



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA REGIONAL DE ENSEÑANZA “NARANJAL”**

MONOGRAFÍA

**“IMPORTANCIA DE LAS IMÁGENES MULTIESPECTRALES EN LA
DETECCIÓN TEMPRANA DE PROBLEMAS FISIOLÓGICOS DE LOS
CULTIVOS EN EL ECUADOR”**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**

**AUTOR
CEDENO MACÍAS JOSÉ GABRIEL**

**NARANJAL – ECUADOR
2020**



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN BANANO Y FRUTAS TROPICALES

**“IMPORTANCIA DE LAS IMÁGENES MULTIESPECTRALES EN LA
DETECCIÓN TEMPRANA DE PROBLEMAS FISIOLÓGICOS DE LOS
CULTIVOS EN EL ECUADOR”**

MONOGRAFÍA

Trabajo de titulación presentado como requisito para la
obtención del título de
TECNÓLOGO EN BANANO Y FRUTAS TROPICALES

AUTOR
CEDEÑO MACÍAS JOSÉ GABRIEL

TUTOR
Ing. PILALOA DAVID WILMER OMAR M.Sc

NARANJAL – ECUADOR

2020



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN BANANO Y FRUTAS TROPICALES

Guayaquil, 13 de julio del 2020

Aprobación del tutor

Yo, PILALOA DAVID WILMER OMAR, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: "IMPORTANCIA DE LAS IMÁGENES MULTIESPECTRALES EN LA DETECCIÓN TEMPRANA DE PROBLEMAS FISIOLÓGICOS DE LOS CULTIVOS EN EL ECUADOR", realizado por el estudiante CEDEÑO MACÍAS JOSÉ GABRIEL, con cédula de identidad 092439330-9 de la carrera TECNOLOGÍA EN BANANO Y FRUTAS TROPICALES, Unidad Académica Programa Regional de Enseñanza Naranjal, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. Pilaloe David Wilmer Omar M.Sc



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN BANANO Y FRUTAS TROPICIALES

Milagro, 26 de febrero del 2020

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: "IMPORTANCIA DE LAS IMÁGENES MULTIESPECTRALES EN LA DETECCIÓN TEMPRANA DE PROBLEMAS FISIOLÓGICOS DE LOS CULTIVOS EN EL ECUADOR", realizado por el estudiante CEDEÑO MACÍAS JOSÉ GABRIEL, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

ING. PAULO CENTENARO QUIROZ, M.Sc.
PRESIDENTE

ING. LUIS TAPIA YANEZ, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

ING. WILMER PILALOA DAVID, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Dedicatoria

Ésta monografía está dedicada a Dios y mi familia, por ser quienes han estado junto a mi, brindándome el soporte anímico, espiritual, moral, para de ésta manera culminar con éxito ésta etapa de mi vida.

Agradezco a mi madre, a mi padre, por su esfuerzo diario, cuyo ejemplo me sirve para ser un hombre de bien y llegar a ser un exitoso profesional.

A todos mis familiares y amigos por la confianza brindada para la culminación de esta monografía.

Agradecimiento

Agradezco en primer lugar a Dios por haberme brindado la vida, de igual manera agradezco a la Universidad Agraria del Ecuador, y por su representación a la PhD Martha Bucarám Leverone, por brindar su sapiencia en favor de la educación superior, permitiendo alcanzar mis objetivos.

Al PhD. Agrónomo Jacobo Bucaram Ortiz Rector Fundador de la Universidad Agraria del Ecuador, por brindar su aporte en beneficios de la sociedad; de igual manera a los catedráticos que en todo éste trayecto supieron inculcar conocimiento técnico y humanístico.

Al Ing. Pilaloa David Wilmer Omar M,Sc, tutor de ésta monografía por su colaboración en la culminación de este trabajo.

Agradezco a mi esposa e hijos, por haberme apoyado durante todo este tiempo en lo moral.

Autorización de autoría intelectual

Yo, CEDEÑO MACÍAS JOSÉ GABRIEL, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre: "IMPORTANCIA DE LAS IMÁGENES MULTIESPECTRALES EN LA DETECCIÓN TEMPRANA DE PROBLEMAS FISIOLÓGICOS DE LOS CULTIVOS EN EL ECUADOR", para optar el título de TECNÓLOGO EN BANANO Y FRUTAS TROPICALES, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

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

Milagro, 26 de febrero del 2020

CEDEÑO MACÍAS JOSÉ GABRIEL

C.I. 0924393309

Índice general

Portada.....	1
Aprobación del tutor.....	3
Aprobación del tribunal de sustentación.....	4
Dedicatoria.....	5
Agradecimiento.....	6
Autorización de autoría intelectual.....	7
Índice general.....	8
Índice de anexos.....	11
Resumen.....	12
Abstract.....	13
1. Introducción.....	14
1.1. Importancia o caracterización del tema.....	14
1.2. Actualidad del tema.....	15
1.3. Novedad científica.....	16
1.4. Justificación del tema.....	17
1.5. Objetivos.....	17
1.5.1. Objetivo general.....	17
1.5.2. Objetivos específicos.....	18
2. Aspectos metodológicos.....	19

2.1. Materiales.....	19
2.1.1. Recursos bibliográficos	19
2.1.2. Materiales y equipos	19
2.1.3. Recursos humanos	19
2.2.1. Modalidad y tipo de investigación	19
2.2.2. Tipos de métodos	20
2.2.3. Técnicas	20
2.3 Marco legal.....	19
3. Análisis y revisión de la literatura.....	22
3.1. Manejo técnico agrícola desarrollado en el Ecuador.....	21
3.1.1. Tierra, acceso, uso y ocupación.....	22
3.1.2. Latifundio y minifundio.....	23
3.1.2.1. Prácticas agrícolas.....	24
3.1.3. Sistemas de producción.....	25
3.1.4. Problemas socio-ambientales que condicionan la producción agrícola sostenible.....	27
3.1.5. Otros factores que inciden en la producción de pequeños, y medianos agricultores	28
3.2 Las imágenes multiespectrales y sus aplicaciones.....	28
3.2.1. Sensor multiespectral.....	29

3.2.2. Imágenes multiespectrales.....	29
3.3.2.1. Resolución de las imágenes.....	31
3.2.3. Teledetección.....	31
3.3. Utilidad de las imágenes multiespectrales en la agricultura.....	32
3.3.1. Sensores utilizados en la agricultura.....	34
3.3.3.1. Tipos de cámaras de uso agrícola.....	34
3.3.3.1.1. Cámara Red Edge e infrarojo cercano.....	34
3.3.2. Índice de Vegetación de diferencia normalizada (NVDI).....	36
4. Conclusiones	39
5. Recomendaciones.....	40
6. Bibliografía.....	41
7. Glosario	46
8. Anexos	47

Índice de anexos

Anexo 1. Bandas de observacion alicados para la agricultura.....	47
Anexo 2. Imágenes multiespectrales (5 bandas) e índices cuantitativos derivados.....	47
Anexo 3. Teledeteccion aplicada	48
Anexo 4. Análisis vectorial y raster.....	48
Anexo 5. Imágenes multiespectral para la agricultura	49
Anexo 6. Mapa NDVI, con Agisoft, Photoscan.....	49
Anexo 7. Cámara multiespectral.....	50
Anexo 8. Interpretación de la planta a la lectura de infrarrojo cercano.....	50
Anexo 9. Medida del estado fisiológico de la planta.....	51

Resumen

En el Ecuador la mayor superficie se ve ocupada por minifundistas, con superficie menor a las 5 hectáreas, lo que corresponde a un 53% aproximadamente del total nacional, con una población de 85% que contempla pequeños y medianos agricultores; mientras que el restante 47% lo ostenta grandes productores que refleja el 15% de cultivadores; siendo lo que monopolizan el agro ecuatoriano. Los cultivos de banano, cacao y caña de azúcar en la costa; maíz, brócoli, en la sierra; y la naranjilla y cacao en el oriente son los que mayormente se encuentran en el uso del suelo. Las imágenes multiespectrales, son imágenes que por lo general reflejan cinco bandas: Red, Green, Blue; NIR, Rededge; las mismas que son captadas por instrumentos adaptados para dicho caso, como son cámaras y/o sensores multiespectrales; con lo cual se analiza la reflectancia de los objetos frente a las ondas emitidas por los aparatos. Los canales más ajustados al sector agrícola son NIR o infrarojo cercano y Rededge, o banda roja, las mismas que son reflejadas sobre todo la primera, al parénquima de la planta, y de ésta manera se observa el estado fisiológico de la planta. Promulgando valores que van de cero, el más bajo a uno, el más alto; lo que indica su estado; sin embargo muestra el momento más no indica en el caso de existir problemas a qué factor se debe; por lo que es necesario la interpretación junto con otros factores de producción.

Palabras claves: Agricultura, Imagen, Multiespectral, NIR, NDVI, Rededge, SIG.

Abstract

In Ecuador, the largest area is occupied by smallholders, with an area less than 5 hectares, which corresponds to approximately 53% of the national total, with a population of 85% that includes small and medium-sized farmers; while the remaining 47% is held by large producers that reflects 15% of growers; being what monopolize Ecuadorian agriculture. The banana, cocoa and sugarcane crops on the coast; corn, broccoli, in the mountains; and the naranjilla and cocoa in the east are the ones that are mostly found in land use. Multispectral images are images that generally reflect five bands: Red, Green, Blue; NIR, Rededge; the same ones that are captured by instruments adapted for this case, such as cameras and / or multispectral sensors; with which the reflectance of the objects is analyzed against the waves emitted by the devices. The channels most adjusted to the agricultural sector are NIR or near infrared and Rededge, or red band, which are reflected above all the first, to the parenchyma of the plant, and in this way, the physiological state of the plant is observed. Promulgating values that go from zero, the lowest to one, the highest; which indicates its status; nevertheless, it shows the moment but it does not indicate in the case of problems to which factor is due; therefore, interpretation is necessary along with other factors of production.

Keywords: Agriculture, Image, Multispectral, NIR, NDVI, Rededge, SIG.

1. Introducción

1.1. Importancia o caracterización del tema

Los problemas fisiológicos en los cultivos desmejoran la calidad de los productos, y son causados en su mayoría por problemas genéticos de la semilla, alteraciones derivadas por el clima, plagas, enfermedades, manipulación del hombre, deficiencia nutricional; lo cual desemboca en una mala apariencia, y contenido del fruto.

El estado fenológico de los cultivos generalmente se encuentra sujetos a la observación directa, sin embargo, existen síntomas o alteraciones que escapan o son subjetivos para el ojo humano. Debido a esta problemática y apoyado del avance tecnológico han surgido la adaptación de herramientas, instrumentos, metodologías y procesos que aparecieron para solucionar problemas en el sector de las telecomunicaciones y seguridad interna; cuyo ajustes en la agricultura han permitido delimitar de forma temprana variables desde las más cómodas como la observación del terreno, mediciones topográficas, hasta las más complejas y significativas como la estimación de indicadores de estado fisiológico general de las plantas, variables edáficas propiedades físicas, químicas y hasta biológicas, cobertura vegetal, cuerpos de agua, y demás componentes que se relacionan íntimamente con la producción agrícola.

De esta manera las cámaras multiespectrales fomentan el desarrollo agrícola nacional proveyendo de información clara, precisa, y temprana; a través de imágenes contrapuestas, en las cuales se analizan los colores y/o bandas, los mismos que generan la información necesaria para la toma de decisiones oportunas y acertadas.

1.2. Actualidad del tema

En los actuales momentos el término agricultura de precisión, asocia todos los mecanismos que permiten realizar la actividad agrícola de forma eficiente, y hasta cierto punto disminuyendo el error humano, a través de la automatización y la exposición de información generada por instrumentos los cuales cada día mejoran su fiabilidad.

Las cámaras multiespectrales son instrumentos que proveen información generada en el sitio de estudio, cuya veracidad dependerá del tipo de acoplamientos con los que cuente; lo cual inferirá directamente en el precio.

Varios son los autores, que han comprobado la relación entre las variables relacionadas directamente con la producción de la planta con datos de sensores remotos. Principalmente el índice de área foliar (LAI), verdor de la hoja, altura, nitrógeno en la hoja, contenido de clorofila, o contenido de agua entre otros (Serrano, Filella, & Penuelas, 2000) citado por (Kharuf, Hernández, Orozco, Aday, & Delgado, 2018).

En el caso de las coberturas vegetales, las diferencias entre las firmas espectrales de la vegetación sana y estresada son notables y su análisis cuantitativo es posible mediante diversas técnicas como el cálculo de índices vegetativos (IV). Como resultado de estos análisis, se hace posible la realización de diagnósticos en variables claves tales como la productividad (Meneses, Téllez, & Velásquez, 2015). Citado por (Kharuf, Hernández, Orozco, Aday, & Delgado, 2018).

1.3. Novedad científica

Se podría decir que el uso de la mayoría de instrumentos tecnológicos aplicados en la agricultura no nacieron directamente de una necesidad de éste sector, sino mas bien fueron acomplándose a las necesidades de éste. Por ello el uso de cámaras multiespectrales utilizadas en sus inicios en la seguridad interna de países, y telecomunicaciones en general; proveyó de herramientas para la adopción de la metodología utilizada para fines de seguridad, ahora para la agricultura, como es la aplicación directa en la estimación de aspectos fisiológicos de la planta, indicadores edáficos, entre otros.

El índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI) se utiliza para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación, con base en la medición de la intensidad de la radiación que la vegetación refleja y que se puede observar por medio de las bandas del espectro electromagnético (SRL, 2016). Citado por por (González, Amarillo, Sarmiento , & Amarillo, 2017).

El NDVI se utiliza en todo el mundo para hacer un seguimiento de las sequías, supervisar y predecir la producción agrícola, ayudar en la predicción de las zonas con riesgo de incendio y cartografiar la desertización. El NDVI es muy utilizado en el seguimiento de la vegetación global porque ayuda a compensar los cambios en las condiciones de iluminación, la pendiente de la superficie, la orientación y otros factores extraños (Liselland, Kiefer, & Chipman, 2004). Citado por (González, Amarillo, Sarmiento, & Amarillo, 2017).

1.4. Justificación del tema

La agricultura constantemente al igual que toda actividad busca integrar conceptos tecnológicos y ancestrales que representen una herramienta significativa para el desarrollo sostenible de la actividad. Por ello el tema se plantea como una estrategia para mejorar el manejo de los cultivos, proveyendo información clara y oportuna coadyuvando al aumento de la producción y la disminución significativa de costos. Se genera información, con instrumentos tecnológicos que disminuye el error y el tiempo de espera, traducido en conjunto, en el perfeccionamiento de las labores agrícolas. Es un tema particular que correctamente aplicado de forma vinculante con los saberes ancestrales e información agrotécnica adecuada, puede recaer en el manejo integral de cultivos independientemente de la zona en la cual se aplique.

El presente trabajo investigativo se expone como una guía que orientará al grupo de trabajo, docente, estudiante, institución, agricultor y sociedad en general, a tomar un criterio integral con respecto a la utilización de cámaras multiespectrales en el levantamiento y generación de información agrícola, ajustada a las condiciones económicas, culturales, técnicas y sociales de cada sector.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Describir la funcionalidad de las imágenes multiespectrales en la agricultura, a través de la revisión bibliográfica para la determinación y aplicación de variables fisiológicas en el mejoramiento de las prácticas y manejo de los cultivos.

1.5.2. Objetivos específicos

- Detallar el manejo técnico agrícola desarrollado en el Ecuador.
- Caracterizar las imágenes multiespectrales y sus aplicaciones.
- Describir la utilidad de las imágenes multiespectrales en la agricultura.

2. Aspectos metodológicos

2.1. Materiales

2.1.1. Recursos bibliográficos

El presente trabajo se basó en el enfoque metodológico, que se relaciona en la investigación de tipo monográfico, mediante la búsqueda de información en sitios web académicos, folletos, revistas científicas, libros, monografías, revistas, biblioteca de la Universidad Agraria del Ecuador con la finalidad de poder conocer la importancia de las imágenes multiespectrales en la detección temprana de variables fisiológicas agrícolas.

2.1.2. Materiales y equipos

En el presente trabajo se contó con materiales y equipos tales como textos, hojas papel bond A4, impresora, computador, pendrive e impresora.

2.1.3. Recursos humanos

Los recursos humanos con los que contamos en este trabajo monográfico fueron:

- El estudiante,
- Autoridades y,
- Tutor.

2.2. Métodos

2.2.1. Modalidad y tipo de investigación

El presente trabajo de investigación bibliográfica pertenece al campo no experimental, y se lo realizará mediante la recopilación y análisis de información referente al tema.

2.2.2. Tipos de métodos

2.2.2.1. Método deductivo

En el desarrollo de este trabajo monográfico aplicamos este método de observación ya que concluido nos permitió tomar las conclusiones necesarias para las respectivas explicaciones.

2.2.2.2. Método inductivo

En este método se obtendrá conclusiones de conocimientos que se inicia por la observación, la clasificación y el estudio de los hechos que permitirán llegar a un análisis concreto.

2.2.2.3. Método de análisis

Dentro de este método se dividió el material recopilado, para obtener las partes fundamentales que sirvieron de ayuda en la aplicación del objeto en estudio, detallando los principales elementos de investigación que este poseía.

2.2.2.4. Método de síntesis

Este es un proceso donde se relacionó el material obtenido en el método del análisis, presentado como resultado una información lógica y contenido coherente con fundamentos que los respaldan, brindando las conclusiones que fueron necesarias del tema tratado.

2.2.3. Técnicas

Para la realización de la presente monografía, se utilizó la técnica de investigación bibliográfica, permitiendo la recopilación, el análisis y la selección de la información, donde se estableció y complementó la investigación con las teorías de diferentes autores.

2.3. Marco legal

El estudio busca proveer de herramientas tecnológicas que permitan solventar los procesos de gestión y administración agrícola, bajo un enfoque de eficiencia; fundamentado en la Constitución de la República del Ecuador:

Capítulo quinto Sectores estratégicos, servicios y empresas públicas.

Art. 314.- El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias, y los demás que determine la ley. El Estado garantizará que los servicios públicos y su provisión respondan a los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad. El Estado dispondrá que los precios y tarifas de los servicios públicos sean equitativos, y establecerá su control y regulación.

Capítulo sexto. Trabajo y producción Sección primera Formas de organización de la producción y su gestión.

Art. 320.- En las diversas formas de organización de los procesos de producción se estimulará una gestión participativa, transparente y eficiente. La producción, en cualquiera de sus formas, se sujetará a principios y normas de calidad, sostenibilidad, productividad sistémica, valoración del trabajo y eficiencia económica y social.

Sección octava. Ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales.

Art. 385.- El sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía, tendrá como finalidad: 1. Generar, adaptar y difundir conocimientos científicos y tecnológicos. 2. Recuperar, fortalecer y potenciar los saberes ancestrales. 3. Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008).

3. Análisis y revisión de la literatura

3.1. Manejo técnico agrícola desarrollado en el Ecuador

La economía del Ecuador se encuentra sujeta principalmente a dos rubros, el primero que se deriva de las ventas petroleras y el segundo que se ajusta a la producción y exportación agrícola, siendo el desarrollo de éste último dependiente de las políticas estatales y la decisión de grandes empresarios y terratenientes vinculados al sector agrícola.

Aún después del surgimiento del petróleo, la agricultura ha continuado realizando aportes significativos a la producción, el empleo y las exportaciones del Ecuador. Se trata de una actividad muy diversificada en las tres regiones. El sector está compuesto por una mayoría de fincas rurales de auto-subsistencia en manos de campesinos (mayoritariamente indígenas y mestizos), que son el soporte del mercado nacional. Sin embargo, también hay un buen número de propiedades de tipo empresarial, modernas, y con numerosos productos – tradicionales y nuevos–, orientados a la agroindustria y la exportación. A pesar de numerosos esfuerzos y programas con distintos enfoques para fortalecer el desarrollo rural y aún cuando algunos productos mantienen una buena competitividad internacional, la producción y la productividad agropecuaria (sobre todo en los cultivos) han tenido un desempeño poco satisfactorio en las últimas dos décadas del siglo pasado (Banco Mundial, 2004).

Este desempeño poco satisfactorio es el resultado de varios factores, entre ellos algunos externos al sector como: inestabilidad institucional, falta de coherencia en las políticas de desarrollo y las crisis económicas periódicas. Otros que son propios del sector, en particular: escasas oportunidades financieras y gestión deficiente del crédito disponible; comercialización deficiente de insumos y

productos y sobre todo, el desmantelamiento de la institucionalidad de apoyo, principalmente en los temas de innovación, sanidad y regulación del acceso y uso de recursos naturales (agua y suelo). Las deficiencias y el deterioro del sistema público no han sido compensadas por el sector privado comercial o por organizaciones de productores y de la sociedad civil, a pesar de algunos progresos recientes. Con la apertura e integración regional en curso y la dolarización de la economía que impide utilizar la política cambiaria como instrumento de competitividad internacional, el crecimiento sólo puede apoyarse en aumentos genuinos de eficiencia y productividad en el uso de los recursos. Otros factores importantes, con incidencia también sobre la inequidad del sector agropecuario han sido la falta de acceso de los pobres rurales a los factores productivos (tierra, capital y tecnología); los bajos niveles de escolaridad y sobre todo la formación técnica deficiente de buena parte de la fuerza de trabajo (C.A.F. & F.A.O., 2014).

En el Ecuador la agricultura ha quedado relegado a segundo plano, incluso pese a las políticas estatales del cambio de la matriz productiva, enfatizando su interés por invertir en el sector agropecuario. Tanto la deficiente investigación, la ausencia en el fomento de apertura de líneas de crédito, ausencia de infraestructura agrícola, y sobre todo la nula transferencia de tecnología ha producido en el país, una dependencia a técnicas ambiguas y poca productivas convirtiéndola en una actividad de sobrevivencia, manteniendo el letargo social y posicionando en el subdesarrollo al país.

Es necesario reconocer los efectos calamitosos del excesivo y, frecuentemente contradictorio, conjunto de controles que han caracterizado a la economía ecuatoriana en general y su sector agrícola en particular. Parte de ello se enfoca en políticas restrictivas – macroeconómicas y sectoriales que generan precios

bajos e incentivos insignificantes, inadecuada base científica, y el limitado acceso a técnicas mejoradas.

No ha existido suficiente inversión en investigación ni en la extensión de servicios y capital humano, lo cual ha generado bajos rendimientos, empobrecimiento del sector rural, y en general una decadencia de la sociedad agrícola (Lefebver, 1996).

El modelo de producción agrícola que caracteriza al país es el sistema convencional de trabajo, el cual se principaliza en la mayoría de sectores, y se emplaza por la aplicación de agroquímicos para el control de plagas, enfermedades, fertilización, control y regulación de crecimiento, cosecha, y demás labores en los cuáles se han hecho necesario la incorporación de los productos sintéticos asociados a la implementación de mecanización agrícola, y entrelazado con mínimos conocimientos ancestrales, tanto en minifundios como en latifundios. Sin embargo el modelo orgánico está generando grandes adeptos, esto en un pequeño círculo de grandes productores.

3.1.1. Tierra, acceso, uso y ocupación

De acuerdo a los datos del III Censo Agropecuario de 2001, 94,53% de la tierra en el Ecuador se encuentra bajo un régimen de propiedad privada con cerca de 11'680.469 has, superficie sobre la cual se extienden 828.267 unidades productivas agropecuarias (UPAs) – 98,27%—, distribuidas entre grandes, pequeñas y medianas. Por su parte, la propiedad comunal sobre la tierra posee 602.862 has, con 13.408 UPAs y, 73.261 has, con 1.228 UPAs son propiedad del Estado (Daza, 2019).

Al 2013, un 30% de las tierras en el Ecuador corresponde a bosque y monte, el 27,44% de la superficie se destina a pastos cultivados, los pastos naturales representan 13,80%; por su parte, los cultivos permanentes representan 12,49%,

cultivos transitorios y barbecho representan 8,53%, los páramos ocupan 4,18%, la tierra en descanso se ubican en 1,63% y 1,84% se destina para otros usos. En cuanto a la superficie “exclusiva” para uso agropecuario, la región de la costa tiene 44,93%, la sierra un 37,73% y el oriente el 17,34% (INEC – ESPAC, 2013). En el Ecuador, según información oficial del Ministerio de Agricultura (2013), cerca de 1.705.372 personas están ocupadas en actividades agropecuarias, de las cuales, 1.388.191 habitan en zonas rurales y representan el 62% de la población económicamente activa rural (PEA); mientras que 317.181 personas que viven en el área urbana dependen de actividades económicas agropecuarias (Daza, 2019).

La concentración de la tierra es mayor en muchas de las zonas de alta productividad, particularmente en la cuenca baja del río Guayas, en el centro-sur de la Costa (área bananera y de caña de azúcar) y en el norte de la Sierra (cerca de Quito), (CAF – FAO, 2016).

3.1.2. Latifundio y minifundio

Al analizar el total nacional que abarca 842.82 unidades de producción agropecuarias, 248.398 lotes tienen menos de una hectárea, lo que representa el 29,48% del total nacional; 117.660 parcelas tienen de una hasta menos de dos hectáreas, lo cual corresponde al 13,96% del total nacional; 78.850 lotes tienen de dos hasta menos de tres hectáreas, lo que equivale al 9,35% del total nacional y 90.401 parcelas tienen de tres hasta menos de cinco hectáreas, lo que equivale al 10,72% del total nacional. Es decir, el 63,51% del total nacional de las unidades de producción agropecuarias del país están incluidas en el rango desde menos de una hectárea hasta menos de cinco (Quintana, 2012).

En Ecuador la extensión media de los 492 mil pequeños propietarios es de 0.41 hectáreas que disponen, por lo tanto, de 7.5% de la tierra cultivada del país (EUROSUR, 2019).

3.1.2.1. Prácticas agrícolas

Aún después del surgimiento del petróleo, la agricultura ha continuado realizando aportes significativos a la producción, el empleo y las exportaciones del Ecuador. Se trata de una actividad muy diversificada en las tres regiones. El sector está compuesto por una mayoría de fincas rurales de auto-subsistencia en manos de campesinos (mayoritariamente indígenas y mestizos), que son el soporte del mercado nacional. Sin embargo, también hay un buen número de propiedades de tipo empresarial, modernas, y con numerosos productos – tradicionales y nuevos, orientados a la agroindustria y la exportación. A pesar de numerosos esfuerzos y programas con distintos enfoques para fortalecer el desarrollo rural y aún cuando algunos productos mantienen una buena competitividad internacional, la producción y la productividad agropecuaria (sobre todo en los cultivos) han tenido un desempeño poco satisfactorio en las últimas dos décadas del siglo pasado (CAF – FAO, 2016).

En el Ecuador la mayor cantidad de agricultores, realizan prácticas agrícolas convencionales, sobre todo costumbristas, es decir basado en costumbres y tradiciones, que relegan de generación en generación. A partir de los años 40, fecha en la cual se da inicio a la revolución verde, por cuanto hasta los años actuales los minifundistas han desarrollado como alternativa en algunos casos única la aplicación de agroquímicos para el manejo de los cultivos, práctica que caracteriza la agricultura contemporánea. El agricultor ve su actividad como una paradoja cíclica, la misma que realiza por inercia y sentido propio, por ello no se desprende

de las prácticas cotidianas; aun así, la ausencia de políticas estatales claras, no permite el desarrollo del sector.

A diferencia del agricultor minifundista, en éste sector tenemos personas dedicadas a la actividad agrícola de forma integral, quienes no la ven como una dependencia de supervivencia sino económico de negocios, por cuanto son personas con un sentido empresarial, por lo que está sujeto al cambio si es posible de la forma de manejo, siempre y cuando represente un aumento en la producción y por ende en el precio final del productos; se refiere a un grupo preparado con competencias específicas en la integración de los eslabones de agroproducción.

3.1.3. Sistemas de producción

En el país predominan tres grandes sistemas de producción agropecuaria, que coinciden con las regiones naturales antes mencionadas. El primero es un sistema mixto y de plantación costera, que representa el 27% de la superficie y alberga cerca de la mitad de la población total de Ecuador. Incluye tierras agrícolas de buena calidad y con posibilidades de riego, en parte recuperadas de bosques y pantanos anteriores. Estas tierras se destinan a la agricultura de exportación (banano, cacao y café), a cultivos industriales (caña de azúcar y palma africana), a siembras para el consumo interno (arroz, frijoles, maíz, soya, plátano, yuca y otros (FAO, 2016).

El segundo es un sistema mixto de montaña en los Andes (25% del territorio y 45% de la población). La producción y el tipo de unidades productivas están bastante diversificadas: predominan en número los agricultores de subsistencia con maíz suave, cebada, papa, haba y frijoles; le siguen los agricultores medianos con casi los mismos cultivos y las grandes propiedades dedicadas a ganadería de leche. La horticultura con brócoli para exportación y otras especies

para consumo nacional es muy significativa en esta región. Además, sobresale la producción florícola de exportación, que corresponde a sistemas bajo invernadero de alta inversión con tecnologías modernas (a finales del 2002, se registran unas 3500 ha cultivadas con flores bajo invernadero). A esto hay que sumar las tierras altas con ecología de páramos (alrededor de 600.000 ha), que se dedican a pastoreo extensivo, pero con significativas intervenciones para cultivos, lo cual pone en riesgo la disponibilidad de agua para la región. Los páramos son los ecosistemas en los cuales se originan la mayoría de fuentes y cursos de agua.

El tercero es un sistema amazónico, ubicado al oriente de los Andes. Representa un 45% de la superficie y 4,5% de la población. Este sistema está basado en recursos forestales, a los cuales se han venido incorporando producciones ganaderas extensivas de carne y leche, plantaciones de palma africana y pequeñas explotaciones agrícolas generalmente poco tecnificadas con cultivos de subsistencia. Últimamente hay una expansión de cultivos de exportación, principalmente café y cacao, aunque con serias dificultades de manejo, postcosecha y transporte (CAF, 2016).

3.1.4. Problemas socio-ambientales que condicionan la producción agrícola sostenible

En la Costa: Sobresale la tala del bosque de manglar, para dar lugar a la industria camaronera; la pérdida de la biodiversidad (flora y fauna) silvestre y domesticada. La preponderancia de sistemas productivos de monocultivo (Caña de azúcar, Banano, Palma y arroz); la industria petrolera (en la Costa norte); la contaminación de aguas con residuos de pesticidas; la contaminación de suelos agrícolas y aguas con desechos sólidos no biodegradables, en un alto porcentaje provenientes de la agricultura.

En la Sierra: La erosión de suelos agrícolas, especialmente los de ladera y montaña. La deforestación, que afecta incluso a la vegetación de matorrales; la contaminación y el uso ineficiente del agua de riego; la intervención y cambios de uso del suelo en los páramos; el proceso de intervención en los páramos es considerado por muchos como el mayor problema ambiental de la región y quizá del país; la proliferación de invernaderos, con manejo deficiente de desechos sólidos no biodegradables y la pérdida de la agro-biodiversidad.

En la Amazonia: La tala indiscriminada de la foresta; la erosión de la biodiversidad (flora y fauna) por caza indiscriminada y avance de la colonización; los cambios del uso del suelo (proliferación de ganaderías de tipo extensivo), con pastos degradados y suelos compactados; la industria petrolera, que contamina aguas y suelos; la incursión en agricultura del tipo convencional, con uso exagerado de pesticidas (C.A.P.Z., 2005). Citado por (C.A.F. & F.A.O., 2014).

3.1.5. Otros factores que inciden en la producción de pequeños, y medianos agricultores.

- Los pequeños productores tienen bajo nivel de educación formal, del 6 al 9% de los agricultores con menos de 20 hectáreas aprobó la secundaria.
- Solo entre el 14% y 19% de los terrenos cuenta con condiciones de riego.
- Los pequeños agricultores tienen baja capacidad financiera.
- Para las instituciones financieras, la agricultura tiene un alto riesgo.
- La oferta es inelástica; los cultivos de ciclo corto no se pueden cambiar, y su recuperación es a mediano o largo plazo; así también cuenta con poco conocimiento técnico lo que impide cambiar los cultivos.
- Los pequeños agricultores tienen poca tecnificación y hay intensidad de mano de obra.

- La mano de obra es familiar, 2% al 3% contratan peones permanentes; mientras que del 7% al 8%, jornaleros ocasionales.
- Los pequeños agricultores no cuentan con información de precios y mercado.

La ausencia de tecnologías incide en la producción, entre el 11% y 185 cuentan con algún tipo de mecanismo de manejo adecuado de semillas. El desconocimiento hace que el agricultor siembre y coseche en épocas de gran demanda y bajo precio (Chiriboga, 2008).

3.2 Las imágenes multiespectrales y sus aplicaciones

Dentro de las tecnologías de percepción remota de la agricultura de precisión existe la obtención de imágenes del terreno, el suelo y cobertura en las áreas cultivadas; la captura de estas imágenes se realiza simultáneamente en varios rangos del espectro electromagnético llamados bandas, y la necesidad de su adquisición radica en las propiedades espectrales (reflectancia, transmitancia y absorbancia, entre otras) del suelo y de las plantas en sus diferentes etapas de desarrollo, las cuales van ligadas estrechamente a factores como actividad fotosintética, cantidad de agua, clorofila, biomasa, entre otros (Gómez, Velásquez, y Jiménez, 2016).

3.2.1. Sensor multiespectral

Es necesario establecer el significado de los elementos:

Sensor: Un sensor es el aparato que reúne la tecnología necesaria para captar imágenes a distancia y que es transportado en una plataforma (Universidad de Murcia, 2014).

Espectro: Distribución de la intensidad de una radiación en función de una magnitud característica, como la longitud de onda, la energía, la frecuencia o la masa (Álava, 2020).

Por lo tanto, los sensores son instrumentos capaces de captar imágenes de acuerdo a la longitud de onda. Puede captar información para diferentes regiones del espectro y cada una de estas regiones se denomina canal o banda (Universidad de Murcia, 2014).

3.2.2. Imágenes multiespectrales

Imagen: Reproducción de la figura de un objeto por la combinación de los rayos de luz que proceden de él.

Espectro: Distribución de la intensidad de una radiación en función de una magnitud característica, como la longitud de onda, la energía, la frecuencia o la masa.

Por tanto, una imagen espectral es aquella que reproduce la figura de un objeto en función de la longitud de onda que esté reflejando (o emitiendo) el objeto en cuestión; o, dicho de otro modo, es un set de imágenes del mismo objeto representadas cada una de ellas con diferentes longitudes de onda.

Podemos decir que las imágenes multiespectrales están formadas por relativamente pocas bandas (normalmente entre 3 y 20) y son bandas no necesariamente contiguas unas a otras. Con una imagen multiespectral podemos obtener los valores de intensidad en las longitudes de onda discretas en las que el sistema capte radiación, mientras que con una imagen

hiperespectral lo que obtenemos es el espectro continuo o firma espectral del objeto de análisis (Álava, 2020).

Existen sensores multispectrales miniaturizados para embarcar en vehículos aéreos no tripulados. Estos sensores pueden llegar a tomar valores de hasta 6 bandas espectrales, siendo posible seleccionar diferentes bandas mediante el empleo de filtros. Por regla general, estos sensores están diseñados para el estudio de parámetros relativos a la vegetación, por lo que las bandas están seleccionadas en los rangos del verde, rojo e infrarrojo cercano, donde la vegetación presenta su mayor respuesta de absorbanza y reflectancia. El proceso para la toma de las imágenes es similar al vuelo fotogramétrico, en cuanto a los aspectos relativos a la posterior corrección geométrica de las imágenes y generación de mosaicos. Además, el tratamiento de estas imágenes no solo precisa de corrección geométrica, sino que son necesarias operaciones de calibración radiométrica, así como las correcciones atmosféricas necesarias para la obtención de datos validados de reflectancia y temperatura de superficie (Díaz, 2015).

3.3.2.1. Re solución de las imágenes

La salida de radiación (emitida o reflejada) de la superficie terrestre es un fenómeno continuo en 4 dimensiones (espacio, tiempo, longitud de onda y radiancia). Un sensor debe muestrear en este continuo discretizándolo. El modo en que esta discretización se lleva a cabo define los cuatro tipos de resolución con los que se trabaja en teledetección:

- Resolución espacial (tamaño de pixel).
- Resolución espectral (indica el número y anchura de las regiones del espectro para las cuales capta datos el sensor).

- Resolución radiométrica (número de intervalos de intensidad que pueden captarse).
- Resolución temporal, tiempo que transcurre entre dos imágenes (Universidad de Murcia, 2014).

3.2.3. Teledetección

La teledetección es un modo de obtener información acerca de objetos tomando y analizando datos sin que los instrumentos empleados para adquirir los datos estén en contacto directo con el objeto.

En teledetección hay tres elementos esenciales. Estos son:

1. Una plataforma para sostener el instrumento.
2. Un objeto que se va a observar.
3. Un instrumento o sensor para observar el objetivo.

La información que se obtiene con los datos de la imagen y cómo se emplea y almacena esta información.

La teledetección es una forma de medición y observación a distancia que se realiza mediante objetos que permiten el escaneo o grabación a tiempo real como pueden ser satélites o radares (ESA, 2014).

Sistemas de teledetección

Los sistemas de teledetección se pueden dividir principalmente en dos apartados, estos son los teledetectores activos y los pasivos.

Teledetectores activos. Se encargan de emitir la energía necesaria para poder escanear los objetos de estudio. Gracias a esta energía el teledetector es capaz

de medir la radiación reflejada en el objeto. Un ejemplo de este sistema de teledetección son los radares de tráfico.

Teledetectores pasivos. Son los que se encargan de detectar la radiación que emite o refleja el objeto de estudio, por ejemplo, el Sol. Los infrarrojos son unos de los teledetectores más conocidos (Ingeoexpert, 2018).

3.3. Utilidad de las imágenes multiespectrales en la agricultura

Por lo general los instrumentos utilizados en agricultura hasta los años 90, se relacionaban con cámaras que captaban imágenes RGB, que son propiamente dichas imágenes que mostraban lo que el ojo humano puede observar, si hablamos por ejemplo montado en un dron; a través de éstos se podía observar la vegetación, linderos, cuerpos de agua, entre otros, que fácilmente puede divisar el lente humano; sin embargo existen otros tipos de ondas como el Red Edge y el infrarrojo cercano, las cuáles muy difícilmente se puede caracterizar, por lo que es necesario optar por otro tipo de imágenes que son así mismo captadas por otras cámaras, multiespectrales; las mismas que permiten a través de ondas captar cuerpos, y sus estados de forma indivisible; permitiendo así verificar el estado fisiológico de las plantas, suelo, agua, entre otros.

Imágenes multiespectrales se denomina aquellas representaciones visuales de la información que son capturadas por un sensor introducido en una plataforma (normalmente embarcados en satélites artificiales o drones). Su principal diferenciación se encuentra en que los datos son obtenidos dentro de rangos de longitud de onda específicos mediante el espectro electromagnético. Su principal objetivo es obtener información de la superficie terrestre para procesarla de la manera en que convenga. Las llamamos hiperespectrales y/o multiespectrales,

y su utilidad en el sector agrícola puede favorecer la toma de decisiones y contribuir al desarrollo de la agricultura de precisión (CONAPA, 2018).

Las imágenes espectrales en la agricultura se obtienen mediante satélites, drones, y otras plataformas que puedan portar este tipo de sensores (aperos agrícolas, y tractores, quads, robots autónomos) lo que otorga a la agricultura una serie de ventajas en base a la toma de datos, su análisis e interpretación. Gracias a estas imágenes, los profesionales de la agricultura consiguen saber las necesidades exactas de insumos, tanto a nivel global como específico. En general, permiten:

1. Extraer información del terreno y de los cultivos agrícolas que el ojo humano no puede capturar.
2. Saber con precisión cuánto fertilizante se recomienda utilizar en nuestros productos agrícolas.
3. Conocer cómo han respondido nuestras explotaciones agrícolas a la aplicación de fertilizantes.
4. Detectar el buen o el mal estado de ciertas cosechas y la presencia de plagas o enfermedades en los diferentes cultivos.
5. Ahorrar dinero en fertilizantes al saber con precisión qué cantidad y dónde exactamente debe incluirse.
6. Tomar decisiones a tiempo sobre el desarrollo de los sistemas de producción y direccionar las explotaciones hacia una agricultura de precisión.
7. Identificar obstáculos y facilitar el diagnóstico en áreas para obtener posibles puntos de conflicto en el desarrollo del cultivo y que, aparentemente, parecían favorables. Por ejemplo: hongos como el *mildiu*, *fusarium* y el *oidio*, que afectan a cultivos como la espinaca, la cebolla y la patata.
8. Planificar, supervisar y controlar los cultivos eficazmente (CONAPA, 2018).

3.3.1. Sensores utilizados en la agricultura

Existen otro tipo de radiaciones que van más allá del RGB y que son de mucha importancia para la agricultura de precisión. Para poder ver este tipo de radiaciones (el ojo humano es incapaz de verlas) necesitamos un sensor multiespectral. Las cámaras multiespectrales son las que montan este tipo de sensores y, por tanto, necesitaremos una cámara de este tipo para poder prestar servicios de agricultura de precisión. Con este tipo de cámaras vamos a ser capaces de captar la red Edge (0,68 a 0,75 micras) y el infrarrojo cercano (0,75 a 1,7 micras) que son las bandas de más interés para el sector agrícola (Aerial – Insights, 2019).

3.3.3.1. Tipos de cámaras de uso agrícola

3.3.3.1.1. Cámara Red Edge e infrarrojo cercano

Este sensor multiespectral profesional, captura cinco bandas espectrales (R, G, B, RedEdge y nIR), genera índices de vegetación e imágenes a color.

Distintas frecuencias de onda

Con este tipo de sistemas de visión espectral, podemos obtener imágenes haciendo uso de diferentes frecuencias de onda simultáneamente.

Índices de vegetación

Gracias a las imágenes multiespectrales que se registran con esta cámara, se puede realizar análisis de distintos índices de vegetación que pueden indicar el estado de salud y bienestar de los cultivos (NUBA – Aerospace, 2018).

El borde rojo se refiere a la región de cambio rápido en la reflectancia de la vegetación en el rango infrarrojo cercano del espectro electromagnético. La clorofila contenida en la vegetación absorbe la mayor parte de la luz en la parte

visible del espectro, pero se vuelve casi transparente a longitudes de onda superiores a 700 nm. La estructura celular de la vegetación hace que esta luz infrarroja se refleje porque cada célula actúa como un reflector de esquina elemental. El cambio puede ser de 5% a 50% de reflectancia que va de 680 nm a 730 nm. Esta es una ventaja para las plantas al evitar el sobrecalentamiento durante la fotosíntesis.

El fenómeno explica el brillo del follaje en la fotografía infrarroja y se utiliza ampliamente en forma de los llamados índices de vegetación (por ejemplo, índice de vegetación de diferencia normalizada). Se utiliza en la teledetección para monitorear la actividad de las plantas, y se ha sugerido que podría ser útil para detectar organismos recolectores de luz en planetas distantes (Seagers, et al, 2005).

3.3.2. Índice de Vegetación de diferencia normalizada (NVDI)

Los índices de vegetación se utilizan para discriminar masas vegetales de alta actividad fotosintética de otras coberturas en fases fenológicas iniciales, y se basa en el peculiar comportamiento radiométrico de la vegetación. El comportamiento espectral característico de la vegetación sana muestra un alto contraste entre las bandas visibles, especialmente la banda roja (0.6-0.7 mm) y la del infrarrojo cercano (0.7-1.1 mm). En la región visible del espectro electromagnético, los pigmentos de las hojas absorben la mayor parte de la energía que reciben, estas sustancias reflejan en forma mínima en el infrarrojo cercano. Por tal razón se produce un contraste espectral entre las bandas roja e infrarrojo cercano del espectro. Esto permite separar con claridad la vegetación de otras coberturas (Soria y Granados, 2005).

El NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) se considera un buen estimador de la biomasa, es universalmente usado y ha resultado el índice verde más consistente para monitoreo de vegetación en los ambientes y situaciones más diversos; se utiliza ampliamente para evaluar de manera rápida, a escala regional, la productividad de los cultivos, con un nivel aceptable de precisión y tiene correlación con el contenido de humedad de la planta y puede ser aplicado—incluso en la agricultura de precisión— en el control de los cultivos, debido a que las observaciones espectrales del follaje pueden, por tanto, usarse para monitorear las variaciones del crecimiento; las que, subsecuentemente, pueden utilizarse como indicadores del estrés a que está sometido el cultivo e, indirectamente, en la productividad del cultivo (Xavier, Vettorazzi, y Machado , 2004). Citado por (Aguilar, Galindo, Fortanelli, y Contreras, 2010).

Las imágenes multiespectrales representan herramientas prácticas que establecen el buen estado de las plantas; siendo divisado por la reflectancia de la onda de luz frente al parénquima de la planta, mas no por el color verde que proporciona la clorofila. Por ello se disponen de valores de 0 a 1; estableciendo el cero como mas bajo y uno el mas alto; a medida que alcance la tonalidad verde mejor será el estado de la planta.

Para la estimación de qué tipo de inconveniente puede presentar el cultivo depende del registro de información complementaria, y el cumplimiento de las mismas; representando las imágenes generadas NDVI, una herramienta ajustada para la resolución de problemas en conjunto con datos de campo y la eficiencia de su aplicación.

4. Conclusiones

El componente de trabajo agrícola se distingue claramente en dos componentes el latifundio que comprende más del 70% de la superficie cultivable del país; mientras que el minifundio se concentra en el 30% restantes y corresponde a más del 90% de la población rural, que mantiene espacios inferiores a las 5 hectáreas; las prácticas agrícolas en éste último caso se caracterizan por el uso de agroquímicos en un modelo convencional de producción, basado en el sistema de subsistencia o considerado a la agricultura como un modo de vida; mientras que en el primer caso hace hincapié al manejo agrícola con fines de comercialización directa; enfatizado por prácticas que conllevan el manejo de los cultivos en función de las necesidades del mercado.

Las imágenes multiespectrales son de vital importancia en el manejo de los recursos naturales, pese a su elevado precio, establecen excelentes prestaciones y fiables, que permiten la toma de decisiones; por lo general imágenes trabajan con cinco bandas espectrales (R, G, B, Rededge y nIR), las cuáles permiten asociar los componentes estructurales por reflectancia de los cuerpos.

Dentro de las bandas comunes para el uso agrícola son la RedEdge y nIR o infrarrojo cercano, las mismas que permiten determinar de acuerdo a la reflectancia la fisiología de los cultivos. Por lo general una de las mayores prestaciones encontramos en la determinación del NDVI. Las imágenes interpretadas en un Sistema de Información Geográfica, establece valores de 0 a 1, siendo cero el más bajo y uno el más alto, que muestra en el estado de las plantas; sin embargo, para tener una mejor interpretación es necesario tener a la mano un registro de todas las actividades de manejo y su eficiencia.

5. Recomendaciones

El minifundio es el que mayor población ocupa frente a los latifundistas por ello las políticas estatales benefician en su mayoría a las élites que están a cargo de grandes superficies de terreno; por cuanto el estado debería acudir y establecer estrategias dirigidas exclusivamente a pequeños agricultores, de esta manera se mejoraría los metodología y manejo agrícola, disminuyendo la brecha entre ricos y pobres con equidad, limitando las afectaciones al ambiente.

Las imágenes multiespectrales representan una gran apoyo en la gestión de los recurso naturales; sin embargo, el seguimiento que se brinda a los mismos, no son consecuentes a la producción extractiva, por lo que las políticas se rigen únicamente a medidas conservadoras pero igual destructivas; ejemplo de ello es la tasa de deforestación y reforestación, siendo la primera mucho mayor que la otra en proyectos de expropiación de suelos con fines acuícolas, lo mismo sucede en la intrusión marina, en el mismo caso; por lo que es necesario la objetividad en el tratamiento de la información sobre todo sabiendo la importancia que representan en la toma de decisiones. El estado debe invertir en tecnología apropiada que permita levantar y administrar información geoespacial; no valerse de plataformas virtuales para casos específicos y de vital importancia.

Es importante que el estado promueva estrategias tecnológicas de fácil acceso para el agricultor que le permitan conocer a breves rasgos del estado fisiológico de las plantas a través de plataformas interactivas. A su vez debería contar con la infraestructura y personal calificado que promueva la transferencia de tecnología y la extensión rural.

Bibliografía

- Aerial – Insights (2019). Qué es y cómo funciona una cámara multiespectral?. Consultado en línea y disponible en: <https://www.aerial-insights.co/blog/camara-multiespectral/>
- Aguilar, N., Galindo, G., Fortanelli, J., & Contreras, C. (2010). Índice normalizado de vegetación en caña de azúcar en la Huasteca Potosina. *Avances en Investigación Agropecuaria*, vol. 14, núm. 2, 49 - 65. ISSN: 0188-7890.
- Álava, S (2020). Actualidad. ¿Qué diferencia una imagen multiespectral de una hiperespectral? Consultado en línea y disponible en: <http://www.grupoalava.com/ingenieros/actualidad/que-diferencia-una-imagen-multiespectral-de-una-hiperespectral/>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). Asamblea Nacional del Ecuador;. En A. N. Ecuador, *Asamblea Nacional del Ecuador*; (pág. 150). Montecristi: Ecuador.
- Banco Mundial. (2004). “Ecuador: Poverty Assessment”, Report No. 27061. New York: BC.
- C.A.F., & F.A.O. (2014). *Corporación Andina De Fomento. Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación. Ecuador. Nota de Análisis Sectorial Agricultura y Desarrollo Rural*. Roma: Investment Centre.
- C.A.P.Z. (2005). *Cámara de Agricultura de la Primera Zona. Agenda Interna Sector Agropecuario*. Quito: C.A.P.Z.
- Chiriboga, M (2008). *Diagnóstico preliminar de la comercialización agropecuaria en el Ecuador. Intercooperation VECO*. Quito. 60 pp

CONAPA. (2018). *Compañía Nacional de Peritos Agrícolas*. Obtenido de ¿Por qué utilizan imágenes espectrales en la agricultura? : <https://conapa.es/por-que-se-utilizan-imagenes-espectrales-en-la-agricultura/>

Cursosteledetección (2019). NDVI. Qué es y para qué sirven?. Consultado en línea y disponible en: <https://www.cursosteledeteccion.com/ndvi-que-es-y-para-que-sirve/>

Daza, E; (2019). Estado, agroindustria y campesinos en el Ecuador. Documento Técnico. Demandas por la tierra investigador del Instituto de Estudios Ecuatorianos y el Observatorio del Cambio Rural. Quito. 31 pp.

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*. . Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

Ekofastba (2019). Imagen multiespectral e hiperespectral. Consultado en línea y disponible en: <https://ekofastba.com/es/imagen-multiespectral-hiperespectral/>

EUROSUR (2019). Latifundio Y Minifundio En América Latina. Consultado en línea y disponible en: http://www.eurosur.org/medio_ambiente/bif65.htm

ESA (2014). Eduspace. ¿Qué es la teledetección?. Consultado en línea y disponible en: http://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_ES/SEMO1U3FEXF_0.html

Gómez, A., Velásquez, F., & Jiménez, A. (2016). Agricultura De Precisión Y Sensores Multiespectrales Aerotransportados . *Research Gate - Home*, 1 - 8

González, A., Amarillo, G., Sarmiento, F., & Amarillo, M. (2017). Drones Aplicados a la Agricultura de Precisión. *Universidad Especializada en Ingeniería UNAD*, 23-37. ISSN: 1900-6608.

Guiadrones (2020). Teledetección multiespectral para el mantenimiento del campo de golf. Consultado en línea y disponible en: <https://guiadrones.com/usos/teledeteccion-multiespectral-para-el-mantenimiento-del-campo-de-golf/>

Ingeoexpert (2018). Qué es la detección y qué sistemas existen?. Consultado en línea y disponible en: <https://ingeoexpert.com/blog/2018/07/06/que-es-la-teledeteccion/>

Kharuf, G. S., Hernández, S. L., Orozco, M. R., Aday, D. O., & Delgado, M. I. (2018). Análisis de imágenes multiespectrales adquiridas con vehículos aéreos no tripulados. *Ingeniería electrónica, automática y comunicaciones.*, 12. ISSN 1815-5928.

Lefeber, L. (1996). *Políticas agrícolas y desarrollo rural en el Ecuador: con referencia a Morris D. Whitaker (Evaluación de las Reformas a las Políticas Agrícolas en el Ecuador Vol. I y 11, IDEA, 1996)*. Quito: FLACSO.

Liselland, T., Kiefer, R., & Chipman, J. (2004). *Remote Sensing And Image Interpretation*. Kospala: s/n.

López, M; Arroyo, M; Rincon-Ramirez, J; Villajos, S; y Vicent, J. (2013). Métodos de documentación, análisis y conservación no invasivos para el arte rupestre postpaleolítico: radiometría de campo e imágenes multiespectrales. *Ensayos en la cueva del tío Garroso (Alacón, Teruel)*.

Meneses, V., Téllez, J. M., & Velásquez, D. (2015). *Uso de drones para el análisis de imágenes multiespectrales en agricultura de precisión*. Santiago: @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria.

Micansense (2018). *La importancia del ancho de banda en los sensores multiespectrales*. Consultado en línea y disponible en: <https://medium.com/punto-focal/la-importancia-del-ancho-de-banda-en-los-sensores-multiespectrales-71d60d261847>

Micansense (2018). *Rededge MX*. Consultado en línea y disponible en: <https://www.micasense.com/es/rededge-mx>

NUBA – Aerospace (2018). *Producto Rededge micasense*. Consultado en línea y disponible en: <http://www.nuba-aerospace.com/camara-RedEdge.html>

Quintana, F (2012). *Diario El Universo. Cartas al editor. Y el minifundio*. Consultado en línea y disponible en: <https://www.eluniverso.com/2012/12/23/1/1366/minifundio.html>

Seager, S .; Turner, EL; Schafer, J .; Ford, EB (2005). "El borde rojo de la vegetación: una posible biofirma espectroscópica de plantas extraterrestres". *Astrobiología* . 5 (3): 372–390

Serrano, L., Filella, I., & Penuelas, J. (2000). *Remote sensing of biomass and yield of winter wheat under different nitrogen supplies*. New York: Crop Science.

SICA (2002). *III Censo Nacional Agropecuario. Proyecto MAG – INEC – SICA*

Soria, J., & Granados, R. (2005). *Relación entre los índices de vegetación obtenidos de los sensores AVHRR del satélite NOAA y TM del Landsat*. *Revista Científica Ergo Sum*, 167 - 174. ISSN (Versión impresa): 1405-0269.

SRL, D. (2016). *Agricultura*. Obtenido de Tecnología e Innovación:
<http://www.dams.com.ar/agricultura/#la-ciencia-detras-del-analisis>

Universidad de Murcia (2014). Plataformas, sensores y canales. Informe avanzado.
Murcia. 22pp.

Xavier, A., Vettorazzi , C., & Machado , R. (2004). Relação entre índice de área foliar e frações de componentes puros do modelo linear de mistura espectral, usando imagens ETM+/Landsat. *Engenharia agrícola*, 421 - 430.

7. Glosario

Absorbancia. - En espectrofotometría, la absorbancia se define como: la intensidad de la luz con una longitud de onda específica tras haber atravesado una muestra es la intensidad de la luz antes de entrar a la muestra.

AP.- Agricultura de precisión.

Espectro electromagnético. - la radiación electromagnética que emite o absorbe una sustancia.

Fotointerpretación. - es el estudio de la imagen de aquellos objetos fotografiados y la deducción de su significado.

Metadatos. - Los metadatos, literalmente «sobre datos», son datos que describen otros datos.

NIR. – Near Infrared (Infrarrojo cercano).

NDVI. - Índice de vegetación de diferencia normalizada.

Reflectancia. - Capacidad de un cuerpo de reflejar la luz.

Red Edge. - Banda roja.

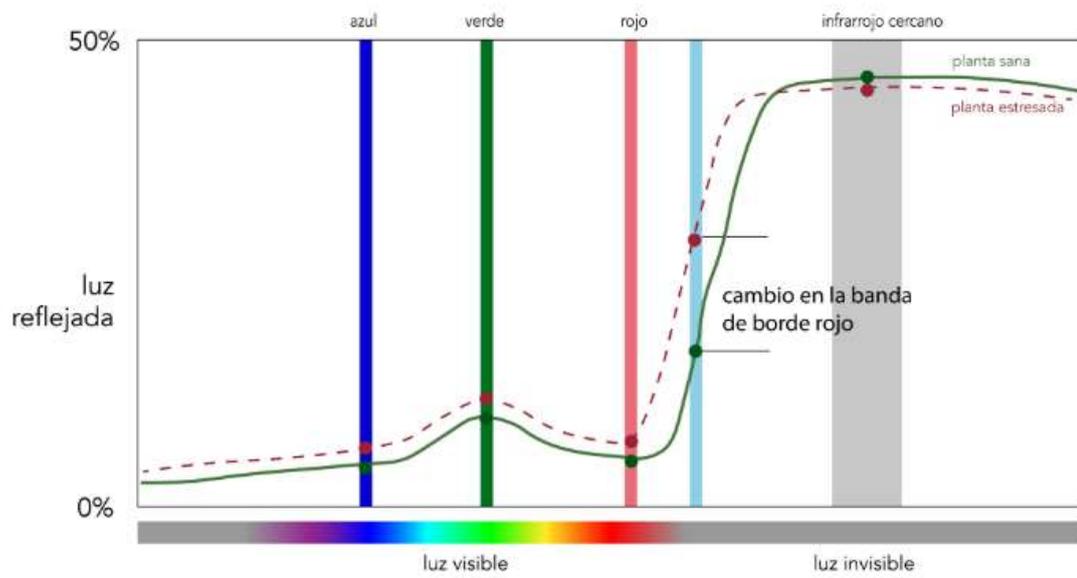
RGB. - Red, Green blue.

SIG.- Sistemas de Información Geográfica.

Teledetección. - La teledetección o detección remota es la adquisición de información a pequeña o gran escala de un objeto o fenómeno, ya sea usando instrumentos de grabación o instrumentos de escaneo en tiempo real inalámbricos o que no están en contacto directo con el objeto.

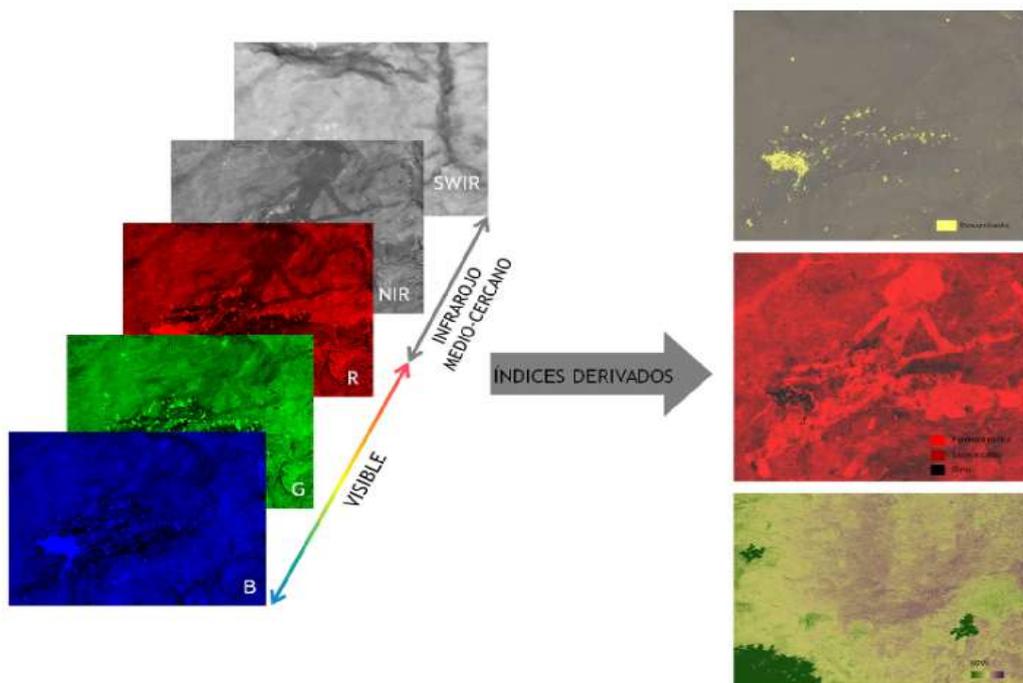
UAV. - Vehículo aéreo no tripulado.

8. Anexos



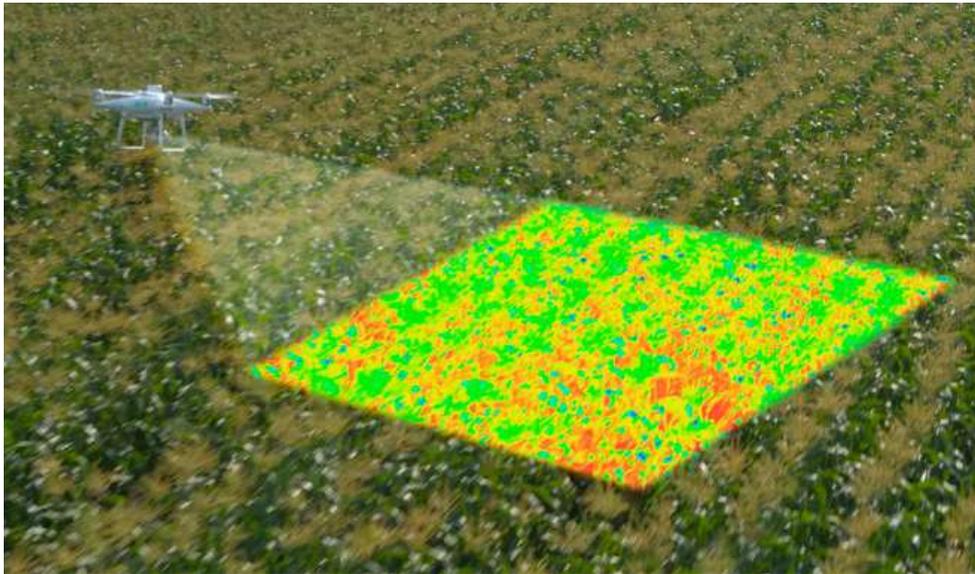
Anexo 1. Bandas de observación aplicados para la agricultura.

Fuente: (Micasense, 2018)



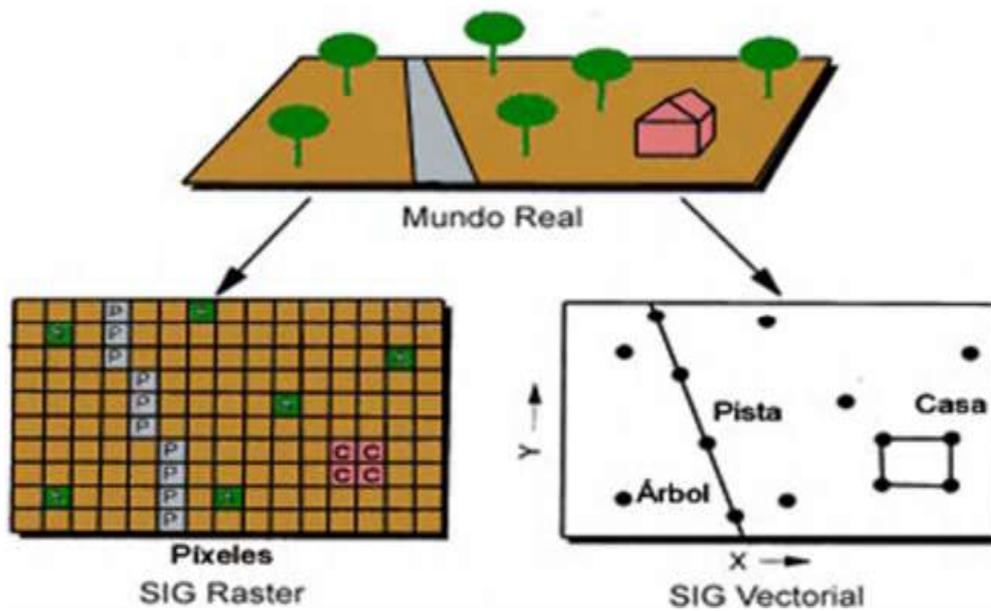
Anexo 2. Imágenes multiespectrales (5 bandas) e índices cuantitativos derivados.

Fuente: (López, 2013)



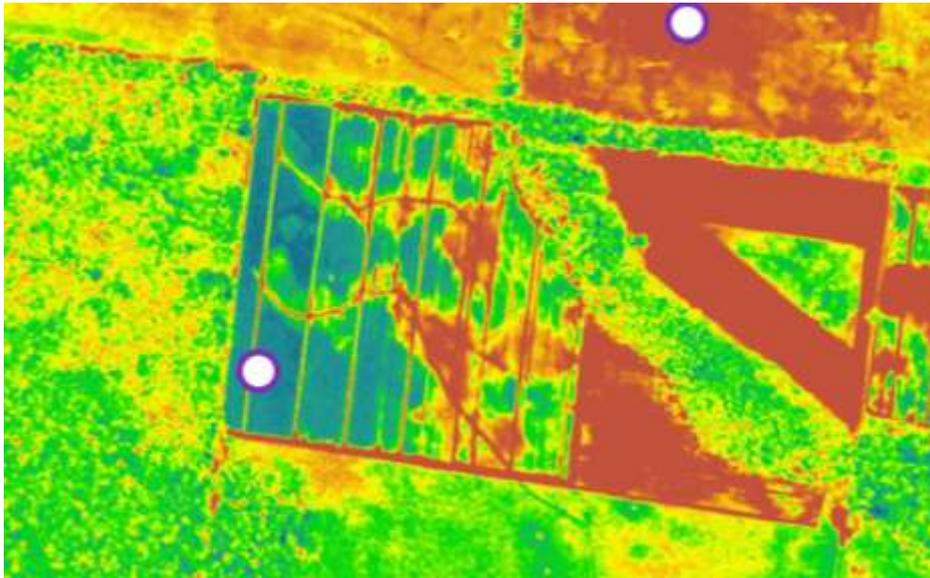
Anexo 3. Teledetección aplicada.

Fuente: (Gauidrones, 2019)



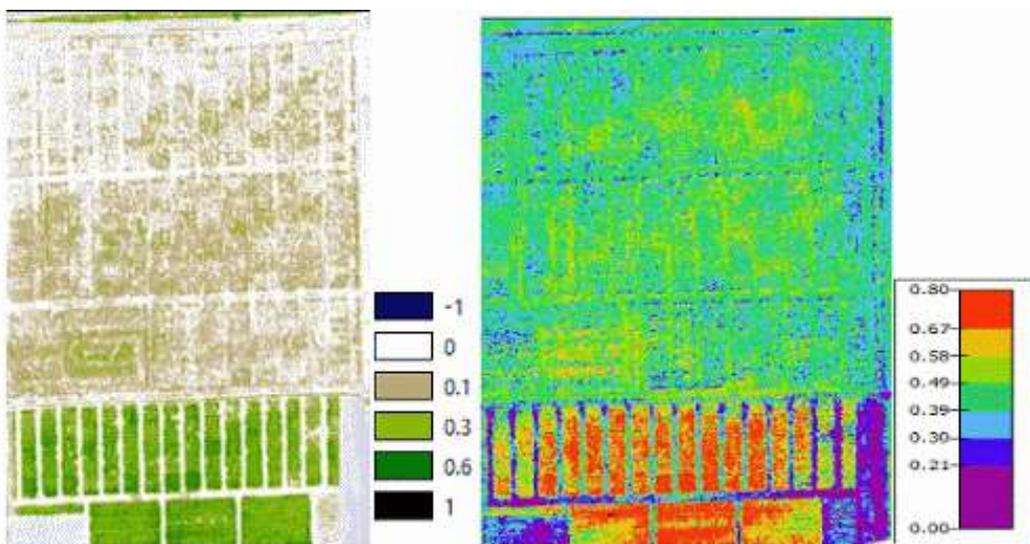
Anexo 4. Análisis vectorial y raster.

Fuente: (Hermenegildo y Juárez, 2019)



Anexo 5. Imagen multiespectral para la agricultura.

Fuente: (Ekofastba, 2016)



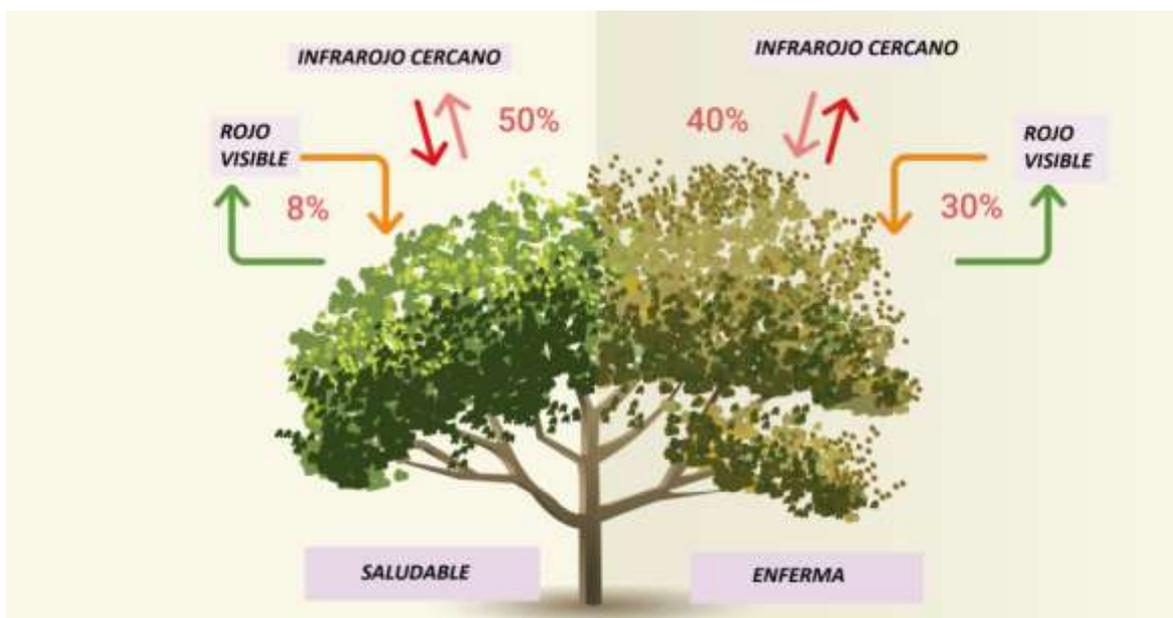
Anexo 6. Mapa NDVI, con Agisoft, Photoscan.

Fuente: (Kharu – Gutiérrez, and et al , 2018)



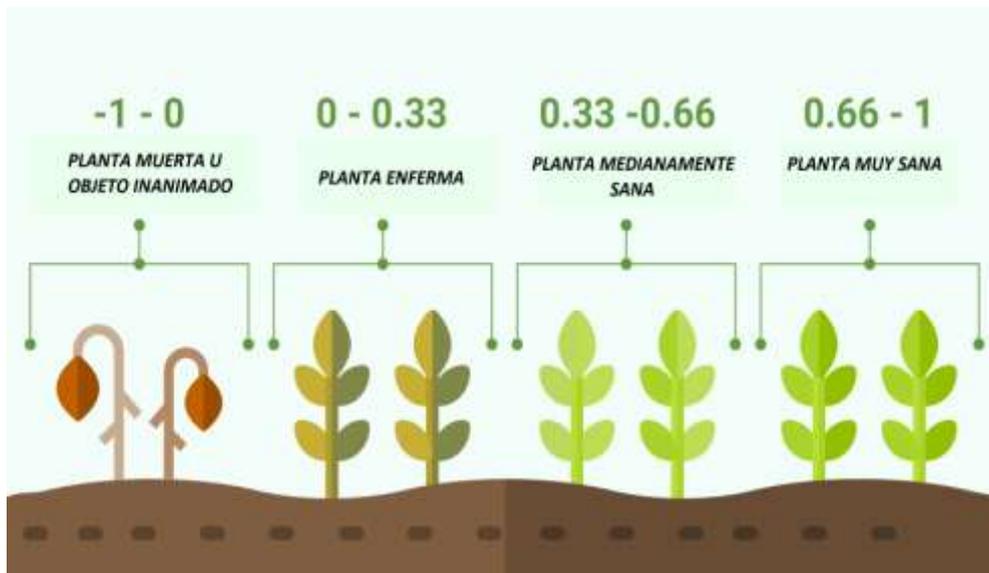
Anexo 7. Cámara multispectral.

Fuente: (Micasense, 2020)



Anexo 8. Interpretación de la planta frente a la lectura de infrarrojo cercano.

Fuente: (Cursosteledetección , 2018)



Anexo 9. Medida del estado fisiológico de la planta.

Fuente: (Cursosteledetección , 2018)