

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“USO DE SENSOR MULTIESPECTRAL EN ARÁNDANO *Vaccinium
corymbosum* L. Y SUS APLICACIONES EN AGRICULTURA DE
PRECISIÓN”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

DIEGO SALOMON ACUÑA HUARACA

LIMA-PERU

2023

La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación

(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)

“USO DE SENSOR MULTIESPECTRAL EN ARÁNDANO *Vaccinium corymbosum* L. Y SUS APLICACIONES EN AGRICULTURA DE PRECISIÓN”

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	repositoriodigital.uns.edu.ar Fuente de Internet	1%
3	www.scribd.com Fuente de Internet	1%
4	qdoc.tips Fuente de Internet	1%
5	revistas.untrm.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	vsip.info Fuente de Internet	1%

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE AGRONOMÍA

**“USO DE SENSOR MULTIESPECTRAL EN ARÁNDANO *Vaccinium
corymbosum* L. Y SUS APLICACIONES EN AGRICULTURA DE
PRECISIÓN”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL
TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO**

DIEGO SALOMON ACUÑA HUARACA

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

.....
Ing. Mg. Sc. Julio César Nazario Ríos
PRESIDENTE

.....
Ing. Mg. Sc. Marlene Gladys Aguilar Hernández
ASESOR

.....
Dr. Erick Espinoza Núñez
MIEMBRO

.....
PhD. Liliana María Aragón Caballero
MIEMBRO

LIMA-PERU

2023

DEDICATORIA

A mi madre, padre y mis hermanos.

AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater Universidad Nacional Agraria La Molina, a la Facultad de Agronomía, por permitirme desarrollar mi formación académica y técnica en Ciencias Agrarias.

A mi familia por la constancia y apoyo durante mi formación académica.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. OBJETIVO GENERAL	2
1.3. OBJETIVO ESPECÍFICO	2
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. SITUACIÓN ACTUAL	3
2.2. GENERALIDADES.....	6
2.3. VALOR NUTRICIONAL.....	8
2.4. TAXONOMÍA	8
2.5. TIPOS DE ARÁNDANOS	9
2.5.1 Arándano Azul (<i>Vaccinium corimbosum</i> L.).....	9
2.5.2 Arándano Negro / Arándano Uliginoso (<i>Vaccinium uliginosum</i>).	9
2.5.3 Arándano Rojo (<i>Vaccinium vitis – idaea</i>).....	9
2.6. VARIEDADES	9
2.7. SISTEMA DE PLANTACIÓN.....	12
2.8. RIEGO.....	12
2.9. FERTILIZACIÓN	13
2.10.REQUERIMIENTOS DE CLIMA.....	13
2.10.1 Altos requerimientos en horas-frío (mayor a 800)	13
2.10.2 Requerimientos medios de horas-frío (entre 400-600).....	14
2.10.3 Bajos requerimientos en horas-frío (menos de 400).....	14
2.11. CALENDARIO PRODUCTIVO	14
2.12. POLINIZACIÓN EN EL ARÁNDANO.....	15
2.13. POSCOSECHA	15
2.14. ENFERMEDADES	15

2.15. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO	16
2.16. REFLECTANCIA Y TELEDETECCIÓN.....	17
2.16.1 Usos de la teledetección en la agricultura.....	18
2.16.2 Sensores en sistemas automatizados.....	19
2.17. ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA NORMALIZADA (NDVI).....	19
III. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL.....	22
3.1. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	22
3.2. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO.....	22
3.3. IRRIGACIÓN CHAVIMOCHIC.....	23
3.3.1 Caudal y nivel de turbidez.....	23
3.3.2 Temperatura y Humedad relativa	24
3.4. MATERIALES DEL DESARROLLO	26
3.4.1 Dron tipo ala fija modelo eBee X Sensefly	26
3.4.2 Sensor multiespectral RedEdge-MX MicaSense.	26
3.4.3 Computadora	27
3.5. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD.....	27
3.5.1 Planificación.....	27
3.5.2 Captura de imágenes del terreno	29
3.5.3 Metodología del procesamiento de datos	30
3.5.4 Análisis de datos mediante RaptorView	31
3.6. OTROS USOS DEL NDVI.....	34
IV .RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
V. CONCLUSIONES	37
VI. RECOMENDACIONES	38
VII. BIBLIOGRAFIA	39
VIII. ANEXOS	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Exportación mundial de Arándanos 2019.	3
Tabla 2: Importadores mundiales de Arándanos 2019	4
Tabla 3: Exportación mundial de arándanos en sus presentaciones de fresco, congelados, deshidratados y jugos	4
Tabla 4 : Variedades y hectáreas que se tiene instalado hasta la actualidad	11
Tabla 5 :Cantidades de fertilizantes para plantaciones de 1 y 2 años en Kg/ha.	13
Tabla 6 : Caudal máximo y mínimo de la irrigación Chavimochic registrado en el año 2013.	23
Tabla 7: Datos meteorológicos del año 2020 y 2021 en la estación San Luis, Hortifrut-Perú.	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Principales países de origen de exportación de arándanos en el 2020.....	5
Figura 2 :Crecimiento de las exportaciones de arándanos del Perú (US\$ milles).....	5
Figura 3 :participación de las principales regiones exportadoras,.....	6
Figura 4: Periodo estacional de producción de arándano del Perú y a nivel mundial.	14
Figura 5: Regiones del espectro electromagnético.	17
Figura 6: Caudal y nivel de turbidez de la Junta de Usuarios de Riego	24
Figura 7: Tipo de Dron de ala fija modelo eBee X Sensefly.....	26
Figura 8: Sensor multiespectral modelo RedEdge-MX MicaSense.	27
Figura 9: Elevación del perfil transversal de la zona a realizar el vuelo.	28
Figura 10 : Elevación del perfil longitudinal de la zona a realizar el vuelo.	28
Figura 11 : Ubicación de los lotes georreferenciado antes de realizar el vuelo.	29
Figura 12: Ruta de vuelo y traslape de las imágenes del Dron.....	29
Figura 13 : Generación del Índice de Vegetación de Diferencia normalizada (NDVI).	30
Figura 14 Visualización de la plataforma RaptorView.	31
Figura 15 Seguimiento del crecimiento y desarrollo del NDVI del turno 1.....	32
Figura 16 Seguimiento del crecimiento y desarrollo del NDVI del turno 2.....	32
Figura 17 Presencia de capas de materia orgánica en la hilera sin descomponer.	33
Figura 18 Presencia de Anomala spp en la zona radicular.	33
Figura 19 Presencia de capa de materia orgánica que obstruye la exploración radicular ..	34
Figura 20: Identificación del índice de área foliar en la zona de aplicación fitosanitaria. ..	35

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1:Cámaras con sensores multiespectrales	46
Anexo 2:Registro del análisis del agua del Proyecto Especial Chavimochic-2018 mes abril -noviembre.....	48
Anexo 3:Principales empresas exportadores de arándanos en la temporada 2020 (FOB)..	49

RESUMEN

El presente trabajo consistió en hacer uso de la teledetección en agricultura de precisión para dar a conocer indicadores de vegetación y poder detectar niveles de estrés de cualquier tipo en el cultivo de arándano cultivado convencionalmente. El uso de la tecnología en la agricultura en los últimos años se viene aplicando a mayor escala, la teledetección mediante un sensor multiespectral es uno de ellos que se utiliza para obtener el índice de vegetación de diferencia normalizada por sus siglas en inglés (NDVI), para determinar el NDVI se hace uso de las longitudes de onda que son absorbidas y reflejadas por las hojas de la planta en las bandas del rojo (RED) e infrarrojo cercano (NIR), mediante la siguiente relación se obtiene los valores del $NDVI = (NIR-RED) / (NIR+RED)$. La captura de estas longitudes de onda se obtuvo con una cámara con sensores multiespectrales que sobrevoló la superficie mediante un Dron de ala fija. Los valores de esta relación de longitudes de onda varían desde -1 hasta 1, siendo los valores negativos referente a objetos inertes y valores cercanos a la unidad indican alta densidad de vegetación. Las imágenes se procesaron mediante una computadora, obteniendo una imagen en mosaico donde se ubicó zonas con bajo índice de vegetación, las zonas con bajo vigor representa un grado de estrés de cualquier tipo. Se revisó en campo y se identificó en la zona radicular capas de materia orgánica sin descomponer, presencia de *Anomala* spp. en el cuello y raíz de planta. También mediante NDVI se calculó el índice de área verde que fue complemento base para incorporar otros sistemas de detección, que relaciona la cantidad de volumen de aplicación fitosanitaria con el área de follaje. Obteniendo menor volumen de aplicación en zonas de menor área verde y viceversa.

Palabras claves: *Vaccinium corymbosum*, arándano, NDVI, teledetección, inteligencia artificial.

ABSTRACT

The present work consisted of making use of remote sensing in precision agriculture to publicize vegetation indicators and to detect stress levels of any kind in conventionally grown blueberry cultivation. The use of technology in agriculture in recent years has been applied on a larger scale, remote sensing through a multispectral sensor is one of them that is used to obtain the normalized difference vegetation index (NDVI), to determine the NDVI is made use of the wavelengths that are absorbed and reflected by the leaves of the plant in the red bands (RED) and near-infrared (NIR), by means of the following relationship the values of $NDVI = (NIR-RED) / (NIR+RED)$ are obtained. The capture of these wavelengths was obtained with a camera with multispectral sensors that flew over the surface by a fixed-wing drone. The values of this wavelength ratio vary from -1 to 1, with negative values referring to inert objects and values close to unity indicating high vegetation density. The images were processed by a computer, obtaining a mosaic image where areas with low vegetation index were located, the areas with low vigor represents a degree of stress of any kind. It was reviewed in the field and layers of undecomposed organic matter were identified in the root zone, presence of *Anomala* spp. in the neck and root of the plant. Also by NDVI was calculated the green area index that was a base complement to incorporate other detection systems, which relates the amount of volume of phytosanitary application with the area of foliage. Obtaining less volume of application in areas of less green area and vice versa.

Keywords: *Vaccinium corymbosum*, blueberry, NDVI, remote sensing, artificial intelligence.

I. INTRODUCCIÓN

El arándano en el Perú ha tenido mayor crecimiento en los últimos años, siendo un cultivo muy atractivo para las empresas agroindustriales debido a su alta rentabilidad y oportuna ventana comercial (Maticorena, 2017). Los principales compradores son USA, Países Bajos y China (Salas, 2020).

Para las exportaciones del año 2021, entre los primeros 7 meses del año, permanecieron un total de 1 873 998 puestos de trabajo, entre directos, indirectos e inducidos, esto representa un incremento del más de 32.4 % respecto al año 2020, que fueron 1 388 000 en el cultivo del arándano (CIEN-ADEX, 2021).

1.1. PROBLEMÁTICA

Este cultivo demanda alta cantidad de mano de obra y cada vez existe menos disponibilidad de ella; por lo que se, incrementa en la última década el costo en casi el 100%, convirtiéndose en un reto. Así lo expresó el presidente de la Asociación de Productores de Arándanos del Perú (Miguel Bentín), quién manifiesto que durante la cosecha de arándano el número de mano de obra que se utiliza supera en 2.5 veces a la del cultivo de espárrago y el rendimiento de cosecha por persona en arándano está entre 15 y 25 kilos por jornal (León, 2015).

Se estima para el año 2030 habrá una disminución en el número de agricultores y la escasez de mano de obra será más marcada, por ello, para seguir aprovechando la producción agrícola se requiere implementar granjas inteligentes mediante tecnología y mecanización avanzada (Quiroz & Alférez, 2020). Una de estas tecnologías de acuerdo con (Handan-Nader et al., 2021), es la disponibilidad de imágenes satelitales de alta resolución que permite monitorear y regular de manera eficiente, por medio de una computadora, conocido como la teledetección.

En la actualidad la observación de la tierra basada en teledetección está ganando importancia, debido a que ofrece un marco tecnológico para el desarrollo de aplicaciones avanzadas en múltiples dominios, como el cambio climático, agricultura de precisión, urbanismo inteligente; esto promueve el desarrollo continuo de software que ofrecen capacidades informáticas orientadas al procesamiento de datos, análisis y visualización (Aldana et al., 2021).

Esta experiencia profesional permite hacer uso de la teledetección en la agricultura, para determinar el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) mediante vuelos de drones que capturan imágenes con sensores multiespectrales. Estos sensores son sensibles a las longitudes de onda del espectro de luz visible y no visibles, como el de la banda roja (RED) e infrarrojo cercano (NIR). Los valores del NDVI están en función de la energía absorbida o reflejada por las plantas en diversas partes del espectro electromagnético; como respuesta se muestra una vegetación sana o con estrés de diferentes tipos.

1.2. OBJETIVO GENERAL

Describir el uso del sensor multiespectral para determinar el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) en arándano *Vaccinium corymbosum* L. y sus aplicaciones en la agricultura.

1.3. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Determinar el vigor en el arándano.
- Describir el estrés de cualquier índole en el arándano.
- Determinar el índice de área verde mediante la teledetección en el arándano.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. SITUACIÓN ACTUAL

Según Bustamante (2021) la industria del arándano en Perú es relativamente joven, seis años después de haber iniciado la exportación de la campaña 2015-2016 ha crecido más de doce veces, posicionándose como el principal proveedor de arándanos del mundo.

Respecto del año 2019, en la **Tabla 1**, se muestra que el Perú se posicionó como el principal proveedor mundial de arándanos frescos con una participación del 13.4% del total, equivalente a US\$ 1 026 millones, monto que representó un 33.7% mayor respecto la temporada anterior (CIEN, 2021).

Tabla 1: Exportación mundial de Arándanos 2019.

Variable	Cantidad	País	Variación %	Participación %
Mill. US\$	1026.0	Perú	33.7%	13.4%
	764.9	Chile	-0.8%	10.0%
	584.6	Países Bajos	17.2%	7.6%
Miles TM	208.2	Perú	32.6%	7.8%
	211.8	Chile	-1.7%	7.9%
	85.3	Países Bajos	-21.2%	3.2%

Fuente: TradeMap-CIEN ADEX (2021)

Por su parte en el mismo año, en la **Tabla 2**, los principales países en importar arándanos fueron EE. UU. con una participación del 25.5%, un valor de US\$ 2 069 7 millones y 20.5% del volumen con 574.8 miles de TM, seguido por Países Bajos y Reino Unido en cantidad de 164.6 y 69.9 TM respectivamente (CIEN, 2021).

Tabla 2: Importadores mundiales de Arándanos 2019

Variable	Cantidad	País	Variación %	Participación %
Mill. US\$	2069.7	EE. UU.	8.5%	25.5%
	652.3	Países Bajos	28.5%	8.1%
	566.6	Reino Unido	0.7%	7.0%
Miles TM	574.8	EE. UU.	4.8%	20.5%
	164.6	Países Bajos	25.9%	5.9%
	69.9	Reino Unido	-39.7%	2.5%

Fuente: TradeMap-CIEN ADEX (2021)

Para el año 2020 en la **Tabla 3**, el Perú fue el principal exportador de arándanos frescos con una participación del 23%, mientras en congelados fue Canadá con 12%, en deshidratados Tailandia con 33% y en jugos EEUU con 23% (CIEN, 2021).

Tabla 3: Exportación mundial de arándanos en sus presentaciones de fresco, congelados, deshidratados y jugos

Categoría	Mill. US\$	País	Porcentaje %
Frescos	3523.0	Perú	23%
		Chile	16%
		Países Bajos	12%
		Otros	49%
Congelados	2967.9	Canadá	12%
		Tailandia	7%
		Polonia	7%
		Otros	73%
Deshidratados	972.8	Tailandia	33%
		China	13%
		España	9%
		Otros	45%
Jugos	209.5	EEUU	23%
		Países Bajos	22%
		Canadá	18%
		Otros	37%

Fuente: SUNAT, ADEX Data Trade (2021)

Elaboración: CIEN-ADEX

En el mismo año, en la **Figura 1** se registra los principales países de exportación; destacando EE. UU. con 53%, seguido por Países Bajos con 26%, luego China con 7% y Reino Unido con 7% reportado por el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI, 2021).

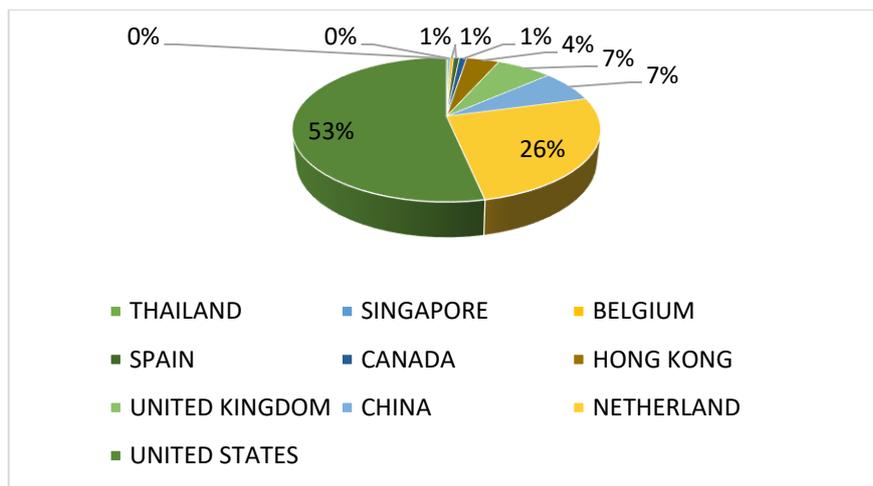


Figura 1: Principales países de origen de exportación de arándanos en el 2020.

Fuente: MIDAGRI-SISCEX, SISAP y SISAGRI

Manteniendo la misma línea de tiempo, en la **Figura 2**, se muestra como crecieron las exportaciones peruanas de arándanos de los últimos 5 años, incrementando en más de 23.4% y representando US\$ 1 031 6 millones (CIEN, 2021).

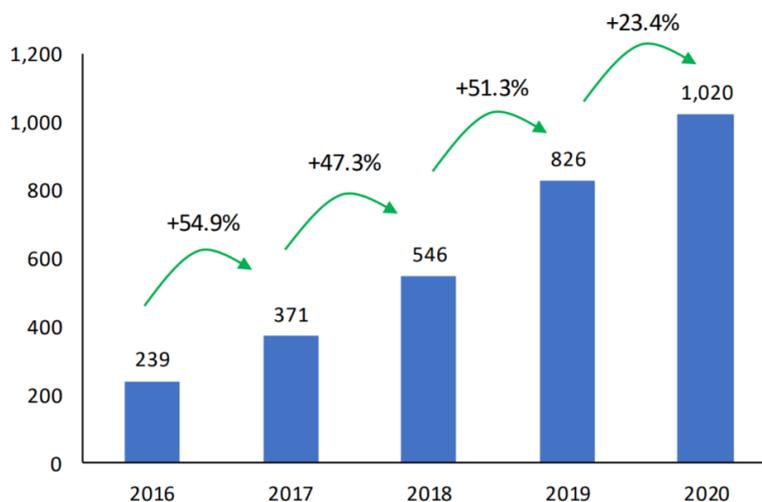


Figura 2 :Crecimiento de las exportaciones de arándanos del Perú (US\$ milles).

Fuente: SUNAT, ADEX Data Trade

Elaboración: CIEN-ADEX

También para el mismo periodo, en la **Figura 3**, se registra la participación de las principales regiones exportadoras, siendo La Libertad que lideró, concentrando el 57%,

seguido de Lambayeque con 20%, Lima 12% y otros departamentos representando el 11%; siendo en total 78 empresas que exportaron arándanos frescos convencionales a 34 mercados (CIEN, 2021).

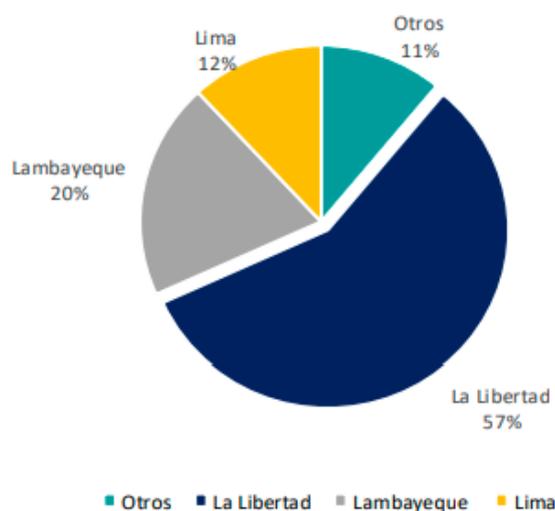


Figura 3 :Participación de las principales regiones exportadoras,

Fuente: SUNAT, ADEX Data Trade

Elaboración: CIEN-ADEX

El Centro de Investigación de Economía y Negocios Globales (CIEN, 2021) señala que en el 2020 las exportaciones peruanas de arándanos frescos llegaron al 96.7% del total, acumulando US\$ 1 031 6 millones.

En el **Anexo 3**, se muestra las empresas exportadoras que lideraron las ventas en el exterior para la temporada 2020. Siendo las cinco primeras empresas importantes por el porcentaje de participación como CAMPOSOL S.A., HORTIFRUT-PERU S.A.C., AGROVISIÓN PERU S.A.C., COMPLEJO AGROINDUSTRIAL BETA S.A. y AGROBERRIES PERU S.A.C.

2.2. GENERALIDADES

Tradicionalmente los berries, bayas o frutas del bosque no se cultivaban. Estos arbustos crecían de manera silvestre, formando parte de un tipo de frutas pequeñas y comestibles (MINAGRI-DGPA-DEEIA, 2016a).

En general se consideran berries o frutas del bosque, entre otras, a las siguientes frutas:

- Arándano (azul)
- Arándano rojo
- Aguaymanto
- Cereza
- Frambuesa
- Fresa o frutilla
- Fresa silvestre
- Frutilla o fresón
- Grosella o zarzaparrilla
- Grosella negra o zarzaparrilla negra
- Grosella alpina
- Grosella espinosa
- Guinda
- Mora o Zorzamora andina
- Mora de los pantanos
- Sauco, etc.

En la última década es un producto atractivo por sus colores, formas y sabores. Es considerado como un alimento funcional con excelentes propiedades nutritivas y terapéuticas; esto hace que su consumo mundial se vea incrementado (MINAGRI-DGPA-DEEIA, 2016b).

Los arándanos son originarios del hemisferio norte. El arándano azul es un frutal de aspecto arbustivo, correspondiente a la familia de las ericáceas; produce bayas de apariencia casi redondas de tamaño pequeño con una coloración que va desde azul hasta negro (Mayorga, 2014).

Puede llegar a tener una altura desde centímetros hasta 2.5 metros. Sus hojas son simples y caedizas, de limbo ovalado a lanceolado, se posicionan en forma alterna a lo largo de la ramilla, las estomas están ubicados exclusivamente en el envés de las hojas en densidades de hasta 300 por milímetro cuadrado (MINAGRI-DGPA-DEEIA, 2016b).

2.3. VALOR NUTRICIONAL

Los arándanos contienen gran cantidad de compuestos fenólicos. En una muestra de 100 gramos se encontraron 1 188mg de antocianinas, estos compuestos cuentan con importantes aplicaciones tecnológicas por sus propiedades bioactivas y de color (Jara-Palacios et al., 2019).

Esta baya pequeña de coloración azul de agradable sabor tiene múltiples beneficios para nuestra salud de acuerdo con el Colegio de Nutricionistas de Lima CR IV. La gran cantidad de antioxidantes de esta fruta permite tener una piel tersa, ayuda a prevenir enfermedades oncológicas, a preservar la salud de las arterias; por su contenido de flavonoides, ayuda a disminuir las infecciones urinarias y por su alto poder nutritivo y su bajo aporte calórico, resulta un excelente complemento para ser incluido en la reducción de peso (MIDAGRI, 2020).

2.4. TAXONOMÍA

Conforme con (Retamales et al., 2012), clasifican al arándano de la siguiente manera taxonómica:

Reino: Plantae

División: Magnoliophytas

Subdivisión: Angiosperma

Clase: Dicotiledónea

Subclase: Dilleniidae

Orden: Ericales

Familia: Ericaceae

Subfamilia: Vaccinioideae

Tribu: Vaccinieae

Sección: Cyanococcus

Género: *Vaccinium*

Especie: *Vaccinium corymbosum* L.

2.5. TIPOS DE ARÁNDANOS

De acuerdo con (MINAGRI-DGPA-DEEIA, 2016b), se tiene 3 tipos de arándanos que se muestran a continuación.

2.5.1 Arándano Azul (*Vaccinium corimbosum* L.)

Se desarrolla en la zona noreste de Estados Unidos, sus hojas son caducas y adquieren un tono escarlata al llegar el otoño. Es de porte vertical llegando a medir 1.8 metros de altura, con flores e inflorescencias de color rosa pálido. Sobresale por sus frutos de color negro azulado y son bastante grandes y sabrosos. Es la especie con mayor superficie cultivada (MINAGRI-DGPA-DEEIA, 2016b).

2.5.2 Arándano Negro / Arándano Uliginoso (*Vaccinium uliginosum*).

Se encuentra en el hemisferio norte, es abundante en el nivel del mar en las regiones más frías de Europa, Asia y América, llegando hasta más de 3 000 metros sobre el nivel del mar en las montañas del sur de estas regiones, es un arbusto que apenas pasa el 0.5 metros (15 a 20 cm) de altura. Crece en suelos ácidos de la tundra, zonas pantanosas y bosques de coníferas (pinos). Presentan frutos que son negras con pulpa blanca y sus flores de color rosa pálido, que florece en primavera y fructifica en verano. Sus frutos se recogen en forma silvestre (MINAGRI-DGPA-DEEIA, 2016b).

2.5.3 Arándano Rojo (*Vaccinium vitis – idaea*)

Este último tipo de arándano sus frutos se suelen recoger de plantas silvestres. Se desarrollan en la zona norte de Europa, América, Asia y en las montañas del hemisferio norte. En su mayoría aparece formando un bulto por debajo de los árboles de 10 y 30 cm de altura. Las flores presentan tonos rosados y los estambres están incluidos dentro de la corola. Sus frutos son redondeados rojizos y aparecen a finales de otoño. Su sabor es muy ácido por lo que se utiliza fundamentalmente en la elaboración de compotas y mermeladas (MINAGRI-DGPA-DEEIA, 2016b).

2.6. VARIEDADES

El Perú no estaba adherido a la Unión Internacional para la Protección de Nuevas Variedades de Plantas, UPOV (91) hasta el año 2011, de manera que fue la condicionante

para el desarrollo inicial y se cuenta con la liberación de las siguientes variedades como ‘Biloxi’, ‘Legacy’, ‘Misty’, ‘O’Neal’, ‘Duke’, ‘Brigitta’ principalmente. Las zonas costeras han sobresalido entre 80-90 % de las superficies instaladas con ‘Biloxi’ y en la sierra con buenos resultados con ‘Legacy’ (Redagícola, 2013).

Se reporta la presencia de 13 especies del género *Vaccinium* en el Perú, entre ellos se tiene: *V. amazonicum*, *V. decipiens*, *V. corymbodendron*, *V. crenatum*, *V. dependens*, *V. didymanthum*, *V. floribundum*, *V. mathewsii*, *V. pseudocaracasenum*, *V. elvirae*, *V. sphyrospermoides*, *V. ortizii* y *V. youngii*. siendo los departamentos de Pasco, Amazonas y Cuzco, los que albergan más especies nativas del género *Vaccinium* (Moscatero *et al.*, 2015).

Se registra para esta campaña un total de 46 variedades certificadas, 3 veces más de lo reportado en el 2016 y 53% el registrado en 2019 (Romainville, 2021). Así se puede observar en la **Tabla 4**, el área instalada en el país.

Tabla 4 : Variedades y hectáreas que se tiene instalado hasta la actualidad

Variedad	Superficie (ha)
'Biloxi'	5 296.13
'Ventura'	4 710.46
'Rocio'	860.8
'Emerald'	783.67
'Fcm 12-045' ('Atlasblue')	244.71
'Ridley 1403' ('Eureka')	224.77
'Scintilla'	220.94
'Mágica'	168.13
'Drisblueseven' ('Stella Blue')	142.34
'C99-42' ('Kirra')	102.55
'Drisbluethirteen' ('Terrapin')	77.77
'Fom 12-131' ('Jupiterblue')	71.96
'Bella'	61
'Kestrel'	57.92
'Springhigh'	56.95
'Bonita'	55.76
'Fom 14-052' ('Sekoya Pop')	55.17
'Snowchaser'	46.66
'Fom 12-097' ('Sekoya Beauty')	45.43
'Magnífica'	35.28
'Firet Blush'	34.41
'Salvador'	32.05
'Ridley 1602' ('Eureka Sunrise')	31.79
'Arana'	28.58
'Fom 12-087' ('Biancablue')	25.46
'Bb06-50fl-1' ('Stellar')	24.34
'Jewel'	23.23
'Plablue 15.25' ('Masirah')	14.45
'Julieta'	11.9
'Ridley 1212' ('Splash')	9.32
'Fi07-399' ('Arcadia')	8.2
'Ridley 3402' ('Meridiam')	8.11
'Plablue 15.122' ('Malibu')	6.3
'Bb07-210fl-18' ('Daybreak')	5.95
'Drisbluenineteen' ('Corrina')	5.69
'Ozblu Elaina'	5.5
'Plablue 15.02' ('Madeira')	3.6
'Ozblue Olivia'	3.52
'Prelude'	3.13
'Farthing'	2.06
'Ozblue Raquelle'	1.8
'Bb07-7fl-4' ('Presto')	1.39
'Millennia'	0.97
'Th-929' ('Victoria')	0.97
'Ozblu Andrea'	0.96
'Fom 12-038' ('Dupree')	0.74

Fuente: Romainville (2021)

2.7. SISTEMA DE PLANTACIÓN

Determinar la cantidad y calidad de los frutos son factores claves en la producción, por ello la densidad de plantación juega un rol importante (Zárate et al., 2017).

Según (Paita, 2017), en el norte chico peruano en la ciudad de Huarney se usó una densidad de 5 333 plantas por hectárea en un marco de plantación de 0.75 m x 2.5 m en 'Biloxi'.

En la región de La Libertad (Laiza, 2019) realizó ensayos en 'Biloxi', instalada a una densidad de 4 762 plantas por hectárea a un distanciamiento de 3 m x 0.7 m, también (Sebastián, 2019) propuso una densidad de 6 060 plantas por hectárea con un distanciamiento de 2.2 m x 0.69 m llegando a obtener 41.98 surcos por hectárea.

En los Estados Unidos y Chile iniciaron con un sistema de plantación de 1.5 m x 3.0 m con una densidad de 2 200 plantas por hectárea, para el año 2000 utilizaron distancias de 1.0 m x 3.0 m con un total de 3 333 plantas por hectárea (Zárate et al., 2017).

Experiencia realizada en Argentina en la variedad O'Neal, que representaba la mayor superficie instalada; realizó distanciamientos de 3 m x 0.75 m, determinando una densidad de 4 444 plantas por hectárea (Pannunzio et al., 2011).

Actualmente en México (Oaxaca) se cuentan con diferentes densidades de plantación, estas pueden variar de 5 000 hasta 7 500 plantas por hectárea (Zárate et al., 2017).

2.8. RIEGO

Trabajos realizados en Chao, Región La Libertad, muestran un sistema de plantación en contenedores y se obtiene un rendimiento de 15 278 kilogramos por hectárea usando un volumen de agua de 7 203 m³ por hectárea. Así también otro denominado sistema de camellones con rendimientos de 17 020 kilogramos por hectárea y un consumo hídrico de 14 098 m³ por hectárea durante la campaña (Rodríguez, 2019).

2.9. FERTILIZACIÓN

En el manejo agronómico la fertilización se puede calcular mediante el análisis químico del suelo y análisis foliar. Los fertilizantes pueden variar en dosis, nutrientes, fuentes, formas, tipos y épocas de aplicación (Hirzel & Rodríguez, 2003).

De acuerdo con (Paita, 2017), cultivos de primer y segundo año deben tener las siguientes cantidades de fertilización acumulados al año de la campaña, en la Tabla 5 las cantidades.

Tabla 5 :Cantidades de fertilizantes para plantaciones de 1 y 2 años en Kg/ha.

Macroelementos		Unidades	Unidades
Microelementos	Medida	(1er año)	(2do año)
Nitrato de amonio		647.5	595
Sulfato de Magnesio (MgO)		133	124
Huma Gro Phos Max(P)	L	110	104
Huma Gro Super k (K)	L	167.5	240
Nitrato de Calcio	Kg	12	12
Sulfato de Zinc	Kg	12	12
Ácido Bórico	Kg	12	12
Fulvicmol	L	215	105
Enraizante	L	8.5	6.5
Dispersante de sales	L	230	140

Fuente: Paita (2018)

2.10. REQUERIMIENTOS DE CLIMA

De acuerdo con (García, 2011), los arándanos cultivados son principalmente 2 especies y estos a su vez se dividen en 3 grupos de variedades según las necesidades de horas frío, se tienen los siguientes:

2.10.1 Altos requerimientos en horas-frío (mayor a 800)

Se tienen los “highbush” del norte, la especie más cultivada es *Vaccinium corumbosum* L. se encuentran los cultivares como ‘Duke’, ‘Legacy’, ‘Bluecrop’, ‘Ozarkblue’, ‘Liberty’, ‘Brigitta’, ‘Elliot’ y ‘Aurora’.

2.12. POLINIZACIÓN EN EL ARÁNDANO

La producción de frutos y semillas se realiza mediante la polinización, puede ser llevada a cabo por factores bióticos o abióticos, principalmente por medio de los insectos y consiste en la transferencia de polen desde los estambres hasta el estigma, mediante un proceso conocido como fecundación (FAO, 2014).

La polinización en el arándano mejora notablemente el calibre de los frutos, se lleva a cabo principalmente por la especie *Apis mellifera*, se estima que el 85% de la polinización de los cultivos la realizan las abejas, mediante acción de pecorear; la floración del arándano no es generalmente muy atractiva para estos insectos. Se recomienda ingresar una parte de las colmenas al 10% de floración y completar el resto en plena floración; la cantidad de colmenas depende de la época de floración, precocidad de la variedad, presencia de flores alternativas en el entorno, pudiendo ser desde 4 hasta 8 colmenas por hectárea (Morales, 2017).

Los insectos polinizadores como las abejas, son afectados en la agricultura tradicional debido al impacto ecológico sobre los ecosistemas; producto de los plaguicidas químicos que son usados en su mayoría (FAO, 2014).

2.13. POSCOSECHA

Los arándanos se han convertido hoy en día uno de los frutos blandos más importante económicamente, aunque son muy perecederos y susceptibles a un rápido deterioro; principalmente el ablandamiento es una de las razones de la corta vida poscosecha; ensayos realizados en diferentes cultivares de *Vaccinium corymbosum* demostraron que durante el almacenamiento en frío a 0 °C y 90% de humedad relativa, existen cambios en la disminución de la firmeza, peso, contenido de pectina soluble en agua, celulosa y hemicelulosa (Liu et al., 2019).

2.14. ENFERMEDADES

En los últimos años una de las enfermedades que se ha expandido a gran escala es la roya, ocasionada por un hongo que afecta las hojas, flores y frutos; está distribuida en las zonas productoras de Lima, Áncash, La Libertad principalmente. Se han identificado tres especies

más importantes por el Laboratorio de Diagnóstico de Fitopatología de la Universidad Nacional Agraria La Molina como *Neaohidemyces vaccini*, *Neaohidemyces fujisanansis* y *Thekopsora mínima*, ésta última hallada en plantas de la región La Libertad (Rojas, 2021).

Otra enfermedad que afecta es *Botrytis cinerea*, los conidios son liberados fácilmente en clima húmedo y son transportados por corrientes de aire, produce abundante micelio gris y largo, conidióforos ramificados que tienen células apicales redondeadas, con racimos incoloros o grises, unicelulares y ovoides; se encuentra distribuido en todas las áreas agrícolas del mundo y en diversos hospederos (Agrios, 2005). Reconociéndose como moho gris en frutilla (*Fragaria* spp.) (Sandoval *et al.*, 2018), tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Lira y Ramos, 2015), lechuga (*Lactuca sativa* L.) (Godoy *et al.*, 2018), manzana (*Malus x domestica* Borkh.) (Biché, 2019), pera (*Pyrus communis* L.) (Armijo, 2021) y vid (*Vitis vinifera* L.) (Rovello, 2018) acrecentando las pérdidas en pos-cosecha.

Durante la poda las heridas hacen que sea susceptibles a la enfermedad, conocida como cancro del tallo (*Neofusicoccum parvum*) de acuerdo con (Latorre *et al.*, 2013), esta labor sería la principal fuente de contagio, los síntomas muestran la muerte parcial o total del follaje y lesiones de cancro en la base de los tallos presentando una coloración marrón rojizo; se puede reducir la infección protegiendo inmediatamente después de la poda con fungicidas como: benomil, iprodiona, tebuconazol. El control biológico es ineficaz.

En las raíces de arándano, se realizaron aislamientos de *Phytophthora* spp., demostrando que causan pudrición al cuello y sistema radicular, la patogenicidad de los aislamientos de *P. cinnamomi* y *P. citrophthora*, de esta manera se evaluó la susceptibilidad en variedades. En relación con *P. cinnamomi*, la variedad Toro fue resistente, mientras que ‘Elliot’ y ‘Toro’ mostraron resistencia a *P. citrophthora*, siendo ‘Biloxi’ la más afectada por *P. citrophthora* (Larach *et al.*, 2009).

2.15. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

El espectro electromagnético (EEM) es la distribución de radiación electromagnética según la energía (Pérez, 2007). De acuerdo con (Glass, 2013), se encuentra en un espectro constante de energía que se expande desde la longitud de onda larga hasta onda corta y de baja frecuencia hasta alta frecuencia, en la **Figura 5** se muestra las regiones del Espectro

Electromagnético. Según (Pérez, 2007) la energía electromagnética atraviesa el espacio a la velocidad de la luz en la forma de ondas del sinusoidal. En teledetección es muy común determinar las ondas electromagnéticas en función de su posición, dentro del EEM. Para medir las longitudes de onda a lo largo del EEM es el micrón ($1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{ m}$) como la unidad mayor utilizada.

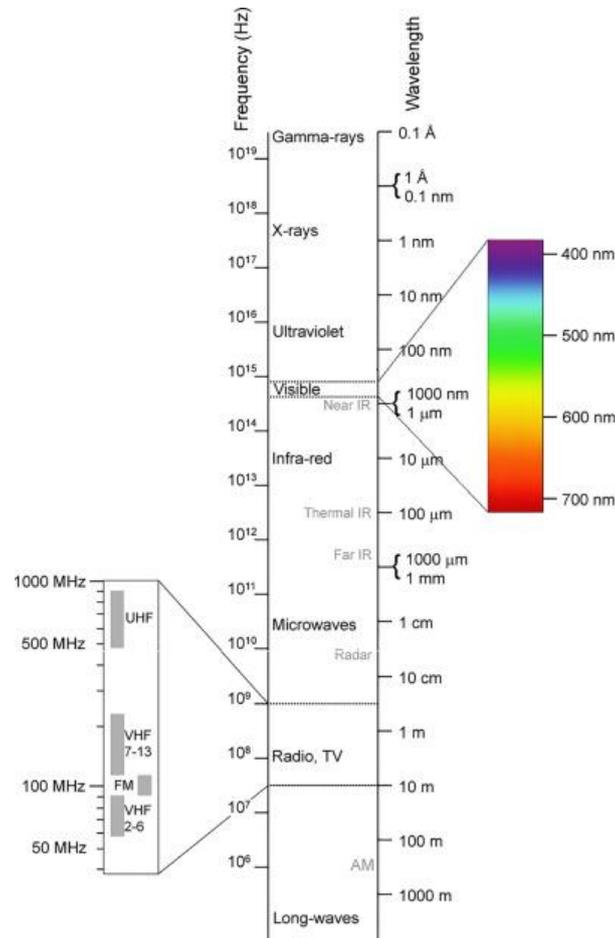


Figura 5: Regiones del espectro electromagnético.

Fuente: FAO (2019)

2.16. REFLECTANCIA Y TELEDETECCIÓN

Según (Doelling et al. (2018), la reflectancia es la relación entre la cantidad de flujo electromagnético reflejado por una superficie y la cantidad total de flujo electromagnético incidente en la superficie.

La teledetección o sensores remotos es la ciencia de obtener información de un objeto o área, a través del análisis de datos adquiridos mediante un dispositivo en cual no está en contacto directo (Lillesand & Kiefer, 1994). La teledetección de acuerdo con Read & Torrado (2009)

se desarrolla con la longitud de onda de la radiación reflejada o emitida que proporciona los cuerpos presentes en la superficie de la tierra y la atmósfera. Como afirma Sánchez-Díaz, (2018) es una de las herramientas primordiales que están al alcance para el seguimiento de patrones a escalas espaciales grandes. Read y Torrado (2009) resaltan que esta información es adquirida desde el espacio en forma de datos de imagen y permiten precisar la composición, la naturaleza de la superficie y la atmósfera. Teniendo en cuenta a Frauenfelder (2021) es la técnica que permite obtener información a distancia por medio de la radiación electromagnética. Según Zhang & Moore (2015), en la teledetección la región espectral utilizada primordialmente incorpora la región visible, infrarrojo cercano, infrarrojo de onda corta, infrarrojo de onda media, infrarrojo térmico y la región de microondas.

Los instrumentos de obtención de imágenes por teledetección se pueden clasificar en activa o pasiva (Horning, 2018). Un sensor activo produce una fuente artificial de energía y es calculada cuando se refleja; y uno pasivo calcula la energía solar reflejada o emitida por la superficie de la tierra (Horning, 2008).

De acuerdo con Zhang & Moore (2015) la teledetección óptica pasiva se canaliza en su mayoría en regiones espectrales del infrarrojo visible, infrarrojo cercano y de onda corta, como los sensores multispectrales e hiperspectrales, en cambio la teledetección activa emplea la radiación como sonda en el espectro de la región de microondas, puede emitir radiación y medir el componente dispersado devuelto.

2.16.1 Usos de la teledetección en la agricultura

De acuerdo con Días (2015) la teledetección en agricultura se utiliza en la detección de: estado hídrico de las plantas, estrés nutricional en el cultivo, detección temprana de enfermedades y plagas, control de cultivos (mediante la monitorización), índices relativos a calidad e información agrometeorológica en tiempo real.

Según Schumann et al. (2019) en arándanos silvestres (*Vaccinium angustifolium* Ait.) realizó teledetección para determinar la madurez de la baya en: verde inmaduro, rojo inmaduro y azul maduro, obteniendo una alta eficacia superior al 90% en las bayas disponibles; por lo general la cosecha en estos arándanos son mecanizadas y realizadas en una sola pasada.

Agrios (2005), señala que generalmente la teledetección hace referencia al uso de herramienta para medir la radiación electromagnética reflejada o emitida por un objeto, esto registra la radiación reflejada o emitida en la parte ultravioleta, visible o infrarroja del espectro. Las herramientas que se utilizan para la teledetección pueden ser cámaras terrestres portátiles con películas y filtros, cámaras digitales, sistemas de video y radiómetros o pueden llevarse en globos, aviones y satélites. Estos datos obtenidos por los diferentes mecanismos de detección se almacenan o se imprimen y se analizan directamente o mediante una computadora creando imágenes visuales de datos.

2.16.2 Sensores en sistemas automatizados

Actualmente en los sistemas automatizados prima el uso de los sensores que desempeñan un papel fundamental en su operación. Estos sistemas están en constante desarrollo tecnológico para lograr una lectura precisa y estable; de esta forma con el desarrollo de los sensores se ha tenido un crecimiento significativo en los campos de la física, química y biología (Vargas & Jaramillo, 2018).

2.17. ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA NORMALIZADA (NDVI)

El índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) es usado extensamente en la teledetección para vigilar los niveles de clorofila y el crecimiento de las plantas (Wang et al., 2020). Este índice se basa en el comportamiento radiométrico de la vegetación, relacionado con la actividad fotosintética y la estructura foliar, permitiendo determinar la vigorosidad de la planta. Los valores del NDVI están en función de la energía absorbida o reflejada por las plantas en diversas partes del espectro electromagnético, mientras que, en el visible, los pigmentos de la hoja absorben la mayor parte de la energía que reciben, en el infrarrojo (NIR) las paredes de las células de las hojas que se encuentran llenas de agua reflejan la mayor cantidad de energía. Cuando la vegetación sufre algún tipo de estrés, ya sea por presencia de plagas o por sequía, la cantidad de agua disminuye en las paredes celulares por lo que la reflectividad, disminuye el infrarrojo (NIR) y aumenta paralelamente en el rojo al tener menor absorción clorofílica (Días, 2015).

Este indicador de índice de vegetación fue acuñado por (Tucker, 1979) los valores se encuentran entre -1 y 1; valores inferiores a cero indican que no hay cobertura vegetal,

mientras que los valores mayores a cero describen la cobertura vegetal. Según Saravanan et al. (2019), los valores crecientes positivos indica el incremento en la proporción de bosque, en cambio, los valores del NDVI cercanos a cero y los valores negativos decrecientes indican pobre cobertura vegetal y no vegetales, como superficies estériles (roca y suelo), agua, nieve y hielo.

El uso del NDVI de acuerdo con (Solis et al., 2021), en café *Coffea arabica* determinaron que la distribución de clorofila no era homogénea en diferentes partes de la hoja enferma, por lo tanto, mediante datos de índice de vegetación se puede inferir el contenido de clorofila foliar.

Otras investigaciones reportan el uso de NDVI para determinar el déficit hídrico en zonas de producción de arándano silvestre, con resultados poco exitoso (Barai et ál., 2021).

También existen reportes realizados sobre datos espaciales de cobertura vegetal, muestra como el NDVI, se utilizaron para modelar la presencia de especies de aves dentro y entre ciudades; obteniendo resultados para anticipar su presencia en la zona urbana (Leveau e Isla, 2021).

MARCO LEGAL DE SISTEMA DE AERONAVES PILOTADAS A DISTANCIA (RPAS)

De acuerdo con la Ley que regula el uso y las operaciones de los sistemas de aeronaves pilotadas a distancia publicada por el (Congreso de la República, 2018) establece que toda persona natural, jurídica u organización civil que realice el uso diferente a la práctica aerodeportiva o recreativa con un sistema de aeronaves pilotadas a distancia (RPAS) debe contar con una licencia de piloto, también establece que no está permitido si se viola la privacidad de los ciudadanos, se pone en peligro la seguridad de las operaciones aéreas, se sobre vuela espacios urbanos, áreas naturales protegidas, zonas peligrosas, restringidas y prohibidas. A excepción con la autorización expedida por parte de la autoridad competente. De acuerdo con la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) del (Ministerio de transporte y comunicaciones, 2019) Para operar una RPAS es necesario cumplir ciertos requisitos de acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica Complementaria (NTC 001-2015). Es por ello que toda persona u organización que desee sobrevolar una unidad de este tipo deberá:

- 3 **Registrarlo.** El operador de un dron solicitará a la Dirección de Certificaciones y Autorizaciones de la DGAC una tarjeta de registro en la que dejará constancia de los datos del equipo.

- 4 **Acreditar al piloto.** La DGAC habilitará a un ciudadano como operador de dron siempre y cuando este haya sido capacitado y certificado por un Centro de Instrucción de Aviación Civil o una institución aerodeportiva acreditada por el ministerio. Y, además, apruebe la evaluación teórica tomada por la Coordinación de Licencias Aeronáutica.

- 5 **Solicitar permiso para sobrevuelo.** No hay restricción para el sobrevuelo en zonas rurales. Sin embargo, si se desea manipular un dron en un área urbana, el piloto deberá solicitar anticipadamente un permiso al MTC. El documento deberá ser ingresado por mesa de partes -dirigido a la DGAC- indicando fecha, hora y coordenadas en las que hará uso del dispositivo.

Además, el (Ministerio de Transporte y comunicaciones, 2020) emitió un aviso a la comunidad aeronáutica (Notam A2138/20) que establece que los vuelos con RPAS o drones deben realizarse a una altura máxima de 350 pies (106 metros).

III. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA PROFESIONAL

3.1. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El presente trabajo se sitúa en el proyecto de la irrigación Chavimochic, distrito de Chao, provincia de Virú, Región de La Libertad.

3.2. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

De acuerdo con Global Environment Facility (GEF et al., 2002) el litoral peruano es caracterizado por llanuras desérticas y cerros elevados, la superficie presenta la erosión sub-aérea y fluvial, por ende, posee un aspecto morfológico variado.

Se realizó la delimitación topográfica, para determinar el perfil del terreno y las pendientes a nivelar; luego se realizó la nivelación del terreno con maquinaria pesada tractor oruga modelo D8R.

Posteriormente se implementó y ejecutó la distribución de lotes, caminos y accesos, se trasladó material arenoso fino, con maquinaria pesada (cargador frontal y volquetes) para luego formar el camellón (tractor agrícola + implemento), luego se procedió con la incorporación de materia orgánica en proporciones suficientes para el óptimo desarrollo radicular.

La longitud de las hileras de los camellones varía entre 60 a 120 metros, una altura de 30 a 40 centímetros y un ancho entre 1.00 y 1.20 metros.

El sistema de plantación es sobre suelo, cubierto con manta para la protección del desarrollo de malezas.

3.3. IRRIGACIÓN CHAVIMOCHIC

La fuente de agua está ubicada en la parte Noroeste del Perú, se extiende en gran parte de la costa del Departamento de La Libertad, deriva las aguas del río Santa para la irrigación de los valles de Chao, Virú, Moche y Chicama; creado mediante Ley N° 16667, el 21 de julio de 1967, en su pleno desarrollo podrá abastecer en riego de aproximadamente 160 mil hectáreas de tierras (Gobierno Regional La Libertad, n.d.).

3.3.1 Caudal y nivel de turbidez

Registros del Proyecto Especial Chavimochic (PECH) **Tabla 6** del año 2013, se tiene caudales mayores en los meses de enero hasta abril, luego en noviembre y diciembre vuelven a incrementarse. Durante los meses desde mayo a octubre registra los menores caudales.

Tabla 6 : Caudal máximo y mínimo de la irrigación Chavimochic registrado en el año 2013.

Mes	Unidad	Promedio mes	Máximo mes	Mínimo mes
Enero	m ³ /s	189.52	206.77	169.42
Febrero	m ³ /s	263.31	286.86	232.24
Marzo	m ³ /s	492.13	550.88	450.84
Abril	m ³ /s	237.59	261.56	218.6
Mayo	m ³ /s	93.24	111.68	77.82
Junio	m ³ /s	56.89	85.31	48.89
Julio	m ³ /s	46.63	56.00	44.36
Agosto	m ³ /s	45.34	54.56	42.2
Setiembre	m ³ /s	47.10	64.25	41.67
Octubre	m ³ /s	99.31	126.59	78.93
Noviembre	m ³ /s	104.16	135.62	75.53
Diciembre	m ³ /s	220.44	249.29	187.16

Fuente: Sub Gerencia de Operaciones y Mantenimiento-PECH-2013

El nivel de turbidez (NTU) del PECH presenta variaciones durante el año, para este trabajo se utilizó el registro de la fecha 5 de octubre del presente año **Figura 6**, en el Anexo 2 se muestra los registros de análisis de agua de los meses de marzo y noviembre del 2018.



JUNTA DE USUARIOS DE RIEGO PRESURIZADO DEL DISTRITO DE RIEGO MOCHE VIRU CHAO

Reporte N°: 118 Fecha: 5-Oct-21 Día: Martes

	Ayer	Hoy
Hora	18:00	06:00
Caudal (m3/s)	51.70	48.00
Turbidez (NTU)	98.4 (//)	107 (//)

(*) Marron Oscuro (//) Marron Claro

Figura 6: Caudal y nivel de turbidez de la Junta de Usuarios de Riego Presurizado del Distrito de Riego Moche Viru Chao.

Fuente: Estación Condorcerro- PECH (2021)

3.3.2 Temperatura y Humedad relativa

En la Tabla 7 la temperatura promedio del año 2021 desde enero hasta junio muestra valores inferiores respecto al año 2020 lo mismo se presenta para las temperaturas máximas y mínimas registradas, la humedad relativa muestra los 2 primeros meses del año 2021 inferior al año 2020, pero a partir de marzo a setiembre según valores registrados la humedad relativa es superior con respecto al año anterior.

Tabla 7: Datos meteorológicos del año 2020 y 2021 en la estación San Luis, Hortifrut-Perú.

Año	Mes	T C° Prom.	T C° - Máx	T C° - Mín	HR Prom.
2020	Ene	24.4	31.4	17.9	74
	Feb	24.9	33.2	19.2	74
	Mar	25.6	33.6	19.6	69
	Abr	23.6	31.5	16.3	75
	May	21.0	28.9	14.5	80
	Jun	17.6	25.4	12.6	84
	Jul	16.3	24.7	10.4	83
	Ago	16.6	27.1	10.2	81
	Set	16.8	25.1	11.3	82
	Oct	18.3	26.3	13.2	80
	Nov	18.8	27.5	11.4	77
	Dic	21.4	29.1	16.6	77
2021	Ene	23.4	31.9	17.2	73
	Feb	23.8	31.8	17.6	71
	Mar	24.1	32.0	17.8	73
	Abr	21.6	30.1	15.8	77
	May	19.3	28.4	14.3	83
	Jun	18.1	25.2	13.7	87
	Jul	17.4	24.4	11.9	85
	Ago	16.8	24.3	11.7	84
	Set	16.7	24.2	11.7	83

Fuente: Empresa Hortifrut-Perú

El agua de riego que es usada en los campos productivos es captada y almacenada del proyecto de irrigación Chavimochic, para poder hacer uso mediante un sistema tecnificado de riego por goteo.

El sistema de riego de una parcela está distribuido mediante turnos de riegos entre 8 y 15 hectáreas, estos a su vez agrupan una cantidad de lotes que varía entre 1 y 2 hectáreas en promedio.

Los caudales de la manguera de riego presentan desde 1 hasta 1.6 litros por hora, con distanciamientos de goteros entre 0.3 a 0.4 metros.

3.4. MATERIALES DEL DESARROLLO

En el presente trabajo se utilizó un Dron, un Sensor Multiespectral y una computadora equipada con software.

3.4.1 Dron tipo ala fija modelo eBee X Sensefly

Este tipo de Dron presenta una autonomía de vuelo de 50 minutos, que permite cubrir aproximadamente 150 hectáreas por vuelo, llegando a recorrer 500 hectáreas por día; alcanza una velocidad de crucero nominal entre 40 y 90 kilómetros por hora, presenta resistencia de hasta 45 kilómetros por hora de la velocidad del viento se muestra en la **Figura 7**.



Figura 7: Tipo de Dron de ala fija modelo eBee X Sensefly.

3.4.2 Sensor multiespectral RedEdge-MX MicaSense.

Es una cámara de video que presenta un sensor multiespectral que pesa 231.9 gramos, con dimensiones de 8.7 centímetros de largo, 5.9 centímetros de ancho y una altura de 4.54 centímetros; en ésta se encuentra la banda espectral de los colores azul, verde, rojo, rojo-cercano e infrarrojo (NIR); su resolución del sensor es de 1.2 megapíxeles, la distancia que muestra desde tierra es de 8 centímetros por pixel a una altura de 120 metros, tal como se

puede apreciar en la **Figura 8**, además en el Anexo 1 se muestra los diferentes modelos de la cámara multispectral.



Figura 8: Sensor multispectral modelo RedEdge-MX MicaSense.

Fuente: MicaSense, (s.f.)

3.4.3 Computadora

La computadora para procesar las imágenes presentó un procesador Core i9, de 2.9 Ghz, una memoria RAM de 128 GB, de 64 bits y con una capacidad de almacenamiento de 2 Terabytes.

3.5. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

3.5.1 Planificación

Se evaluaron las variables que se deben tener en cuenta para determinar el área donde recolectar los datos, ubicación, perfil del terreno, condiciones ambientales (nubes, velocidad de viento).

En la **Figura 9** se muestra el perfil transversal del terreno donde se va a realizar el vuelo, también se muestra la pendiente del terreno que presenta una media de 2.8%.

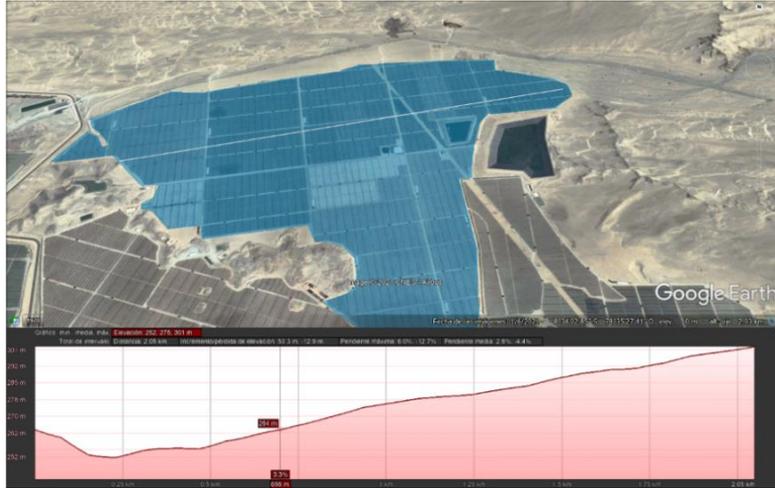


Figura 9: Elevación del perfil transversal de la zona a realizar el vuelo.

Fuente: Google Earth

De igual manera la **Figura 10** muestra el perfil longitudinal del terreno y una media de la pendiente de 3.1%.

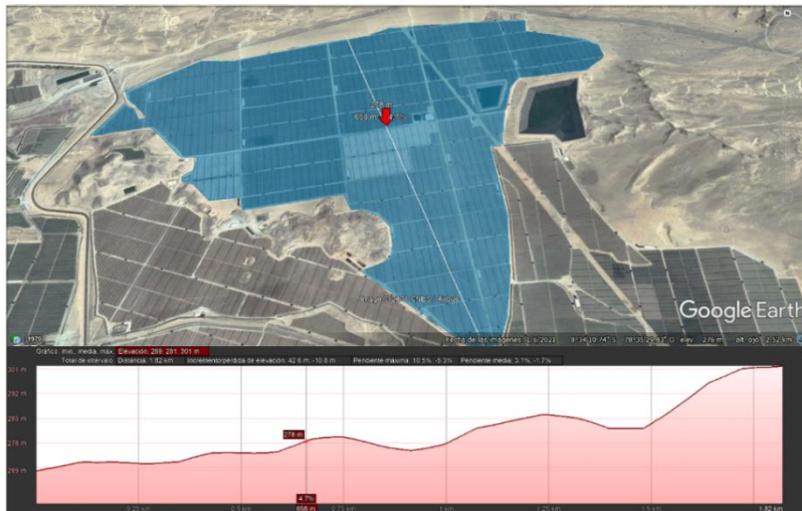


Figura 10 : Elevación del perfil longitudinal de la zona a realizar el vuelo.

Fuente: Google Earth

En la **Figura 11** se muestran las ubicaciones de los lotes, donde se va a realizar los vuelos, estos se encuentran identificados y georreferenciados.

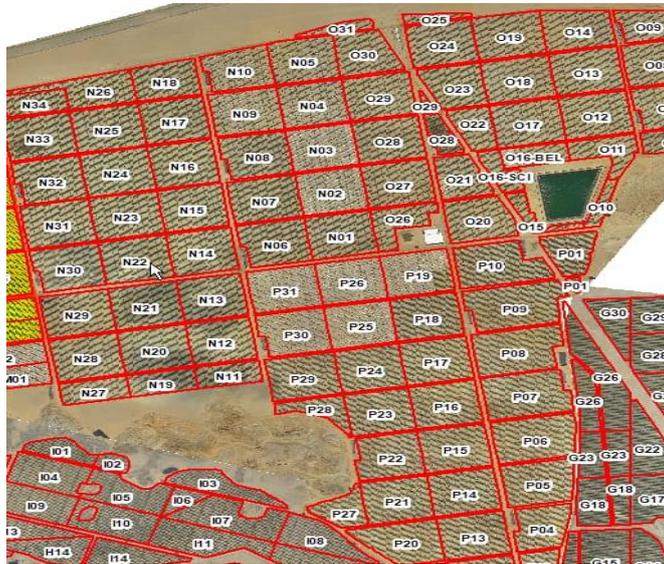


Figura 11 : Ubicación de los lotes georreferenciado antes de realizar el vuelo.

Fuente SpaceAG-Hortifrut

La programación de la ruta de vuelo se utilizó software Pix4D para generar el plano, teniendo en cuenta el 80 por ciento de los traslapes de las imágenes. Se muestra esquemáticamente en la **Figura 12**.

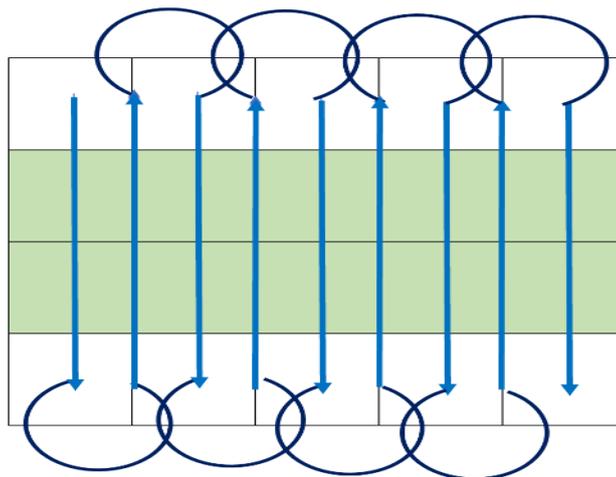


Figura 12: Ruta de vuelo y traslape de las imágenes del Dron.

3.5.2 Captura de imágenes del terreno

Se ejecutaron los vuelos en fechas programadas cada quince días, dependiendo de la etapa de cultivo. Se utilizó una cámara pasiva MicaSense multispectral con 8 centímetros de tamaño de pixel, siendo la altura de vuelo en 120 metros promedio.

3.5.3 Metodología del procesamiento de datos

Se descargaron las imágenes de la cámara multispectral en una computadora y con el software Pix4D se realizaron el procesamiento de las imágenes manteniendo las coordenadas y el 80 por ciento de los traslapes. En la imagen procesada cada pixel representa 64 cm^2 (8 centímetros de lado) de superficie en campo. Una hectárea de campo tiene 1 562 500 pixeles, cada pixel representa un valor de NDVI. Los valores cercanos a 1 son de color verde oscuro a medida que disminuye cambia el color hacia el amarillo y como rojo al valor cercano a cero. En la **Figura 13** se representa el mosaico de colores de los valores del NDVI.



Figura 13 : Generación del Índice de Vegetación de Diferencia normalizada (NDVI).

3.5.4 Análisis de datos mediante RaptorView

RaptorView es una plataforma web de la empresa SpaceAG. En la **Figura 14** se visualiza la plataforma donde están los datos, modelos y gráficos estadísticos, se representa generando mapas semaforizado, cálculo del índice de área verde y otros datos de interés con los resultados del NDVI.

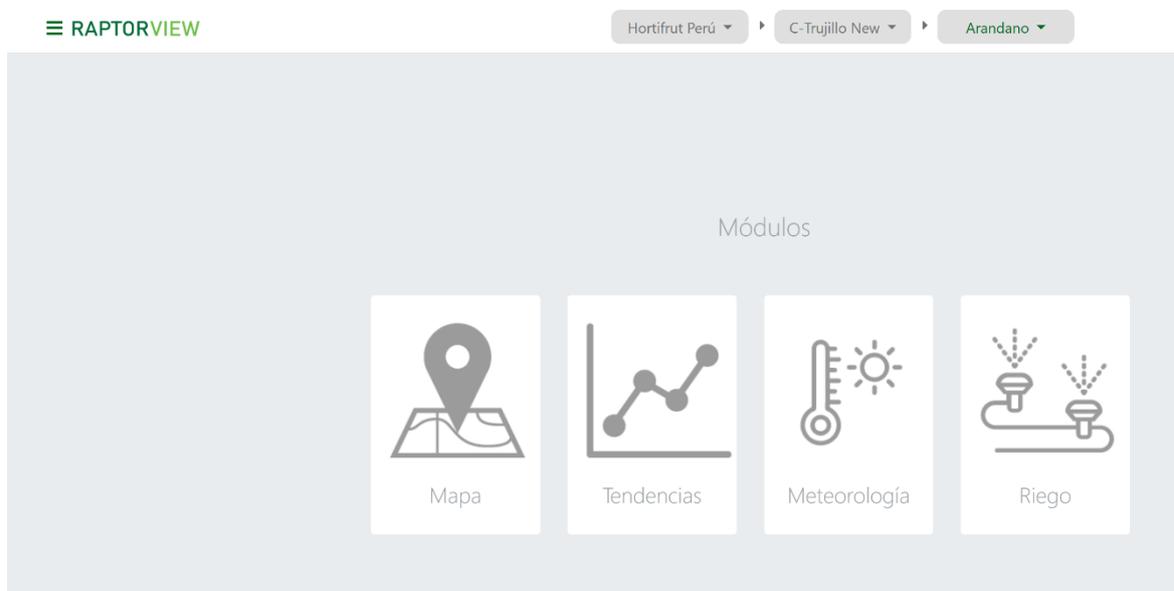


Figura 14 Visualización de la plataforma RaptorView.

Fuente: SpaceAG 2021

En la **Figura 15** y la **Figura 16** se muestran los resultados en línea de tiempo comparativamente de 8 lotes (N17, N18, N24, N25, N26, N32, N33 y N34) del turno 1 (T1) y en diez lotes (N19, N20, N21, N22, N23, N27, N28, N29, N30, N31) del turno 2 (T-2), desde diciembre del 2020 hasta octubre del 2021. En los lotes N26 y N27 del turno 1 y 2 presenta el índice de vegetación inferior a los demás lotes comparativamente, así mismo en la gráfica de líneas se observan lotes con mayor índice de NDVI a lo largo de la línea de tiempo.

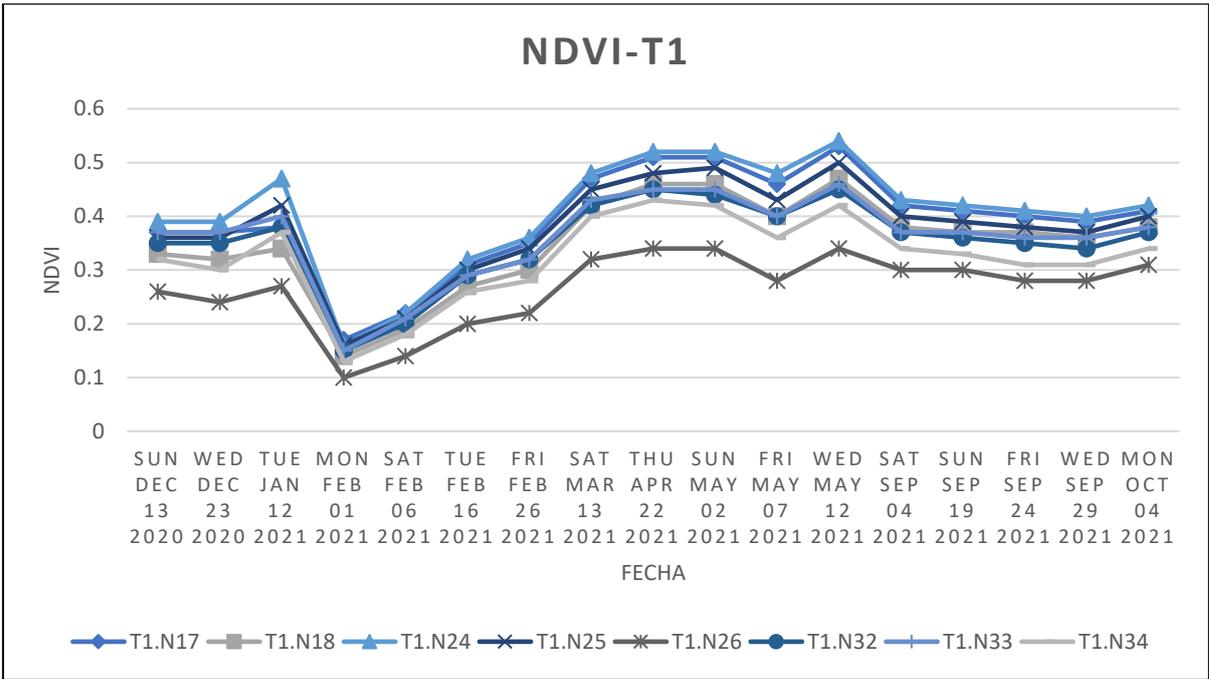


Figura 15 Seguimiento del crecimiento y desarrollo del NDVI del turno 1.

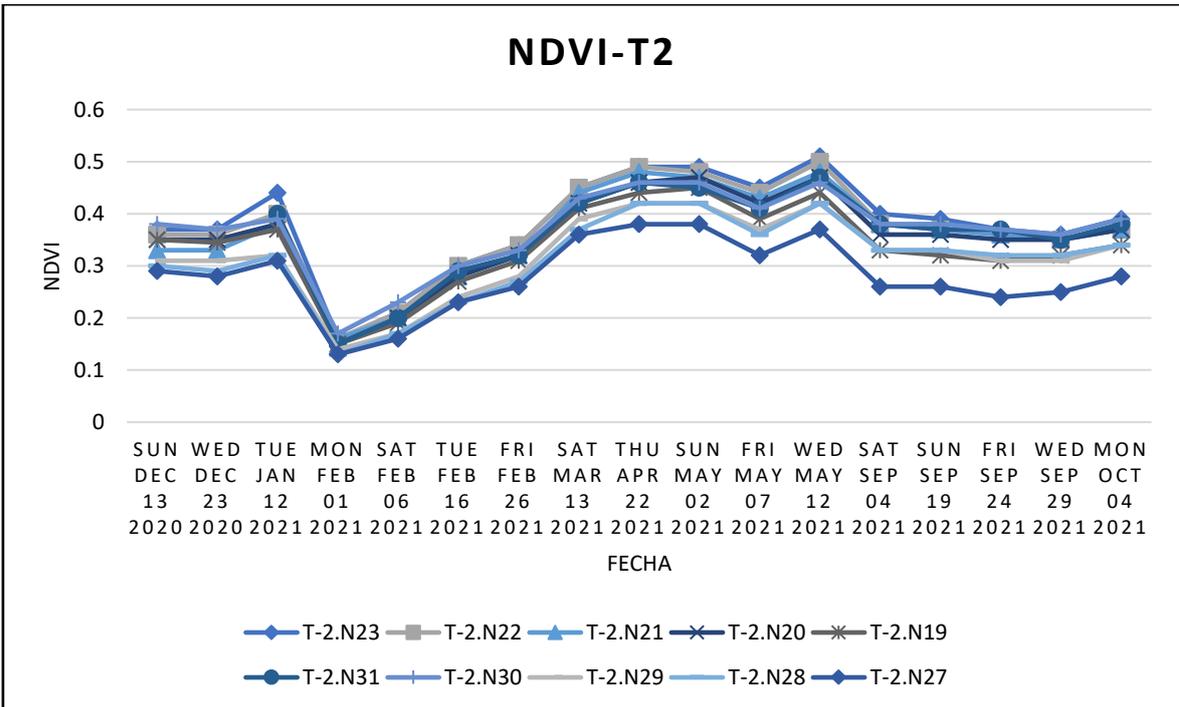


Figura 16 Seguimiento del crecimiento y desarrollo del NDVI del turno 2.

Con los resultados obtenidos, se procedió a verificar en campo, en las zonas donde se muestran los valores menores de NDVI en los lotes N26 y N27. En la **Figura 16** se muestra

la manta cobertor levantada en ella se observó el sistema radicular. Con una lampa se retiró el sustrato del camellón, exponiendo las raíces. En la **Figura 17** y **Figura 18** se encontró larvas de *Anomala spp* y en la **Figura 19** se muestra capas de materia orgánica en la zona radicular.



Figura 17 Presencia de capas de materia orgánica en la hilera sin descomponer.



Figura 18 Presencia de *Anomala spp* en la zona radicular.



Figura 19 Presencia de capa de materia orgánica que obstruye la exploración radicular

3.6. OTROS USOS DEL NDVI

El NDVI también se utilizó para generar el índice de área verde, lográndose realizar mediante algoritmos este cálculo. La metodología realizada consiste en seleccionar rangos de colores entre verde y amarillo, para generar un nuevo mapa de píxeles conteniendo solamente rangos de la vegetación activa. Este mapa de píxeles se vuelve a subdividir en 3 nuevos rangos para semaforizar en coloración verde los valores mayores, color amarillo los valores intermedios y finalmente el color rojo con los valores menores, de esta manera se genera un nuevo mosaico de colores que representa las zonas con mayor o menor índice de área verde a nivel de hileras en campo. Este indicador sirvió de base para determinar la distribución del área de las plantas para posteriormente usar otro sistema de inteligencia artificial como es Waatic Samrt Sprayer.

En la **Figura 20** se muestra un mapa semaforizado de la distribución del índice de área verde. El sistema Waatic Smart Sprayer es un software de inteligencia artificial que utiliza un mapa prescrito de área vegetal geolocalizado, este software es instalado en las maquinarias de aplicación fitosanitaria.

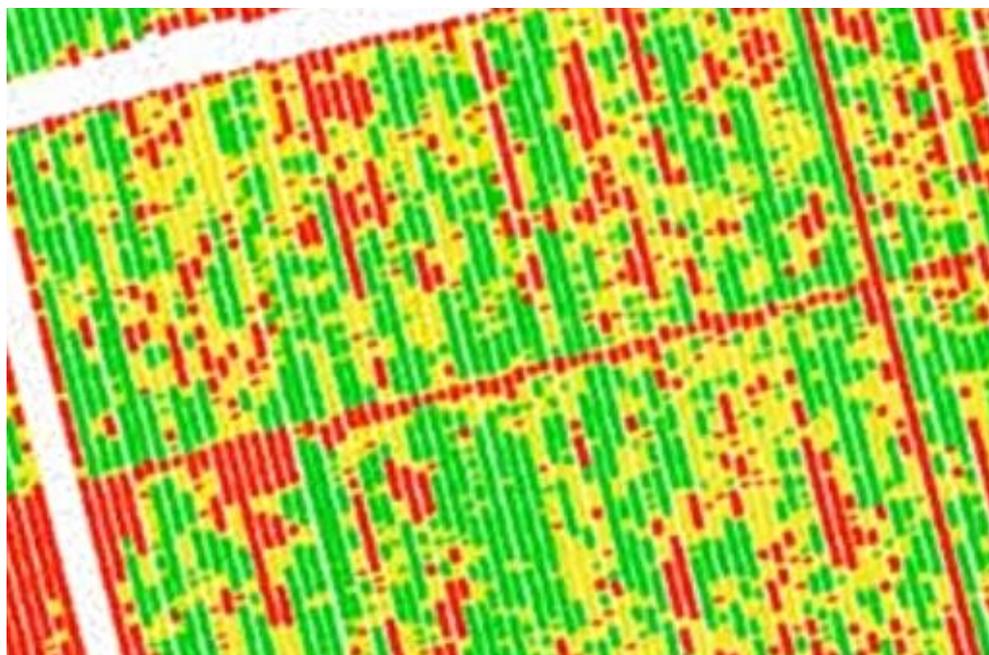


Figura 20: Identificación del índice de área foliar en la zona de aplicación fitosanitaria.

El sistema Waatic Smart durante la ejecución de la aplicación fitosanitaria opera, regulando automáticamente el volumen de aplicación en función al índice de área verde. Zonas de coloración verde muestra que el índice de área verde es superior, por lo tanto, se aplica con un volumen mayor, en las zonas de coloración amarillo o rojo indican un menor índice con respecto al área verde, entonces el sistema realiza un ajuste en la cantidad de volumen que se va aplicar con un menor índice de área verde. Los resultados de este sistema evitan realizar aplicaciones con un mayor volumen en zonas donde el índice de área verde es menor.

Con el sistema Waatic Smart Sprayer para las aplicaciones fitosanitarias se logró un ahorro en la cantidad del volumen de aplicación de hasta un 11%, frente a una aplicación convencional sin ajuste automático.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la experiencia se determinó que estos indicadores muestran el grado de estrés de la plantación debido a la actividad fotosintética de las hojas tomadas en el momento, esto tiene varias posibles causas considerando: los ocasionados desde el sistema de riego, la calidad y estado de la manguera de goteo, la nutrición vía sistema de riego, incidencia de plagas y enfermedades. Sin embargo, estos datos representados no son las únicas causas que reflejan el análisis del momento, de acuerdo con Díaz, (2015) las imágenes capturadas por una cámara multispectral no tienen en cuenta una serie de factores como nube, hora de captura, altitud e iluminación. Estos factores difieren de los resultados obtenidos en la reflectancia pues las condiciones medio ambientales fue la misma en el momento que se realizó los vuelos, los datos ambientales se consideraron en condiciones homogéneas de altitud, nubosidad e iluminancia.

En la revisión in situ se observó la mezcla del sustrato no fue homogénea al momento de la incorporación al suelo, la etapa de preparación de terreno no fue homogénea en la zona afectada del campo, la zona afectada fue un punto de recepción y distribución de materia orgánica dentro del campo, estos factores hicieron que permitiera una gran concentración de materia orgánica en capa sin descomponer en la etapa de incorporación, por lo tanto, dificultan el traspaso de la raíz. La presencia de *Anómala spp* en la zona radicular se considera que la materia orgánica fue punto inicial de llegada de esta plaga.

Éstas condicionantes son las que hace referencia al menor índice de NDVI presentado en la zona. El alcance del trabajo no hace referencia a las condiciones de calidad y vigor de los plantines procedentes del vivero antes de la instalación en campo definitivo.

V. CONCLUSIONES

Se describió el uso del sensor multiespectral para calcular el NDVI en la agricultura de precisión.

Mediante el NDVI se determinó la distribución espacial del vigor de la planta en el campo, en menor tiempo.

Con el NDVI se identificó el tipo de estrés que presentó el cultivo en un menor tiempo y recurso.

Se determinó el índice de área verde a partir del NDVI, que sirve de base para ser configurada en los programas de aplicación fitosanitaria, permitiendo ahorrar volumen de aplicación en zonas con un menor índice.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda seguir investigando sobre otros indicadores como: índice de vegetación con ajuste al suelo (SAVI) e índice infrarrojo de diferencia normalizado (NDII).

En la agricultura de precisión mediante inteligencia artificial, se debe implementar e investigar para otros cultivos que tengan una alta demanda de mano de obra para optimizar y reducir los costos.

Así mismo se sugiere incluir en la malla curricular cursos orientados a la teledetección como el NDVI, agricultura de precisión y sostenibilidad; que se convertirá en las herramientas de la agricultura del futuro.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Agrios, G. (2005). Plant pathology: Fifth edition. In *Plant Pathology: Fifth Edition* (Vol. 9780080473). <https://doi.org/10.1016/C2009-0-02037-6>
- Aldana Martín, J. F., García Nieto, J., del Mar Roldán García, M., & Aldana Montes, J. F. (2021). Semantic modelling of Earth Observation remote sensing. *Expert Systems with Applications*, 115838. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2021.115838>
- Bustamante, D. (2021). *Exportaciones peruanas de arándanos seguirán al alza en campaña 2021-2022*. 25 de Agosto de 2021. <https://gestion.pe/economia/exportaciones-peruanas-de-arandanos-organicos-casi-se-triplicarian-en-la-campana-20212022-noticia/?ref=gesr>
- CIEN. (2021, February). *Arándanos: Perú alcanza el liderazgo en el mercado mundial*. NOTA SEMANAL DE INTELIGENCIA COMERCIAL. https://www.cien.adexperu.org.pe/wp-content/uploads/2021/03/CIEN_NSIM2_Febrero_2021_Final.pdf
- CIEN-ADEX. (2021). *EMPLEOS ASOCIADOS A LAS EXPORTACIONES CRECIERON 32.4% ENTRE ENERO Y JULIO*. CIEN-ADEX. <https://www.adexperu.org.pe/notadeprensa/empleos-asociados-a-las-exportaciones-crecieron-32-4-entre-enero-y-julio/>
- Congreso de la República. (2018, March 22). LEY QUE REGULA EL USO Y LAS OPERACIONES DE LOS SISTEMAS DE AERONAVES PILOTADAS A DISTANCIA (RPAS). *El Peruano*.
- Daga, W. (2021). *La Sierra como oportunidad de desarrollar Berries como valor agregado*. Sierra Exportadora. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1916213/William_Daga-Sierra_Exportadora_0.pdf.pdf

- Días, J. (2015). Estudio de índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión. *Universidad Complutense De Madrid, Junio, 25*.
- Doelling, D., Helder, D., Schott, J., Stone, T., & Pinto, C. T. (2018). Vicarious Calibration and Validation. *Comprehensive Remote Sensing, 1–9, 475–518*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10329-X>
- FAO. (2014). *Principios y avances sobre polinización como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de Latinoamérica y el Caribe. Primera edición, 8*. <https://www.fao.org/3/i3547s/i3547s.pdf>
- Frauenfelder, R. (2021). Remote Sensing in Geology. *Encyclopedia of Geology, 736–745*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102908-4.00170-3>
- García, J. (2011). El cultivo del arándano en Asturias. *Tecnología Alimentaria, 13–20*.
- Díaz, J. J. (2015). *Estudio de Índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión [UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID]*. <https://docta.ucm.es/rest/api/core/bitstreams/8f785b6f-2e22-4d29-a2d2-1e6aae847cd8/content>
- GEF, ONUDI, IMARPE, & IFOP. (2002). Geología del mar Peruano. *Gran Ecosistema Marino de La Corriente de Humboldt, 100 p.*
- Glass, C. E. (2013). Getting Started. *Interpreting Aerial Photographs to Identify Natural Hazards, 3–13*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-420018-0.00001-4>
- Gobierno Regional La Libertad. (n.d.). *Descripción general del proyecto especial CHAVIMOCHIC*. Proyecto Chavimochic, Más Agua, Más Inversión, Más Empleo. <http://www.chavimochic.gob.pe/descripcion>
- Handan-Nader, C., Ho, D. E., & Liu, L. Y. (2021). Deep learning with satellite imagery to enhance environmental enforcement. *Data Science Applied to Sustainability Analysis, 205–228*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817976-5.00011-5>
- Hirzel, J., & Rodríguez, N. (2003). Necesidades nutricionales y fertilización del cultivo de arándano en etapa productiva. *Boletín Informativo Agropecuario Bioleche-INIA QUILAMAPU, 1–3*.

- Horning, N. (2008). Remote Sensing. *Encyclopedia of Ecology, Five-Volume Set*, 2986–2994. <https://doi.org/10.1016/B978-008045405-4.00237-8>
- Horning, N. (2018). Remote sensing. *Encyclopedia of Ecology*, 404–413. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10607-4>
- Jara-Palacios, M. J., Santisteban, A., Gordillo, B., Hernanz, D., Heredia, F. J., & Escudero-Gilete, M. L. (2019). Comparative study of red berry pomaces (blueberry, red raspberry, red currant and blackberry) as source of antioxidants and pigments. *European Food Research and Technology*, 245(1). <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3135-z>
- Laiza, J. (2019). *Efecto del silicio y quitosano en la calidad de Vaccinium corymbosum L. var. "Biloxi" en Virú, La Libertad*. Universidad Nacional de Trujillo.
- Larach, A., Besoain, X., & Salgado, E. (2009). Crown and root rot of highbush blueberry caused by *Phytophthora cinnamomi* and *P. citrophthora* and cultivar susceptibility. *Ciencia e Investigación Agraria*, 36(3), 433–442. <https://doi.org/10.4067/S0718-16202009000300010>
- Latorre, B. A., Torres, R., Silva, T., & Elfar, K. (2013). Evaluation of the use of wound-protectant fungicides and biological control agents against stem canker (*Neofusicoccum parvum*) of blueberry. *Ciencia e Investigación Agraria*, 40(3), 547–557. <https://doi.org/10.4067/S0718-16202013000300007>
- León, J. (2015). *MANO DE OBRA ES UN RETO PERMANENTE PARA PRODUCCIÓN DE ARÁNDANOS*. Agraria.Pe. <https://agraria.pe/noticias/mano-de-obra-es-un-reto-permanente-para-produccion-de-aranda-7860>
- Leveau, L. M., & Isla, F. I. (2021). Predicting bird species presence in urban areas with NDVI: An assessment within and between cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 63, 127199. <https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2021.127199>
- Lillesand, T., & Kiefer, R. (1994). Remote Sensing and Image Interpretation. *John Wiley and Sons, Inc.: Toronto, 3rd Ed.*
- Liu, B., Wang, K., Shu, X., Liang, J., Fan, X., & Sun, L. (2019). Changes in fruit firmness, quality traits and cell wall constituents of two highbush blueberries (*Vaccinium*

corymbosum L.) during postharvest cold storage. *Scientia Horticulturae*, 246, 557–562. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2018.11.042>

Maticorena Quispe, M. F. (2017). *CINCO TIPOS DE PODA EN ARÁNDANO (Vaccinium corymbosum L. cv. Biloxi) Y SU INFLUENCIA EN DETERMINADOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS*. 511, 7995788.

Mayorga, L. (2014). *MANEJO DE PODAS DE CULTIVO DE ARÁNDANO (Vaccinium corymbosum L)*. TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR A TÍTULO DE TECNÓLOGO EN HORTICULTURA, Universidad Militar nueva Granada.

MIDAGRI. (2020, March 2). *Beneficios de consumir arándanos*. OFICINA DE COMUNICACIONES E IMAGEN INSTITUCIONAL. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/85266-beneficios-de-consumir-arandanos>

MIDAGRI. (2021). *Perfil Nacional Comercio Exterior: Principales Productos Agropecuarios*. MIDAGRI.

MINAGRI-DGPA-DEEIA, C. A. R. (2016a). *El Arándano en el Perú y en el Mundo*. 1, 1–42.

MINAGRI-DGPA-DEEIA, C. A. R. (2016b). *El Arándano en el Perú y en el Mundo*. 1, 1–42.

Ministerio de transporte y comunicaciones. (2019). *MTC: Conoce los requisitos para operar un drone*. Gob.Pe. <https://www.gob.pe/institucion/mtc/noticias/50511-mtc-conoce-los-requisitos-para-operar-un-drone>

Ministerio de Transporte y comunicaciones. (2020). *MTC: operaciones con drones deben cumplir con la normativa vigente en resguardo de la ciudadanía*. Gob.Pe. <https://www.gob.pe/institucion/mtc/noticias/143580-mtc-operaciones-con-drones-deben-cumplir-con-la-normativa-vigente-en-resguardo-de-la-ciudadania>

Morales, C. (2017). Polinización. In A. Gonzáles, C. Morales, J. Riquelme, J. Hirzel, A. France, A. Pedreros, H. Uribe, B. Defilippi, P. Robledo, & C. Becerra (Eds.), *Manual de manejo agronómico del arándano* (Issue 371, pp. 85–88).

- Nivia Vargas, A. M., & Jaramillo Jaramillo, I. (2018). La industria de sensores en Colombia. *Tecnura*, 22(57). <https://doi.org/10.14483/22487638.13518>
- Paita, M. (2017). SITUACIÓN ACTUAL DEL CULTIVO DEL ARÁNDANO (*Vaccinium corymbosum* L.) EN HUARMEY. In *Trabajo Monográfico para optar el título de Ingeniero Agrónomo*.
- Pannunzio, A., Vilella, F., Texeira, P., & Premuzik, Z. (2011). Impacto de los sistemas de riego por goteo en arándanos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(1). <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000100001>
- Pérez, D. (2007). Introducción a los Sensores Remotos- Aplicaciones en Geología. *Laboratorio de Tectónica Andina*, 09.
- Quiroz, I. A., & Alférez, G. H. (2020). Image recognition of Legacy blueberries in a Chilean smart farm through deep learning. *Computers and Electronics in Agriculture*, 168, 105044. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2019.105044>
- Read, J. M., & Torrado, M. (2009). Remote Sensing. *International Encyclopedia of Human Geography*, 335–346. <https://doi.org/10.1016/B978-008044910-4.00508-3>
- Redagráfica. (2013). Resultados en Arándanos deben ser Vistos con Seriedad. *Francisco Fabres*, 6–9.
- Retamales, J., Retamales, H., & Hancock, J. (2012). *Blueberries*. US, Cambridge,, Massachusetts, US: Centre for Agricultural Bioscience International CABI.
- Rodríguez, C. (2019). *Eficiencia de riego bajo dos sistemas de conducción en "Arándano" var. Biloxi en Chao, La Libertad*. Universidad Nacional de Trujillo.
- Rojas, F. (2021). Manejo de la roya en arándanos. *AGROPERÚ Informanforma*, 13, 39–41.
- Romainville, M. (2021, March). Recambio varietal y volumen récord marcan la campaña 2020/21 del arándano peruano. *Redagráfica-Proarándanos*, 8–9.

- Salas, H. (2020). Agroexportaciones no tradicionales y su contribución al desarrollo económico Peruano. *Ciencias Económicas y Empresariales Artículo de Investigación*, 6, 4–27. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i1.1343>
- Sánchez-Díaz, B. (2018). La teledetección en investigaciones ecológicas como apoyo a la conservación de la biodiversidad: una revisión. *Revista Científica*, 3(33). <https://doi.org/10.14483/23448350.13370>
- Saravanan, S., Jegankumar, R., Selvaraj, A., Jacinth Jennifer, J., & Parthasarathy, K. S. S. (2019). Utility of Landsat Data for Assessing Mangrove Degradation in Muthupet Lagoon, South India. In *Coastal Zone Management* (pp. 471–484). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814350-6.00020-3>
- Schumann, A. W., Mood, N. S., Mungofa, P. D., MacEachern, C., Zaman, Q., & Esau, T. (2019). <i>Detection of Three Fruit Maturity Stages in Wild Blueberry Fields Using Deep Learning Artificial Neural Networks</i>. *2019 Boston, Massachusetts July 7- July 10, 2019*. <https://doi.org/10.13031/aim.201900533>
- Sebastián, E. (2019). *Manejo de podas en el cultivo de “Arándano” Vaccinium corymbosum var. Biloxi en Chao, La Libertad*. Universidad Nacional de Trujillo.
- Solis, A., Revelo, D., Campo, D., & Gaviria, C. (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>
- Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2), 127–150. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0)
- Wang, L., Duan, Y., Zhang, L., Rehman, T. U., Ma, D., & Jin, J. (2020). Precise estimation of NDVI with a simple NIR sensitive RGB camera and machine learning methods for corn plants. *Sensors (Switzerland)*, 20(11), 1–15. <https://doi.org/10.3390/s20113208>

- Zárate, N., Trejo, Y., & Gutiérrez, M. (2017). Densidades de plantación y manejo integral del cultivo del arándano (*Vaccinum corymbosum* L.) en los Valles Centrales de Oaxaca. In *Universidad & Ciencia* (Vol. 6, pp. 156–172).
- Zhang, Z., & Moore, J. C. (2015). Remote Sensing. *Mathematical and Physical Fundamentals of Climate Change*, 111–124. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800066-3.00004-8>

VIII. ANEXOS

Anexo I. Cámaras con sensores multiespectrales

	Professional Kits (Sensor + DLS2)			DJI SkyPort Kits (Sensor + SkyPort adapter + DLS2)	
	RedEdge-MX	Altum	Dual Camera System	RedEdge-MX	Altum
					
Weight	231.9 g (8.18 oz.) RedEdge-MX + DLS 2	406.5 g (14.34 oz.) Altum + DLS2	508.8 g (18 oz.) Two sensors + Mount plate + DLS2 + Cable	294.4g (10.4 oz.) Sensor + SkyPort adapter + DLS2	468.9 g (16.5 oz.) Altum + SkyPort adapter + DLS2
Dimensions	8.7cm x 5.9cm x 4.54cm (3.4in x 2.3in x 1.8in)	8.2 cm x 6.7 cm x 6.75 cm (3.2 in x 2.6 in x 2.7 in)	8.7cm x 12.3cm x 7.6cm (3.4in x 4.8in x 3.0in)	8.7cm x 5.9cm x 4.54cm (3.4in x 2.3in x 1.8in)	8.2 cm x 6.7 cm x 10.25 cm (3.2 in x 2.6 in x 4.0 in) Includes Altum + SkyPort mount
External Power	4.2 V - 15.8 V	4.9 V - 25.2 V	4.2 V DC - 15.8 V DC Provided through Dual Camera Mount	Provided by Sky-Port adapter	Provided by Sky-Port adapter
Power Input	4.0/8.0W (nominal, peak)	5.5/7.0/10W (standby, average, peak)	8.0/16.0W (nominal peak) Provided through Dual Camera Mount	Provided by Sky-Port adapter	Provided by Sky-Port adapter
Spectral Bands	Blue, green, red, red edge, near infrared (NIR)	EO: Blue, green, red, red edge, near-infrared (NIR) LWIR: thermal infrared 8-14um	Coastal blue 444(28)*, blue 475(32), green 531(14)*, green 560(27), red 650(16)*, red 668(14), red edge 705(10)*, red edge 717(12), red edge 740(18)*, NIR 842(57)	Blue, green, red, red edge, near infrared (NIR)	EO: Blue, green, red, red edge, near-infrared (NIR) LWIR: thermal infrared 8-14um
RGB Output	3.6 MP (global shutter, aligned with all bands)	High-resolution, global shutter, aligned with all bands	3.6 MP (global shutter, aligned with all bands)	3.6 MP (global shutter, aligned with all bands)	High-resolution, global shutter, aligned with all bands
Thermal		FLIR LWIR thermal infrared 8-14um radiometrically calibrated			FLIR LWIR thermal infrared 8-14um radiometrically calibrated
Sensor Resolution	1280 x 960 (1.2 MP per EO band)	2064 x 1544 (3.2 MP per EO band) 160 x 120 thermal infrared	1280 x 960 (1.2 MP per EO band)	1280 x 960 (1.2 MP per EO band)	2064 x 1544 (3.2 MP per EO band) 160 x 120 thermal infrared

	Professional Kits (Sensor + DLS2)			DJI SkyPort Kits (Sensor + SkyPort adapter + DLS2)	
	RedEdge-MX	Altum	Dual Camera System	RedEdge-MX	Altum
Ground Sample Distance	8cm per pixel (per band) at 120m (~400 ft) AGL	5.28 cm per pixel (per EO band) at 120 m (~400 ft) AGL 81cm per pixel (thermal) at 120m	8 cm per pixel (per band) at 120 m (~400 ft) AGL	8cm per pixel (per band) at 120m (~400 ft) AGL	5.28 cm per pixel (per EO band) at 120 m (~400 ft) AGL 81cm per pixel (thermal) at 120m
Capture Rate	1 capture per second (all bands), 12-bit RAW	1 capture per second (all bands), 12-bit RAW*	1 capture per second (all bands), 12-bit RAW	1 capture per second (all bands), 12-bit RAW	1 capture per second (all bands), 12-bit RAW*
Interfaces	Serial, 10/100/1000 ethernet, removable Wi-Fi, external trigger, GPS, SDHC	Aircraft: Trigger input, top of frame out, 1 PPS out. 3.3V isolated IO 2x USB 3.0 SuperSpeed ports for WiFi or Ethernet and USB 3.0 Storage.	Serial, 10/100/1000 ethernet, removable Wi-Fi, external trigger, GPS, SDHC	Provided by SkyPort: Serial, 10/100/1000 BT Ethernet, External Trigger	Provided by SkyPort adapter
Field of View	47.2° HFOV (multispectral)	50.2° x 38.4° (multispectral) 57° x 44° (thermal)	47.2° HFOV (multispectral)	47.2° HFOV (multispectral)	50.2° x 38.4° (multispectral) 57° x 44° (thermal)
Storage	SD Card	USB 3.0 compatible storage devices	SD Card	SD Card	USB 3.0 compatible storage devices

Anexo 2. Registro del análisis del agua del proyecto especial Chavimochic-2018 mes abril -noviembre.

RESULTADOS DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL EN EL RÍO TABLACHACA, RÍO SANTA, CANAL MADRE, LOS RÍOS VIRÚ, MOCHE Y CHICAMA - ABRIL 2018

Parámetros	Unidad	Estándares Nacionales N° 002-2008 MINAM	Tablachaca	Santa	D. Ingreso	D. Salida	C. Evacuador	Virú	Moché	Chicama	
			Año 2018	Año 2018	Año 2018	Año 2018	Año 2018	Año 2018	Año 2018	Año 2018	Año 2018
			Abril	Abril	Abril	Abril	Abril	Abril	Abril	Abril	Abril
PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS											
Temperatura	° C	-	21.1	20	20.8	20	21.2	26.3	19.8	21.7	
pH	-	6.5 a 8.5	7.84	7.75	7.86	7.93	7.95	7.66	7.04	7.93	
Conductividad Eléctrica	mS/cm	<2 000	0.26	0.16	0.19	0.19	0.19	0.25	0.16	0.31	
Turbidez	NTU		18094	706	10789	10475	10304	370	627	44855	
Sólidos Totales	mg/L		9631.4	1051.3	3308.9	3409	3477	526.1	722.2	32539	
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	1000	124.4	76.5	88.9	90.7	88.7	120.1	76.2	150.7	
Sólidos Suspendidos	mg/L		9507	974.8	3220	3319	3388	406	646	32386	
Sulfatos	mg/L	250	45	13	21	23	22	19	20	43	
Nitratos	mg/L	10	5.5	3.4	4.5	5.4	4	2.4	4	0.6	
Cloruros	mg/L	100-700	6.1	7.8	7.4	7.5	6.9	20.1	9.2	8.4	
Cromo Hexavalente	mg/L	0.1	0.067	0.027	0.013	0.008	0.006	0.021	0.022	0.053	
Hierro	mg/L	1	31.038	9.232	23.376	26.04	29.04	6.44	20.496	0.043	
Cobre	mg/L	0.2	2.03	0.27	0.99	0.98	0.57	0.47	0.66	0.88	
Manganeso	mg/L	0.2	3.6	1.6	2	1.6	1.9	1.2	1.7	0.8	
Zinc	mg/L	2	186.24	189.44	170.24	156.16	163.84	172.16	174.08	184.32	

Fuente: División de Medio Ambiente - PECH

RESULTADOS DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL EN EL RÍO TABLACHACA, RÍO SANTA, CANAL MADRE, LOS RÍOS VIRÚ, MOCHE Y CHICAMA - NOVIEMBRE 2018

Parámetros	Unidad	Estándares Nacionales DN° 015-2015 MINAM	Río Tablachaca	Río Santa	Desarenador Ingreso	Desarenador Salida	Canal Evacuador	Río Virú	Río Moche	Río Chicama	
			Año 2018	Año 2018	Año 2018	Año 2018	Año 2018	Año 2018	Año 2018	Año 2018	Año 2018
			Noviembre	Noviembre	Noviembre	Noviembre	Noviembre	Noviembre	Noviembre	Noviembre	Noviembre
PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS											
Temperatura	° C	-	19,2	19,6	20,2	19,2	20,3	23,0	21,9	24,0	
pH	-	6.5 a 8.5	7.31	7,18	7,20	7,19	7,16	7,09	7,58	7,23	
Conductividad Eléctrica	mS/cm	<2 500	0,48	0,21	0,25	0,25	0,23	0,29	1,03	0,60	
Turbidez	NTU		401	25,3	63,1	58,9	58,1	135	14,4	2,4	
Sólidos Totales	mg/L										
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	1000	215	107,2	118,5	105,9	110,8	160,7	505	335	
Sólidos Suspendidos	mg/L										
Sulfatos	mg/L	1000	280	102	114	124	114	190	352	110	
Nitratos	mg/L	100	1,8	1,4	1,2	1	1,2	2,1	2,7	1,3	
Nitritos	mg/L	10	2	2	3	7,1	8	1	13	8	
Cloruros	mg/L	500	49,9	26,4	16,6	20,3	19,5	212,1	180	61,7	
Cromo Hexavalente	mg/L	0.1	0.01	0.02	0.06	0.01	0.02	0.008	0.022	0.19	
Hierro	mg/L	5	1.38	0.952	0.981	1.144	1.19	0.25	0.282	0.3	
Cobre	mg/L	0.2	0.12	0.03	0.11	0.01	0.06	0.17	0.25	0.29	
Zinc	mg/L	2	0.29	0.27	0.19	0.21	0.27	0.19	0.18	0.17	
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS											
Coliformes Totales	1000 NMP/100mL		2200	2800	1200	1000	1500	2800	3800	2000	
Colif. Termotolerantes	1000NMP/100mL		370	1500	700	930	800	1200	2500	400	
E. Coli	100NMP/100mL		30	110	20	50	80	160	220	10	

Fuente: División de Medio Ambiente - PECH

Anexo 3. Principales empresas exportadores de arándanos en la temporada 2020 (FOB).

RUC	RAZON SOCIAL	CATEGORÍA	TOTAL (Miles de USD)	% PARTICIPACIÓN
20340584237	CAMPOSOL S.A.	GRAN EMPRESA	158 433,07	15.95%
20602822533	HORTIFRUT-PERÚ S.A.C.	GRAN EMPRESA	144 846,33	14.58%
20554556192	AGROVISION PERÚ S.A.C.	GRAN EMPRESA	78 184,30	7.87%
20297939131	COMPLEJO AGROINDUSTRIAL BETA S.A.	GRAN EMPRESA	60 804,81	6.12%
20600807685	AGROBERRIES PERÚ S.A.C.	GRAN EMPRESA	55 481,71	5.58%
20461642706	AGRICOLA CERRO PRIETO S.A.C.	GRAN EMPRESA	48 415,96	4.87%
20555837659	AGRICOLA SANTA AZUL S.A.C.	GRAN EMPRESA	48298,31	4.86%
20600529481	HFE BERRIES PERÚ S.A.C.	GRAN EMPRESA	46 575,63	4.69%
20170040938	DAMPER TRUJILLO S.A.C.	GRAN EMPRESA	43 541,39	4.38%
20481121966	HASS PERU S.A.C.	GRAN EMPRESA	37 523,45	3.78%
20559912353	HORTIFRUT-TAL S.A.C.	GRAN EMPRESA	34 725,09	3.5%
20557530160	BLUEBERRIES PERÚ S.A.C.	GRAN EMPRESA	30 582,02	3.08%
20104902864	EXPORTADORA FRUTICOLA DEL SUR S.A.	GRAN EMPRESA	21 742,06	2.19%
20602842739	*	GRAN EMPRESA	18 390,07	1.85%
20512217452	AGUALIMA S.A.C.	GRAN EMPRESA	18 384,36	1.85%
20602266916	CARSOL PIURA S.A.C.	GRAN EMPRESA	16 260,36	1.64%
20565586247	SB ANDINA S.A.C.	GRAN EMPRESA	11 472,42	1.15%
20536911708	VISION'S S.A.C.	GRAN EMPRESA	9 915,89	1.00%
20325117835	SOCIEDAD AGRICOLA DROKASA S.A.	GRAN EMPRESA	9 134,39	0.92%
20512441174	SOCIEDAD INDUSTRIAL MOCHE NORTE S.A.	MICRO EMPRESA	9 124,09	0.92%
20550858461	PLANTACIONES DEL SOL S.A.C.	GRAN EMPRESA	8 134,73	0.83%
20501923428	SIN RAZON SOCIAL	GRAN EMPRESA	7 473,93	0.75%
20600235738	FRUSAN AGRO S.A.C.	GRAN EMPRESA	7 277,96	0.73%
20520866630	INKA'S BERRIES S.A.C.	GRAN EMPRESA	6 797,25	0.68%
20224133929	INTIPA FLOWER EXPORT IMPORT S.A.C.	GRAN EMPRESA	5 638,08	0.57%
20601708427	GOURMET BLUEBERRIES PERU S.A.C.	GRAN EMPRESA	4 818,39	0.48%
20603669933	*	MICRO EMPRESA	4 815,50	0.48%
20548245134	SIN RAZON SOCIAL	GRAN EMPRESA	4 408,10	0.44%
20606009284	*	MICRO EMPRESA	4 348,29	0.44%
20293718220	AGRICOLA DON RICARDO S.A.	GRAN EMPRESA	3 837,42	0.39%
20318018856	INVERSIONES VICTORIA S.A.C.	GRAN EMPRESA	3 556,47	0.36%
20318018856	AGROINVERSIONES VALLE Y PAMPA PERU SOCIE	GRAN EMPRESA	3 352,29	0.34%
20601438586	SOCIEDAD EXPORTADORA VERFRUT SOCIEDAD ANONIMA CERRADA	GRAN EMPRESA	3 263,00	0.33%
20515349309	AGRICOLA LA VENTA S.A.C.	GRAN EMPRESA	2 790,76	0.28%
20571525594	AGRO ISM S.A.C.	PEQUEÑA EMPRESA	2 366,39	0.24%
20378668574	PHOENIX FOODS S.A.C.	GRAN EMPRESA	2 189,36	0.22%
20100227542	PROCESOS AGROINDUSTRIALES S.A. PROAGRO	GRAN EMPRESA	1 920,93	0.19%
20396260639	MORAVA S.A.C.	GRAN EMPRESA	1 747,01	0.18%
20602504621	SIN RAZON SOCIAL	GRAN EMPRESA	1 741,33	0.18%
20286844953	GREEN VEGETABLES Y FLOWERS S.A.C.	PEQUEÑA EMPRESA	1 474,82	0.15%

20600483596	SIN RAZON SOCIAL	GRAN EMPRESA	1 096,74	0.11%
20547669046	SIN RAZON SOCIAL	GRAN EMPRESA	1 067,58	0.11%
20451778316	SIN RAZON SOCIAL	PEQUEÑA EMPRESA	1 002,54	0.10%
20522563723	FRUTICOLA LA JOYITA S.A.C.	PEQUEÑA EMPRESA	972,69	0.10%
20601668026	SIN RAZON SOCIAL	GRAN EMPRESA	895,09	0.09%
20518086732	SIN RAZON SOCIAL	PEQUEÑA EMPRESA	702,02	0.07%
20603319746	*	PEQUEÑA EMPRESA	618,12	0.06%
20551771556	*	MICRO EMPRESA	613,58	0.06%
20549134352	CONSORCIO AGRICOLA MOQUEGUA S.A.C.	PEQUEÑA EMPRESA	446,20	0.04%
20600543661	SIN RAZON SOCIAL	PEQUEÑA EMPRESA	314,16	0.03%
20526145543	FRUITXCHANGE S.A.C.-FC S.A.C.	GRAN EMPRESA	302,75	0.03%
20557231413	AGRIMPEX PERU CIA S.A.C.	PEQUEÑA EMPRESA	272,14	0.03%
20410065364	CORPORACIÓN FRUTICOLA DE CHINCHA S.A.C.	GRAN EMPRESA	260,57	0.03%
20600752317	SIN RAZON SOCIAL	PEQUEÑA EMPRESA	214,17	0.02%
20530866590	AGROPECUARIA PAMAJOSA S.A.C.	MICRO EMPRESA	197,26	0.02%
20539967445	SIN RAZON SOCIAL	PEQUEÑA EMPRESA	190,46	0.02%
20600477791	SIN RAZON SOCIAL	PEQUEÑA EMPRESA	174,87	0.02%
20396637759	AGRÍCOLA ALPAMAYO S.A.	GRAN EMPRESA	139,10	0.01%
20601985072	SIN RAZON SOCIAL	PEQUEÑA EMPRESA	70,23	0.01%
20559547477	SIN RAZON SOCIAL	PEQUEÑA EMPRESA	52,92	0.01%
20601206758	SIN RAZON SOCIAL	MICRO EMPRESA	48,83	0.00%
20600568575	SIN RAZON SOCIAL	PEQUEÑA EMPRESA	41,94	0.00%
20565267907	SIN RAZON SOCIAL	PEQUEÑA EMPRESA	18,84	0.00%
20604791848	*	MICRO EMPRESA	15,96	0.00%
20559530744	INCA VERDE DEL PERU S.A.C.	GRAN EMPRESA	9,31	0.00%
20519375037	SIN RAZON SOCIAL	MICRO EMPRESA	3,61	0.00%
20537674602	DE GUSTE GROUP S.A.C.	GRAN EMPRESA	0,35	0.00%
20373860736	TRILLIUM AGRO DEL PERU S.A.C.	GRAN EMPRESA	0,03	0.00%

Nota: * Sin datos registrados

Fuente: MIDAGRI-SISCEX, SISAP Y SISAGRI