, el desarrollo de la tecnología es algo que da paso a nuevos métodos para optimizar tiempo y recursos, siendo esto como una estrategia para mantenerse como una de los sectores más productivos del país. La investigación se realizó en la finca “La Aurora” ubicada en el sector La Concordia perteneciente al cantón Pasaje. Se determinaron los procesos para obtener un conteo de la densidad poblacional del banano y el área manejada en estado de subutilizada, con lo cual se implementó un plan de mejoramiento de la densidad

poblacional. Se realizó la toma de 93 imágenes mediante dron y se obtuvo una imagen ráster a través de Pix4D, procesada en QGIS en 20 muestras buffer. Mediante eCognition developer se contabilizó el número de plantas. Se llevó a cabo un análisis estadístico en SPSS tomando los datos a partir de las medias de los métodos de conteo, prueba de normalidad de datos, se mostró una normalidad de los datos; prueba de homogeneidad varianzas resultando que las varianzas se presentan de manera homogénea, una prueba de para el cual se usó una prueba T de student de muestras independientes teniendo como resultado que los métodos de conteo de plantas poseen una diferencia significativa. Se tomó un conteo semiatomático obteniendo un promedio de 42 promedio plantas contadas y un pogo en campo dando como resultado 52 promedio plantas contadas, se tomaron varios estadísticos descriptivos como la distancia mínima entre planta de 1.23 m y la distancia máxima entre plantas de 5.05 m, el número de plantas por hectárea obtenida por fotogrametría estimado 1355 plantas. ha^{-1} y por pogo en campo 1677 plantas. ha^{-1} , se analizó un patrón de siembra de tipo triangulo o tres bolillos, el área subutilizada total se calculó como 0.084 hectáreas, logrando definir que la plantación posee un desorden en su marco de distribución por lo que deberá a futuro realizar mejor distribución en su deshije. Calculando el número de plantas por hectárea se elaboró un plan de manejo que consistió en la mejora de los deshijes a futuro para lograr un buen distanciamiento entre plantas, además se tomó en cuenta que se podrá agregar 141 plantas más.

Palabras clave: Dron, fotogrametría, pogo, buffer, índices.

RESUME

Aerial photogrammetry: applications in the verification and correction of population density in banana cultivation

Author

Ariel Alejandro Rodríguez Piedra

Tutor

Jose Nicasio Quevedo Guerrero

Georeferencing systems have allowed the development of several technologies of great impact in agricultural studies, managed in a way that is not very complex and accessible to the entire world. Aerial photogrammetry in agriculture has become one of the necessary and complementary tools for precision agriculture, in banana cultivation it has had a great impact; drones have been used in agriculture to complement countless activities carried out in agricultural work around the world. Ecuador has a large number of drones in a constant active state, with which activities such as fumigation, plant health monitoring, water indices, among other activities, have been developed. Banana is one of the crops with a large amount of cultivated area within the province, reaching up to 45% of the entire banana area of Ecuador, therefore, the development of technology is something that gives way to new methods. to optimize time and resources, this being as a strategy to remain one of the most productive sectors in the country. The investigation was carried out in the "La Aurora" farm located in the La Concordia sector belonging to the Pasaje canton. The processes to obtain a count of the population density of bananas and the area managed in a state of underutilized were determined, with which a plan to improve population density was implemented. 93 images were taken by drone and a raster

image was obtained through Pix4D, processed in QGIS in 20 buffer samples. Using eCognition developer, the number of plants was counted. A statistical analysis was carried out in SPSS taking the data from the means of the counting methods, data normality test, a normality of the data was shown; variance homogeneity test, resulting in the variances being presented homogeneously, a test for which an independent samples Student's T-test was used, with the result that the plant counting methods have a significant difference. A semi-automatic count was taken, obtaining an average of 42 average plants counted and a pogo in the field resulting in 52 average plants counted, several descriptive statistics were taken, such as the minimum distance between plants of 1.23 m and the maximum distance between plants of 5.05 m, the number of plants per hectare obtained by photogrammetry estimated 1355 plants. ha^{-1} and by pogo in the field 1677 plants. ha^{-1} , a triangle or three bobbin type planting pattern was analyzed, the total underutilized area was calculated as 0.084 hectares, managing to define that the plantation has a disorder in its distribution framework, so it must future make better distribution in its desuckering. Calculating the number of plants per hectare, a management plan was developed that consisted of improving desuckering in the future to achieve a good distance between plants, and it was also taken into account that 141 more plants could be added.

Keywords: Drone, photogrammetry, pogo, buffer, indices.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Objetivo general	2
1.2	Objetivos específicos	2
2	REVISIÓN LITERARIA.....	3
2.1	Sistemas de información geográfica.....	3
2.2	Vehículos aéreos no tripulados (UAV)	3
2.2.1	Características de los UAV	4
2.2.2	Tipos de drones según sus componentes.....	4
2.3	Aplicación de los UAV en la agricultura	5
2.4	Fotogrametría	6
2.5	Agricultura de precisión	7
2.6	Uso de la fotogrametría en la agricultura	7
2.6.1	Monitoreos precosecha en cultivos frutícolas	7
2.6.2	Monitoreo de la salud temprana de los cultivos.....	8
2.6.3	Detección temprana de infecciones.....	8
2.6.4	Detección del estado hídrico de las plantas.....	8
2.6.5	Aplicación de productos fitosanitarios.....	9
2.6.6	Conteo de poblaciones agrícolas	9
2.7	Índices vegetativos en la agricultura de precisión	10
2.8	Cultivo de banano en Ecuador.....	11
2.9	Origen del banano.....	12

2.10	Taxonomía del banano	12
2.11	Morfología de la planta de banano	12
2.11.1	Sistema radicular	13
2.11.2	Tallo.....	13
2.11.3	Hojas.....	13
2.11.4	Inflorescencia	13
2.12	Manejo de densidades en el cultivo de banano.....	14
3	MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1	Ubicación del ensayo.....	17
3.2	Localización geográfica.....	18
3.3	Características de la zona	18
3.4	Materiales	18
3.5	Especificaciones del proyecto	19
3.5.1	Toma de los puntos en campo	19
3.5.2	Elaboración del plan de vuelo	19
3.5.3	Obtención de las imágenes mediante UAV	20
3.5.4	Verificación de la calidad de las imágenes obtenidas mediante UAV..	20
3.5.5	Procesamiento de las imágenes	20
3.5.6	Toma de muestras	21
3.5.7	Post-procesamiento de ortofoto en el software eCognition	21
3.5.8	Procesamiento de los puntos y conteo en QGIS	21
4	RESULTADOS	22

4.1	Procesamiento de las imágenes obtenidas	22
4.1.1	Determinación del área subutilizada dentro de las muestras	31
4.1.2	Diferencia entre los métodos de conteo	32
5	CONCLUSIONES	36
6	BIBLIOGRAFÍA	37
7	ANEXOS	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de los datos de distancia máxima entre plantas de banano.....	30
Tabla 2. Estadísticos descriptivos de la distancia mínima entre plantas de banano..	30
Tabla 3. Estadísticos descriptivos de la superficie subutilizada.....	32
Tabla 4. Pruebas de normalidad de los datos obtenidos en los métodos de conteo. ..	33
Tabla 5. Pruebas estadísticas aplicadas a los datos de conteo de plantas.	33
Tabla 6. Prueba de Levene aplicada a la igualdad de varianzas de los datos de conteo de población.....	33
Tabla 7. Prueba T student de muestras independientes aplicada los casos de conteo de población de plantas.....	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Datos de rendimiento de producción bananera en Ecuador del año 2015-2020	11
Figura 2. Elaboración del croquis de la zona del ensayo	17
Figura 3. Toma de puntos mediante GPS	19
Figura 4. Informe de procesamiento de imágenes en Pix4D.	22
Figura 5. Pix4D procesamiento de la ortofoto	23
Figura 6. Procesamiento de la imagen ráster en QGIS	24
Figura 7. Diferenciación espacial de zona productiva y no productiva mediante QGIS	25
Figura 8. Muestra ráster de 20 metros de diámetro obtenida para estudio.	26
Figura 9. Procesamiento de la muestra ráster dentro de eCognition Developer	27
Figura 10. Ráster de la finca con los puntos de muestreo procesadas para el conteo de plantas de banano.	28
Figura 11. Patrón de crecimiento de las plantas de banano observado mediante fotogrametría.....	29
Figura 12. Área subutilizada dentro de la muestra ráster.....	31
Figura 13. Representación de las medias: a) Conteo en campo b) Conteo por fotogrametría.....	35

ANEXOS

Anexo 1. Visita e identificación de la finca “La Aurelia” en el sitio La Concordia..	46
Anexo 2. Obtención de puntos mediante GPS.....	46
Anexo 3. Recorrido de la finca	47
Anexo 4. Identificación de posibles áreas despobladas en campo	47
Anexo 5. Recorrido de la finca para obtención del perímetro	48
Anexo 6. Elaboración del plan de vuelo en Pix4D	48
Anexo 7. Vuelo sobre la finca utilizando dron	49
Anexo 8. Obtención y comprobación de los datos de vuelo.....	49
Anexo 9. Fotografías de la finca obtenidas por dron	50
Anexo 10. a) Obtención de datos de población en campo b) Tabla de datos en Excel	51

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la alimentación a nivel global se ha vuelto un verdadero reto para la agricultura. FAO, (2017) menciona en una de sus publicaciones que para el 2050 la población de la tierra aumentará a 9 000 millones de habitantes, lo cual representa un aumento del 60% de la cantidad de personas por alimentar en relación a la actualidad. Por esto, la manera de manejar cultivos deberá desarrollarse al igual que la tecnología, la agricultura de precisión es el camino hacia esta misma.

La agricultura cumple uno de los papeles fundamentales que garantizarán que la población mundial pueda suplir alimentos. En la actualidad, los rendimientos agrícolas se han visto afectados a nivel mundial, esto debido a diversos factores; escases de agua, deficiencia nutricional en los cultivos, resistencia de ciertas plagas, falta de recursos naturales y económicos, malas prácticas agrícolas, entre otros.

La agricultura posee varios ámbitos que son pilares fundamentales para cada país; económico, social y ambiental. En Ecuador, la agricultura ha generado que el PIB represente el 9%, generó fuentes de empleo (26.8% de la PEA), y a través del tiempo las técnicas y buenas prácticas agrícolas han permitido que la agricultura sea más amigable con el medio ambiente (Fiallo, 2017).

Los drones en la agricultura de precisión han sido una de las alternativas que a través del tiempo ha tenido acogida en los sistemas agrícolas. González et al. (2016) mencionan que el aumento de la tecnología en la agricultura ha generado mayor confianza en los agricultores, esto debido a que se logró captar mayor información por estos sistemas en

menor tiempo y a menor costo; la toma de decisiones a partir de sistemas de agricultura de precisión con drones puede ser de gran utilidad.

Por consecuente, uno de los puntos importantes de estudio, son las densidades poblacionales manejadas en los cultivos de banano; son cultivos que tienen gran impacto en los rendimientos tanto sean agrícolas que luego se ven reflejados de manera económica. Según Aguilar et al. (2021) Ecuador es uno de los principales exportadores de banano a nivel de mundo con el 29% del mercado. En Ecuador la provincia de El Oro cuenta con la mayor cantidad de haciendas bananera a escala nacional, la misma que ocupa el 41% del total.

1.1 Objetivo general

Determinar la densidad poblacional real de plantas de banano mediante fotogrametría aérea en áreas productivas de la finca “La Aurora” ubicada en el sitio La Concordia.

1.2 Objetivos específicos

- Procesar imágenes aéreas obtenidas mediante fotogrametría para mejorar las poblaciones de campo.
- Determinar el área dentro de la plantación que está subutilizada por la mala distribución de la densidad poblacional.
- Establecer un plan de mejora de la distribución de la densidad poblacional en el cultivo de banano.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Sistemas de información geográfica

Sistemas de Información Geográfica (GIS, en sus siglas en inglés Geographic Information System), nos referimos a una herramienta utilizada para la integración de datos, generador de toma de decisiones en función a información espacial, uso de análisis de tipo geográfico, uso de información de tipo georreferencial, lograr calcular o interpretar movimientos de la tierra y observar actividades del cambio climático (Sosa-Escalona et al. 2017) .

2.2 Vehículos aéreos no tripulados (UAV)

Estos han sido una de las creaciones de la tecnología que a través del tiempo se han mantenido en constante evolución, llamados vehículos aéreos no tripulados o UAV (Unmanned Aerial Vehicles) los cuales han tenido gran acogida en diversidad de acciones requeridas por la ciencia, se prevé que para los próximos años esta tecnología siga en aumento y desarrollo. Por otra parte, esta tecnología ha permitido que actividades de difícil desarrollo o acceso se vuelvan simplificadas, tales como inspecciones de infraestructuras, ambientes hostiles, misiones de rescate, supervisión de entorno y la agricultura (Santiago-Suarez, 2020).

Dentro del mismo contexto Reyes et al. (2019) menciona que una aeronave no tripulada será cualquier aeronave con ausencia de un piloto a bordo, esta misma es manejada de manera remota o requiere una serie de ordenes predeterminadas. Estas generalmente se componen similar o igual a los drones, por lo tanto, poseen subsistemas de utilidad según sean necesarios. Por ello, estos drones cumplen con funciones como censado remoto y fotogrametría.

2.2.1 Características de los UAV

Característicamente estos poseen varios puntos clave para su funcionamiento, se detallan siguiente:

- Estación de control de tierra (GCS, Ground Control Station): Estos son emisor-receptor de datos, sean ya de hardware y software que las aeronaves envían constantemente mediante el uso de comandos específicos de los fabricantes.
- Comunicaciones: Son comprendidos como dispositivos que informan de manera constante al dron dentro de las operaciones con la estación de tierra que está en uso.
- Navegación y orientación: Estos cuentan con dispositivos que facilitan a los drones ubicarse en el espacio, esto en coordinación con la Tierra (sensores GPS) o de representación referente, también hacen referencia a las posiciones anteriores mediante varios instrumentos de precisión (acelerómetros, giroscopios, y altímetros).
- Carga útil (sensores): Característicamente los dispositivos utilizados para la captura de imágenes mediante el vuelo. Los cuales pueden presentar cámaras de diferentes intereses para agricultura como multiespectrales, de luz visible (Reyes et al., 2019).

2.2.2 Tipos de drones según sus componentes

Estos se sustentan en la manera en la que el dron mantiene su vuelo, estabilidad y control en el aire, depende de esto, los tipos de manejo que el piloto deberá tomar para manejar de manera remota estos tipos de dron. Estos pueden ser clasificados como drones de ala fija y multirotor (IberfDrone, 2022).

2.2.2.1 Drones de ala fija

Estos drones según Addati - Pérez, (2014) son utilizados generalmente por su velocidad y autonomía, ya que estos alcanzan alturas superiores a los de motores rotativos o multirotor.

2.2.2.2 Drones de motor rotativo o multirotor

Estos son similares a los helicópteros por su sistema de hélices, pero estos con la diferencia de que llevan una o más hélices características en los cuales llevan un motor para cada uno de estos (Guerra, 2016).

Estos son altamente maniobrables, ya que estos poseen facilidad de aterrizaje de manera vertical; pueden dividirse según su número de rotores, poseen ventajas como el poder rotar sobre su propio eje para poder movilizarse en la dirección que se desee. Son de alta utilidad, ya que son de fácil manejo, económicos en relación a otros tipos, de tamaño pequeño, estabilidad (Ojeda-Bustamante et al., 2017).

2.3 Aplicación de los UAV en la agricultura

Ojeda-Bustamante et al., (2017) mencionan que los UAV deben contar con características que permitan una eficaz aplicación en la agricultura, tales características pueden ser: a) costo de bajo valor, esto se relaciona según el tipo de UAV, b) largo rango espacial, esto ayudará al monitoreo de largas extensiones en campo; c) Monitoreos de variables que puedan verse afectadas en cortos lapsos de tiempo, tales como riegos, etapas fenológicas, manejo fitosanitario, nutrición y salud vegetal d) resolución de alta calidad para facilidad de clasificación de las fotografías para lograr la detección con alto nivel de confianza en cultivos con afecciones de estrés o variables hídricas e)Facilidad de manejo, con el fin de la fácil obtención de datos para análisis.

Los UAV tienen también usos civiles y medioambientales con esto siendo utilizados para el monitoreo de la erosión del suelo, la dinámica de cauces, y pueden ser de gran utilidad para el monitoreo de zonas afectadas por desastres ambientales o naturales. Estas pueden generar fotografías de alta calidad siendo empleadas en la investigación agronómica, manejo de cultivos y estudio de variabilidad, rendimientos y entre otras más (Kharuf-Gutierrez et al, 2018).

Christiansen et al., (2017) en su investigación menciona que los UAV son de gran utilidad en la agricultura, esto lo fundamenta en que con estos se pueden obtener imágenes de alta calidad para estudios fotogramétricos que son de alta importancia en este ámbito.

El uso de los UAV ha sido utilizado por autores como Machado et al., (2020) para clasificar áreas del cultivo de soya sometidas a estrés, suelo descubierto y factores de relación planta atmósfera, los cuales mencionó que pueden variar en períodos cortos de tiempo, por lo que necesariamente el enfoque de un futuro, deberá proyectar en lograr desarrollar sensores que permitan monitorear periodos de tiempo más largos.

2.4 Fotogrametría

Este concepto de estudio es el enfoque en la extracción y análisis de información del ambiente por medio de imágenes con objetivo de medición como mencionó Santiago & Suarez, (2020). Lo cual podemos interpretar como imágenes con una calidad y parámetros específicos que facilitarán las mediciones.

Esto es definido como arte, ciencia y tecnología con la finalidad de obtención de datos informativos de alta confiabilidad sobre objetivos físicos o ambientales, esto puede darse a través de grabación, medición, tanto con la interpretación de las imágenes y patrones de energía electromagnética emitidas o ya sea otro tipo de emisiones (Arriola-Valverde et al., 2018).

2.5 Agricultura de precisión

Según Bongiovanni et al. (2006) la agricultura de precisión se justifica como una serie de técnicas con directrices a optimizar los recursos agrícolas (agroquímicos, fertilizantes, semillas, entre otras), para esto se cuantifica variabilidad espacial y temporal de la producción agrícola. Los objetivos se logran generalmente con la distribución de cantidades adecuadas de estos mismos recursos, esto según los potenciales y necesidades detectadas en los puntos del área de manejo.

La agricultura de precisión está definida como la tecnología de información, manejo de conceptos agronómicos para la gestión de varias parcelas agrícolas. Por lo tanto, esto está comprendido por el geoposicionamiento de varias labores, como tal sea culturales, condiciones edafoclimáticas que pueden ser determinadas a nivel de infralotes. Esto comprende la aplicación de geotecnologías (SIG, GPS, teledetección), esto conjunto a varios aparatos tecnológicos agrícolas, con el objetivo del manejo específico de sitios estratégicos en relación de suelo-planta y atmósfera (Di Leo, 2018).

2.6 Uso de la fotogrametría en la agricultura

La fotogrametría es una de las herramientas tecnológicas que se han ido introduciendo con mayor amplitud en el ámbito agropecuario; mencionado esto, Evora (2016) sustenta que existen importantes usos de estas herramientas, como son monitoreos en cultivos de interés, diferenciación de la vegetación, salud y verificación temprana de los cultivos, entre otras.

2.6.1 Monitoreos precosecha en cultivos frutícolas

Permitiendo en estos la evaluación de daños, índices de maduración e identificación de sustancias extrañas (Évora , 2016).

2.6.2 Monitoreo de la salud temprana de los cultivos

Esto generalmente se puede monitorear desde bandas de infrarrojo cercano, para la determinación de la actividad fotosintética mediante las moléculas de clorofila que reflejan en función de su salud (Avila & Royero, 2021)

Soares et al, (2021) expresa que el estado nutricional de un cultivo puede ser monitoreado mediante imágenes aéreas, siempre tomando en cuenta los rendimientos y siguiendo un riguroso manejo adecuado de la nutrición, esto expresó en un estudio N y K aplicado al cultivo de maíz.

Bagheri et al. (2013) utilizó sensores multiespectrales para obtener sitios específicos que necesitaron ser fertilizados, con lo cual mediante la reflectancia de las plantas que muestran salud con diferencia a las sanas, pueden determinarse de manera exitosa. Estos estudios pueden ser utilizados para la predicción de aplicación de fertilizantes en función al uso de los nutrientes.

2.6.3 Detección temprana de infecciones

Esto se encuentra referido a la detección de enfermedades a través de monitoreo de frutos enfermos o plantaciones que presenten síntomas, así consiguiendo una efectividad de detección de hasta un 91%.

En cultivos como soya, se identificó mediante el uso de la fotogrametría la infestación de nemátodos de manera significativa, esto asociando los pixeles del suelo, plantas sanas y plantas significativamente afectadas, por lo que las zonas de afección fueron identificadas de manera adecuada y con exactitud (Arantes et al., 2021).

2.6.4 Detección del estado hídrico de las plantas

Mediante el uso de imágenes de resolución térmica, estas con previa obtención de un UAV y con el enfoque de lograr captar información sobre el aprovechamiento del recurso

hídrico, los sensores térmicos detectarán el aumento de la temperatura de las hojas; cuando estas han sido expuestas a estrés hídrico tienden a cerrar sus estomas y causando este efecto(Díaz-Cervigón, 2015).

En lugares con problemas de abastecimiento del recurso hídrico, o lugares con suministro limitado de agua; existen muchos procesos que ayudan a mejorar el manejo sostenible de este recurso, así la medición de la evapotranspiración y la humedad del suelo. Esto junto a buenas prácticas de campo, manejo sostenible; la incorporación de tecnología de drones conjunto a sensores de rojo, infrarrojo, temperatura y una estación meteorológica, pueden beneficiar al monitoreo preciso de factores como la evapotranspiración y el comportamiento de esto en función del tiempo (Pino et al., 2019).

2.6.5 Aplicación de productos fitosanitarios

Las grandes extensiones de cultivos han traído en conjunto tecnología de alta precisión, demandada precisamente por la eficacia que esto conlleva en aplicar productos a grandes escalas, a diferencia de las aplicaciones manuales, o maquinaria como tractores de aplicación, los UAV poseen sistemas de spray; estos no presentan fallos y trabajan con cantidades exactas para aplicaciones en áreas determinadas previamente, logrando alcanzar su objetivo Amaral et al. (2021). Se evitó pérdidas, ya sean económicas o de interés al daño a áreas que no puedan tener afecciones.

2.6.6 Conteo de poblaciones agrícolas

Hernández et al., (2016) en una de sus investigaciones en conteo de pinos mediante este software, por lo cual se obtuvo resultados esperados en el conteo de este cultivo, a través del procesamiento de las imágenes por píxeles que presentan similitudes. Este estudio se realizó mediante eCognition Developer, mediante se generaron procesos para separar las capas y lograr diferenciar el tipo de vegetación de interés.

2.7 Índices vegetativos en la agricultura de precisión

Existen índices como el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés) que se encuentra en función a la energía reflejada por la vegetación en numerosas partes del espectro de tipo electromagnético. Esto muestra como resultado una reflectancia en la vegetación sana, de manera pronunciada en la banda de color rojo y el NIR. También cabe mencionar que las células tienen en su composición gran parte de agua, por lo tanto, estas reflejan gran cantidad de energía. Por consiguiente, cuando estas se enfrentan a factores adversos o estrés causado por sequías, plagas, entre otras causantes; el agua se ve disminuida de manera significativa para que la reflectancia que estas emiten, se vea afectada y reflejada en el NIR (Díaz-Cervigón, 2015).

Solís-Pino et al. (2021) mencionan que estos índices pueden ser utilizados para detectar indicadores específicos de clorofila de forma indirecta, además estos pueden utilizarse para establecer correlaciones y modelos de regresión en índices vegetativos, estos establecidos a través de estudios de las hojas.

La resolución espacial de las imágenes multiespectrales permitió realizar un análisis espacial en frecuencia a través de ROI. Los valores más representativos de cada ROI mostraron que los índices NDVI y GNDVI son más susceptibles a estados de saturación. La posible saturación de las bandas asociadas a la absorción de clorofila puede ocasionar la poca sensibilidad de este índice espectral, lo cual sugiere que un estudio valioso puede ser determinar longitudes de onda donde exista absorción del pigmento, pero que no lleguen a estados de saturación prematuramente (Kharuf-Gutierrez et al., 2018)

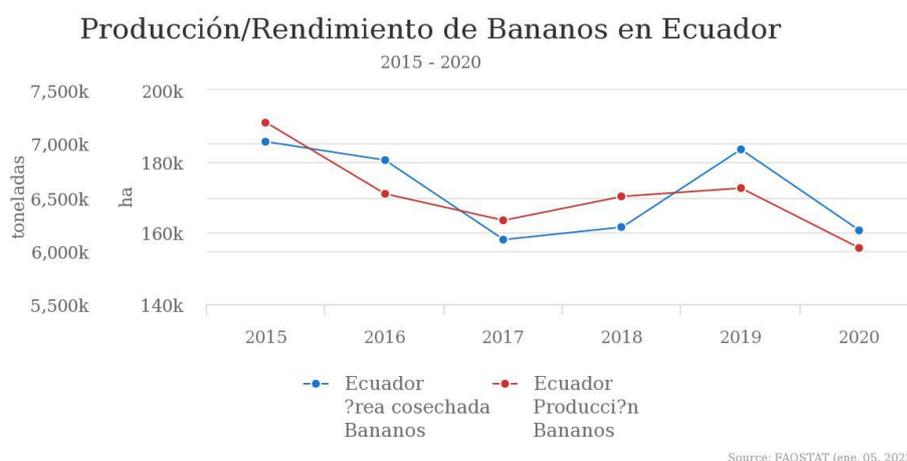
Imágenes aéreas, de tipo multiespectrales pueden ser utilizadas para realizar análisis de tipo espacial, ya que estas expresan valores representativos en los índices NDVI y GNDVI, los resultados son mostrados en relación a la saturación de la clorofila en los

cultivos, lo cual debe estudiarse también en función a la longitud de las ondas emitidas y existan saturación de pigmentos en la actividad vegetal (Revelo Luna et al., 2020).

2.8 Cultivo de banano en Ecuador

El cultivo de banano es uno de los principales cultivos de importancia en el país, este es un rubro que aporta de manera significativa a la producción económica del país, además de abastecer grandes exportaciones anuales.

Figura 1. Datos de rendimiento de producción bananera en Ecuador del año 2015-2020



Fuente: (FAOSTAT, 2022)

En lo que respecta a la Provincia de El Oro, el cultivo de banano aumentó sus extensiones, estimulando a más de 45% de las fincas de banano de todo el Ecuador se encuentren situadas dentro de la provincia ya nombrada. Las áreas agrícolas del país que presentan mayores daños por la contaminación que produce esta industria señalan entre ellas a la provincia de El Oro, la cual representa del 2 al 5 % de la superficie laboral agrícola, donde predomina el cultivo de banano (Bladimir et al., 2020).

Por otra parte, Vite et al., (2020) mencionan que el cultivo de banano en Ecuador es uno de los principales productos de exportación, que con el paso del tiempo ha conseguido más acogida en el extranjero; y ha ido perfeccionando de manera significativa el control

fitosanitario para su aceptación, fertilización, manejo y aumento de rendimientos en su producción.

2.9 Origen del banano

Arteaga, (2015) menciona que esta planta es originaria del sureste de Asia, y, además, posee centros de origen secundarios que datan en África Occidental y Central (subgrupo Plantain), tanto en las zonas más altas de África Oriental (subgrupo Lujugira). Estas pertenecientes al género *Musa*, que está integrado por más de 1000 variedades divididas por *Australimusa*, *Callimusa*, *Rhodochlamys* y *Eumusa*. Se tiene conocimiento que el cultivo de banano es principalmente una actividad que tuvo origen en el continente asiático, específicamente en el sureste, a la cual se introdujo con el tiempo a Latinoamérica en el siglo XIX (Bolívar et al., 2013).

2.10 Taxonomía del banano

Reino: Plantae

Clase: Liliopsida

Orden: Zingiberales

Familia: Musáceas

Género: *Musa*

Especie: *Musa x paradisiaca* L.

(Carrión Toro, 2018).

2.11 Morfología de la planta de banano

El banano es una planta monocotiledónea que crece en zonas tropicales, esta planta pertenece a las herbáceas y presenta un gran tamaño, se considera una planta perenne.

Esta no presenta un tronco verdadero, este es llamado pseudotallo, (su tallo verdadero está insertado y se denomina cormo), desarrollado por vainas foliares. En su base, está constituido por su verdadero tallo llamado cormo; es un rizoma, este presenta brotes que generan la descendencia de esta planta (Rodrigo et al. 2015).

2.11.1 Sistema radicular

Este está conformado por raíces de tipo adventicias de color blanco cuando emergen, posteriormente tienen a tomar un color amarillento y tienen a tomar consistencia dura, que tienen poca capacidad de penetración en suelos compactos o duros, la capacidad de desarrollo radicular está limitado a la clase textural y características del suelo presente en su estructura (Duque et al. 2019).

2.11.2 Tallo

La planta de banano presenta un tallo subterráneo, el cual crece de manera gruesa, se caracteriza por ser corto y crecer de manera ortotrópica, estas poseen vainas peciolares que envuelven el cormo y lo circundan, así de esta manera formando el llamado pseudotallo (Moreno, 2015).

2.11.3 Hojas

Esta es muy importante como la conformación de un órgano fotosintético para esta planta, mediante la cual tendrá gran importancia para la síntesis de los nutrientes y consecuente a al desarrollo del fruto y la planta misma, este se ubica en la parte superior del rizoma o cormo, la cual se constituye por un peciolo alargado y una nervadura central de donde surge la hoja (Tuz, 2018).

2.11.4 Inflorescencia

Esta se presenta en forma de espiga, posee un pedúnculo con numerosas flores a las cuales se denominan manos, esta inflorescencia forma flores masculinas, femeninas y

también hermafroditas, las flores femeninas son las que se desarrollarán como un fruto el cual no es fecundado (Agurto et al. 2019).

2.12 Manejo de densidades en el cultivo de banano

En los cultivos, la luz es uno de los factores de suma importancia, el manejo de una adecuada densidad poblacional es crucial para el control de la cantidad de luz que reciben los cultivos. Un manejo eficiente de luz en etapas de desarrollo inicial pueden ser gran influencia para que los rendimientos agrícolas aumenten de manera significativa. Teniendo en cuenta esto, las densidades de siembra pueden ser manejadas a través de arreglos de siembra en cuadrado o triángulo, o tanto el manejo de plantas por hilera, pero se deberá tener en cuenta que las condiciones sean adecuadas, así por ello, las altas densidades conllevan una gran competencia por el aprovechamiento de los recursos (Delgado et al. 2008).

Como menciona Smith et al. (2010) que mientras las densidades aumentan se ve influenciada la altura de la planta, y los días de siembra hasta la cosecha de manera de efecto lineal creciente, el peso del racimo en altas densidades se mostró decreciente a medida que las densidades aumentan por hectárea. Las variables afectadas en plantaciones de estudio como consideradas bajas 1666 plantas. ha^{-1} y altas 2500 plantas. ha^{-1} se mostraron que, en plantaciones con mayores densidades, el pseudotallo presenta 0.1m más de altura, los días a la cosecha aumentan en 11 días más y el peso del racimo disminuye 0.5 kg, pero se debe destacar que este presenta un aumento potencial de 834 racimos más, aunque se deberá tomar en cuenta el número mayor de labores y gastos que representan estos mismos.

Es necesaria de manera constante la aplicación de correctivos, estos siempre sean relacionados a la población total de la plantación, la disposición en el espacio de siembra

y la constancia de las cosechas en el cultivo. Esto debido a que las plantaciones que presenten altas densidades de siembra requieren manejos más estrictos y más constantes; estos ya sean deshijes severos, esto con un debido plan de manejo anual del cultivo (Yaracuy et al., 2009).

Los arreglos de densidades en las plantaciones de banano, no influyen en el tiempo de las etapas fenológicas. Por otra parte, el manejo de distribuciones de doble hilera y triángulo influyen en el número total de hojas contadas a la cosecha, teniendo como resultado que en el sistema de triángulo este alcanzaba hasta un rango de 9 hojas a la cosecha. En consecuencia a esto, podemos mencionar que la densidad de plantas por hectárea en el cultivo de banano influye a la altura del hijo de la planta y el grosor del pseudotallo (Barrera et al., 2021).

Generalmente en cultivos tradicionales se ven manejadas densidades que van desde las 1000 plantas por hectárea, hasta algunos casos de 2000 plantas por hectárea, esto es generalmente discutido por la cantidad de nutrientes y luz que son competidas por el número de plantas. Estudios mencionan que la densidad del cultivo de banano es determinada según el clon y las condiciones con las que se cuenta en su medio de cultivo; se recomienda realizar una plantación en sistema triangular contando con distancias de 3.0 m x 2.50 m, llevado esto a la obtención de hasta 4000 *plantas.ha⁻¹*. Pero cabe destacar, que esto será determinado por las condiciones y el clon a plantar. El número de manos por racimo se ve influenciado por la densidad de plantación, es importante mencionar que no se deben manejar densidades altas en zonas con gran impacto de Sigatoka negra, ya que estas aumentan los microclimas que dan desarrollo a este hongo (Alarcón et al 2019).

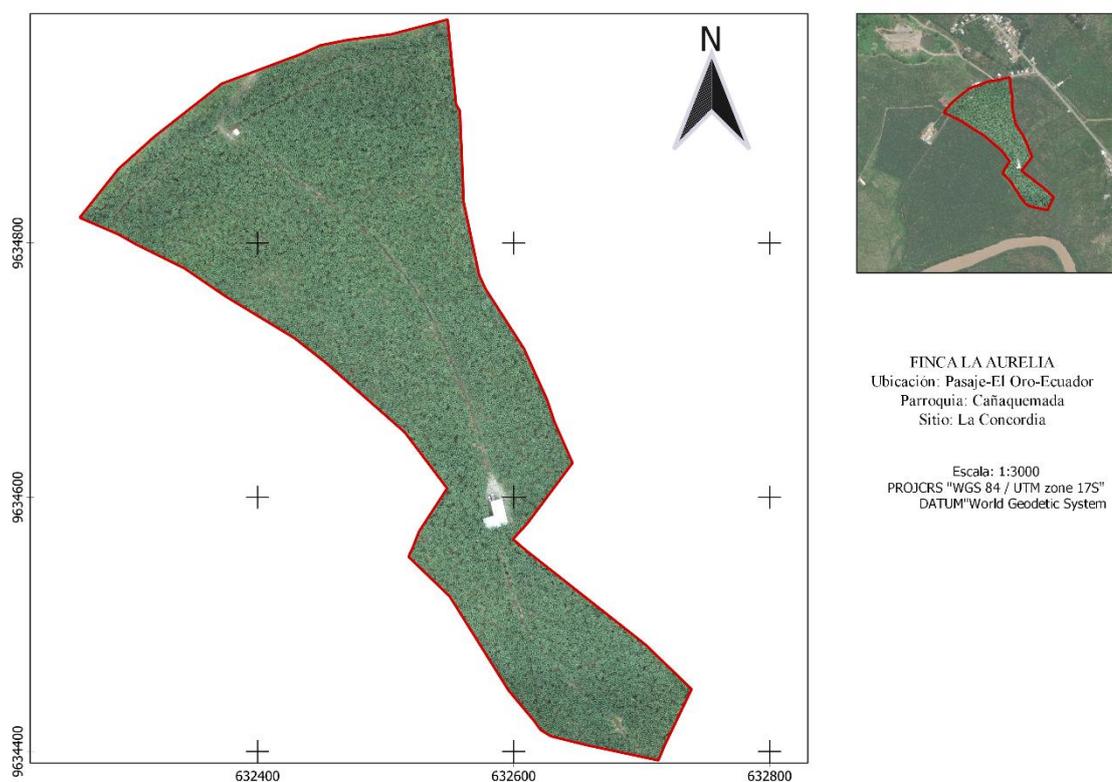
Como mencionó Bolívar et al. (2013) que para que un cultivo de banano muestre su verdadero potencial de cultivo deberá ser sembrado en densidades de 1600-1800 plantas. ha^{-1} , esto será directamente relacionado a las condiciones presentadas in situ. No necesariamente una alta densidad representa un número alto de producción, ya que, si las condiciones no favorecen al desarrollo del cultivo, este será afectado viéndose reflejado en el número de manos por racimo, que generalmente un bajo rendimiento está estimado por debajo de las 6 manos por racimo.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del ensayo

La presente investigación se desarrolló en el sitio “La Concordia” dentro de la finca “La Aurelia” con un área de 9 hectáreas perteneciente al cantón Pasaje, Provincia de El Oro, Ecuador.

Figura 2. Elaboración del croquis de la zona del ensayo



3.2 Localización geográfica

Con las siguientes coordenadas UTM en:

- Longitud(X:632609) mE
- Latitud:(Y:9634582) mS
- Altitud: 12 msnm

3.3 Características de la zona

Esta zona generalmente está conformada en su mayoría por producciones agrícolas dedicadas a la explotación de banano. Díaz et al., (2015) mencionan que esta zona presenta en su mayoría suelos inceptisoles. Por otro lado, Porrut-Villacrés, (1995) menciona que la zona que se estudió consta a un clima tropical megatérmico, comprendido de seco a semihúmedo, caracterizado al total pluviométrico anual entre 500 a 1000 mm recolectados desde diciembre a mayo, teniendo en cuenta que la estación seca en esta zona es significativamente marcada; por consiguiente las temperaturas medias anuales están marcadas en 25°C.

3.4 Materiales

- GPS (Garmin 650t): Utilizado para obtener los puntos del perímetro de la finca.
- Drone Phantom 4 Pro V2.0 de la marca DJI: Se utilizó para el sobrevuelo en la finca.
- Landing pad: Preparado para el aterrizaje del drone.
- Computador portátil: Se utilizó para el análisis y desarrollo del proyecto.
- Cinta métrica: utilizada para mediciones necesarias en la finca, tales como distancias de siembra.
- Celular smartphone: Se evidenció con este la obtención de los datos en la finca.

- Software de procesamiento de imágenes (Agisoft Metashape, Pix4D, QGIS, eCognition Developer): Se destinaron para restitución fotogramétrica.

3.5 Especificaciones del proyecto

3.5.1 Toma de los puntos en campo

Esto se llevó a cabo mediante la obtención de puntos a través de un GPS navegador para poder realizar el plan de vuelo. Por lo tanto, se obtuvo un polígono de aproximadamente 9 hectáreas las cuales fueron destinadas al estudio.

Figura 3. Toma de puntos mediante GPS



3.5.2 Elaboración del plan de vuelo

Se utilizó la aplicación Pix4D Capture para elaboración del plan de vuelo, siguiendo los parámetros de altura, condiciones meteorológicas, tiempo, traslape longitudinal y transversal (de 70% para ambos casos); el cual permitió una óptima restitución fotogramétrica.

3.5.3 Obtención de las imágenes mediante UAV

Se obtuvieron las fotografías aéreas mediante un dron tipo cuadricóptero de la marca DJI (Phantom 4 Pro V2.0). Se capturó un total de 93 fotografías de alta calidad, las cuales constan de un traslape lateral y un traslape longitudinal del 70%, se realizó el vuelo con altura de 150 metros sobre el nivel de suelo, con el fin de captar el área vegetativa con mejores pixeles para el procesamiento de las imágenes.

3.5.4 Verificación de la calidad de las imágenes obtenidas mediante UAV

A través del software Agisoft Metashape se procedió a la verificación de la resolución permitida de las imágenes capturadas, con esto para garantizar una obtención de una ortofoto de alta calidad, donde se pudo apreciar un resultado adecuado.

3.5.5 Procesamiento de las imágenes

Las imágenes fueron procesadas en el software Pix4D, por el cuál pasaron por 3 procesamientos internos:

- Procesamiento inicial: Este es realizado para la alineación de las fotografías y la identificación de los puntos clave y de paso.
- Nube de puntos densa y malla: Estos se obtienen como paso siguiente para la creación de un modelo tridimensional.
- Ortomosaico: Estos consisten en la obtención de una foto de alta calidad de fotogrametría e identificación de índices útiles para el desarrollo de la agricultura de precisión.
- Procesamiento y toma del área de estudio mediante QGIS software libre, con el fin de procesar las muestras ráster y procesar áreas de interés.

3.5.6 Toma de muestras

Debido a la característica del cultivo de banano, el cual posee un notable traslape, no se logró tomar un procesamiento adecuado de la ortofoto para un conteo automático, por lo que este se tomó de manera semiautomática. Las muestras se tomaron mediante la imagen ráster, por lo cual se generó una toma de muestras al azar dentro de las 9 hectáreas, así se crearon pequeños ráster de 10 metros de radio, y distribuidos a lo largo de toda la finca (0.031 hectáreas cada uno), con el fin de optimizar el tamaño de la muestra, y obtener un dato más exacto al momento que se procesaron en los softwares.

De igual manera, dentro de la bananera se realizaron 20 muestras tipo pogo con las mismas características de las muestras digitales, con el fin de comparación del sistema digital contra el sistema en campo.

3.5.7 Post-procesamiento de ortofoto en el software eCognition

Este software ayudó a generar pequeños conjuntos de pixeles llamados “templates”, los cuales nos sirvieron para detección de más pixeles similares, así logró un conteo de las plantas dentro de una zona de interés. Se realizó el procesamiento de ráster de muestra con un radio de 10m, así tomando 20 muestras a lo largo de las 9 has, con esto para lograr un conteo promedio.

3.5.8 Procesamiento de los puntos y conteo en QGIS

Se obtuvieron los puntos en capas tipo vectorial, para estas ser contabilizadas en cada muestra tomada en ráster, con esto se contaron el número de plantas en cada muestra.

4 RESULTADOS

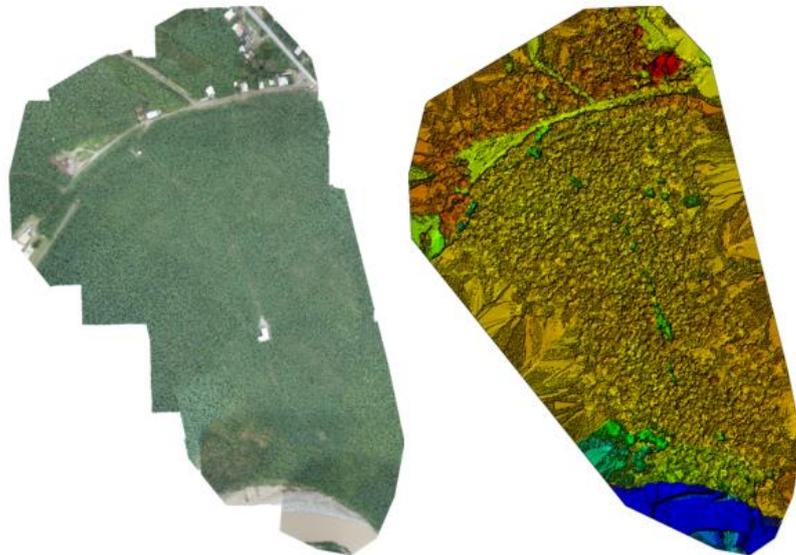
4.1 Procesamiento de las imágenes obtenidas

Realizada la obtención de las imágenes se mostraron los datos del vuelo, mediante las cuales se logró observar la posición de las cámaras, los parámetros de optimización interna y externa de las cámaras, promedio de puntos clave por imágenes, el total de imágenes calibradas, esto mediante el uso de Pix4D.

Figura 4. Informe de procesamiento de imágenes en Pix4D.

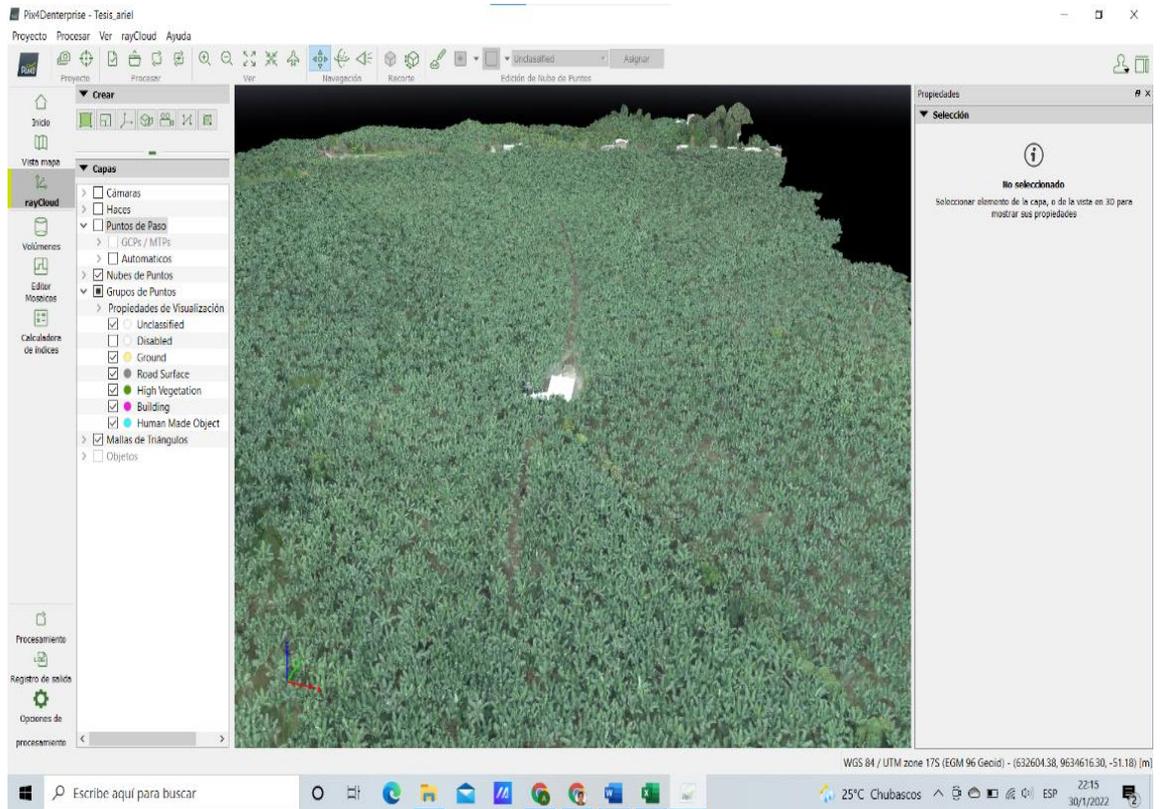
🔍 Images	median of 79783 keypoints per image	✅
🔍 Dataset	93 out of 93 images calibrated (100%), all images enabled	✅
🔍 Camera Optimization	0.01% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	✅
🔍 Matching	median of 13287.5 matches per calibrated image	✅
🔍 Georeferencing	yes, no 3D GCP	⚠️

🔍 Preview



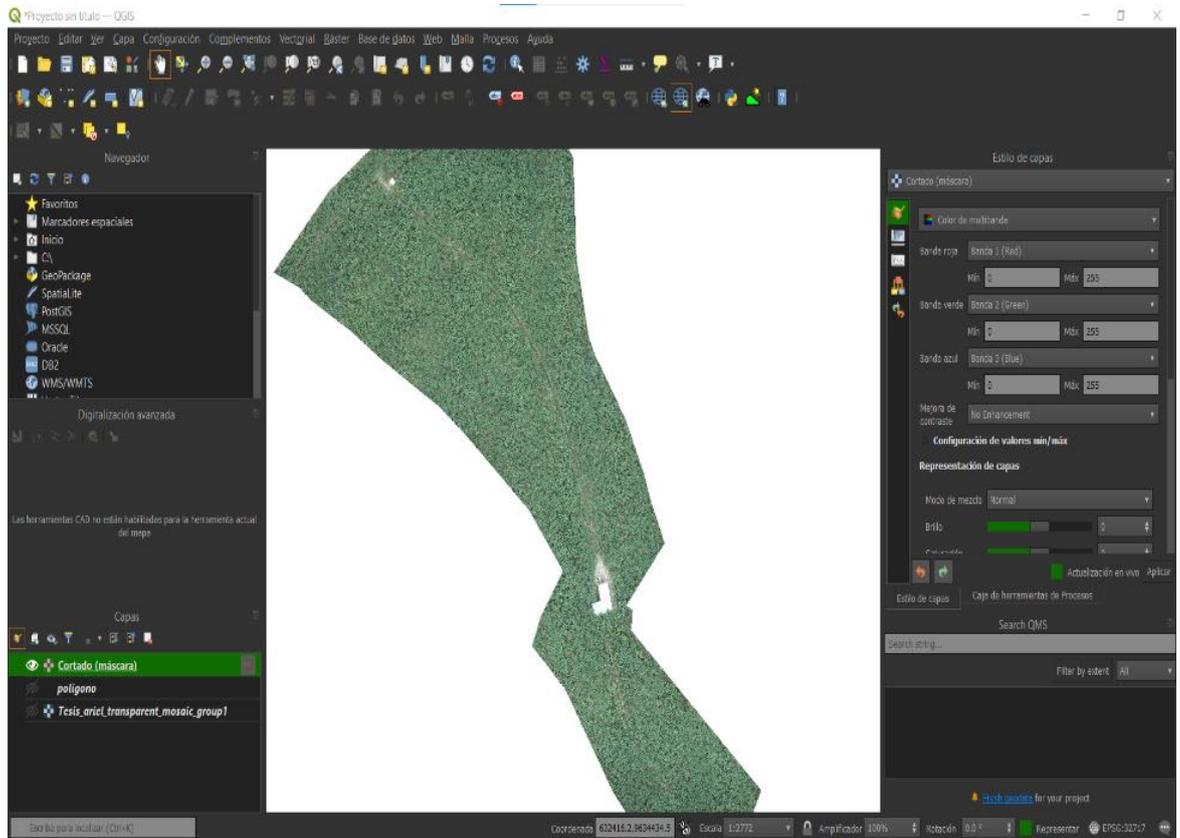
Mediante el software de procesamiento fotogramétrico Pix4D se obtuvo la ortofoto, objeto de estudio.

Figura 5. Pix4D procesamiento de la ortofoto



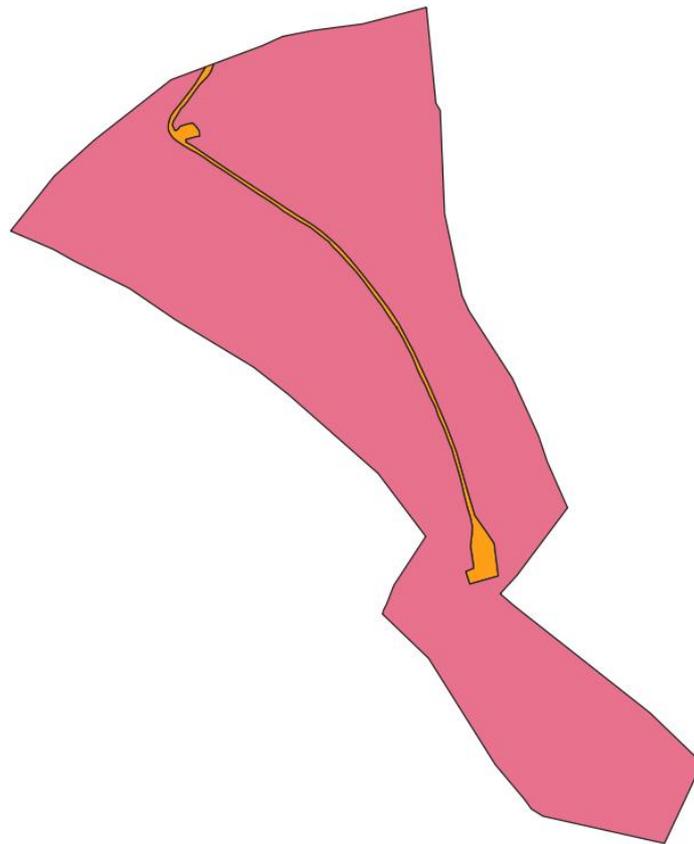
Luego se importó el ráster en QGIS, para su posterior creación y análisis de buffers que son destinados al conteo poblacional.

Figura 6. Procesamiento de la imagen ráster en QGIS



Se determinó el total del área productiva mediante la creación de un polígono, y diferenciando las áreas que no son destinadas a la producción agrícola directamente (vías de acceso, empacadora, estación de bombeo). Se diferenció que el área neta destinada a la producción de banano comprende 8.89 hectáreas; por otra parte, la zona no productiva está comprendida por 0.11 hectáreas.

Figura 7. Diferenciación espacial de zona productiva y no productiva mediante QGIS



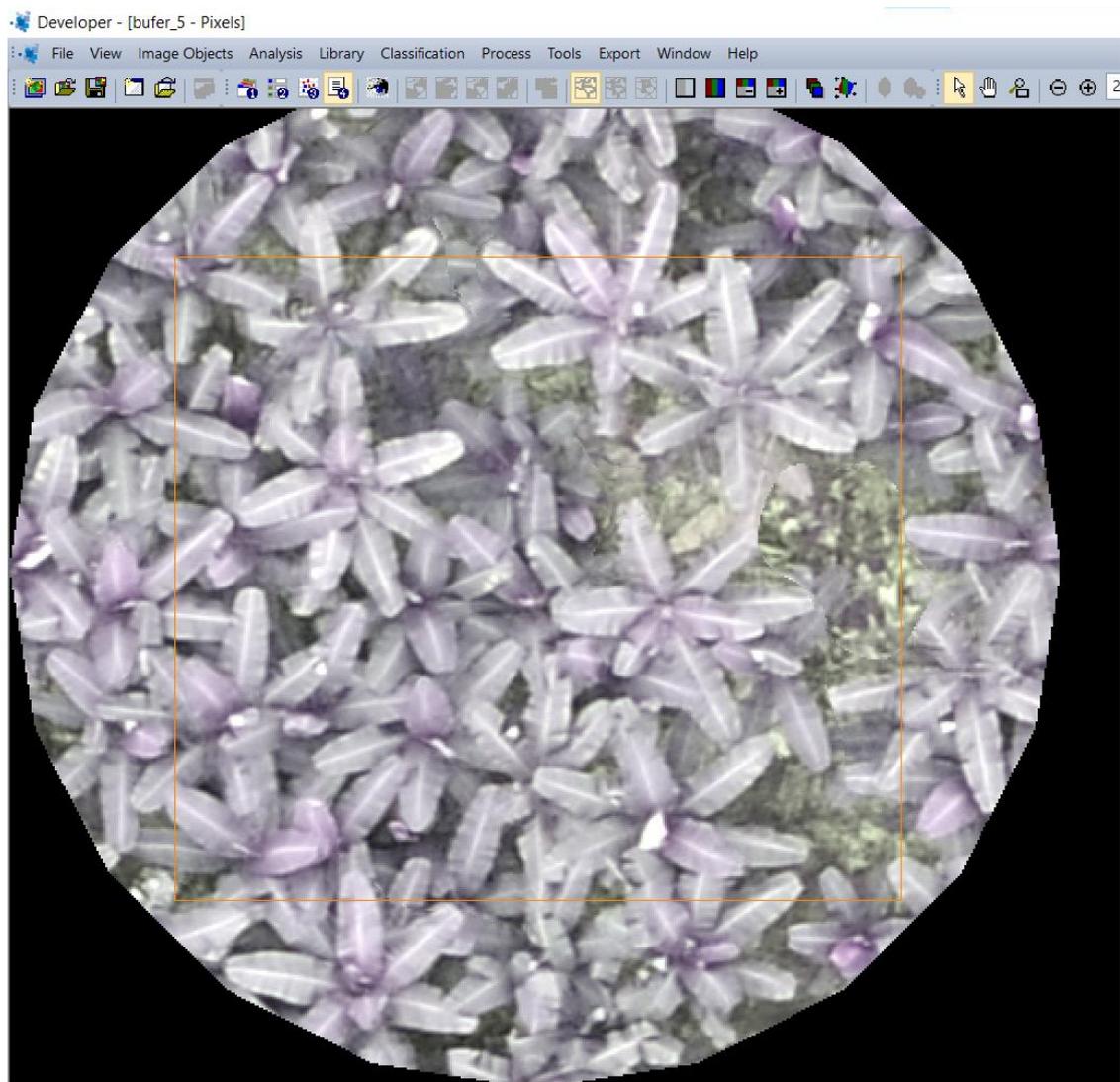
Debido a que se realizó el análisis con el ráster total de la finca y este presentó inconvenientes, se optó por tomar muestras representativas. Se elaboraron un total de 20 muestras representativas alrededor de toda la finca, con las cuales se logró tener un valor promedio. Luego procesadas las muestras en QGIS, se estimó el número de plantas.

Figura 8. Muestra ráster de 20 metros de diámetro obtenida para estudio.



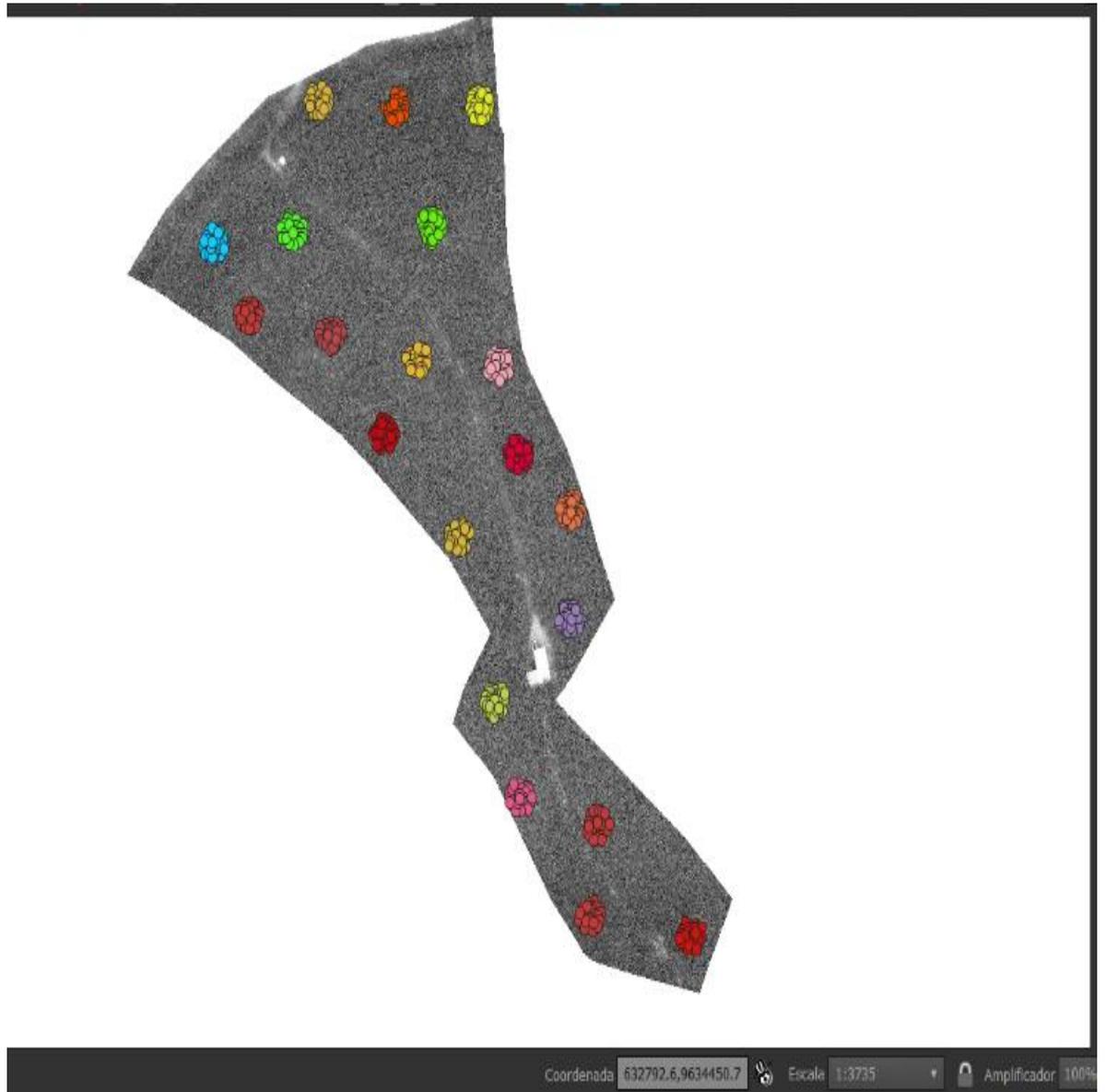
El software eCognition Developer permitió el procesamiento de las imágenes ráster de muestra permitiendo encontrar los puntos donde se situaron las plantas de banano, con esto facilitando a un conteo semiautomático de la plantación. Una vez realizado el procesamiento se extrajo la capa vectorial con los puntos y extrapuesta sobre la capa ráster, esta mostró un conteo total de las plantas de banano visibles en la ortofoto.

Figura 9. Procesamiento de la muestra ráster dentro de eCognition Developer



Luego del procesamiento de las 20 muestras digitales, se observaron en cada uno de los puntos del ráster de toda la finca, dando como un promedio 42 plantas por cada muestra, esto teniendo en cuenta que con la toma de las muestras en campo se obtuvo un promedio de 52 plantas

Figura 10. Ráster de la finca con los puntos de muestreo procesadas para el conteo de plantas de banano.



Mediante la fotogrametría se logró determinar el patrón de siembra de la plantación, el cual se tomó a partir de los puntos de conteo de cada planta e interpolándolos con líneas en el software QGIS (**Figura 11**), con esto se demostró cómo estaba establecido el patrón de siembra inicial. Adicional, se logró determinar la distancia mínima y máxima entre plantas de banano; consiguiendo un valor mínimo de 1.29 metros y una máxima de 5.05 metros entre plantas.

Figura 11. Patrón de crecimiento de las plantas de banano observado mediante fotogrametría

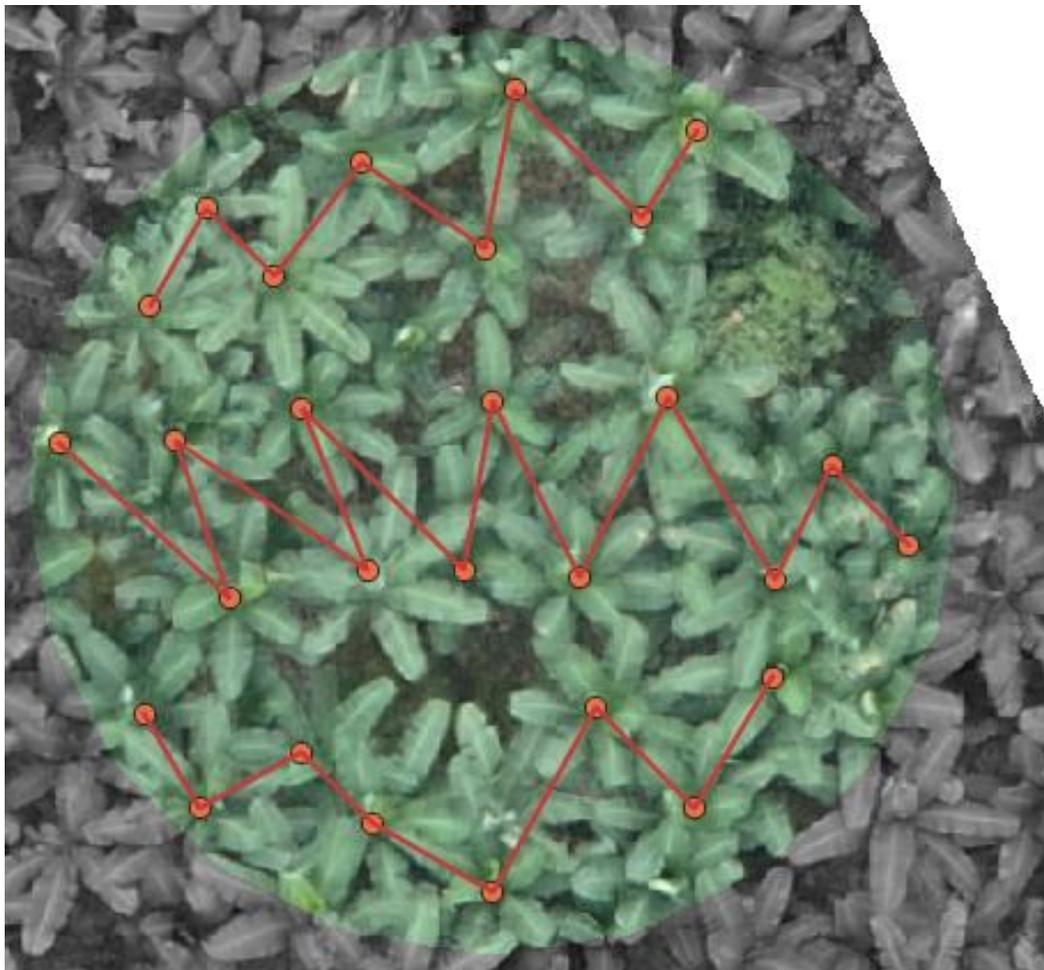


Tabla 1. Estadísticos descriptivos de los datos de distancia máxima entre plantas de banano.

Estadísticos		
Distancia máxima entre plantas (m)		
N	Válido	20
	Perdidos	20
Media		5.0585
Error estándar de la media		.13180
Mediana		5.0400
Moda		5.01
Desv. Desviación		.58943
Varianza		.347
Asimetría		-.299
Error estándar de asimetría		.512
Curtosis		.404
Error estándar de curtosis		.992
Rango		2.48
Mínimo		3.76
Máximo		6.24
CV (%)		11.65
Percentiles	25	4.8475
	50	5.0400
	75	5.4200

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de la distancia mínima entre plantas de banano.

Distancia mínima entre plantas (m)		
N	Válido	20
	Perdidos	20
Media		1.2885
Error estándar de la media		.05313
Mediana		1.2600
Moda		1.24 ^a
Desv. Desviación		.23760
Varianza		.056
Asimetría		-.316
Curtosis		.499
Rango		.99
Mínimo		.74
Máximo		1.73

CV (%)		18.44
Percent iles	25	1.1750
	50	1.2600
	75	1.4750

4.1.1 Determinación del área subutilizada dentro de las muestras

Mediante QGIS, se determinó de manera vectorial el área subutilizada de las muestras, resultando como un promedio ponderado 2.93 m^2 de suelo descubierto por cada muestra. Además se logró establecer el total de área subutilizada dentro de la finca:

$$2.93 \text{ m}^2 \cdot \left(\frac{10000 \text{ m}^2}{309.13 \text{ m}^2 \cdot \text{muestra}^{-1}} \right) = \mathbf{94.78 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}}$$

$$94.78 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \times 8.89 \text{ ha} = \mathbf{842.59 \text{ m}^2 \text{ subutilizados en la finca}}$$

$$842.59 \text{ m}^2 \cdot \left(\frac{1 \text{ ha}}{10000 \text{ m}^2} \right) = \mathbf{0.084 \text{ ha (hectareaje subutilizado)}}$$

Figura 12. Área subutilizada dentro de la muestra ráster

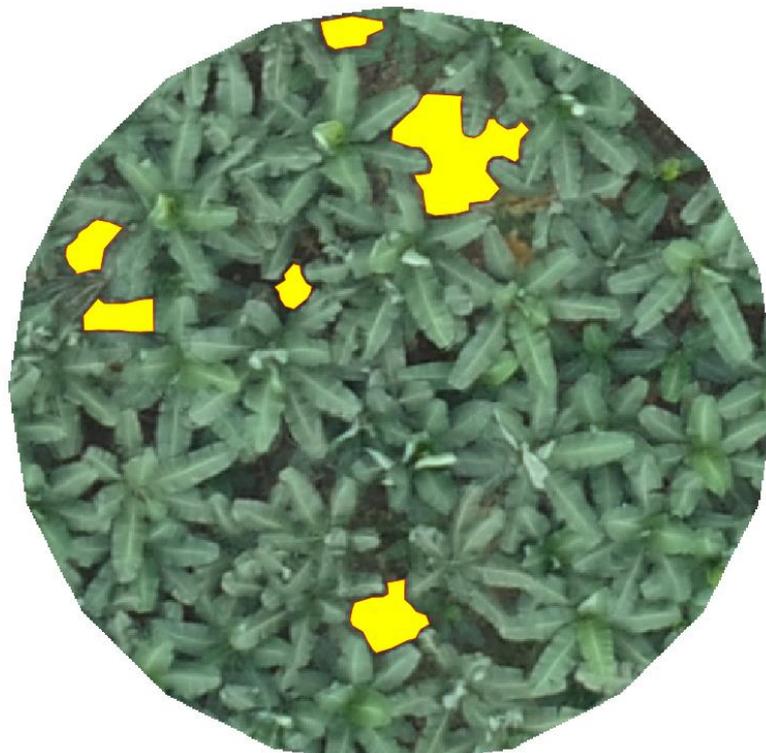


Tabla 3. Estadísticos descriptivos de la superficie subutilizada.

Estadísticos		
Superficie subutilizada (m ²)		
N	Válido	20
	Perdidos	20
Media		2.9345
Error estándar de la media		.27729
Mediana		3.0450
Moda		1.99
Desv. Desviación		1.24009
Varianza		1.538
Asimetría		-.197
Error estándar de asimetría		.512
Curtosis		.309
Error estándar de curtosis		.992
Rango		4.99
Mínimo		.00
Máximo		4.99
CV(%)		42.25
Percentiles	25	2.0075
	50	3.0450
	75	3.8125

4.1.2 Diferencia entre los métodos de conteo

Tomando en cuenta la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk ejecutada en el software de análisis estadístico SPSS, debido al tamaño de la muestra; se observó una normalidad de los datos obtenidos (Tabla 4) teniendo en cuenta que se utilizó un nivel de confiabilidad de 95% y un valor $\alpha=0.05$, ya que se observó un p -valor superior a alfa tanto en el conteo de campo (0.200) como en fotogrametría aérea (0.075).

Tabla 4. Pruebas de normalidad de los datos obtenidos en los métodos de conteo.

Pruebas de normalidad							
	Método de conteo	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cantidad de plantas	Conteo en campo	,122	20	,200*	,936	20	,200
	Fotogrametría aérea	,184	20	,075	,938	20	,220

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Según las pruebas estadísticas de grupo mostradas en SPSS, se observaron las medias con 52 plantas contadas respectivamente para el conteo en campo y 42 plantas observadas para fotogrametría aérea, donde se aprecia una diferencia con el método en campo posee un número mayor de plantas.

Tabla 5. Pruebas estadísticas aplicadas a los datos de conteo de plantas.

Estadísticos de grupo					
	Método de conteo	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Cantidad de plantas	Conteo en campo	20	52,20	3,592	,803
	Fotogrametría aérea	20	42,45	4,236	,947

Mostrado un p -valor de 0.289 y un valor alfa 0.05; p -valor es mayor al valor alfa por lo que se asume que las varianzas son iguales en la prueba de Levene de igualdad de varianzas.

Tabla 6. Prueba de Levene aplicada a la igualdad de varianzas de los datos de conteo de población.

Prueba de Levene de igualdad de varianzas

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas	
		F	Sig.
Cantidad de plantas	Se asumen varianzas iguales	1,158	,289
	No se asumen varianzas iguales		

De acuerdo con la prueba T student para muestras independientes realizada en el software de estudio SPSS, el valor de alfa se muestra mayor al ρ -valor de significancia en ambos casos, por lo tanto, se demuestra que existe diferencia significativa entre el método de conteo digital con el método en campo.

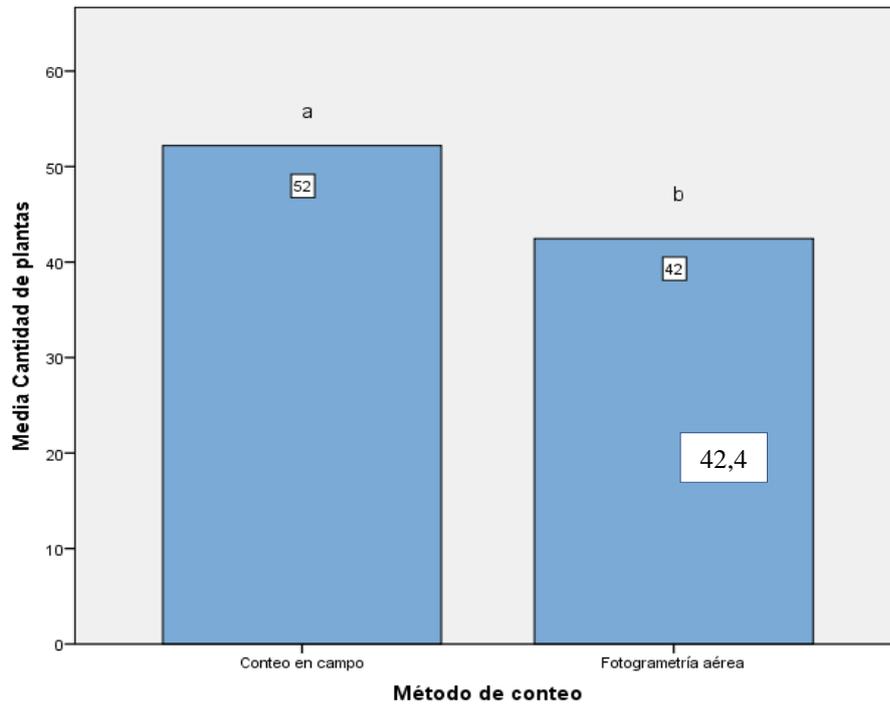
Tabla 7. Prueba T student de muestras independientes aplicada los casos de conteo de población de plantas.

Prueba de muestras independientes

Prueba T para la igualdad de medias						
t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
7,850	38	,000	9,750	1,242	7,236	12,264
7,850	37,012	,000	9,750	1,242	7,234	12,266

Teniendo como resultado que, si se muestra diferencia significativa entre ambos casos, podremos observar en el siguiente gráfico obtenido en SPSS (**Figura13**) que muestra que las medias de los valores en el caso de conteo de campo son 52 plantas. $muestra^{-1}$, y en el caso del método por fotogrametría se presentaron 30 plantas. $muestra^{-1}$; siendo el número mayor de plantas contadas por el método de campo.

Figura 13. Representación de las medias: a) Conteo en campo b) Conteo por fotogrametría



Una vez que se determinó el método eficaz para realizar conteo de población, se realizó el conteo de población de la finca, teniendo como resultado lo siguiente:

$$52 \text{ plantas. muestra}^{-1} \left(\frac{1 \text{ ha}}{0.031 \text{ ha. muestra}^{-1}} \right) = 1677 \text{ plantas. ha}^{-1}$$

$$1677 \text{ plantas. ha}^{-1} \times 8.89 \text{ ha} = 14.909 \text{ Plantas totales}$$

$$42 \text{ plantas. muestra}^{-1} \left(\frac{1 \text{ ha}}{0.031 \text{ ha. muestra}^{-1}} \right) = 1355 \text{ plantas. ha}^{-1}$$

$$1355 \text{ plantas. ha}^{-1} \times 8.89 \text{ ha} = 12046 \text{ Plantas totales}$$

$$0.084 \text{ ha subutilizada} \left(\frac{1677 \text{ plantas. ha}^{-1}}{1 \text{ ha}} \right) = 141 \text{ plantas faltantes}$$

5 CONCLUSIONES

A partir de los datos de población de la finca “La Aurelia”, se logró estimar que esta posee aproximadamente $1677 \text{ plantas} \cdot \text{ha}^{-1}$ (densidad dentro de un rango adecuado), además presenta un patrón de siembra en triangulo o tres bolillos; no presenta un déficit poblacional.

Se observó un mal espaciamiento y/o distribución de la población total dentro del área de siembra, consecuente de mal direccionamiento de los hijos a través del tiempo de la producción.

Determinada el área subutilizada de 0.084 hectáreas, se logró estimar que esta superficie se encuentra con falta de 141 plantas de banano que contarían a un aporte significativo en la producción.

Se compararon los métodos de conteo de población de banano, obteniendo que el cálculo semiautomático aplicado en la fotogrametría no se presentó de manera eficaz en cultivo de banano, debido al traslape notorio dentro de la plantación; el software utilizado para este conteo no logró diferenciar las plantas de menor tamaño, o plantas con poco distanciamiento. Por otra parte, el conteo en campo realizado tipo pogo, diferenció las plantas en edad de producción con mayor eficacia, dado que se contaron sin dificultad.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Addati, G. A., & Pérez Lance, G. (2014). *Introducción a los UAV's, Drones o VANTs de uso civil*. Retrieved from <https://www.econstor.eu/handle/10419/130802>
- Aguilar, D. A. A., Cevallos, H. V., & Romero, H. C. (2021). Análisis de la producción bananera pre y pos pandemia de la “Asociación “Asocobaoro” periodo 2019-2020. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4(2), 128–135. Retrieved from <http://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/386>
- Agurto, G., & David, C. (2019). *Alternativas para el control de picudo negro (cosmopolites sordidus g.) en el cultivo de banano convencional*. Retrieved from <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/13852>
- Alarcón, A., Salas, M., & Viltres, R. (2019). Efecto agronómico y económico de tres cepas nativas de actinomicetos en la producción de plántulas de tomate (Original). *Redel. Revista Granmense de Desarrollo Local*, 3(4), 167–176. Retrieved from <https://revistas.udg.co.cu/index.php/redel/article/view/1132>
- Arantes, B. H. T., Moraes, V. H., Geraldine, A. M., Alves, T. M., Albert, A. M., da Silva, G. J., & Castoldi, G. (2021). Spectral detection of nematodes in soybean at flowering growth stage using unmanned aerial vehicles. *Ciência Rural*, 51(5), 2021. <https://doi.org/10.1590/0103-8478CR20200283>
- Arriola-Valverde, S., Ferencz-Appel, A., & Rimolo-Donadio, R. (2018). Fotogrametría terrestre con sistemas aéreos autónomos no tripulados. *Investiga.TEC; Núm. 31 (2018); 4*. Retrieved from <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/9588>

Arteaga, F. (2015). ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL BANANO. *Accelerating the World's Research*. Retrieved from https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/44494637/ARTICULO_BANANO_PD_F_EVOLUCION_DE_PLANTAS_CULTIVADAS-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1643689109&Signature=FCMrzuDAyeafS5UhTHuxlRMfOlc1Udf75FIHsr616HPPrVoaVyS8fsMATQ9qS8jrkolAYb5UinahULI2k2teXw1vz3-6set4KYITqnAPMkUTmo7A4Cyv-14PEtp~UC0GfirIrHgRfqPaT~gBxXYJKiEVg8Z4~Zk~d57Md2owLlepUF3UvuzX76r7gYx6Q69CwKgiqxmcyHltZhpbh2oaGf2i5ZDZuU3S06JI0-vtmACyF9mhtsa6O3TQqNsGLxiVu0yvvhQe3gJYLWBJxEVG9aN2Gy1VXZ10FyNSqaC2iMITVZ3KlrhecmYycoPZnnAq~seHv7O8sa37yMsLQ6-ORtw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Avila, E. F., & Royero, B. (2021). Utilización de series temporales de índices espectrales basados en teledetección para el monitoreo de cultivos de tomate *solanum lycopersicum*. *Proceedings 3rd Congress in Geomatics Engineering*, 224–230. <https://doi.org/10.4995/CIGEO2021.2021.12696>

Bagheri, N., Ahmadi, H., Alavipanah, S. K., & Omid, M. (2013). Multispectral remote sensing for site-specific nitrogen fertilizer management. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48(10), 1394–1401. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013001000011>

Barrera, J. L., Cartagena, J. R., Nanclares, O., Barrera, J. L., Cartagena, J. R., & Nanclares, O. (2021). Influence of high density planting and spatial arrangement on growth and development in Musa AAA Simmonds. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 24(1). <https://doi.org/10.31910/RUDCA.V24.N1.2021.1312>

- Bladimir, J., Cabrera, Z., Nicasio, J., Guerrero, Q., Miguel, R., & Batista, G. (2020). La producción de banano en la Provincial de El Oro y su impacto en la agrobiodiversidad. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(3), 189–195. Retrieved from <http://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/327>
- Bolívar, K., Antonio Dominguez, J., Teresita Arroyo, A., Perret, J., & Soto, M. (2013). Análisis Geo-Referenciado de la distribución del número de manos por camino en un área bananera. *Agronomía Costarricense*, 37(2), 105–113. Retrieved from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242013000200009&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Bolívar, K., Dominguez, J. A., Arroyo, A. T., Perret, J., & Soto, M. (2013). Análisis Geo-Referenciado de la distribución del número de manos por camino en un área bananera. *Agronomía Costarricense*, 37(2), 105–113. Retrieved from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242013000200009&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Bongiovanni, R., Mantovani, E. C., Best, S., & Roel, A. (2006). Agricultura de precisión : integrando conocimientos para una agricultura moderna y sostenible. In *BTE-CFB-CD-100* (PROCISUR). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Retrieved from <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/68412>
- Carrión Toro, A. B. (2018). *Evaluación del comportamiento agronómico del cultivo de banano (Musa acuminata triploide A), aplicando un fertilizante a base de*

- silicio en el cantón El Guabo, provincia de El Oro*. Retrieved from <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/10345>
- Christiansen, M. P., Laursen, M. S., Jørgensen, R. N., Skovsen, S., & Gislum, R. (2017). Designing and testing a UAV mapping system for agricultural field surveying. *Sensors (Switzerland)*, *17*(12). <https://doi.org/10.3390/S17122703>
- Delgado, E., Gómez, N., González, O., & Marín, C. (2008). Evaluación a nivel de finca del efecto de la alta densidad de siembra en plátano (Musa AAB cv. Subgrupo plátano Hartón), municipio Obispo, Barinas, Venezuela. *Revista de La Facultad de Agronomía*, *25*(4), 603–616. Retrieved from http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182008000400001&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- di Leo, N. (2018). *Drones: nueva dimensión de la teledetección agroambiental y nuevo paradigma para la agricultura de precisión*. Retrieved from <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2681914>
- Díaz, Á., Pierruges, R., Villaseñor, D., Chabla, J., & Luna, ; (2015). *Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia de El Oro*. Retrieved from <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/5121>
- Díaz García-Cervigón, , Juan José, & Díaz García-Cervigón, , Juan José. (2015). *Estudio de índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de éstos a la agricultura de precisión*.
- do Amaral, L. R., Zerbato, C., de Freitas, R. G., Júnior, M. R. B., & da Silva Simões, I. O. P. (2021). UAV applications in Agriculture 4.0. *Revista Ciência Agronômica*, *51*(5), 1–15. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200091>

- Duque Arboleda, S., Monsalve Castañeda, P., Restrepo Tabares, C., & Industrial, D. (2019). *Intervención morfológica de la hoja de banano*. Retrieved from <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/4968>
- Evora Jiménez, E. (2016). *Sistema de procesamiento de imágenes NIR e IR aéreas para agricultura de precisión*. Retrieved from <http://dspace.uclv.edu.cu:8089/xmlui/handle/123456789/6355>
- FAO. (2017). El futuro de la alimentación y la agricultura. Tendencias y desafíos. *El Futuro de La Agricultura y La Alimentación*, 44. Retrieved from <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/es/c/471474>
- FAOSTAT. (n.d.). Retrieved January 11, 2022, from <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
- Fiallo, J. (2017). *Importancia del Sector Agrícola en una Economía Dolarizada*. Quito. Retrieved from <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6807/1/134856.pdf>
- González, A., Amarillo, G., Amarillo, M., & Sarmiento, F. (2016). Drones Aplicados a la Agricultura de Precisión. *Publicaciones e Investigación*, 10, 23–37. <https://doi.org/10.22490/25394088.1585>
- Guerra Jara, G. S. (2016). *Sistema de diseño de drones*. Retrieved from <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/6016>
- Hernandez, J. G., González Ferreiro, E., Sarmiento, A., Silva, J., Nunes, A., Correia, A. C., ... Díaz Varela, R. A. (2016). Using high resolution UAV imagery to estimate tree variables in Pinus pinea plantation in Portugal: Short

Communication. *Forest Systems*, ISSN 2171-5068, Vol. 25, Nº. 2, 2016, 25(2), 16. <https://doi.org/10.5424/fs/2016252-08895>

IberfDrone. (2022, January 16). Tipos de drones y sus características | Iberfdrone Formación de pilotos. Retrieved January 15, 2022, from <https://iberfdrone.es/tipos-drones-y-caracteristicas/>

Junior, A. S. de A., Melo, F. de B., Bastos, E. A., & Cardoso, M. J. (2021). Evaluation of the nutritional status of corn by vegetation indices via aerial images. *Ciência Rural*, 51(8). <https://doi.org/10.1590/0103-8478CR20200692>

Kharuf-Gutierrez, S., Hernández-Santana, L., Orozco-Morales, R., Aday Díaz, O. de la C., & Delgado Mora, I. (2018). Análisis de imágenes multiespectrales adquiridas con vehículos aéreos no tripulados. *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 39(2), 79–91. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59282018000200007&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Kharuf-Gutierrez, S., Hernández-Santana, L., Orozco-Morales, R., de la Aday Díaz, O. C., & Delgado Mora, I. (2018). Análisis de imágenes multiespectrales adquiridas con vehículos aéreos no tripulados en agricultura de precisión. *Revista Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones ISSN: 1815-5928*, 39(2), 79–91. Retrieved from <https://rielac.cujae.edu.cu/index.php/riec/article/view/669>

Machado, M. L., Simão, M. L. R., Simão, F. R., & Alexandrino, R. C. S. (2020). Stress conditions in soybean areas based on measurements of soil-plant-atmosphere system and UAV images. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 50, 1–11. <https://doi.org/10.1590/1983-40632020V5061785>

- Moreno Peña, J. O. (2015). *Influencia de diferentes fuentes de nitrógeno en el contenido de clorofila y altura de la planta de banano hacienda Morella*. Retrieved from <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/3010>
- Ojeda-Bustamante, W., González-Sánchez, A., Mauricio-Pérez, A., Flores-Velázquez, J., Ojeda-Bustamante, W., González-Sánchez, A., ... Flores-Velázquez, J. (2017a). Aplicaciones de los vehículos aéreos no tripulados en la ingeniería hidroagrícola. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 8(4), 157–166. <https://doi.org/10.24850/J-TYCA-2017-04-10>
- Ojeda-Bustamante, W., González-Sánchez, A., Mauricio-Pérez, A., Flores-Velázquez, J., Ojeda-Bustamante, W., González-Sánchez, A., ... Flores-Velázquez, J. (2017b). Aplicaciones de los vehículos aéreos no tripulados en la ingeniería hidroagrícola. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 8(4), 157–166. <https://doi.org/10.24850/J-TYCA-2017-04-10>
- Pino, E., Nacional, U., Grohmann, J. B., & Tacna, P. (2019). Los drones una herramienta para una agricultura eficiente: un futuro de alta tecnología. *Idesia (Arica)*, 37(1), 75–84. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292019005000402>
- Porrut, P., Róvere, O., Romo, I., & Villacrés, H. (1995). *CLIMA DEL ECUADOR*. Retrieved from <file:///C:/Users/Ariel%20Rodr%C3%ADguez/Downloads/TTUACA-2021-IA-DE00052.pdf>
- Revelo Luna, D., Mejía Manzano, J., Montoya-Bonilla, B. P., Hoyos García, J., Revelo Luna, D., Mejía Manzano, J., ... Hoyos García, J. (2020). Análisis de los índices de vegetación NDVI, GNDVI y NDRE para la caracterización del

cultivo de café (*Coffea arabica*). *Ingeniería y Desarrollo*, 38(2), 298–312.

<https://doi.org/10.14482/INDE.38.2.628>

Reyes, J., Godoy, A., & Realpe, M. (2019). *Uso de software de código abierto para fusión de imágenes agrícolas multiespectrales adquiridas con drones.*

Retrieved from

http://refbase.cidis.espol.edu.ec/files/josereyes/2019/102_JoseReyes_etal2019.pdf

Rodrigo, E., & Morales, B. (2015). *MANEJO DE CULTIVOS TROPICALES DEL ECUADOR.*

Retrieved from

<http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/10165>

Santiago, D., & Suarez, P. (2020). *Supervisión autónoma de cultivos agrícolas por medio de vehículos aéreos no tripulados (UAV) usando técnicas de procesamiento de imágenes y fotogrametría.*

<https://doi.org/10.1/JQUERY.MIN.JS>

Smith, E., Velásquez, M., Zúñiga, L., & Valerín, J. (2010). Efecto de la densidad de población sobre el crecimiento y producción de plantas en primera generación de banano dátil (*Musa AA*). *Agronomía Costarricense*, 34(1), 77–83. Retrieved

from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242010000100007&lng=en&nrm=iso&tlng=es

Solis-Pino, A.-F., Revelo-Luna, D.-A., Campo-Ceballos, D.-A., & Gaviria-López, C.-A. (2021). Correlación del contenido de clorofila foliar de la especie *Coffea arabica* con índices espectrales en imágenes. *Bioteología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*,

19(2), 57–68.

<https://doi.org/10.18684/BSAA.V19.N2.2021.1536>

- Sosa-Escalona, Y., Peña Casadevall, M., & Santiesteban-Toca, C. E. (2017). Sistema para la alerta temprana de los efectos del cambio climático en la agricultura. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 11(3), 64–76. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-18992017000300006&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Tuz Guncay, I. G. (2018). *Manejo integrado del cultivo de banano (musa x paradisiaca l.) clon williams, usando biocarbón y microorganismos eficientes*. Retrieved from <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/13263>
- Vite Cevallos, H., Carvajal Romero, H., Barrezueta Unda, S., Vite Cevallos, H., Carvajal Romero, H., & Barrezueta Unda, S. (2020). Aplicación de algoritmos de aprendizaje automático para clasificar la fertilidad de un suelo bananero. *Conrado*, 16(72), 15–19. Retrieved from http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442020000100015&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Yaracuy, E., Martínez, G., Blanco, G., Hernández, J., Manzanilla, E., Pérez, A., ... Marín, C. (2009). Comportamiento del plátano (Musa AAB Subgrupo plátano, cv. Hartón Gigante) sembrado a diferentes densidades de siembra en el Estado Yaracuy, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola*, ISSN-e 1317-9152, Vol. 9, Nº. 1, 2009, Págs. 259-267, 9(1), 259–267. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3294036&info=resumen&idioma=SPA>

7 ANEXOS

Anexo 1. Visita e identificación de la finca “La Aurelia” en el sitio La Concordia.



Anexo 2. Obtención de puntos mediante GPS



Anexo 3. Recorrido de la finca



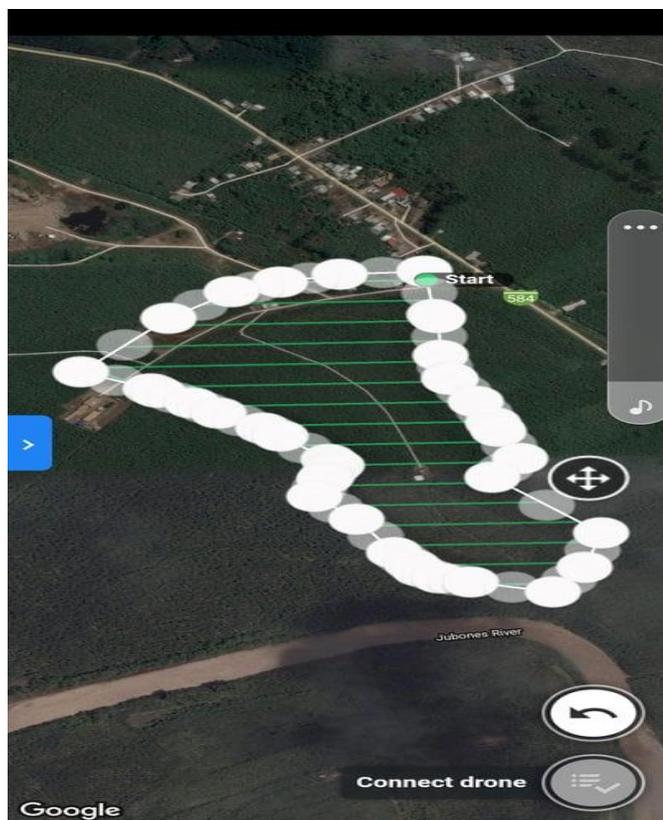
Anexo 4. Identificación de posibles áreas des pobladas en campo



Anexo 5. Recorrido de la finca para obtención del perímetro



Anexo 6. Elaboración del plan de vuelo en Pix4D



Anexo 7. Vuelo sobre la finca utilizando dron



Anexo 8. Obtención y comprobación de los datos de vuelo



Anexo 9. Fotografías de la finca obtenidas por drone



Anexo 10. a) Obtención de datos de población en campo b) Tabla de datos en Excel



Punto_muest	N° platas_qgis	N°_plastas_campo
1	30	47
2	35	55
3	30	62
4	30	49
5	28	51
6	33	54
7	31	49
8	28	56
9	29	48
10	32	53
11	27	52
12	29	54
13	27	51
14	31	53
15	30	48
16	28	52
17	34	57
18	28	49
19	30	52
20	28	52