



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Sistema de Información Geográfico y Teledetección para el uso agrícola, sub-especie Zea mays amiláceo, Casica-Lurin 2022”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTOR

Arias Santa Cruz, Gian Piero (orcid.org/0000-0001-5935-3917)

ASESOR:

Dr. Sernaque Auccahuasi Fernando Antonio (orcid.org/0000-0003-1485-5854)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN :

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

Línea de responsabilidad social universitaria:

Promoción de la salud, nutrición y salud alimentaria

LIMA - PERÚ

2022

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación está dedicado a mis abuelos, tíos y en especial a mis padres, quienes me apoyaron y motivaron en el transcurso de la carrera a nunca rendirme, por creer en mí, les dedico mi toda mi capacidad y potencial que puedo dar.

Agradecimiento

Doy gracias a mi familia, quienes me apoyaron en el trascurso de la carrera, aconsejándome e instruyéndome. A mis amigos, quienes siempre estuvieron conmigo en los momentos tristes y alegres de mi vida, motivándome a seguir.

Índice de Contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Resumen	ix
Abstract	x
I. Introducción	1
II. Marco Teórico	4
III. Metodología	16
3.1 Tipo y diseño de investigación	16
3.1.1 Tipo de investigación	16
3.1.2 Diseño de investigación	16
3.2 Variables y operacionalización	16
3.3 Población, muestra y muestreo	16
3.3.1 Población	16
3.3.2 Muestra	17
3.3.3 Muestreo	17
3.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	17
3.4.1 Técnicas	17
3.4.2 Instrumentos	17
3.5 Procedimientos	17
3.6 Método de recolección de datos	19
3.7 Aspectos Éticos	19
IV. Resultados	20
4.1 Área de Estudio	20
4.2 Primera Fase	20
4.2.1 Análisis de NDVI	20
4.2.2 Análisis de NDMI	22
4.2.3 Análisis de MSVI	24
4.3 Segunda Fase	25
4.3.1 Análisis de NDVI	25
4.3.2 Análisis de NDMI	27
4.2.3 Análisis de MSAVI	28
4.4 Tercera Fase	30
4.4.1 NDVI	30
Figura 8: Mapa de Índice de Vegetación Normalizado.	30
4.4.2 NDMI	31

4.4.3 MSAVI	33
V. Discusión	36
VI. Conclusiones	38
VII. Recomendaciones	39
Referencias	40
Anexos	

Índice de Gráficos

Gráfico 1: Diagrama de las fases de la elaboración del proyecto. Elaboración Propia

Gráfico 2: Representación del Índice de Vegetación Normalizado.

Gráfico 4: Representación del Índice de humedad diferenciada Normalizada.

Gráfico 5: Representación del Índice de Vegetación Ajustada al Suelo.

Gráfico 6: Representación del Índice de Vegetación Normalizado.

Gráfico 7: Representación del Índice de humedad diferenciada Normalizada.

Gráfico 8: Representación del Índice de Vegetación Ajustada al Suelo.

Gráfico 9: Representación del Índice de Vegetación Normalizado.

Gráfico 10: Comparativa del índice de vegetación normalizado de las fases.

Gráfico 11: Representación del Índice de humedad diferenciada Normalizada.

Gráfico 12: Comparativa del índice de estrés hídrico normalizado.

Gráfico 13: Representación del Índice de Vegetación Ajustada al Suelo.

Gráfico 14: Comparativa del índice de vegetación ajustada al suelo modificado.

Índice de Figuras

Figura 1: Zona de ubicación del cultivo de Maíz Chancayano. Extraída de Google Maps.

Figura 2: Mapa de Índice de Vegetación Normalizado.

Figura 3: Mapa de Índice de humedad diferenciada Normalizada.

Figura 4: Mapa de Índice de Vegetación Ajustada al Suelo.

Figura 5: Mapa de Índice de Vegetación Normalizado.

Figura 6: Mapa de Índice de humedad diferenciada Normalizada.

Figura 7: Mapa de Índice de Vegetación Ajustada al Suelo.

Figura 9: Mapa de Índice de humedad diferenciada Normalizada.

Figura 10: Mapa de Índice de Vegetación Ajustada al Suelo.

Índice de Anexo

Anexo 1: Tabla 1: Matriz de Operacionalización de Variables

Anexo 2: Tabla 2: Matriz de Consistencia

Anexo 3: Tabla 3: Ficha de registro de datos multiespectrales

Resumen

El manejo y monitoreo de un cultivo utilizando herramientas remotas que faciliten el monitoreo de este, es la llamada agricultura de precisión; está recopilando información y resaltando áreas que urgen de mayor atención; por ello el objetivo de esta investigación es analizar el sistema de información y teledetección para el uso agrícola, sub-especie *Zea mays amiláceo*. La metodología implementada fue de tipo aplicada de diseño longitudinal, ya que se separó la toma de muestras en tres fases. Asimismo, la población estudiada consistió en el cultivo de *Zea mays amiláceo*, ubicado en la zona agrícola de Casica, Lurín, abarcando 0.720 hectáreas, de la cual se recopilaban los datos por las imágenes de los sensores del satélite Sentinel-2. En consecuencia, los resultados fueron obtenidos de los índices de vegetación determinados, extraídos en tres fases, los cuales mediante cálculo en el software ArcGis, se elaboraron los mapas, siendo los más representativos los que poseen mayores rangos en los índices, NDVI 0.61, 0.72 y 0.81 μm , el índice NDMI 0.44, 0.33 y 0.44 μm , por último MSAVI 0.44, 0.51 y 0.61 μm . Concluyendo que el uso de esta técnica, beneficia a los agricultores resaltando áreas problemáticas, salud, crecimiento tardío y estrés hídrico y sus fortalezas.

Palabras clave: Índice de vegetación, multiespectral, rangos, *zea mays amiláceo*.

Abstract

Precision agriculture is the management and monitoring of a crop using remote tools that facilitate its monitoring, collecting information and highlighting the areas that require more attention, therefore the objective of this research is to analyze the information system and remote sensing to agricultural use, Zea mays amyloperla subspecies, Casica-Lurin 2022. The methodology implemented was of the applied type of longitudinal design, since sampling was separated into three phases. The population studied was the cultivation of starchy Zea mays, located in the agricultural area of Casica, Lurín, covering 0.720 hectares, from which the data was collected by the images of the Sentinel-2 satellite sensors. The results were obtained from the determined vegetation indices, extracted in three phases, which by means of calculation, the maps were elaborated, being of the representatives of the highest ranges in the indices, NDVI 0.61, 0.72 and 0.81 μm , the NDMI index 0.44, 0.33 and 0.44 μm , finally MSAVI 0.44, 0.51 and 0.61 μm . Concluding that the use of this precision agriculture technique benefits farmers by highlighting problem areas, health, late growth and water stress, as well as their strengths.

Keywords: Vegetation index, multispectral, ranges, zea mays starchy.

I. Introducción

El sector agrícola juega un rol esencial en el desarrollo económico global, sin embargo, este es afectado constantemente por plagas, enfermedades, sequías y deshidratación en los cultivos de maíz, causando importantes daños al sustento para los agricultores. (Ojeda, 2018) La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) mencionó que alrededor del 20% al 40% de la producción agrícola mundial se pierde debido a plagas y enfermedades que aparecen lentamente antes de ser detectadas, resultando en la reducción de producto en los mercados y sobre todo afectando en la mesa del consumidor. (Sotomayor, 2022)

El monitoreo agrícola tradicional, y el uso de la vista para controlar los cultivos, puede llegar a acabar con la exhaustiva labor de los agricultores, generando un daño abismal en la productividad de los cultivos y especialmente al bolsillo de estos, (Nafarrate, 2018), ya que los seguimientos a los cultivos no son constantes y por ende no llegan a todos los individuos cultivados, estimando la reducción del rendimiento en un 18% de los cultivos por plagas, malezas y crecimiento de individuos irregular, generando una pérdida económica a nivel mundial del 22% del PIB total que generan los cultivos.(Wandel, 2021)

INIA (2021A) menciona que la superficie del territorio peruano cultivada es alrededor del 37%, por lo que propuso la introducción de nuevas tecnologías, como son la teledetección en la agricultura de precisión, la cual se consideró, ya que es de la más importante y de fácil uso, con el fin de conservar el porcentaje de fertilidad de las áreas de cultivo, la producción de individuos sanos y economizar los gastos, sin embargo, aproximadamente el 9% de este territorio le pertenece a los agricultores pertenecientes a pobreza o pobreza extrema, y en zonas rurales de difícil acceso, por lo que instruirlos en el uso de estas es prácticamente imposible en la actualidad. (INIA, 2021B)

Mientras tanto, en el distrito de Lurín la agricultura de precisión es un tema muy lejano, ya que la mayoría de agricultores cultivan en zonas rurales donde apenas hay electricidad y servicios básicos (Pariasca, 2019), de las cuales poco más de 400

hectáreas le pertenecen a este sector, y de las cuales, el 37% le pertenecen a pobladores que se valen solo de las aguas grises de las acequias para sus regadíos y de la agricultura tradicional, perdiendo gran cantidad de producto por la falta de monitoreo. (CEPES, 2021)

El problema general que se plantea responder es: ¿Cómo es el sistema de información y Teledetección para el uso agrícola, sub-especie *Zea mays amiláceo*, *Casica-Lurin 2022*?, del mismo modo, los problemas específicos son: ¿Cuál es el Índice de Vegetación Normalizada a partir de imágenes tomadas por la cámara multiespectral para el uso agrícola, sub-especie *Zea mays amiláceo*, *Casica-Lurin 2022*?; ¿Cuál es el índice del estrés hídrico de las parcelas con cultivo tomadas por la cámara multiespectral para el uso agrícola, sub-especie *Zea mays amiláceo*, *Casica-Lurin 2022*?; ¿Cuál es el índice de vegetación ajustada al suelo tomadas por la cámara multiespectral para el uso agrícola, sub-especie *Zea mays amiláceo*, *Casica-Lurin 2022*?

El problema general se responde mediante el objetivo general que es: Analizar el sistema de información y Teledetección para el uso agrícola, sub-especie *Zea mays amiláceo*, *Casica-Lurin 2022*; del mismo modo se responden con los objetivos específicos, que son: Determinar el Índice de Vegetación Normalizada a partir de imágenes tomadas por la cámara multiespectral para el uso agrícola, sub-especie *Zea mays amiláceo*, *Casica-Lurin 2022*; Determinar el estrés hídrico de las parcelas con cultivo tomadas por la cámara multiespectral para el uso agrícola, sub-especie *Zea mays amiláceo*, *Casica-Lurin 2022*; Determinar el índice de vegetación ajustada al suelo tomadas por la cámara multiespectral para el uso agrícola, sub-especie *Zea mays amiláceo*, *Casica-Lurin 2022*.

Hi G: El sistema de información y Teledetección influyen en el uso agrícola, en la subespecie *Zea mays amiláceo*, *Casica-Lurin 2022*

Hi E1: El Índice de Vegetación Normalizada tomadas por la cámara multiespectral fue pieza clave en uso agrícola, sub-especie *Zea mays amiláceo*, *Casica-Lurin 2022*

Hi E2: El estrés hídrico de las parcelas en los cultivos tomadas por la cámara multiespectral fue relevante para el uso agrícola, sub-especie *Zea mays amiláceo*, *Casica-Lurin 2022*.

Hi E3: La detección del índice de vegetación ajustada al suelo tomadas por la cámara multiespectral influyó en la mejora del uso agrícola, sub-especie *Zea mays amiláceo*, Casica-Lurin 2022.

La justificación social se basa en la importancia que tiene la agricultura de precisión en los cultivos de los pequeños y medianos agricultores que precisan de ayuda en gestionar y monitorear sus recursos, el personal trabajador, equidad de crecimiento de individuos, y cosecha de la producción sana, con el uso de los sensores multiespectrales acopladas a satélites, por lo que este es gratuito y con una resolución considerablemente alta, convirtiendo este método es un monitoreo más personalizado y preciso.

Del mismo modo el estudio se justificó de manera práctica ya que buscó ayudar a identificar las áreas problemáticas del cultivo de *Zea mays amiláceo* a través de las imágenes satelitales, mediante el uso software de geoprocésamiento, con el fin de identificar zonas de cultivo con escasa vegetación, crecimiento de individuos tardío y estrés hídrico con los índices propuestos, de esta manera el agricultor tomara las medidas preventivas y correctivas de su cultivo, que mediante el progresar de las fases se irán corrigiendo.

II. Marco Teórico

Rubio (2020) en su estudio ubicado en el campus Ciudad Valles, México, propuso como objetivo el analizar los índices de vegetación de la caña de azúcar, sus pros y sus limitaciones, utilizando el monitoreo de precisión agrícola. Utilizó como metodología documental orientada a analizar el estado de revisiones en artículos científicos, libros certificados virtuales y tesis de postgrado, llegando a compilar veinticinco en total relacionadas con el tema de índices de vegetación. Resultando de plantear un esquema de monitoreo que permita seguir el ciclo fenológico, de esta manera calcular las diferentes fases de crecimiento de cultivos diferentes, con los índices obtenidos NDVI, estuvo dentro del rango de 0.83 μm , el necesario para una vegetación saludable, que utilizó para conocer la vigorosidad del dosel; por otra parte, el índice MSAVI, ayudó a determinar el volumen de producción obtenido el cual rondaba los 0.73 μm ; y NDMI, se utilizó para obtener el porcentaje de estrés hídrico, el cual rondaba los 0.86 μm , obteniendo un 50% más de lo estimado. Concluyendo que el uso del monitoreo de precisión es el método con mayor eficacia que utilizó, ya que, sin importar el tamaño de la cubierta vegetal, la identificación del índice vegetal era exacto.

Ramírez; et al (2017) en su investigación realizada en los municipios de Tequila, Amatitán y El Arenal, pertenecientes al estado de Jalisco, en México, tuvieron el objetivo de determinar el área que abarca el agave azul (utilizado para la producción de tequila) en los municipios, por medio de la teledetección. La metodología que usaron fue de clasificación supervisada, ya que compararon los datos obtenidos satelitalmente con los reales en campo. Los resultados que obtuvieron fueron gracias al satélite Landsat 5 el cual tomó las imágenes a 5,962 ha con el fin de obtener el índice NDVI, con los sensores multiespectral y radiométrica que posee el satélite; mediante el procesamiento que ocupó la calibración radiométrica, la corrección atmosférica y la localización, obtuvieron que el 45% del cultivo presentó problemas de desarrollo, obteniendo índices de vegetación normalizada que oscilaban en área entre 0.19 a 0.26 μm y en otra de 0.23 a 0.26 μm , lo que correspondía a las plagas detectadas, por lo que su accionar fue rápido y los agricultores pudieron solucionarlo. Concluyendo así, que el uso de imágenes por el satélite Landsat por su resolución y

las bondades que ofrece son aceptables; sin embargo, todo lo implementado en los resultados fue muy trabajoso obtener los índices, por lo que lo recomendable sería usar otro medio.

Kumar (2019) en su investigación sobre la detección de marchitamiento bacteriano de la berenjena ubicada en Baruipur, Bengala. Tuvo como objetivo examinar la potencia satelital en la teledetección multiespectral en el estrés biótico y detectar la mejor opción entre el ancho de bandas e índices multiespectral del cultivo de berenjenas. La metodología implementada fue aplicada de corte general, proporcionando el análisis de los resultados obtenidos. Obteniendo resultados del satélite ASD Fieldspec 2, que cumple con todos los requerimientos requeridos, para detectar el NDVI y el GNDVI que detectan el índice de diversidad y el índice de contenido de la clorofila respectivamente, donde a partir de múltiples tomas en diferentes fechas programadas, en el caso de NDVI, obtuvo un promedio de rangos que iban de 0.52 a 0.71 μm ; mientras que en el contenido de clorofila, el rango fue de 0.80 a 0.92 μm en los índices. Concluyendo que el método usado de teledetección por objetivos de diagnósticos es más efectivo, ya que se detecta casi automáticamente y de forma confiable, dependiendo de la detección de plagas y enfermedades.

Diaz; et al (2019) en su trabajo de investigación ubicado en el bosque de lenga, en 24 parcelas, región andina de la Patagonia, Argentina, tuvieron como objetivo analizar la utilización de teledetección satelital en el bosque, y las alternativas para obtener datos satelitales a través de modelos físicos y estadísticos. Utilizaron la metodología de comparación, estadístico en dos partes, estadístico directo y físico estadístico en dos fases. Los resultados obtenidos por el satélite Spot-5 demuestran que el área basal estimada por el método físico estadístico se contradice a gran medida a comparación del método solo estadístico, llegando este primero a 78% de lo estimado, mientras que el siguiente método tiene una tasa de éxito del 89%, estos datos se sustentan al uso de análisis en los índices NDVI y RMS, que están dentro de los estándares de cultivos sanos. Concluyeron que no encontraron diferencias significativas de un método al otro, sin embargo, mencionan que la ventaja de examinar a los individuos físicos radica en su elevada robustez más no en su exactitud.

Baltazar; et al (2021) en su investigación ubicado en cuatro municipios del estado de

Tabasco, México, tuvieron el objetivo de determinar las zonas de cultivo de maíz inundadas por medio de imágenes satelitales, con el propósito de cuantificar las pérdidas económicas presentes. La metodología que usaron fue aplicada de corte transversal, ya que las imágenes tomadas fueron en una fecha cercana a la inundación. Los resultados obtenidos fueron gracias a las imágenes satelitales de Landsat 8 para las 950 ha de los cuatro municipios, el procesamiento de estas mediante los cálculos de los índices espectrales, como NDWI y NDMI, los cuales son útiles para verificar los cuerpos de agua, llegando a calcular con el índice NDWI 728.57 dólares por hectárea; mientras que con el índice NDMI 317.25 dólares por hectárea, llegando a un aproximado de 631,507 dólares en total de daños. Concluyendo que la utilización de un medio satelital ayudó en corto tiempo la cuantificación de los daños materiales y economizar, cosa que hubiera tardado mucho tiempo y gran cantidad de personal.

Isip y Biagtan (2019) en su investigación mencionan los índices que mejor se acomodan a la detección de enfermedades en el cultivo de cebolla, utilizando el satélite Sentinel 2 en Nueva Ecija, Filipinas, tuvieron como objetivo determinar mediante la teledetección oportuna y precisa de las enfermedades relacionadas a la cebolla aprovechando los beneficios del satélite Sentinel 2. La metodología implementada fue aplicada de corte transversal. Los resultados obtenidos fueron el descubrimiento en los 3.47 ha, que los índices NDVI y GNDVI obtuvieron mayor coeficiente de determinación, llegando a ser el 83.33% y el 80.95% del campo respectivamente, mientras que el índice de PSSRa fue de 78.57%, el resto de porcentaje equivale a área de suelo desnudo e individuos enfermos, posteriormente se les dieron los cuidados para su recuperación. Concluyeron que los tres índices que estudiaron son los más óptimos para la detección de enfermedades en los cultivos, ya que brindan una alta tasa de discriminación y precisión.

Sánchez y Arguijo (2018) en su investigación referente a la detección de plagas en el cultivo de café en la región cafetera de Mazatlán y Coatepec, en el estado de Veracruz, México, tuvieron el objetivo de detectar plagas y enfermedades en los cultivos mediante el uso de imágenes multiespectrales del satélite Landsat 8. El método que usaron fue aplicada de corte transversal, ya que obtuvieron datos de puntos al azar para compararlos. Resultando de la utilización de las imágenes en

diferentes bandas para superponerlos entre sí y formar índices para guiarse, siendo el índice NDVI el que resalta en el monitoreo, con valores de 0.2 a 0.8 μm en una zona y en otra 0.4 a 0.9 μm , representando en total el 85% del cultivo, mientras que el otro 15% corresponde a la biomasa apenas detectable o casi siendo suelo desnudo. Concluyeron que los resultados obtenidos fueron los esperados, ya que, encontraron las plagas y enfermedades previstas en el monitoreo tradicional, sin embargo, aún se detectaron algunas restricciones que esperan se arregle en futuras mejoras en los futuros satélites.

Fernandes y Loureiro (2017) en su investigación en Teresina, Piauí, Brasil, tuvieron como objetivo examinar cómo se asocia el uso y la cobertura del suelo en los cultivos, así como los índices de NDVI. La metodología que usaron fue probabilística por fases. Resultando que con el uso del satélite CBERS 2 se extrajeron las imágenes multiespectrales para su posterior procesamiento en el software SPRING, con el fin de obtener datos de los 625 m² y separados en 25 áreas de 25 m², separados en secciones de alta, sana y media cobertura de NDVI, mientras que hubo secciones de suelo desnudo, llegando a estar en los rangos de 0.97 μm con el 8% de todo el área para la cobertura alta, por otra parte, 0.78 μm y 21% la cobertura sana, mientras que la cobertura media llega a 0.58 μm con 23%, por último el 48% restante pertenece a las áreas urbanas y de suelo desnudo. Concluyeron que la separación por sectores le facilitó en la detección de la mayor concentración de cobertura, ya que, aunque el área era considerablemente pequeña, se distorsiona a la hora de estudiarla por completo, por lo que disgregación de esta es el método más efectivo de hallar en área pequeñas y con habitantes en el estudio.

García (2022) en su investigación ubicada en el cultivo de maíz Crespos, Avila, Madrid, tuvo el objetivo de comparar los distintos índices de vegetación ofrecidos por la plataforma Aurovant, para escoger la parcela que mejor se adapte al cultivo. La metodología que usó fue aplicada de corte longitudinal, ya que registró cinco periodos en cinco años de 2016 a 2021. Resultando de la comparación de los índices NDVI, GNDVI, NDMI y MSAVI, en los cinco periodos estimados, extraídos por la plataforma; estando el índice NDVI en el rango de 0.21, 0.22, 0.26, 0.32 y 0.42 μm ; mientras que el índice GNDVI tuvo el rango de 0.32, 0.31, 0.36, 0.39 y 0.47 μm ; por otra parte, el índice NDMI tuvo el rango de -0.12, -0.10, -0.11, -0.04 y 0.02; por último, el índice

MSAVI obtuvo el rango de 0.34, 0.35, 0.40, 0.47 y 0.58 μm . Concluyó que, el uso de la plataforma fue muy útil, ya brinda la información clara y de fácil entendimiento, sin embargo, esta no deja manipular la interfaz de los mapas; por otra parte, la progresión es positiva a través de los años, esto se debe a la progresión de experiencia del agricultor en dicho cultivo.

Bocco; et al (2020) en su investigación ubicada en Córdoba, Argentina; tuvieron como objetivo evaluar, con modelos matemáticos simples, el cálculo de los índices de vegetación extraídos del satélite MODIS a las áreas de cultivo de toda la región de Córdoba. La metodología que implementaron fue descriptiva de corte transversal, ya que mediante los cálculos efectuados determinarán el área y los índices estudiados en una sola muestra. Los resultados fueron efectuados a los índices NDVI y MSAVI del cultivo de maíz y soja en las 5,054,800 ha de cultivos; siendo estos índices separados en tres zonas para su fácil estudio, sur oeste (A), sur este (B) y norte (C), presentándose en el rango de NDVI 0.88 y 0.79 μm en maíz y soja respectivamente en las 3 zonas, por otra parte, el índice MSAVI, el rango varía en 0.88, 0.87 y 0.89 μm para el maíz, mientras que para la soja 0.76, 0.73 y 0.78 μm respectivamente. Concluyeron que los resultados obtenidos gracias al modelo lineal puede llegar a predecir los rangos de los cultivos y a determinar en una gran extensión de cultivo los rangos de ambas especies sembradas, diferenciandolas; caso contrario a las imágenes multiespectrales puras, estas solo determinarían un cultivo único.

Flores; et al (2020) en su investigación evalúan los índices de vegetación en los pantanos de Villa, Chorrillos, Perú, teniendo como objetivo de tener un seguimiento satelital de las áreas protegidas vulnerables y los cambios que sufren por actividades naturales o antropogénicas. La metodología que usaron fue la adquisición y obtención de datos satelitales, cartográficos y temáticas durante los últimos 20 años. Los resultados que obtuvieron por los satélites CBERS -2, 2 y -4, los cuales guardaron en la nube los datos multiespectrales necesarios para la obtención de los índices NDVI de los años estudiados, y demostrando como el área sin vegetación ha ido en aumento, en el año 2004 este era de solo 1.96 ha y paso a 38.75 ha en 2018, mientras que la vegetación densa paso de 130.14 ha en 2004 a solo 40.28 ha en 2018. Concluyendo así que el aumento de las áreas de suelo desnudo o vegetación consumida es obra del aumento poblacional del distrito que poco a poco se lotiza o

contamina, dejando estas áreas infértiles.

Serrano y Sashidian (2019) en su investigación realizada en la parcela experimental Herdade da Mitra, provincia de Valverde, Évora. Tuvieron como objetivo evaluar el potencial que tiene el satélite Sentinel-2 respecto a la calidad de los pastos y la humedad que este presenta. La metodología que usaron fue aplicada de corte longitudinal, ya que tomaron muestras de diferentes fechas que estaban en el repositorio del satélite. Obteniendo como resultados la correlación de los índices NDVI y NDMI, entre las fechas de enero de 2017 a junio de 2018, siendo el índice NDVI en su menor vigorosidad en el mes de enero del 2018, estando entre 0.04 a 0.19 μm , mientras que el mayor fue en el mes de mayo, estando en un rango de 0.13 a 0.45 μm , por otra parte, el índice NDMI su menor índice de humedad fue en el mes de septiembre, teniendo un rango de -0.12 a 0.03 μm , mientras que el mayor fue en marzo con un rango de 0.03 a 0.35 μm . Concluyendo que los meses de otoño tienen una mayor probabilidad de precipitación, estando relacionado a los meses con un mayor rango en los índices estudiados.

Valcares y Moreno (2022) en su proyecto de investigación ubicada en Vaquillas, Honduras, tuvieron como objetivo, evaluar las propiedades físicas del suelo con y sin subsoleo en un periodo de tiempo con imágenes multiespectrales, usando los índices NDVI, NDMI y MSAVI. La metodología que usaron fue experimental, por fases. Obteniendo como resultado las imágenes multiespectrales extraídas del satélite Sentinel-2 en tres diferentes años, 2019, 2020 y 2021, monitoreando su cultivo; siendo el más relevante el índice NDVI, estando en los rangos 0.64 y 0.62 μm el primer año, 0.63 y 0.62 μm , el segundo año; y 0.62 y 0.59 μm el último, con y sin subsoleo, por otra parte el índice NDMI 0.31 y 0.38 μm , el primer año, 0.27 y 0.16 μm , el segundo año, y 0.25 y 0.18 μm el tercero, con y sin subsoleo; por último el índice MSAVI, el rango detectado fue de 0.40 y 0.39 μm , el primer año, 0.39 y 0.39 μm , el segundo, y 0.37 y 0.37 μm , el último, con y sin subsoleo. Concluyendo que el subsolar el suelo mejora el rendimiento en casi nada a comparación del sin subsolar, viéndose apenas beneficios los índices en estos tres años, siendo el índice MSAVI el que no obtuvo ninguna mejora.

Lezma (2022) en su investigación ubicada en la estación experimental Vista Florida, Chiclayo, tuvo como objetivo estimar los índices de vegetación in situ mediante la

teledetección para detectar el coeficiente del cultivo del arroz. Utilizó la metodología Sebal, que estima la evapotranspiración real del cultivo. El resultado obtenido es gracias a las imágenes multiespectrales gracias a los satélites Landsat 7 y 8, en el periodo de febrero a junio del 2018, de los cuales se usaron con el fin de determinar los índices de vegetación NDVI, IAF y MSAVI; estando el índice NDVI en el rango de 0.35, 0.52, 0.47, 0.63, 0.57 y 0.50 μm ; por otra parte, el rango del índice IAF fue 0.15, 0.43, 0.25, 0.75, 0.62 y 0.51 μm ; mientras que el índice MSAVI obtuvo el rango de 0.17, 0.28, 0.21, 0.39, 0.35 y 0.32 μm . Concluyendo que donde se apreció un mayor incremento en los índices de vegetación fue durante los meses febrero a marzo, mientras que noto un decrecimiento en el mes de junio, lo cual refleja el estado fenológico del cultivo.

Carrera (2020) en su investigación ubicada en el cultivo de maíz, Parroquia de Alaquez, Ecuador, tuvo el objetivo de analizar el índice NDVI a partir de la utilización del satélite Landsat 8, con el fin de determinar el estrés del cultivo. La metodología propuesta fue descriptiva, de corte transversal, ya que el estudio fue ejecutado en una jornada. Los resultados que obtuvo fueron gracias a los cálculos del índice de vegetación mediante el software ArcGis y las imágenes multiespectrales extraídas del satélite a los 14.25 ha, de los cuales determinó los rangos de este cultivo de maíz, estando en la mínima vigorosidad en 0.09 a 0.23 μm , media 0.23 a 0.37 μm , por último 0.37 a 0.52 μm una alta rigurosidad. Concluyendo, que el uso de la teledetección satelital como herramienta para cultivo tan extenso como el estudiado resultó beneficioso para ambas partes, correspondiendo a poco más del 68% de individuos de maíz a la alta vigorosidad, permitiendo al agricultor a implementar correcciones.

Nolasco; et al (2020) en su investigación ubicada en el departamento Unión, Argentina, tuvieron como objetivo agrupar datos referentes al crecimiento temprano como también tardío de los individuos del cultivo de maíz. La metodología que usaron fue probabilística al azar, ya que de los 16 lotes de maíz solo se extrajeron 5. Los resultados que obtuvieron fueron elaborados al calcular el índice de vegetación normalizada, gracias a las bandas multiespectrales del satélite Sentinel-2, en las 49 ha del cultivo, separadas en 3 ha aproximadamente por lote; promediando los rangos en los lotes seleccionados en 0.61, 0.44, 0.69, 0.48 y 0.57 μm ; siendo los lotes de rango inferior a 0.50 μm considerado de crecimiento tardío. Concluyeron que el poder discriminar las clases de cultivo en subclases de temprano y tardío crecimiento;

impone interrogantes de las posibles afectaciones que sufre ambas zonas, para su posterior corregimiento o solo el mantenimiento de estas.

Albornoz; et al (2019) en su investigación ubicada en Mendoza, Argentina, tuvieron como objetivo describir los datos obtenidos de la zonificación de viñedos utilizando tres índices de vegetación (NDVI, MSAVI y EVI). La metodología que usaron fue cuantitativa, no experimental, de corte transversal, ya que solo utilizaron una fecha para la creación de los índices mencionados. Los resultados lo obtuvieron gracias a los sensores multiespectrales del satélite Sentinel-2A, el día 26 de enero del 2017, con los cuales pudieron calcular los índices de vegetación, como el NDVI que estuvo en el rango de 0.36 a 0.41 μm ; por otra parte, el índice MSAVI presentó los rangos 0.52 a 0.59 μm ; por último el índice EVI estuvo en el rango de 0.16 a 0.2 μm . Concluyendo que el uso de los índices NDVI y MSAVI fueron prácticamente los mismos, aunque este le arroje datos distintos, ya que ambos determinan la salud de la vegetación, por lo que el uso de uno bastaría, sin embargo, al usar los tres, detectaron la claramente diferencia del crecimiento irregular del cultivo.

Salimi; et al (2021) en su investigación ubicada en el área protegida Arasbaran, Irán, tienen como objetivo estimar la riqueza, uniformidad y diversidad del área protegida de 26 especies leñosas mediante índices de vegetación de las imágenes extraídas del satélite Landsat 8 OLI. La metodología que usaron fue cuantitativa, de muestreo aleatorio estratificado, para definir la ubicación de las parcelas del muestreo. Los resultados fueron seleccionados al azar, en 130 parcelas de 30x30 metros, del área total que abarca aproximadamente 140,000 hectáreas; de las cuales se promediaron los índices de vegetación que más reiteran, encontrándose que en los tres índices de vegetación utilizados, (NDVI, NDMI y MSAVI) el rango de vegetación reiteraba en 0.21, 0.41 y 0.42 μm , por lo que estimaron que ese es el rango promedio de toda el área protegida. Finalmente, concluyeron que el satélite Landsat 8 utilizado como herramienta para estimar la riqueza y riqueza de las especies no fue de gran precisión, puesto que la resolución de este no es la más óptima para áreas pequeñas para calcular los índices de vegetación, por lo que la utilización de uno con mayor resolución elevaría la obtención de los datos o se tendría una mayor variedad de rangos.

Bongiorno; et al (2020) en su investigación ubicado en el establecimiento agropecuario

La Tacuarita, Buenos Aires, Argentina; tuvieron el objetivo de analizar la sensibilidad de los índices de vegetación NDVI, MSAVI y NDMI, a la profundidad del horizonte calcáreo del cultivo de maíz, que son calculados con las imágenes multiespectrales del satélite Sentinel-2. La metodología que usaron fue aplicada de corte transversal, ya que solo usaron una fecha programada del cultivo. Los resultados fueron obtenidos en las 2.4 ha de cultivo de maíz, en el mes de febrero, siendo este un mes lluvioso, con una precipitación máxima de 142 mm, lo cual afecta positivamente a los índices; estando el índice NDVI en el rango de 0.92 μm ; mientras que el rango MSAVI está en 0.91 μm ; por último el rango NDMI está en 0.86 μm . Concluyendo que, la disponibilidad de altos rangos en los índices se debe a la alta presencia de humedad, este tiene mayor presencia en el índice NDMI, ya que normalmente este presenta rangos bajos; por otra parte, destaca el rango MSAVI, presentando un rango casi al borde de ser perfecto, significando que de tardar unos días este ya no tendría uso.

Chamorro y Erazo (2019) en su investigación ubicada en el cantón Guano de la provincia de Chimborazo, Ecuador, tuvieron como objetivo evaluar los índices de vegetación, (NDVI, NDMI y SAVI) en los cultivos de tuna. La metodología usada fue aplicada, de corte transversal. Los resultados que obtuvieron fueron gracias al satélite Sentinel 2A, el día 16 de junio del 2018, en 19.31 hectáreas de cultivo de tuna, del cual se extrajeron las bandas multiespectrales para el cálculo de los índices de vegetación; el índice NDVI estuvo en el rango de 0.43 a 0.86 μm ; por otra parte, el índice NDMI estuvo en el rango de 0.27 a 0.41 μm ; por último el índice MSAVI obtuvo el rango de 0.06 a 0.24 μm . Concluyeron que el índice de vegetación MSAVI disminuye las alteraciones del valor del NDVI, influyendo en el estado vegetativo del cultivo de tuna debido a que la zona es árida, por la misma razón el índice NDMI tiene un déficit de precisión, ya que la evaporación del cultivo es acelerada no obtienen datos en tiempo real del índice.

Del mismo modo, la base teórica utilizada para referirse al contenido del trabajo de investigación, la cual parte de la agricultura de precisión (AP), este se basa en el manejo específico de una área de cultivo determinado, utilizando herramientas tecnológicas remotas (ISPA, 2019), que facilitan el cuidado de este, ya que al recopilar y procesar la información, con la elaboración de mapas resaltan las zonas del cultivo que necesitan una mayor atención y cuidado, economizando esfuerzos y productos. (Vecchio; et al, 2020)

La teledetección es la técnica con la que se adquieren datos de la interacción electromagnética que es captada por los sensores acoplados al satélite por medio de la reflectancia que emiten los cuerpos, la cual se opera de manera remota (Geo innova, 2017); esto para su posterior procesamiento a través de software de geoprocésamiento, con el fin de su subsiguiente interpretación. (EOS DATA ANALYTIC, 2021)

El satélite Sentinel-2 lanzado por el programa de la comisión europeo Copernicus, el que orbitan la tierra con un desfase de 180° y una demora por punto de toma de 5 a 7 días, proporcionando imágenes con corrección atmosférica, en su nivel 2A, siendo este especializado en agricultura de precisión (IGN, 2019), por medio de sus sensores multispectrales de 13 bandas con una resolución que van de 10, 20 y 60 metros por pixel, en las que están los espectros visibles, infrarrojo cercanos e infrarrojo de onda corta, media y larga. (ESA, 2019)

Los sensores RGB distinguen los colores rojo, verde y azul, de los cuales detectan la reflectancia de la a partir de la información extraída de la luz, capturada por los sensores respectivos, sirviendo en su mayoría como bandas base de la creación de índices.(Garea, 2018)

Los sensores térmicos operan en longitudes de onda en el rango del infrarrojo térmico, que están en el rango de $0.78 \mu\text{m}$ a $0.87 \mu\text{m}$, esta banda se utiliza para detectar el estado de los cultivos, la detección de plagas y el estrés hídrico, por lo que es una pieza fundamental en la agricultura de precisión. (González, A, 2019)

Los sensores multispectrales satelitales registran datos de las diferentes bandas del espectro electromagnético que son reflejadas por los cuerpos; éstas al poseer multiples sensores, capturan la reflectancia, para su posterior conversión en bandas, para su posterior procesamiento a imágenes con las que se puede trabajar. (Ahmad, 2020).

Las imágenes pancromáticas son producidas por las cámaras multispectrales de los satélites, estas permiten una mayor resolución al combinarlo con las demás bandas, (Chaves, S, 2021) este se consigue utilizando el método de refinado pancromático,

que no es otra cosa que, la fusión de las bandas a escalas de grises (pan) para convertirse a una imagen a color en alta resolución. (EOS DATA ANALYTIC, 2021)

El sistema de Información Geográfica o SIG, son un conjunto de hardware y software de los cuales se extraen información de georreferenciación, con el fin de adquirir y almacenar información, siendo esta utilizada para analizar y gestionar la ubicación estudiada. (Bascoul, 2017)

La reflectancia en las hojas son propiedades con las que se puede determinar la estructura foliar, el estrés hídrico y diferentes sustancias químicas que presente, mediante los tres principales rangos espectrales (Visible, NIR y SWIR) (Caldentey, 2017)

El Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI), es el indicador del vigor de la vegetación, donde se utiliza bandas infrarrojas cercanas y del espectro rojo para estimar el valor de la salud del cultivo; siendo estas calificadas en un rango de -1 a 1 , donde los más próximos a 1 son saludable o vigorosos y, por el contrario, a -1 enfermas, su fórmula es $NDVI = (NIR - red) / (NIR + red)$ (Gozdowski; et al, 2020)

El índice de Vegetación Ajustado al Suelo Modificado (MSVI), es el indicador que realiza los sembradíos jóvenes o en sus etapas iniciales, siendo este el complemento perfecto para el índice de vegetación NDVI, ya que este detecta los aspectos del cultivo que el otro índice pasaría por alto; utilizando las bandas de infrarrojo cercano y roja para su cálculo, la cual resalta su fórmula, $MSAVI = \frac{2 * NIR + 1 - \sqrt{(2 * NIR + 1) - 8 * NIR - RED}}{2}$; con este se obtiene los respectivos rangos, los cuales van de 1 a -1 , representando vegetación densa y suelo desnudo respectivamente. (Hongahai, 2019)

El Índice de Humedad de Diferencia Normalizada (NDMI), se utiliza para observar el estrés hídrico y los niveles de humedad de los cultivos, utilizando bandas NIR y SWIR, con el fin de discriminar la estimación del contenido de humedad, su fórmula es $NDMI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$, el cual se representa por los rangos 1 hidratado y vigoroso, a -1 representando un cultivo deshidratado o muerto. (USGS, 2018)

ArcGis es un procesador geoespacial que se usa principalmente para visualizar, editar, crear y/o analizar datos geoespaciales o de teledetección, permitiendo al usuario explorar y modificar datos, simbolizar entidades y crear mapas, modificarlos y calcular sobre ellos. (ArcGis, sf)

El maíz Chancayano de la sub-especie *Zea mays amiláceo* perteneciente a la raza de derivaciones recientes, resultado de hibridaciones anteriores, especializado para el sembrado en la zona de Chancay y provincias aledañas con una altura inferior a los 200 msnm, (Guzzon, et al, 2021), se caracteriza por tener los granos chatos y grandes con el endospermo que en su mayoría es almidón (70%), siendo blanco, harinoso y blando, en una mazorca gruesas cilíndricas-cónicas de 15 cm de largo y 6 cm de diámetro, con doce hileras regulares, (MIDAGRI, 2021) cubierto de panca (del quechua ppanca), la cual en su fase reproductiva almacenaba los estigmas (flor femenina), esta está conectada a la vaina de color verde rojizo , que llega a medir de 2 a 2.50 metros, incluyendo la panoja (flor masculina) de color blanco y rojo. (Salhuana, sf) Su mayor virtud es el soportar las temperaturas elevadas a comparación de los otros *amiláceos*, sin embargo, ha sido desplazado por maíz Perla que es en gran medida más grande pero sin las características amiláceas. (PIONEER DU PONT, 2016)

III. Metodología

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación que se llevó a cabo es de tipo aplicado. Según Lozada (2014), la investigación aplicada tiene el fin de generar conocimientos a partir de investigaciones básicas, el cual contribuirá a solucionar los problemas que se presenten en los sectores productivos.

3.1.2 Diseño de investigación

El diseño de investigación es no experimental descriptivo de corte longitudinal, ya que se tomó muestras a través de la cámara multiespectral acoplada al satélite Sentinel-2 en tres jornadas programadas, teniendo en cuenta la nubosidad presente en las fechas. Manterola (2019), manifiesta que este diseño mide más de 2 toma de muestras al mismo punto, teniendo como objetivo el descubrir las evidencias asociadas a las variables y validarlas, para su posterior comparación.

3.2 Variables y operacionalización

De acuerdo a Cohen y Gómez (2019) menciona que las variables no se pueden observar y no pertenecen a la unidad de análisis, siendo recursos teóricos que contribuyen al análisis para la transformación de los datos.

En la presente investigación se tiene dos variables: (Anexo 1)

Variable 1: Sistema de Información

Variable 2: Uso Agrícola

Unidad de análisis: Sistema de Información y Teledetección para el uso agrícola, sub-especie *Zea mays amiláceo*, Casica-Lurin 2022.

3.3 Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población

La población es la limitada y accesible agrupación de individuos, colectivos u casos que conforman la selección de la muestra cumpliendo específicos criterios (Miranda, 2018), es por ello que se consideró como población al cultivo de *Zea mays amiláceo*, ubicado en la zona agrícola de Casica, Lurín.

3.3.2 Muestra

La muestra son operaciones que en conjunto son utilizadas para estudiar los diversos caracteres de distribución de una fracción de la población. (Tamayo, 2019), siendo cada unidad de *Zea mays amiláceo* o también llamado maíz Chancayano como individuos, formando su conjunto un cultivo de aproximadamente 0.720 hectáreas (cada vez que se menciona se hace referencia al conjunto de individuos), para realizar la teledetección multiespectral y de este determinar los respectivos índices.

3.3.3 Muestreo

El muestreo crítico señala que consiste en seleccionar datos de la muestra basándose en los conocimientos previos de la población estudiada. (Hernández y Carpio, 2019) Por ello, el muestreo fue de tipo no probabilístico, ya que se eligieron las imágenes procesadas con mayor información obtenida.

3.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas

La técnica usada fue la Observación, puesto que, mediante las imágenes tomadas por la cámara multiespectral obtenidas del satélite Sentinel-2, se pudo procesar en el programa ArcGis y conocer el índice de vegetación, estrés hídrico y control de crecimiento uniforme del cultivo.

3.4.2 Instrumentos

El instrumento de recolección de datos fue una ficha de observación creada y adaptada de acuerdo a las necesidades del proyecto de investigación. (Anexo 3)

3.5 Procedimientos

El presente trabajo de investigación se dividió en tres fases, las cuales son tres fechas de recolección de datos a través de la cámara multiespectral acoplada al satélite Sentinel-2 para el monitoreo de precisión a la parcela A de *Zea mays amiláceo*.

Antes de empezar las fases se le comunicó al agricultor el trabajo de investigación que se realizaría, después de su aprobación, se dispuso a solicitar las imágenes satelitales el día previsto y la preparación de los programas para el procesamiento de imágenes.

3.5.1 Primera Fase

Siendo la primera fase propuesta el día veintisiete de septiembre para conocer el estado en que se encuentran la parcela de dieciséis días.

Mediante el uso de los sensores multiespectrales, se extrajeron imágenes de las bandas, por la aplicación web Copernicus Open Access hub, la cual brinda imágenes en su repositorio del satélite Sentinel-2, la cual tiene una resolución de 10 a 20 metros por pixel; para el monitoreo de la parcela A con las capturas obtenidas delimitando las zonas de estudio del cultivo, teniendo tomas de diferentes bandas, recopilando los diferentes espectros que ofrece, con el propósito de verificar la reflectancia del cultivo. Posteriormente, al obtener las imágenes con un espectro de luz diferente por cada banda, se procesaron con el software ArcGIS para tener un mapeado de la zona y los diferentes filtros necesarios para el beneficio del estudio, finalmente se le entregó la data procesada luego de los cálculos correspondientes, con el fin de que el agricultor tome las medidas correspondientes en los cuidados respecto al Índice de Vegetación Normalizada, estrés hídrico y el control de desigualdad de los cultivos recién sembrados.

3.5.2 Segunda Fase

Al igual que la primera fase, las imágenes extraídas veintiuno días después de la anterior fase, es decir, el diecisiete de octubre, se procesaron y calcularon de igual forma, ya que el procedimiento es el mismo, sin embargo, se espera mejoras desde la primera toma en los índices planteados como objetivos.

3.5.3 Tercera Fase

De la misma manera que la primera y segunda fase, las imágenes extraídas veinte días siguientes de su antecesor, su proceso y cálculos fueron exactamente iguales, esperando un aumento significativo de la segunda fase, como un gran aumento de la primera.

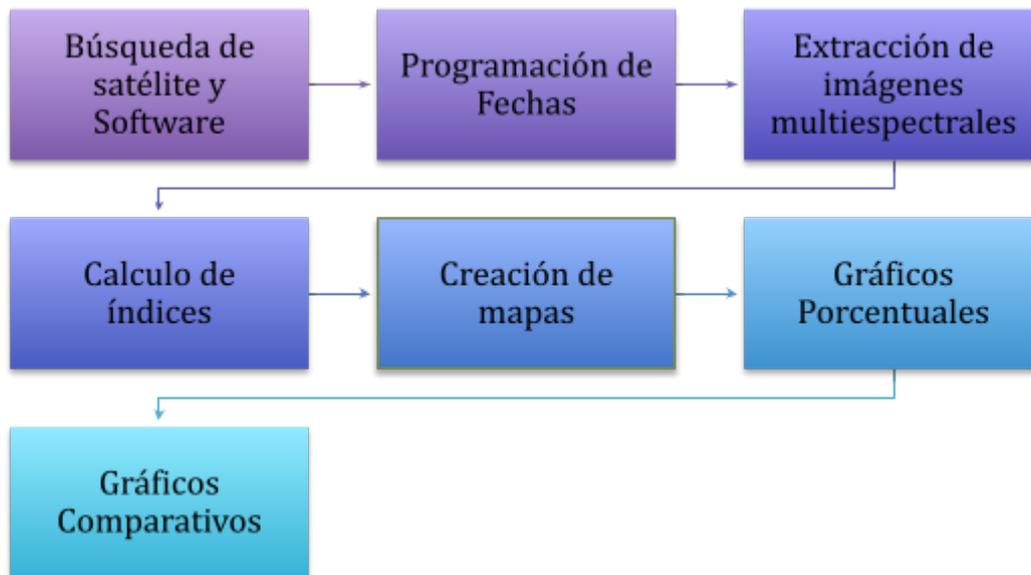


Gráfico 1: Diagrama de las fases de la elaboración del proyecto. Elaboración Propia

3.6 Método de recolección de datos

Para el cumplimiento de los objetivos planteados se consideró, mediante el uso del instrumento de recolección de datos, recopilar las imágenes extraídas por el satélite Sentinel-2 de las fechas programadas; se descargaron las bandas y procesaron con el programa ArcGis, para su procesamiento y cálculo de los índices correspondientes.

3.7 Aspectos Éticos

El presente trabajo de investigación se construyó con información recopilada de diversas fuentes bibliográficas de revistas científicas, libros y tesis relacionadas con el tema, citadas correctamente por el respectivo autor y año de publicación, al igual que la verificación del porcentaje de copia por el Software Turnitin, usando como soporte el uso adecuado del manual ISO 9001:2015 de la Universidad César Vallejo para las respectivas citas y referencias bibliográficas. Así como la información se obtendrá en campo

IV. Resultados

4.1 Área de Estudio

El área de estudio se llevó a cabo en el cultivo Av. 3 de octubre (12.2453°S – 46.8757°W), ubicado en Villa Libertad, municipio de Lurín, perteneciente a Lima, Perú. En este cultivo de 0.72 hectáreas se ha cultivado maíz Chancayano de la sub-especie *Zea mays amiláceo*. Se ha trabajado en esta parcela y con este cultivo debido a la disponibilidad del agricultor.



Figura 1: Zona de ubicación del cultivo de Maíz Chancayano. Extraída de Google Maps.

4.2 Primera Fase

Al ubicar la zona de estudio se procedió a seleccionar la mejor opción para la teledetección del cultivo, siendo el satélite Sentinel-2 la herramienta que cumplió con los requisitos, al tener una resolución por banda requerida de 10x10 metros por píxel en las bandas azul, rojo, verde y NIR, por lo que se dispuso a extraer imágenes, para su posterior procesamiento mediante los cálculos de por cada índice que lo requiriese.

4.2.1 Análisis de NDVI

Los valores obtenidos NDVI del procesamiento de imágenes con el satélite Sentinel-2 a una resolución de 10 metros por píxel utilizando la fórmula $NDVI = (NIR-Red)/(NIR+Red)$, que en la aplicación ArcGis se utilizó por bandas $NDVI = (B8-B4)/$

(B8+B4), con el fin de determinar la densidad y vigorosidad del cultivo; obteniendo como resultado que el cultivo está en un rango de 0.07 – 0.61 μm ; siendo el rango más bajo del índice de vegetación, representa un área de individuos que están al borde de la muerte, esta área se encuentra en el borde superior, abarcando 0.07 ha, representando el 9%, representado la zona donde se debe de tener un mayor control; mientras que la de mayor índice se encuentra en la zona céntrica inferior, teniendo una vegetación moderada, abarcando 0.06 ha, que representa el 7% del total.

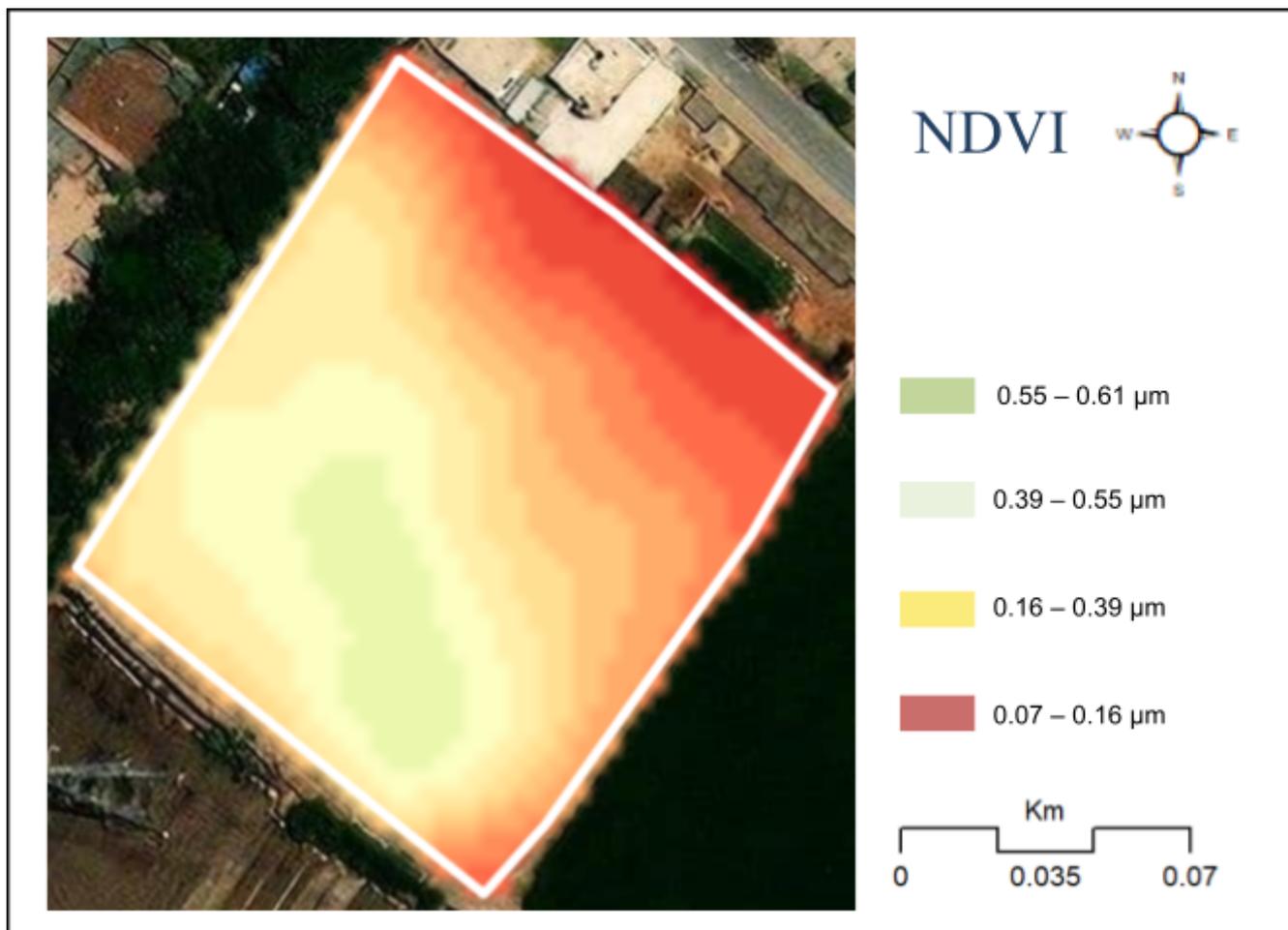


Figura 2: Mapa de Índice de Vegetación Normalizado.

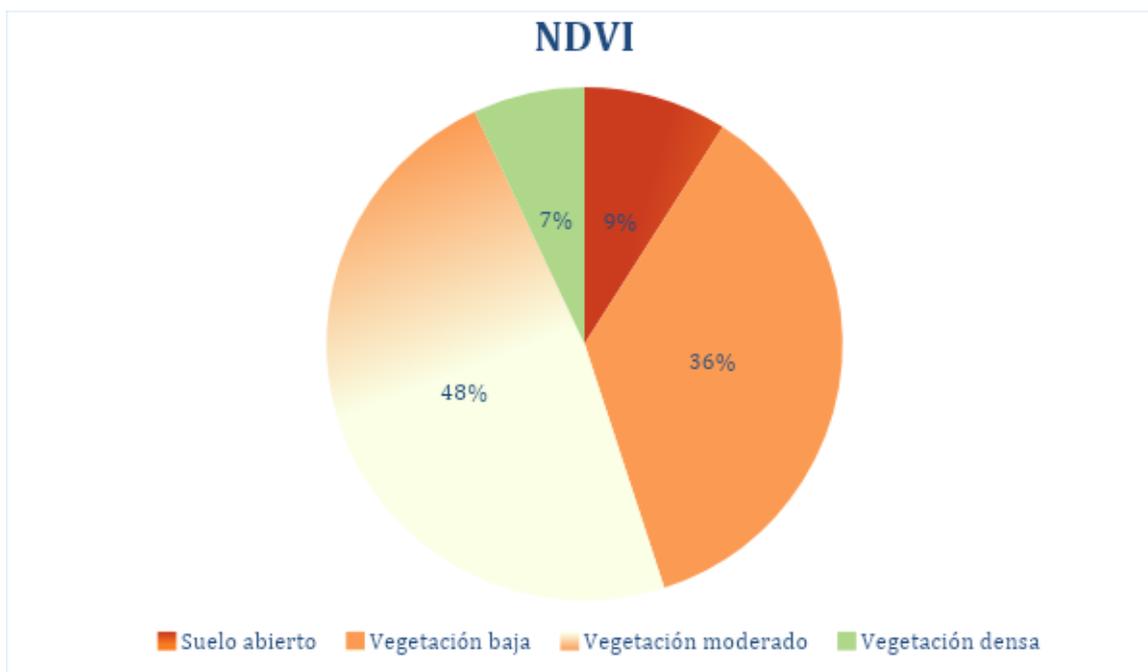


Gráfico 2: Representación del Índice de Vegetación Normalizado.

4.2.2 Análisis de NDVI

Los valores obtenidos por NDVI de las imágenes igualmente extraídas, pero con una resolución de 20 metros por pixel, ya que la banda SWIR solo tiene esa resolución por lo que la banda NIR se tiene que adaptar para su procesamiento con la fórmula correspondiente para este índice, siendo este $NDVI = (NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$, mientras para ser procesada $NDWI = (B8 - B11) / (B8 + B11)$; con el fin de obtener la humedad relativa que posee el cultivo; resultando así, que el rango de niveles de humedad oscilan entre los 0.09 – 0.44 μm ; siendo igualmente que el índice anterior, la parte exterior la de mayor estrés hídrico por la escasa vegetación, abarcando 0.17 ha, representando el 23%; por otro lado, la parte céntrica con una cobertura vegetal media y un estrés bajo por igual que el área que ocupa 0.08ha, siendo este el 11%.

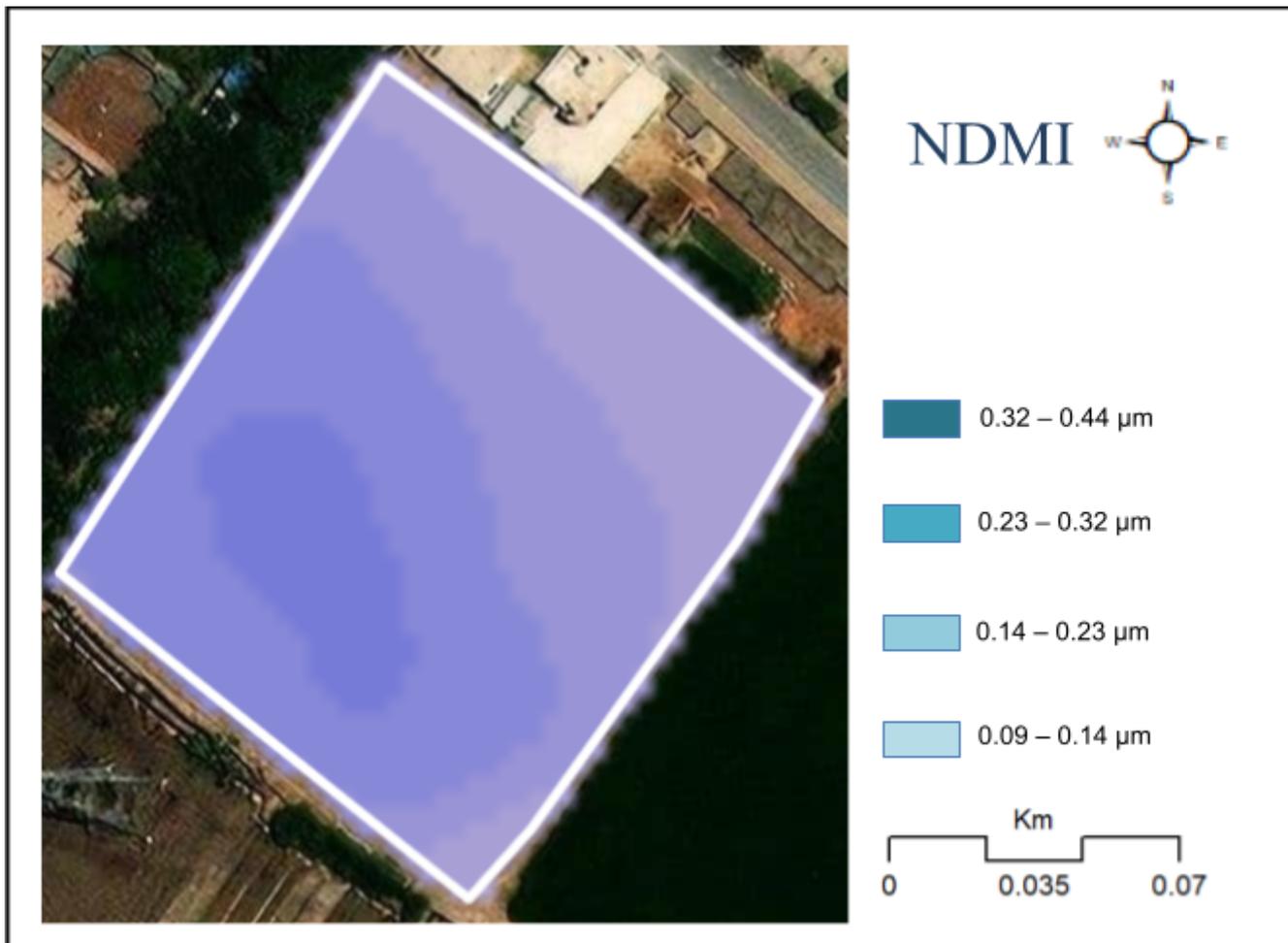


Figura 3: Mapa de Índice de humedad diferenciada Normalizada.

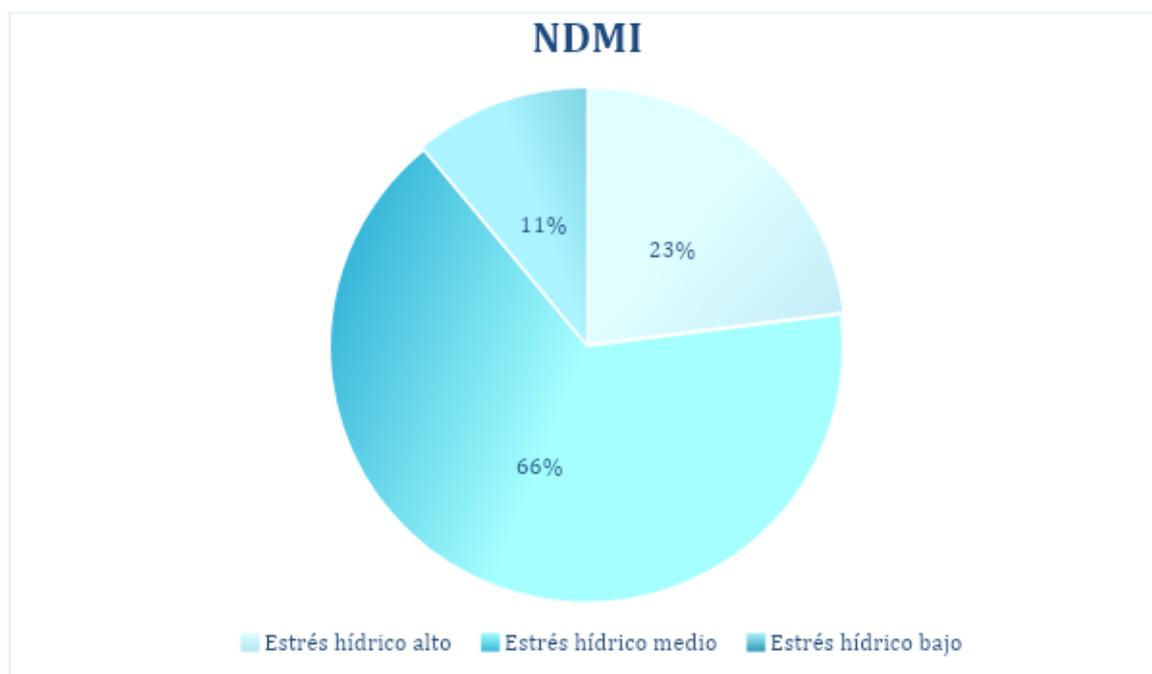
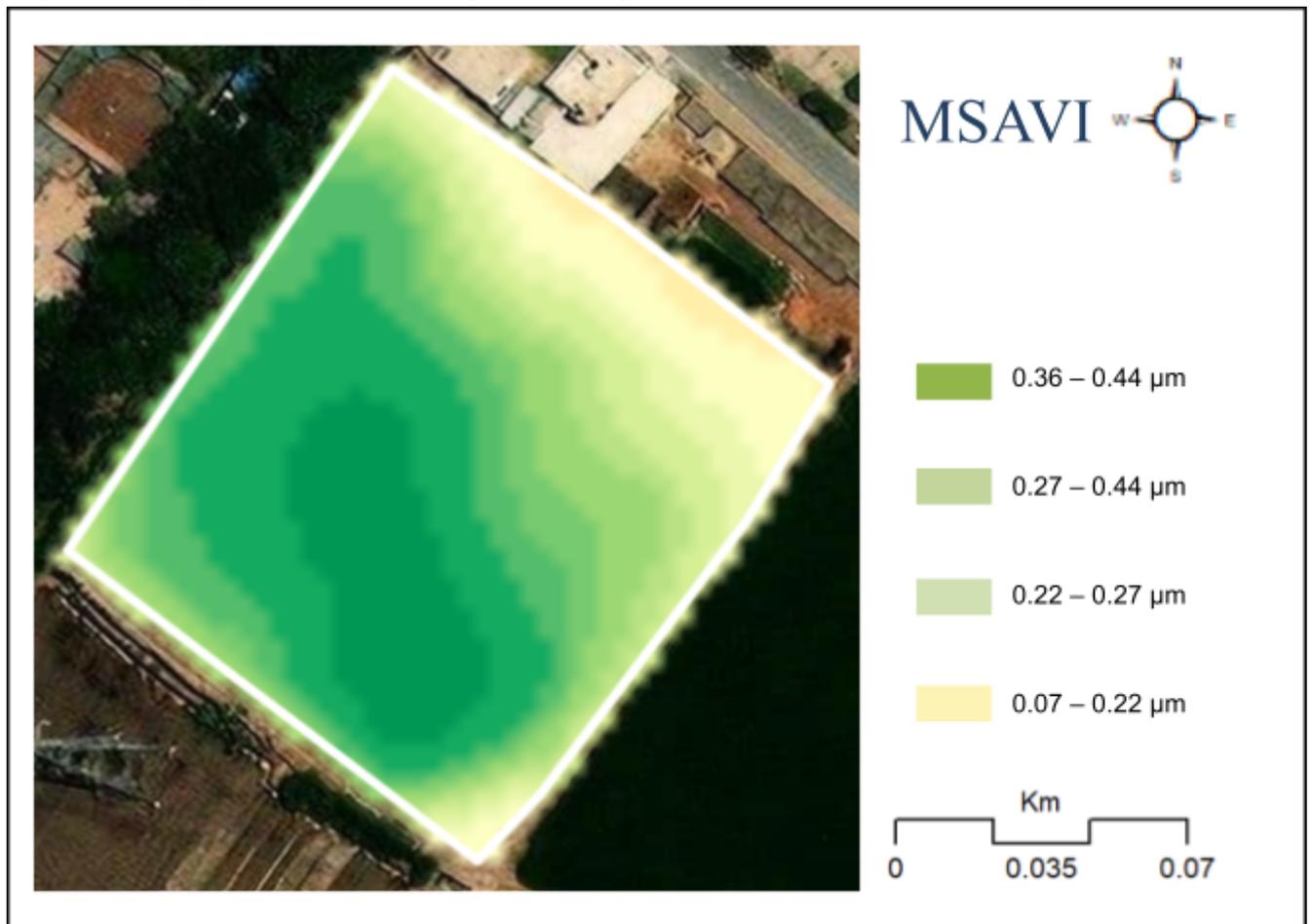


Gráfico 4: Representación del Índice de humedad diferenciada Normalizada.

4.2.3 Análisis de MSVI

Finalmente, los valores obtenidos por el índice MSAVI extraídos y procesados con una resolución de 10 píxeles por metro se utilizó la fórmula $MSAVI = (2 \cdot NIR + 1 - \sqrt{(2 \cdot NIR + 1) - 8 \cdot NIR - RED}) / 2$, o para su procesamiento en ArcGIS $MSAVI 2 = (1/2) \cdot (2(NIR + 1) - \sqrt{(2 \cdot NIR + 1)^2 - 8(NIR - Rojo)})$, con el objetivo de hallar suelo desnudo o los individuos que crecen desigual; resultando el rango de vegetación en 0.07 – 0.44 μm ; siendo este primero la representación de vegetación escasa o prácticamente suelo desnudo, presentándose en mayor medida en los bordes, ocupando 0.19 ha, abarcando el 27% del total; por el contrario, el mayor rango muestra vegetación moderada, por lo que intuye que es donde se concentra mayor densidad de individuos, ocupando este 0.10 ha, representando este el 13% del cultivo.

Figura 4: Mapa de Índice de Vegetación Ajustada al Suelo.



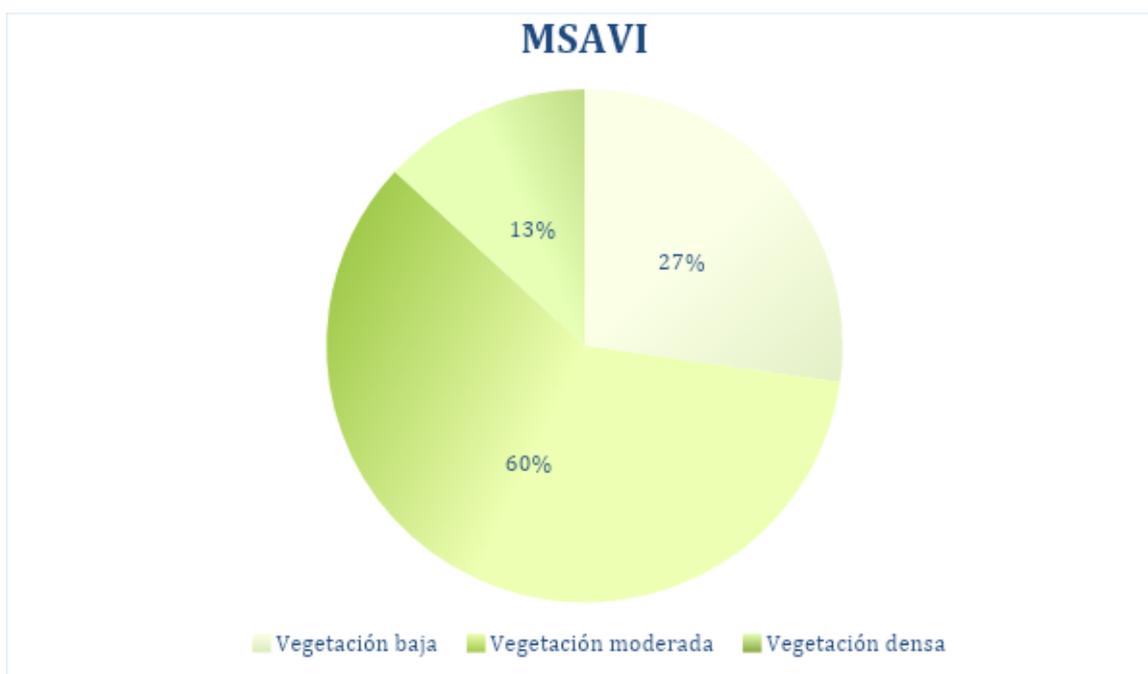


Gráfico 5: Representación del Índice de Vegetación Ajustada al Suelo.

4.3 Segunda Fase

4.3.1 Análisis de NDVI

Los valores obtenidos en la segunda fase del análisis del índice NDVI, fueron obtenidos de igual manera que la primera fase; el cultivo en esta fecha está en un rango de vigorosidad de 0.19 – 0.72 μm , considerándose el valor más bajo del rango, los individuos en las zonas del borde del cultivo, que presentan una vigorosidad en extremo baja, abarcando 0.01 ha, o el 2% del cultivo; por otra parte, la presencia de mayor vigorosidad se encuentra separada en dos zonas ubicadas en el área céntrica del cultivo, estas abarcan el 0.03 y 0.10 ha respectivamente, siendo la suma representa el 18% del cultivo. Comparándose con la primera fase, el menor rango de vigorosidad, fue afectado, observándose una notoria mejora, reduciéndose de 0.07 ha a 0.01 ha, o que es lo igual decir de 9% a solo 2%; por otra parte, el mayor cambio se vio, es la mejora de la vigorosidad, está aumentó un 11%, o representado de otro modo 0.07 ha del cultivo.

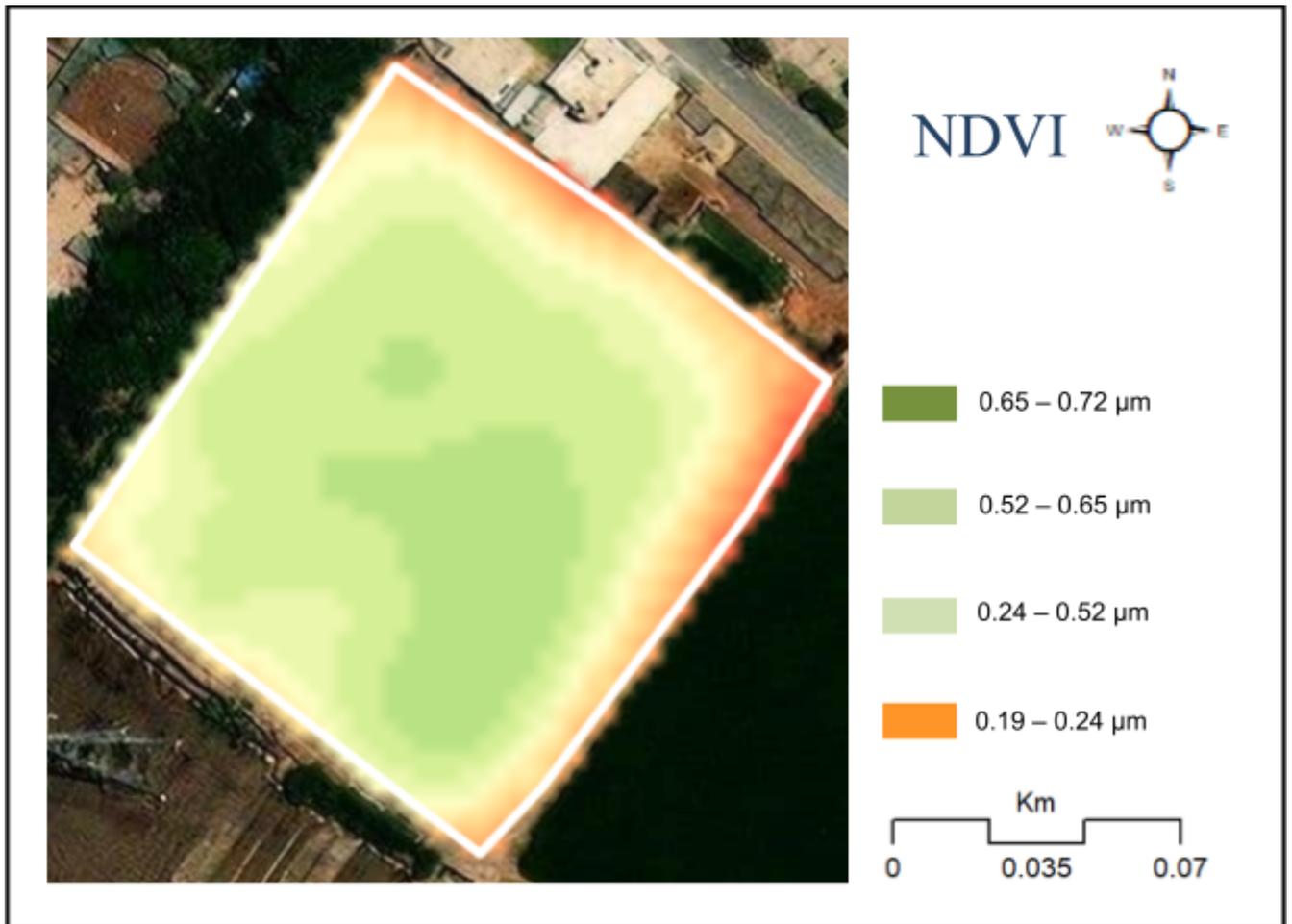


Figura 5: Mapa de Índice de Vegetación Normalizado.

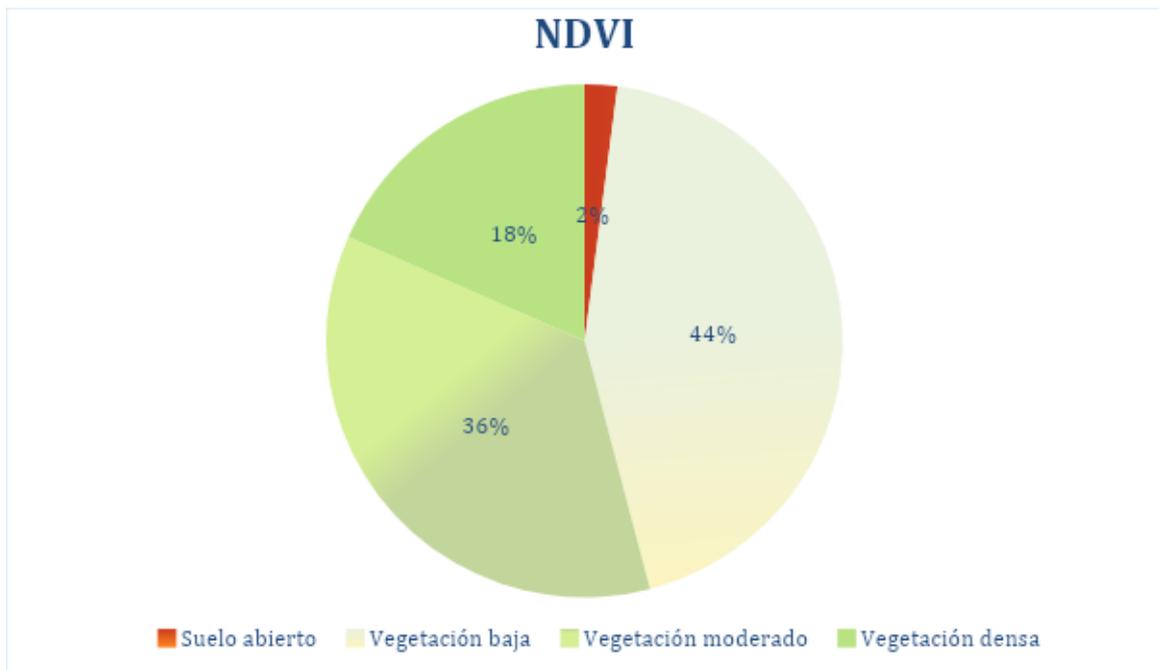


Gráfico 6: Representación del Índice de Vegetación Normalizado.

4.3.2 Análisis de NDMI

De igual forma, los valores obtenidos en la segunda fase del índice NDMI se extrajeron de igual forma que la fase predecesora; estando dentro del rango de 0.01 – 0.33 μm ; detectándose la reiteración de las zonas del contorno, el menor rango, es decir mayor estrés hídrico detectado, representando 0.18 ha, siendo este el 24% del cultivo; mientras que el área céntrica del cultivo que representa 0.31 ha es el estrés hídrico más bajo, siendo este el 43% el área que abarca mayor territorio de individuos. En comparación con la primera fase, el estrés hídrico de la actual fase aumento en el menor y mayor rango, reduciéndose el valor de micrómetros de 0.1 a 0.0 y 0.44 a 0.33 μm respectivamente, como también el área afectada, aumentando en 0.01 ha en el menor rango, y notándose un alza del área de 0.23 ha o el 32% en el mayor rango.

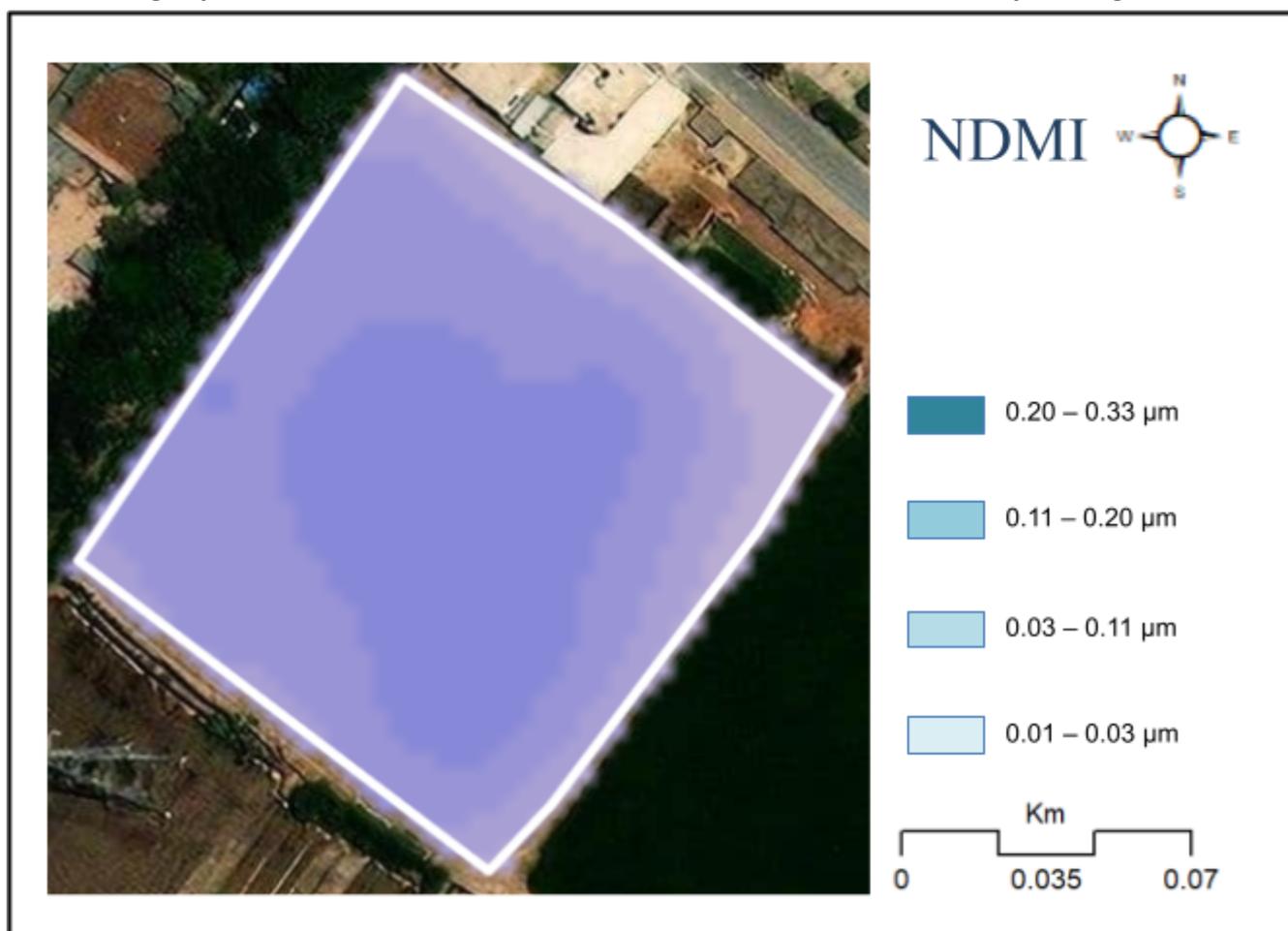


Figura 6: Mapa de Índice de humedad diferenciada Normalizada.

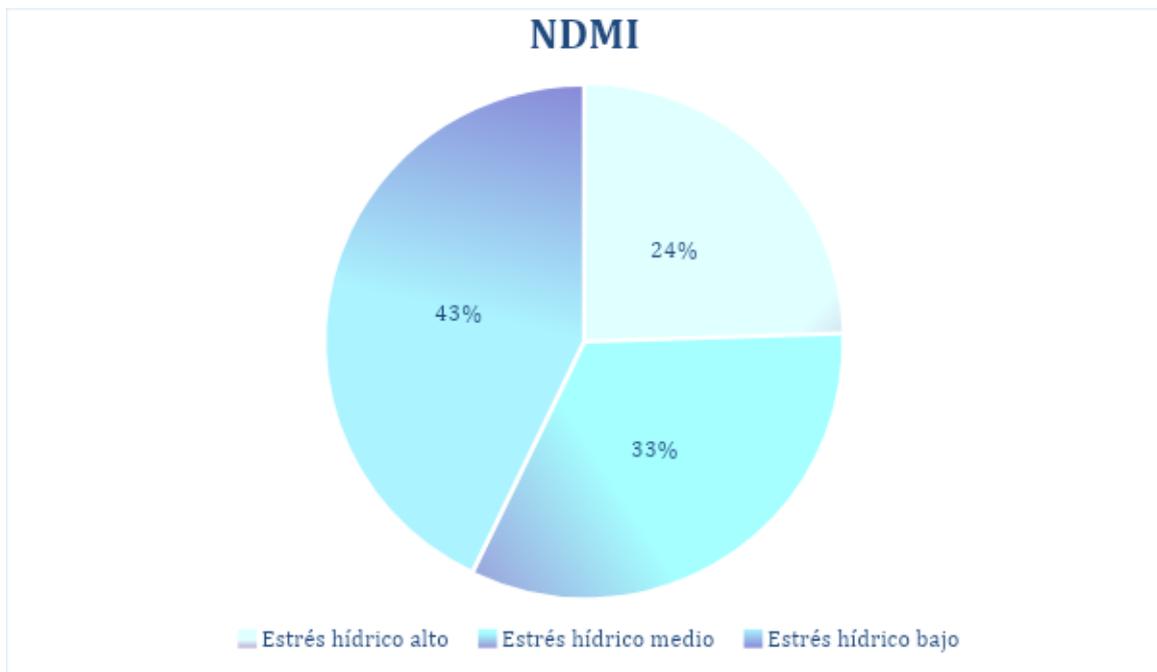


Gráfico 7: Representación del Índice de humedad diferenciada Normalizada.

4.2.3 Análisis de MSAVI

Finalmente, de igual manera que la primera fase, se extrajeron los datos para el cálculo del índice MSAVI, representado con los datos obtenidos, el rango calculado va de 0.11 – 0.51 μm , representando el menor rango el área exterior, abarcando 0.07 ha, siendo este 9%; mientras que el mayor rango se ubicaba en zona céntrica abarca un área no mayor a 0.06 ha, siendo este el 3%. Comparándolo con la primera fase, el valor mínimo del rango se mantuvo, pero el área afectada se redujo en un 8%, lo que equivale a 0.05 ha; por otra parte, el rango de valores de 0.4 μm , obtuvo el mayor aumento en el área, siendo el doble de área abarcada de individuos en crecimiento; sin embargo, el aumento más notorio fue el área céntrica del cultivo llegando al rango de 0.5 μm , abarcando 0.01 ha o el 3% de esta, considerándose cultivo de crecimiento acelerado; a pesar de estos resultados positivos, esto afecta al crecimiento desigual del cultivo, ya que solo un área específica la obtiene.

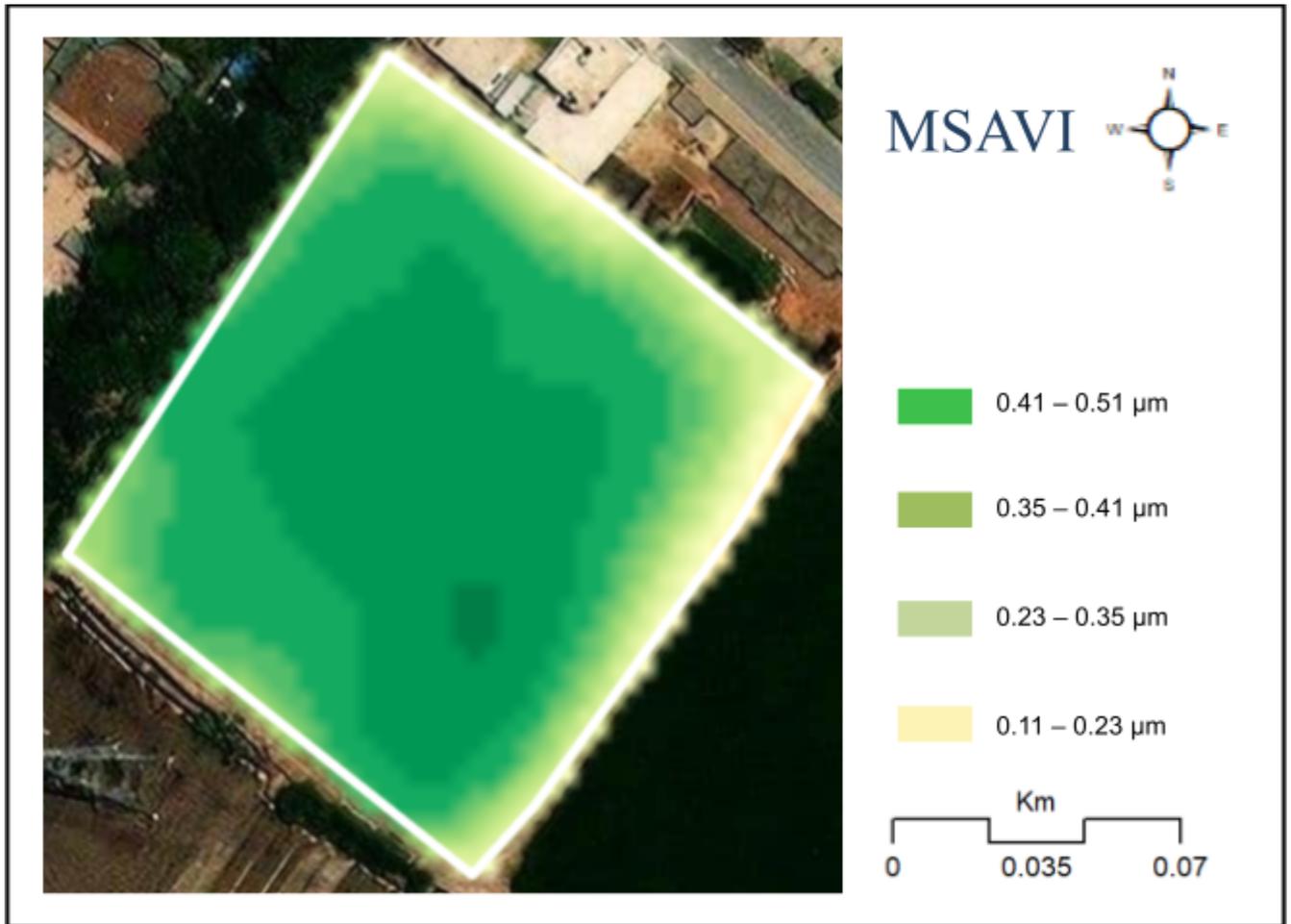


Figura 7: Mapa de Índice de Vegetación Ajustada al Suelo.

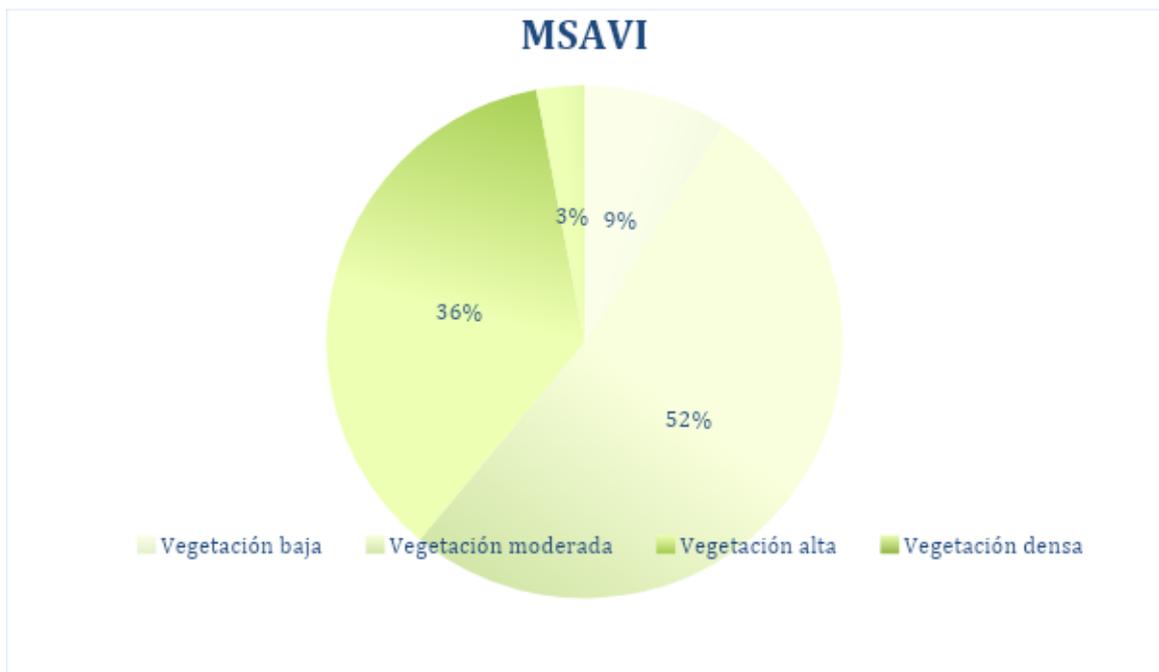


Gráfico 8: Representación del Índice de Vegetación Ajustada al Suelo.

4.4 Tercera Fase

4.4.1 NDVI

Los valores obtenidos en última fase, se extrajeron de igual manera que la primera y segunda fase, con el fin de obtener el análisis del índice NDVI; el cultivo, en esta fecha, se encuentra en un rango de vigorosidad 0.34 - 0.81 μm , de los cuales el menor rango, al igual que la fase anterior, representa la zona superior del cultivo, que abarca 0.01 ha, o es lo mismo mencionar 3%; mientras que la mayor vigorosidad se encuentra en la mayoría del cultivo con 0.45 ha o el 61% del cultivo total. Comparándose con la segunda fase, se vio una mejora en el rango inferior de vigorosidad, de 0.24 a 0.34 μm , en la misma área afectada; por otro lado, el cambio más notorio se vio en el área de la vigorosidad mayor, pasando 0.10 a 0.45 ha, en un rango de vigorosidad de 0.72 a 0.81 μm respectivamente, siendo una gran mejora en la vigorosidad de los individuos y en la equidad de vigorosidad del cultivo.

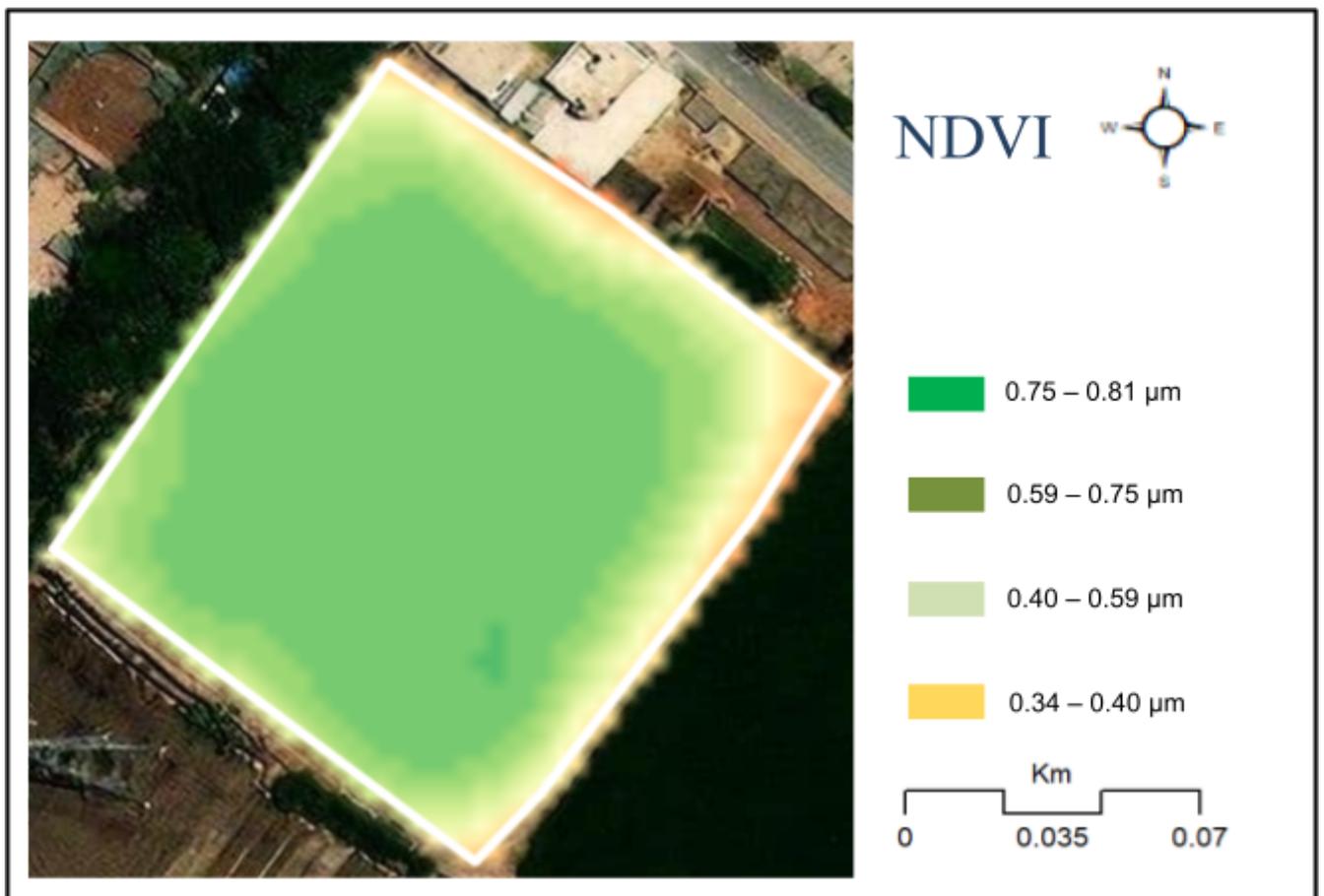


Figura 8: Mapa de Índice de Vegetación Normalizado.

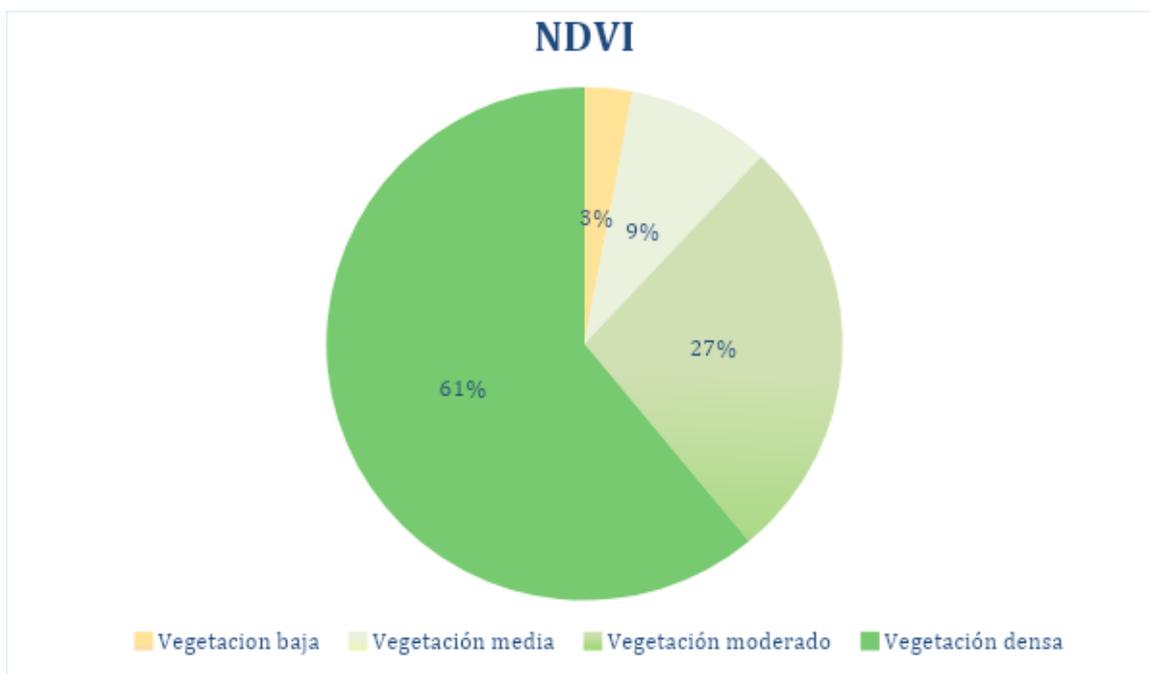


Gráfico 9: Representación del Índice de Vegetación Normalizado.

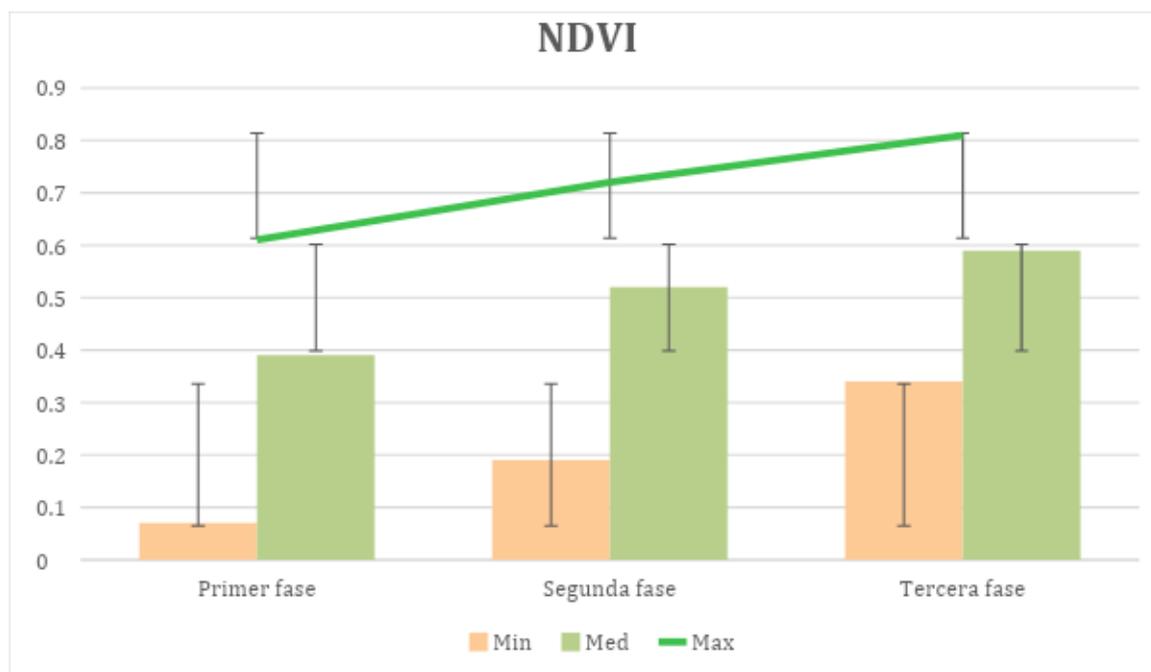


Gráfico 10: Comparativa del índice de vegetación normalizado de las fases.

4.4.2 NDMI

De igual manera que las dos fases anteriores, se extrajeron los datos del índice, de los cuales los valores obtenidos en la tercera fase del índice NDMI, están dentro del rango de 0.02 – 0.44 μm , detectándose al igual que las fases predecesoras, un alto estrés hídrico en las áreas exteriores del cultivo, abarcando 0.09 ha o 12% del cultivo, que

destacan por él por el bajo rango del índice; por otra parte, el rango mayor del índice, ubicada en el área céntrica, abarca poco más de 0.47 ha, esto quiere decir el 64% del cultivo. Comparándose con la segunda fase, el estrés hídrico de las áreas exteriores se redujeron de 0.18 ha a solo 0.09 ha, prácticamente a la mitad, como también un aumento del rango casi indetectable detectado, de 0.01 a 0.02 μm ; por otra parte, el mayor rango del índice destacó una mejora sustancial en el área, pasando está de 0.31 a 0.47 ha, siendo una mejora del 11%, se vio una corrección en la reflectancia hídrica, pasando de 0.33 a 0.44 μm .

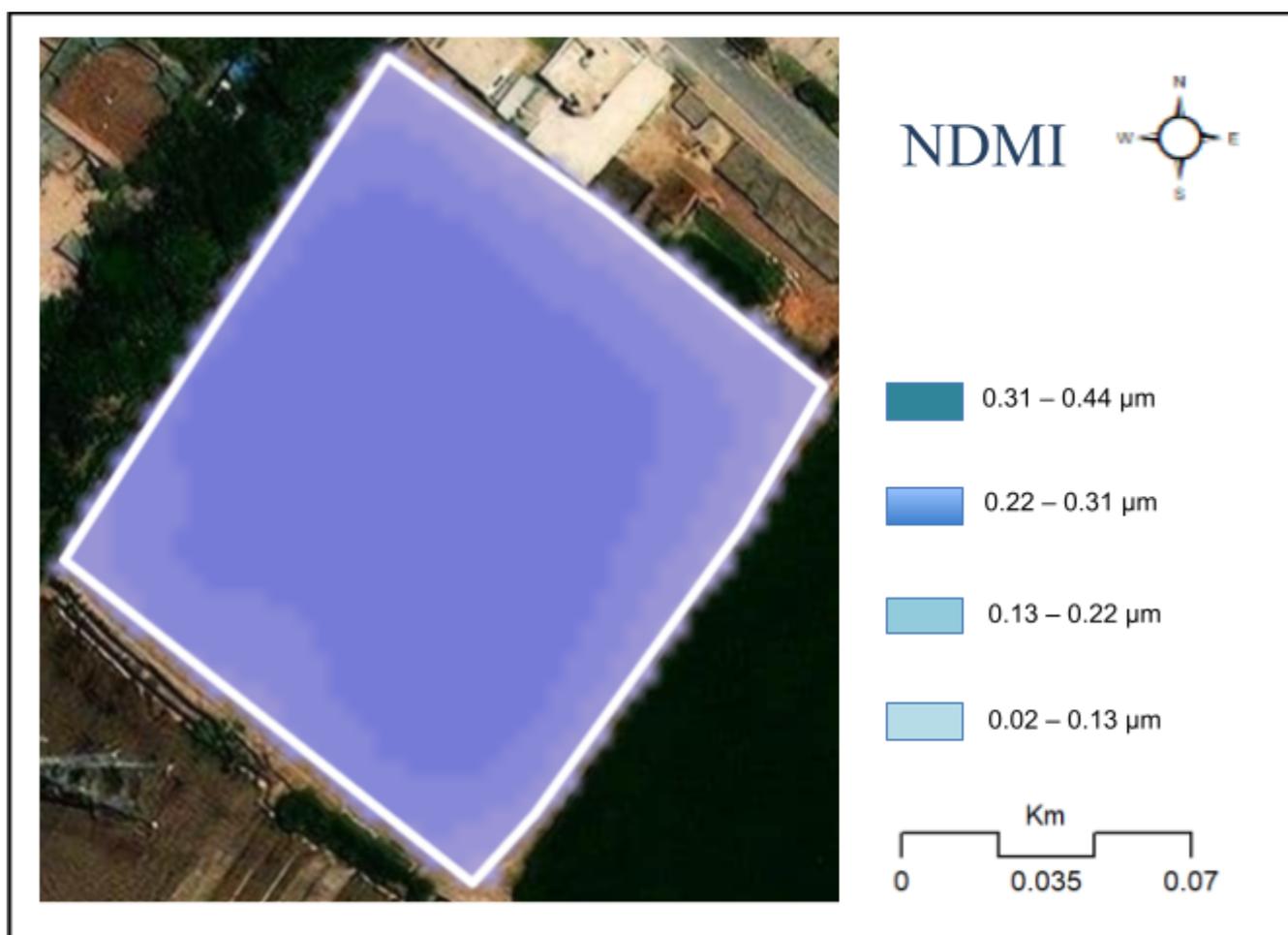


Figura 9: Mapa de Índice de humedad diferenciada Normalizada.

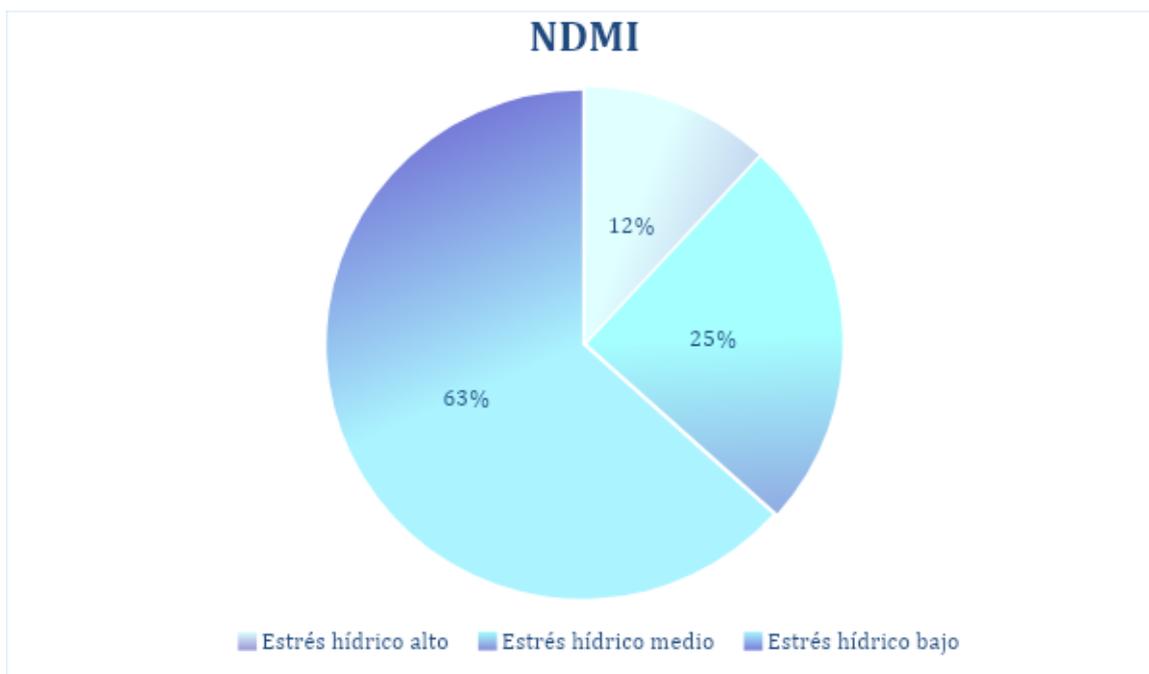


Gráfico 11: Representación del Índice de humedad diferenciada Normalizada.

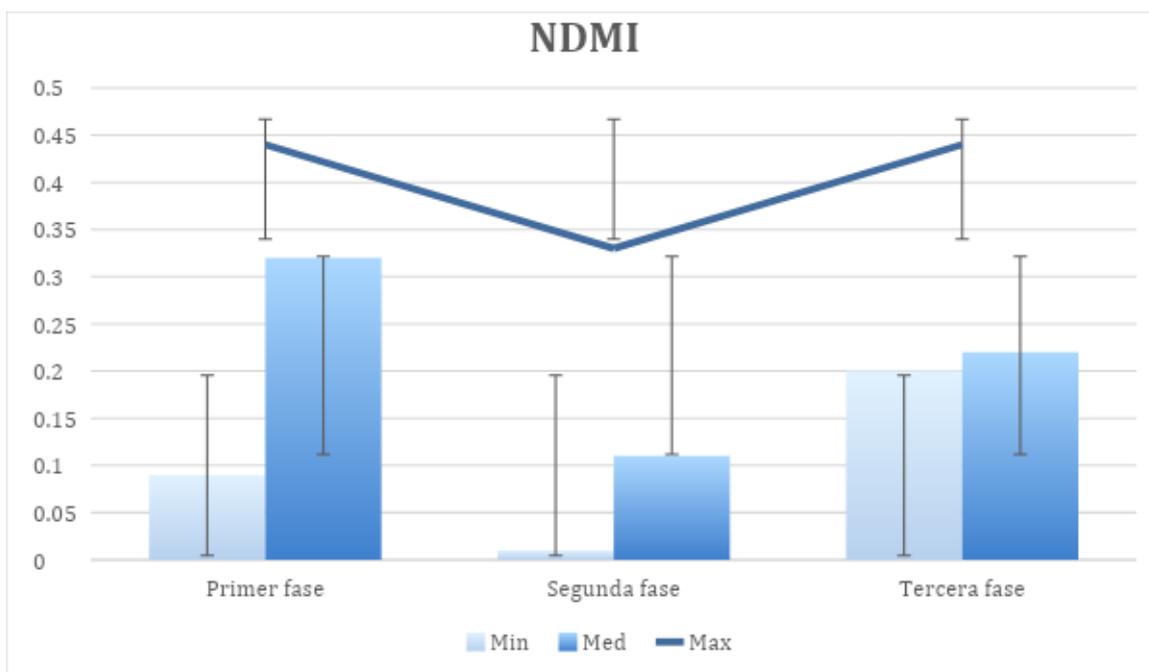


Gráfico 12: Comparativa del índice de estrés hídrico normalizado.

4.4.3 MSAVI

Finalmente, de igual manera los datos se obtuvieron como la primera y segunda fase, el índice MSAVI, el cual obtuvo el rango de 0.17 – 0.64 μm ; el cual el menor rango representado en el área apenas visible del exterior derecha y superior del cultivo que abarca 0.01 ha, que corresponde al 2% del cultivo; por otra parte, el área céntrica del

cultivo que abarca 0.47 ha o el 63% de este, pertenece al mayor rango que tiene una mejora del 62%. Comparándolos con la segunda fase, en el índice del menor rango se ve una mejora de 0.11 μm , lo cual representa una vegetación de muy tardío crecimiento a comparación del rango mayor que tiene el 0.64 μm , la cual representa un cultivo de crecimiento uniforme, ya que este abarca poco más del 63% del cultivo, y con una madurez de este considerablemente visible, a comparación de la fase anterior donde apenas se veía no más del 3% a un rango de 0.51 μm .

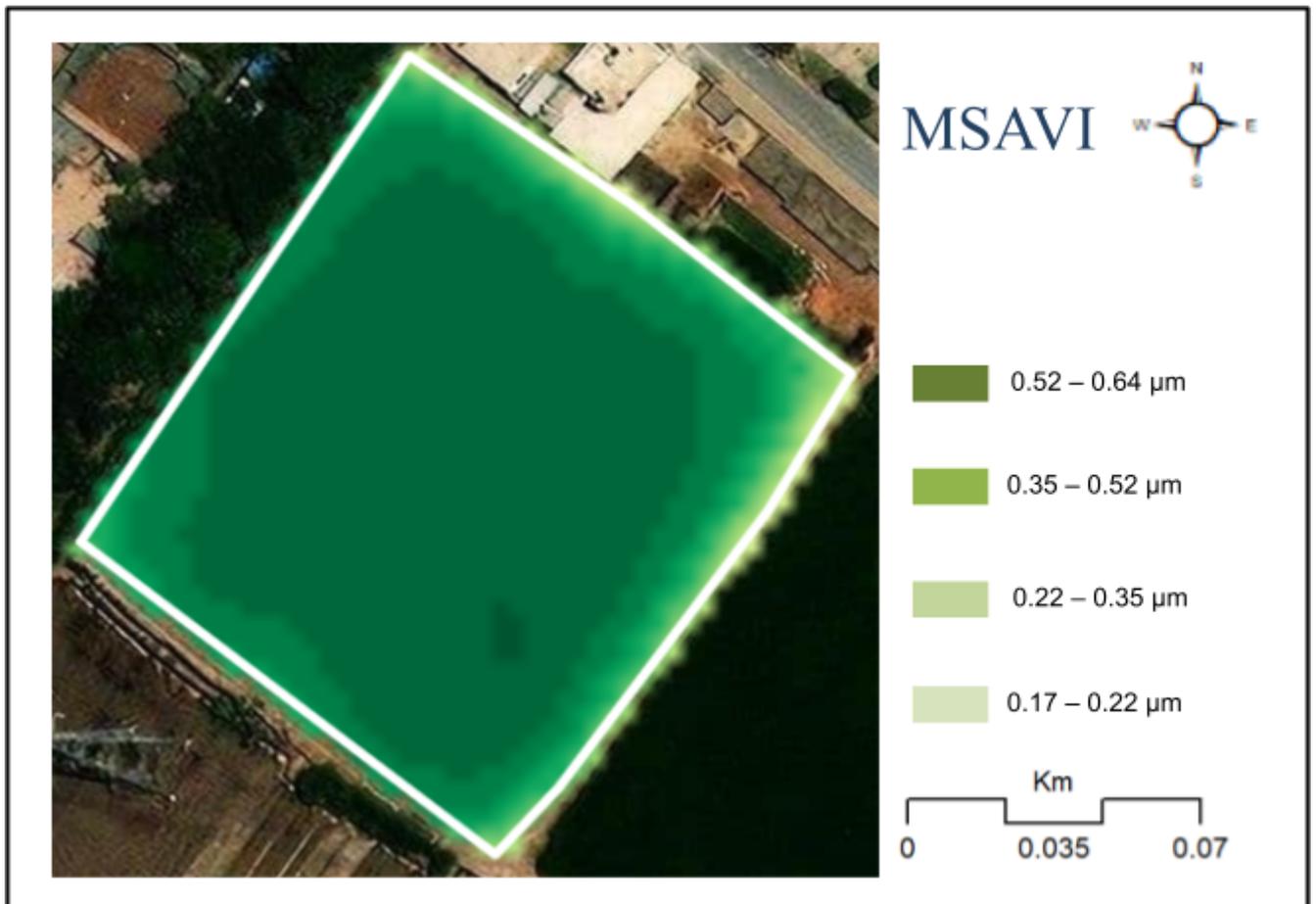


Figura 10: Mapa de Índice de Vegetación Ajustada al Suelo.

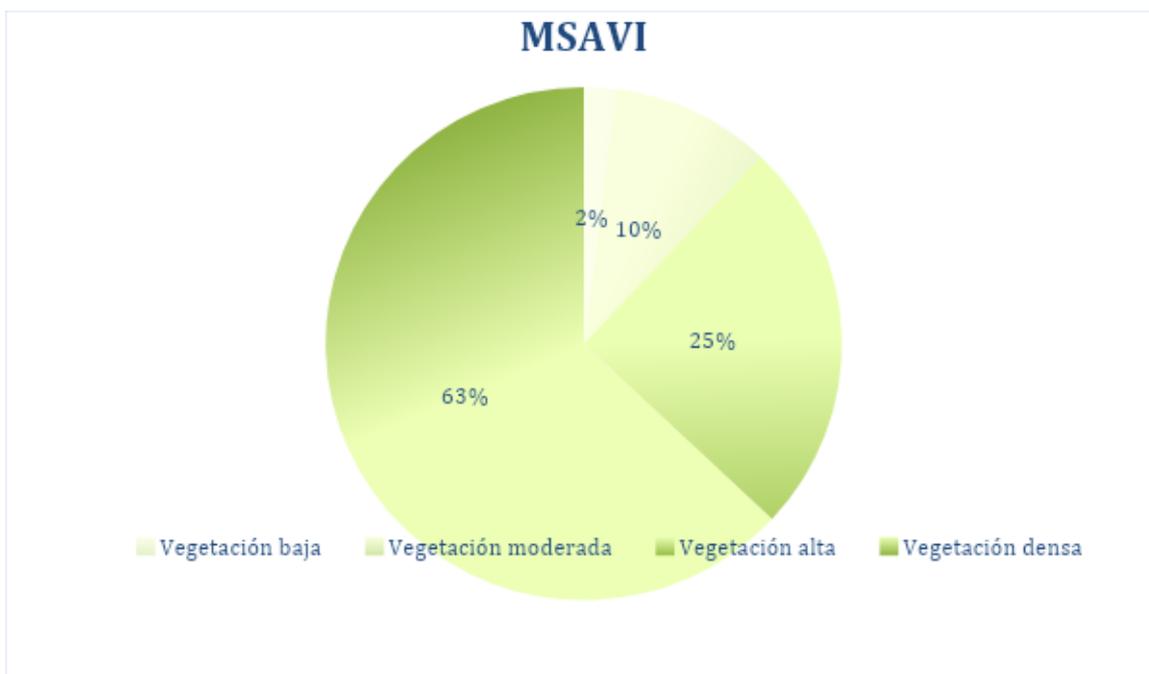


Gráfico 13: Representación del Índice de Vegetación Ajustada al Suelo.

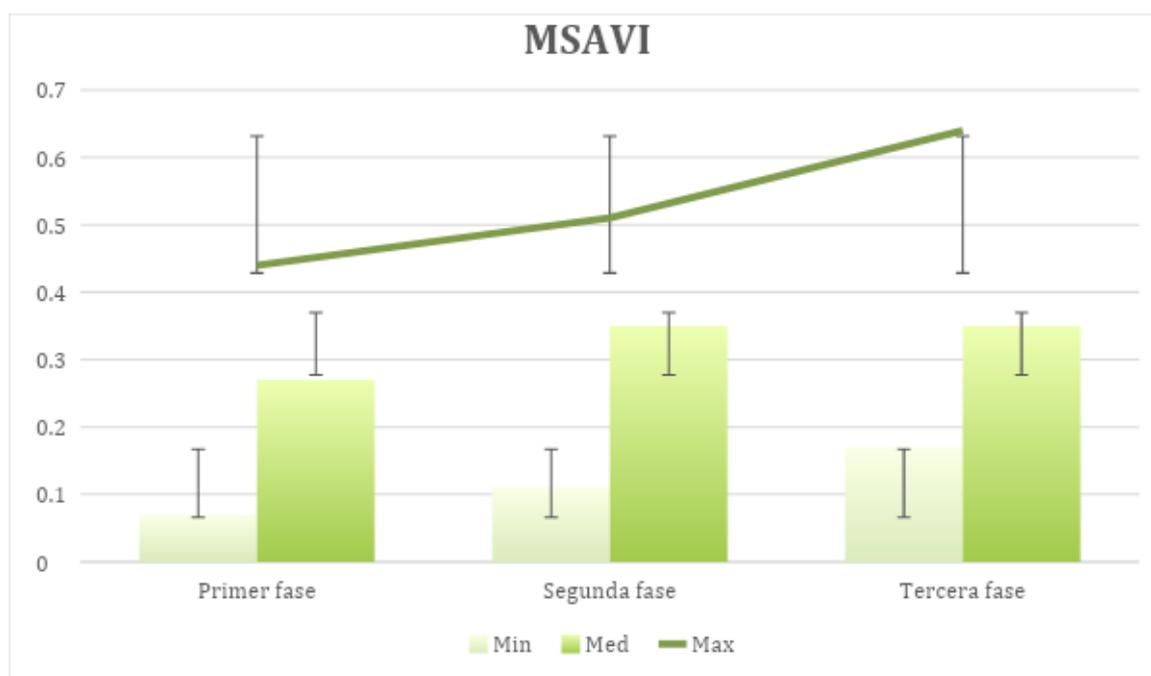


Gráfico 14: Comparativa del índice de vegetación ajustada al suelo modificado.

V. Discusión

En la presente investigación, el Índice de Vegetación Diferencial Normalizada se dividen en tres fases, de las cuales sus mayores rangos alcanzaron 0.61, 0.72 y 0.81 μm respectivamente; esto evidencia la mejora en la salud del cultivo, considerándose el tercer rango perteneciente a la tercera fase, un cultivo de vegetación densa y una vigorosidad adecuada para la fecha tomada. De las evidencias determinadas anteriormente, estos se contrastan con los obtenidos por Carrera (2020) y Nolasco (2020), ya que dichos cultivos a pesar de tener una mayor madurez, reflejan un menor rango de vigorosidad, representando, 0.52 μm para Carrera y 0.57 para Nolasco, incluso, este último menciona que los cultivos que tienen un rango inferior a 0.50 μm con ese tiempo de sembrado es considerado un cultivo tardío, contemplándose ambos como cultivos que apenas inician su etapa reproductiva; sin embargo, los resultados obtenidos por Bocco (2020), se encuentran en el rango de 0.88 μm , repitiéndose en las tres muestras tomadas, representando un cultivo muy vigoroso, aunque, esto se debe a que las tomas de las muestras fueron en etapas de madurez más avanzadas que las de sus predecesores. Analizando estos resultados, con la técnica de teledetección empleada, resalta la progresión del cultivo de Casica y su rango máximo resultante a comparación de los antecedentes, sin embargo, se tiene en cuenta la existencia de los diversos factores físicos y ambientales que perjudican y benefician a cada área de cultivo, es por ello la disparidad de los resultados.

En la presente investigación, los resultados del Índice de Humedad Diferencial Normalizada, se encuentra divididos en las tres fases, de las cuales, los mayores rangos alcanzados en estas fueron 0.44, 0.33 y 0.44 μm ; notándose un aumento del estrés hídrico en la segunda fase, en contraste a la primera fase, y un retorno al leve estrés hídrico en la tercera fase, debido a que la toma de las imágenes fueron días posteriores al riego del cultivo, por ello el bajo rango detectado. Al comparar estas evidencias determinadas, estos se contrastan con lo obtenido por Garcia (2022), quien obtuvo rangos negativos de hasta -0.12 μm , en su primera fase, mientras que en la última

fue de 0.02 μm , evidenciándose la deshidratación total del cultivo en sus cinco fases; esto a su vez se contrasta con los resultados obtenidos por Bongiorno (2022), quien obtuvo el rango máximo de 0.86 μm , esto debido a las constantes precipitaciones presentes en el periodo de toma de las imágenes, llegando a los 142 mm de precipitación máxima. Analizando estos resultados, el determinar el índice de humedad en el cultivo, evidencia la ausencia o la mala distribución del regadío, como también el exceso de agua que puede presentarse en ciertas áreas, ahogando partes o todo el cultivo.

En la presente investigación, el Índice de Vegetación Ajustada al suelo Modificado, la cual está dividida en tres fases, de las cuales, los mayores rangos alcanzados fueron 0.44, 0.51 y 0.64 μm ; reluciendo la mejoras tanto progresiva en el rango como en el tamaño de las áreas, pero en especial la homogeneidad de 2/3 del cultivo en la tercera fase. Las afirmaciones anteriores demuestran que estos se contrastan con los resultados obtenidos por Garcia (2022), quien en su cinco etapas de toma de imágenes, solo las dos últimas estuvieron cerca al resultado del cultivo Casica, con los rangos máximos en 0.47 y 0.58 μm ; sin embargo, este autor no menciona el periodo de cultivo, solo las fechas por año, y en estaciones otoñales; por otra parte, Bocco (2020), menciona que sus rangos máximos en sus tres etapas es de 0.88, 0.87 y 0.88 μm , siendo estas adquiridas con un grado de madurez mayor a los adquiridos por el cultivo Casica, es por ello la evidente superioridad en los rangos. Analizando estos resultados, el determinar este índice evidencia las áreas con individuos con crecimiento irregular y tardío, utilizándose en gran medida para homogeneizar la madurez de los cultivos, caso contrario al índice NDVI que estima la salud de este, más no discrimina las etapas de crecimiento de los cultivos.

VI. Conclusiones

Se concluye que mediante la agricultura de precisión, se pudo hallar las debilidades, fortalezas, crecimiento tardío y estrés hídrico del cultivo de *Zea mays amiláceo*, con la ayuda de las imágenes multiespectrales del satélite Sentinel-2, sin embargo, al ser un cultivo con área relativamente pequeña, la resolución proporcionada por esta herramienta no es la más alta, a pesar de ser una de las más altas del mercado, ocasionando que en la creación de los mapas de los índices propuestos se pixele, forzando al ráster (suavizado de los píxeles) de los índices, resultando de mapas con matices de colores sobrepuestos.

Se determinó el índice de vegetación normalizada, que en las primeras dos fases propuestas, este tendió a tener la mayor vigorosidad en la zona céntrica del cultivo de 0.34 y 0.59 μm , abarcando no más de 9 y 18% del cultivo; siendo esta corregida en su mayoría en la tercera fase, la cual abarca el 61% del cultivo a un rango de 0.81 μm ; el incremento del rango se debe en gran medida a la madurez del cultivo, sin embargo, el incremento de la vigorosidad se le debe al cuidado del agricultor.

Se determinó el índice de humedad normalizada, que el estrés hídrico en las tres fases se mantuvo considerablemente alto, estando en el rango de 0.44, 0.33 y 0.44 μm , respectivamente; esto se debe a que la toma de imágenes por el satélite fueron de días antes del riego del cultivo; este se da cada 15 días en esta estación.

Se determinó el índice de vegetación ajustada al suelo modificada, que el progreso de las áreas afectadas por el crecimiento tardío se redujo de la primera fase de 0.19 ha con un rango de 0.07 μm , a un área de 0.01 con un rango de 0.17 μm , evidenciando la madurez progresiva y la mejora de los individuos del cultivo; sin embargo, en lo que más resalta es en el área de mayor rango de la tercera etapa, ya que abarca poco más del 68% del cultivo a un rango de madurez de 0.64 μm , significando una homogeneidad progresiva entre etapas.

VII. Recomendaciones

1. Los índices de vegetación determinados en el presente trabajo de investigación, fueron escogidos por la disponibilidad del cultivo aún en sus primeras etapas, por lo que se propone determinar otros índices en diferentes etapas o condiciones, como lo son GNDVI, quien determina el nivel de clorofila en los individuos en etapas avanzadas; NDWI, el índice que determina masas de agua acumulada en áreas de cultivo; EVI, determina con mayor eficacia la densidad de los cultivos; sin embargo, este se utiliza en cultivos en etapas de madurez.
2. Se recomienda usar satélites con mayor resolución de captura de imágenes, no menor a 3 metros por pixel, con el propósito de determinar áreas de menor tamaño con problemáticas específicas.
3. Se recomienda el uso de drones con cámara multiespectral o hiperespectral en cultivo con áreas menores a una hectárea, ya que estos cuentan con una mayor resolución y disponibilidad para diferentes pruebas específicas requeridas.
4. Aplicar estudios a otras razas de *Zea mays* amiláceo, permitiendo encontrar similitudes o diferencias en razas con diferente características físicas, climatológicas, altitudinales y área de cultivo.
5. Se recomienda utilizar la teledetección satelital en el rango de meses de noviembre a marzo, ya que estos cuentan con una nubosidad cercana a 0%, siendo este un factor importante en la captura de las imágenes.

Referencias

- Ahmad, F (2020) Effect of operational parameters of UAV sprayer on spray deposition pattern in target and off-target zones during outer field weed control application, Computers and Electronics in Agriculture Volume 172, May 2020, 105350. Recuperado en: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105350>
- Albornoz, L, et al (2019) Vineyard zoning of cv Bonarda argentine (Vitis vinífera L.), from Sentinel satellite images and three vegetation indexes, Rev. Fac. Cienc. Agrar., Univ. Nac. Cuyo vol.51 no.2 Mendoza, ORIGINAL ARTICLE. Recuperado en: ISSN 1853-8665; http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-86652019000200013&lang=pt#fig1
- Andrade, A (2022) Predicting soybean grain yield using aerial drone images, <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n6p466-476>
- ArcGis (sf) Expand your product capabilities with ArcGIS Pro extensions, Recuperado en: <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-pro/extensions>
- Baltazar, R; Mastachi, C; Galindo, A; Hernandez, M y Becerril, R (2021) Metodología para la estimación de pérdidas económicas de cultivos de maíz siniestrados por inundaciones usando teledetección, Rev. geogr. Norte Gd. no.79 Santiago set. 2021. Recuperado en: versión On-line ISSN 0718-3402, <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022021000200207>
- Basoul, A (2017) Managing Project Structural Complexity by Integrating Facility Management in Planning, Designing, and Execution of High-End Facility Upgrades, eScholarship, A dissertation submitted in partial satisfaction of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, University of California. Recuperado en: <https://escholarship.org/uc/item/5xw9d58v>
- Biocontrol. (2021). Agricultura de precisión. Obtenido de Tipos de agricultura. Disponible en: <https://agriculturaorganica.com.co/agricultura-de-precision/>
- Bocco, M; et al (2020) Simple models to estimate soybean and corn percent ground cover with vegetation indices from modis, Revista de Teledetección 39, xx-xx, CC 509, 5000. Recuperado en: ISSN: 1988-8740
- Bongiorno, C; et al (2020) USO DE ÍNDICES ESPECTRALES PARA DETECTAR

- EL EFECTO DE LA PROFUNDIDAD DE TOSCA EN EL CULTIVO DE MAÍZ, V congreso nacional de tecnologías de la información geográfica. Recuperado en: https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Bongiorno/publication/363342709_Uso_de_Indices_Espectrales_para_Detectar_el_Efecto_de_la_Profundidad_de_Tosca_en_el_Cultivo_de_Maiz/links/63189fef0a70852150d6b731/Us-o-de-Indices-Espectrales-para-Detectar-el-Efecto-de-la-Profundidad-de-Tosca-en-el-Cultivo-de-Maiz.pdf
- Caldentey, P (2017) UTILIZACIÓN DE SENSORES MULTIESPECTRALES E HYPERESPECTRALES EMBARCADOS EN RPAS CON EL OBJETIVO DE DOSIFICAR ABONOS EN CULTIVOS , Escola Superior d'Agricultura de Barcelona UPC - BarcelonaTech. Recuperado en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/108362/memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carrera, L (2020) Análisis de los NDVI para determinar situaciones de estrés en el cultivo de maíz en la parroquia Aláquez 2020, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI DIRECCIÓN DE POSGRADO MAESTRÍA EN SANIDAD VEGETAL MODALIDAD: PROYECTO DE DESARROLLO, Trabajo de titulación previo a la obtención del título de magister en Sanidad Vegetal. Recuperado en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7614/1/MUTC-000906.pdf>
- CEPES (2021) El cambio de zonificación de Lurín: un atentado más contra la agricultura y un ambiente sano no importa. Recuperado en: <https://cepes.org.pe/2021/04/09/el-cambio-de-zonificacion-de-lurin-un-atentado-mas-contr-la-agricultura-y-un-ambiente-sano-no-importa/>
- Chamorro, H y Erazo, A (2019) Multispectral study of tuna cultivation to determine the NDVI, NDMI and MSAVI indexes from Sentinel 2A images, in Guano canton, Chimborazo province, Ecuador, Enfoque UTE vol.10 no.3 Quito. Recuperado en: ISSN 1390-9363; <https://doi.org/10.29019/enfoque.v10n3.453>
- Chaves, S (2018), Using Drones and Remote Sensing for Slope Monitoring: a Review, Gale Onefile. Recuperado en: <https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA681132041&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=20275846&p=IFME&sw=w&userGroupNa>

[me=anon%7E3b3a9809](#)

- COHEN, N y GÓMEZ, G (2019). Metodología de la investigación, ¿para qué?: la producción de los datos y los diseños [en línea]. Argentina: Editorial Teseo.. Disponible en: http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/se/20190823024606/Metodologia_para_que.pdf
- Diaz, G; Mohr, D; Lencinas, J; Menger, M y Del Valle, H (2019) Quantitative remote sensing to estimate basal area in Nothofagus pumilio (Nothofagaceae) forest: The role of leaf area index as ancillary information, Rev. chil. hist. nat. vol.84 no.4 Santiago. Recuperado en: ISSN 0716-078X, https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2011000400004&lang=pt
- Dronell, 2019. The Drone Applications Report 2019. Disponible en: <https://droneii.com/drone-applications-2019>
- EOS DATA ANALYTIC (2021) Imágenes De Satélite Pancromáticas Y Pansharpened. Recuperado en: <https://eos.com/es/make-an-analysis/panchromatic/>
- EOS DATA ANALYTIC (2021) Teledetección Satelital: Tipos, Usos Y Aplicaciones. Recuperado en: <https://eos.com/es/find-satellite/landsat-8/>
- ESA (2019) Space in Member State/ Spain, Sentinel -2. Recuperado en: https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Spain/SENTINEL_2
- Fernandes, A y Loureiro, G (2017) Uso e cobertura do solo e prevalência de leishmaniose visceral canina em Teresina, Piauí, Brasil: uma abordagem utilizando sensoriamento remoto orbital, ARTIGO • Cad. Saúde Pública 33 (10). Recuperado en: • <https://doi.org/10.1590/0102-311X00093516>
- Flores, N; Castro, I y Aponte, E (2020) Evaluación de las unidades de vegetación en Los Pantanos De Villa (Lima, Perú) mediante sistemas de información geográfica y teledetección, Arnaldoa vol.27 no.1 Trujillo ene./abr 2020. Recuperado en: versión impresa ISSN 1815-8242 versión On-line ISSN 2413-3299, <http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.271.27119>
- Garcia, S (2022) Estimación de rendimientos y daños en cereales de secano mediante teledetección en un área de 62 ha en Crespos (Ávila), Universidad Politécnica de Madrid, Escuela técnica superior de ingeniería agronómica,

- alimentaria y de biosistemas, Máster universitario en ingeniería agronómica.
Recuperado en:
https://ceigram.upm.es/wp-content/uploads/2022/09/Garcia-Casamayor-Sara-TFM_DEF_2.pdf
- Garea, E (2018) Unsupervised Segmentation of Agricultural Crops in UAV RGB Images, Rev cuba cienc informat vol.12 no.4 La Habana oct.-dic. 2018.
Recuperado en: ISSN: 2227-1899,
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-1899201800040002&lang=pt
- Genilhu, M (2021), USO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT) NA AGRICULTURA: REVISÃO DE LITERATURA. Recuperado en:
<https://repositorio.faema.edu.br/handle/123456789/3113>
- Geo innova (2017) Aplicación de la Teledetección Ambiental. Recuperado en:
<https://geoinnova.org/blog-territorio/aplicaciones-de-la-teledeteccion-ambiental/>
- Gomez, L (2021) Uso de drones y sensores remotos para el monitoreo de laderas: una revisión. Recuperado en:
<https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/39586>
- González, A (2019). Drones Aplicados a la Agricultura De precisión Drones Applied to precision Agriculture. Publicaciones e Investigación, 10, 23–37.
Obtenido de: <https://doi.org/10.22490/25394088.1585>
- Gozdowski, D; et al (2020) Comparison of winter wheat NDVI data derived from Landsat 8 and active optical sensor at field scale, Remote Sensing Applications; Society and Environment, Volume 20. Recuperado en:
<https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100409>
- Guzzon, F.; Arandía Rios, L.W.; Caviedes Cepeda, G.M.; Céspedes Polo, M.; Chavez Cabrera, A.; Muriel Figueroa, J.; Medina Hoyos, A.E.; Jara Calvo, T.W.; Molnar, T.L.; Narro León, L.A.; et al. Conservation and Use of Latin American Maize Diversity: Pillar of Nutrition Security and Cultural Heritage of Humanity. Agronomy 2021, 11, 172. Recuperado en: <https://doi.org/10.3390/agronomy11010172>
- Hongahai, Z (2019) RGB-D sensing based human action and interaction analysis:

- A survey, Pattern Recognition Volume 94, October 2019, Pages 1-12.
Recuperado en: <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2019.05.020>
- IGN (2019) Instituto Geográfico Nacional, Centro Nacional de Información Geográfica, Gobierno de España. Recuperado en: <https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/OBS-Teledeteccion.pdf#:~:text=La%20teledetecci%C3%B3n%20es%20la%20t%C3%A9cnica.informaci%C3%B3n%20interpretable%20de%20la%20Tierra.>
- INIA (2021A) INIA emplea herramientas de teledetección para identificar plagas y enfermedades en cultivos, Información permitirá desarrollar paquetes tecnológicos de control y cuidado de los cultivos. Recuperado en: <https://agraria.pe/noticias/inia-emplea-herramientas-de-teledeteccion-para-identificar-p-24480>
- INIA (2021B) Plataforma Agrícola Satelital para determinar el riego de los cultivos, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS - INFORMATIVO INIA Intihuasi N° 100. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68094/NR42624.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- International Society of Precision Agriculture – ISPA. (2019). Precision Agriculture. Recuperado de: <https://www.ispag.org/about/definition>
- Isip; M y Biagtan; A (2019) Exploring vegetation indices adequate in detecting twister disease of onion using Sentinel-2 imagery, [Spatial Information Research](#) volume 28, pages 369–375. Recuperado en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41324-019-00297-7>
- Kumar, P (2019) DETECTION OF BACTERIAL WILT DISEASE (PSEUDOMONAS SOLANACEARUM) IN BRINJAL USING HYPERSPECTRAL REMOTE SENSING, National Agricultural Drought Assessment and Monitoring System. Recuperado en: DOI:[10.5194/isprs-archives-XLII-3-W6-515-2019](https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-3-W6-515-2019), https://www.researchgate.net/publication/334741290_DETECTION_OF_BACTERIAL_WILT_DISEASE_PSEUDOMONAS_SOLANACEARUM_IN_BRINJAL_USING_HYPERSPECTRAL_REMOTE_SENSING
- Lezma, J (2022) ESTIMACIÓN DEL INDICE DE VEGETACIÓN Y COEFICIENTE DEL CULTIVO PARA ARROZ MEDIANTE TELEDETECCIÓN EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL VISTA FLORIDA, CHICLAYO, UNIVERSIDAD

NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA.

Recuperado en:

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5383>

Lozada, J (2022) Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. Revista CienciAmérica [en línea].2014, vol.3, n° 1. Disponible en:

<http://cienciamerica.uti.edu.ec/openjournal/index.php/uti/article/view/30>

Manterola, C (2019). Methodology of study designs most frequently used in clinical research. Revista Médica Clínica Las Condes Volume 30, Issue 1, January–February 2019, Pages 36-49 Recuperada en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864019300057>

MIDAGRI (2021). Manual de producción de Maíz Amiláceo, MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA DIRECCIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO AGRARIO. Recuperado en:

<https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/1310/1/MANUAL%20DE%20PRODUCCI%C3%93N%20DE%20MA%C3%8DZ%20AMIL%C3%81CEO.pdf>

MINAGRI (2019) MINAGRI busca mejorar capacidad de gestión de los cultivos mediante el uso de cámaras multiespectrales, Instituto Nacional de Agraria.

Recuperado en:

<https://www.gob.pe/institucion/inia/noticias/108598-minagri-busca-mejorar-capacidad-de-gestion-de-los-cultivos-mediante-el-uso-de-drones-y-camaras-multiespectrales>

Morroy y Clark (2018), Use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for the monitoring and management on natural resources: a synthesis, ISSN 0379-3982.

Disponible en:

https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0379-39822020000400077&script=sci_arttext

Nafarrate, A (2018) Modeling of seasonal leaf area index values in a tropical dry forest using high resolution satellite imagery, Madera bosques vol.24 no.3

Xalapa. Recuperado en: ISSN 2448-759,

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-0471201

[8000300201&lang=pt](#)

Nolasco, N; et al (2020) Diferenciación entre cultivos de soja y maíz tempranos o tardíos a partir de series de tiempo de NDVI, CAI, Congreso Argentino de Agroinformática, 49JALIO - CAI, pág 161. Recuperado en: ISSN: 2525-0949

Ojeda, A. (2022). Plataformas Tecnológicas en la Agricultura 4.0: una Mirada al Desarrollo en Colombia. *Computer and Electronic Sciences: Theory and Applications*, 3(1), 9–18. <https://doi.org/10.17981/cesta.03.01.2022.02>

Ojeda, W (2018) Uso y manejo de drones con aplicaciones al sector hídrico. Recuperado en: https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/riego-drenaje/uso-y-manejo-d-e-drones.pdf

Pariasca, J (2019) Plan Ambiental Detallado, Establecimiento Lurin. Recuperado en: https://www.munlima.gob.pe/images/2016_Fotos_Notas_Web_MML/PAD-LURIN.pdf

PINTO D. (2018). “Drones la Tecnología, Ventajas y sus Posibles Aplicaciones” Sonami. (pp, 01-20). Recuperado: <https://www.sonami.cl/v2/wp-content/uploads/2016/03/09.-Drones-La-tecnologia-ventajas-y-sus-posibles-aplicaciones.pdf>

PIONEER DU PONT (2016) Maíz Crecimiento y desarrollo, Diseño y presentación de April Battani. Vol. 50 No. 10, p. 611-615. Recuperado en: https://www.pioneer.com/CMRoot/International/Latin_America_Central/Chile/Servicios/Informacion_tecnica/Corn_Growth_and_Development_Spanish_Version.pdf

Ramírez, R; González, D; Ruiz, J; Rendón, L y Flores, J (2017) Detección de restricciones en la producción de agave azul (Agave tequilana Weber var. azul) mediante percepción remota, *Terra Latinoamericana* 35. Recuperado en: ISSN: 259-268; <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v35n3/2395-8030-tl-35-03-00259.pdf>

Rossi,C, Stanley Best, Salomon Montesinos. Pose estimation with multiple sources using algorithms. Recuperado en: https://www.researchgate.net/publication/4319212_Pose_Estimation_with

[Multiple Sources Using Evolutionary Algorithms](#)

Rubio, P (2020) TELEDETECCIÓN EN LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN: ESTADO DEL ARTE DE LOS ÍNDICES DE VEGETACIÓN, Revista de divulgación científica y tecnológica.. Recuperado en: ISSN: 2444-4944, <https://www.eumed.net/es/revistas/tectzapic/vol-6-no-2-diciembre-2020/agricultura-precision>

Salhuana, W (sf) DIVERSIDAD Y DESCRIPCIÓN DE LAS RAZAS DE MAIZ DEL PERU, Special Publication. Recuperado en: https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/50301000/Races_of_Maize/Diversidad%20y%20razas%20de%20maiz%20en%20Peru.pdf

Salimi, S; et al (2021) Estimation of woody species richness and diversity using Landsat 8 OLI Satellite images, Bosque (Valdivia) vol.42 no.3 Valdivia. Recuperado en: On-line ISSN 0717-9200, https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002021000300383&lang=pt

Sanchez; A y Arguijo; S (2018) Análisis de imágenes multiespectrales para la detección de cultivos y detección de plagas y enfermedades en la producción de café, pp. 309–317; rec. 2018-03-08. Recuperado en: ISSN 1870-4069, https://rcs.cic.ipn.mx/2018_147_7/Analisis%20de%20imagenes%20multiespectrales%20para%20la%20deteccion%20de%20cultivos%20y%20deteccion%20de%20plagas.pdf

Serrano, J y Sashidian, S (2019) Utilização de índices obtidos a partir das imagens de satélite na monitorização das pastagens e no apoio à gestão do ecossistema montado, Rev. de Ciências Agrárias vol.42 no.4 Lisboa. Recuperado en: ISSN 0871-018X, http://www.scielo.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-018X2019000400001&lang=pt

Sotomayor, O (2022) Digitalización y cambio tecnológico en las mipymes agrícolas y agroindustriales en América Latina. Recuperado en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46965/4/S2100283_es.pdf

USGS (2018) Normalized Difference Moisture Index (NDMI) is used to determine

- vegetation water content. It is calculated as a ratio between the NIR and SWIR values in traditional fashion. Recuperado en: <https://www.usgs.gov/landsat-missions/normalized-difference-moisture-index>
- Technium, (2022) Call for papers - Technium Social Sciences Journal (vol. 36/2021), Recuperado de ISSN: 2668-7798 <https://techniumscience.com/index.php/socialsciences/announcement/view/32>
- Valcares, L y Moreno, V (2022) Duración del efecto del subsoleo en la calidad del suelo y la producción de pasturas evaluados con imágenes multiespectrales de satélite, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria Ingeniería Agronómica. Recuperado en: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/d5b142d0-c5a1-4f62-9f0d-155f92f9ab8f/content>
- Vecchio, T; et al (2020) Adoption of Precision Farming Tools: The Case of Italian Farmers, Internacional Journal of Environmental Research and Public Health. Recuperado en: <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/3/869>
- Wandel, M (2021) NUEVAS TECNOLOGÍAS Y AGRICULTURA 4.0: IMPACTO EN LOS RECURSOS HUMANOS DE LA INDUSTRIA AGRÍCOLA EN CENTROAMÉRICA. Recuperado en: <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/46846/TFG%20-%20Wandel%20Marroquin%2c%20Marion.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Anexos

Anexo 1: Tabla 1: Matriz de Operacionalización de Variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
V1: Sistema de Información Geografico	Para Bascou (2017) el sistema de Información Geográfico o por sus siglas representativas SIG, este es un conjunto de hardware y software de los cuales se extraen información de georreferenciación, con el fin de adquirir y almacenar información, siendo esta utilizada para analizar y gestionar la ubicación estudiada.	El sistema de información geográfico se utilizará con el fin de recopilar los datos del cultivo, a través del uso de los sensores multiespectrales que está acoplada al satélite; para su posterior procesamiento, con el fin de determinar las problemáticas presentes en la salud, hidratación y crecimiento regular del cultivo; finalmente se obtendrán los índices a trabajar.	NDVI	$NDVI = (NIR-Red) / (NIR+Red)$	μm
			MSAVI	$MSAVI = (2*NIR+1-1\sqrt{(2*NIR+1)-8*NIR-RED})$	μm
			NDWI	$NDWI = (NIR-SWIR) / (NIR+SWIR)$	μm
V2: Uso Agrícola	Para Vecchio (2020) la agricultura de precisión se basa en el manejo específico de un área de cultivo determinado, utilizando herramientas tecnológicas remotas, las cuales facilitan el cuidado de este, ya que al recopilar y procesar la información, con la posterior elaboración de mapas, resaltan las zonas del cultivo que necesitan una mayor atención y cuidado, economizando esfuerzos y productos.	El uso de la agricultura de precisión en los cultivos de <i>Zea mays amiláceo</i> , servirán para determinar las problemáticas de los cultivos en tiempo real, que, mediante la detección satelital con los sensores que posee y el procesamiento de los datos, se dará a conocer al agricultor, para que este tome la decisión respectiva.	Multiespectral	NIR: 0.78 a 0.90 μm SWIR: 1.56 a 1.65 μm	μm
			RGB	Blue: 0.45 a 0.52 μm Green: 0.54 a 0.57 μm Red: 0.65 a 0.68 μm	μm

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 2: Tabla 2: Matriz de Consistencia

Sistema de Información y Teledetección para el uso agrícola, sub-especie <i>Zea mays</i> amiláceo, Casica-Lurin 2022								
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
General ¿Cómo es el sistema de información y Teledetección para el uso agrícola, sub-especie <i>Zea mays</i> amiláceo, Casica-Lurin 2022?	General Analizar el sistema de información y Teledetección para el uso agrícola, sub-especie <i>Zea mays</i> amiláceo, Casica-Lurin 2022	General El sistema de información y Teledetección influyen en el uso agrícola, sub-especie <i>Zea mays</i> amiláceo, Casica-Lurin 2022	V1: Sistema de Información	Para Bascou (2017) el sistema de Información Geográfico o por sus siglas representativas SIG, este es un conjunto de hardware y software de los cuales se extraen información de georreferenciación, con el fin de adquirir y almacenar información, siendo esta utilizada para analizar y gestionar la ubicación estudiada.	El sistema de información geográfico se utilizará con el fin de recopilar los datos del cultivo, a través del uso de los sensores multispectrales que esta acoplada al satélite; para su posterior procesamiento, con el fin de determinar las problemáticas presentes en la salud, hidratación y crecimiento regular del cultivo; finalmente se obtendrán los índices a trabajar.	NDVI	$NDVI = (NIR-Red) / (NIR+Red)$	µm
						MSAVI	$MSAVI = (2*NIR+1-1\sqrt{(2*NIR+1)-8*NIR-RED})$	µm
						NDWI	$NDWI = (NIR-SWIR) / (NIR+SWIR)$	µm
Específico ¿Cuál es el Índice de Vegetación Normalizada a partir de imágenes tomadas por la cámara multispectral para el uso agrícola sub-especie <i>Zea mays</i> amiláceo,	Específico Determinar el Índice de Vegetación Normalizada a partir de imágenes tomadas por la cámara multispectral para el uso agrícola, sub-especie <i>Zea mays</i> amiláceo,	Específico El Índice de Vegetación Normalizada tomadas por la cámara multispectral fue pieza clave en uso agrícola, sub-especie <i>Zea mays</i> amiláceo, Casica-Lurin 2022	V2: Uso Agrícola	Para Vecchio (2020) la agricultura de precisión se basa en el manejo específico de un área de cultivo determinado, utilizando herramientas tecnológicas remotas, las cuales facilitan el cuidado de este, ya que al recopilar y procesar la información, con la posterior	El uso de la agricultura de precisión en los cultivos de <i>Zea mays amiláceo</i> , servirán para determinar las problemáticas de los cultivos en tiempo real, que, mediante la detección satelital con los sensores que posee y el procesamiento de los datos, se dará a conocer al agricultor,	Multispectral	NIR: 0.78 a 0.87 µm SWIR: 1.57 a 1.65 µm	µm

Casica-Lurin 2022?	Casica-Lurin 2022		<p>elaboración de mapas, resaltan las zonas del cultivo que necesitan una mayor atención y cuidado, economizando esfuerzos y productos.</p>	<p>para que este tome la decisión respectiva.</p>			
¿Cuál es el índice del estrés hídrico de las parcelas con cultivo tomadas por la cámara multiespectral para el uso agrícola sub-especie Zea mays amiláceo, Casica-Lurin 2022?	Determinar el estrés hídrico de las parcelas con cultivo tomadas por la cámara multiespectral para el uso agrícola sub-especie Zea mays amiláceo, Casica-Lurin 2022	El estrés hídrico de las parcelas en los cultivos tomadas por la cámara multiespectral fue relevante para el uso agrícola, sub-especie Zea mays amiláceo, Casica-Lurin 2022					
¿Cuál es el índice de vegetación ajustada al suelo tomadas por la cámara multiespectral para el uso agrícola sub-especie Zea mays amiláceo, Casica-Lurin 2022?	Determinar el índice de vegetación ajustada al suelo tomadas por la cámara multiespectral para el uso agrícola sub-especie Zea mays amiláceo, Casica-Lurin 2022	La detección del índice de vegetación ajustada al suelo tomadas por la cámara multiespectral influyó en la mejora del uso agrícola, sub-especie Zea mays amiláceo, Casica-Lurin 2022			RGB	Blue: 0.45 a 0.52 μm Green: 0.54 a 0.59 μm Red: 0.64 a 0.69 μm	μm

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 3: Tabla 3: Ficha de registro de datos multiespectrales

Código de Imágenes	Fechas	Bandas Utilizadas	Índices	Rangos			
				Nulo	Bajo	Medio	Alto
			NDVI				
			MSAVI				
			NDWI				

Elaboración Propia

Anexo 4: Validación de Instrumento de recolección de datos



SOLICITUD: Validación de instrumento de recojo de información.

Dra. Ing. Rita Jaqueline Cabello Torres

Yo, Arias Santa Cruz, Gian Piero con DNI N° 71407963 alumno de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto nos presentamos y ponemos de manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: "Sistema de Información Geográfico y Teledetección para el uso agrícola, sub-especie *Zea mays amiláceo*, Casica-Lurin 2022", solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumentos
 - Ficha de evaluación
 - Matriz de Operacionalización de variables
- Por lo tanto

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, 18 de noviembre de 2022



Arias Santa Cruz Gian P

NOMBRES Y APELLIDOS
FIRMA

Validación de Instrumento

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Rita Jaqueline Cabello Torres
 1.2. Cargo de institución donde labora: Docente / UCV sede Este.
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales
 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de registro de datos multiespectrales
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Arias Santa Cruz, Gian Piero

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje comprensible.												x	
2. Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												x	
3. Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												x	
4. Organización	Existe una organización lógica.												x	
5. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												x	
6. Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												x	
7. Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												x	
8. Coherencia	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												x	
9. Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												x	
10. Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												x	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

90

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

--

Lima, 18 de noviembre del 2022



Rita Jaqueline Cabello Torres
 DNI 08947396
 CIP 145791

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 1
Instrumento 1: Ficha de registro de datos multiespectrales

Código de Imágenes	Fechas	Bandas Utilizadas	Índices	Rangos			
				Nulo	Bajo	Medio	Alto
			NDVI				
			MSAVI				
			NDWI				

Fuente: Elaboración propia



 Rita Jaqueline Cabello Torres
 DNI 08947396
 CIP 145791

Lima, 08 de noviembre del 2022

SOLICITUD: Validación de
instrumento de recojo de información.

Dr. Ing. Milton César Túllume Chavesta

Yo, Arias Santa Cruz, Gian Piero con DNI N° 71407963 alumno de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto nos presentamos y ponemos de manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: "Sistema de Información Geográfico y Teledetección para el uso agrícola, sub-especie *Zea mays amilácea*, Casica-Lurin 2022", solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumentos
 - Ficha de evaluación
 - Matriz de Operacionalización de variables
- Por lo tanto

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, 18 de noviembre de 2022



Arias Santa Cruz Gian P

NOMBRES Y APELLIDOS
FIRMA

Validación de Instrumento

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Milton César Túllume Chavesta
- 1.2. Cargo de institución donde labora: Docente / UCV sede Este.
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales
Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de registro de datos multispectrales
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: Arias Santa Cruz, Gian Piero

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. Organización	Existe una organización lógica.												X	
5. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. Coherencia	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

92%

Lima, 18 de noviembre del 2022


 Milton César Túllume Chavesta
 DNI 46788897
 CIP 521066

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 1

Instrumento 1: Ficha de registro de datos multiespectrales

Código de Imágenes	Fechas	Bandas Utilizadas	Índices	Rangos			
				Nulo	Bajo	Medio	Alto
			NDVI				
			MSAVI				
			NDWI				

Fuente: Elaboración propia

Lima, 08 de noviembre del 2022


 Milton César Túllume Chavesta
 DNI 46788897
 CIP 521066

SOLICITUD: Validación de
instrumento de recojo de información.

Dr. Ing. Benites Alfaro Elmer Gonzales

Yo, Arias Santa Cruz, Gian Piero con DNI N° 71407963 alumno de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto nos presentamos y ponemos de manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: "Sistema de Información Geográfico y Teledetección para el uso agrícola, sub-especie *Zea mays amiláceo*, Casica-Lurin 2022", solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumentos
 - Ficha de evaluación
 - Matriz de Operacionalización de variables
- Por lo tanto

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, 21 de noviembre de 2022



Arias Santa Cruz Gian P

NOMBRES Y APELLIDOS
FIRMA

Validación de Instrumento

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Benites Alfaro Elmer Gonzales
 1.2. Cargo de institución donde labora: Docente / UCV sede Este.
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Calidad y gestión de los recursos naturales
 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de registro de datos multispectrales
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Arias Santa Cruz, Gian Piero

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. Organización	Existe una organización lógica.												X	
5. Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. Coherencia	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

91.5

Lima, 21 de noviembre del 2022


 Dr. Ing. Benites Alfaro Elmer Gonzales

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 1

Instrumento 1: Ficha de registro de datos multiespectrales

Código de Imágenes	Fechas	Bandas Utilizadas	Índices	Rangos				
				Nulo	Bajo	Medio	Alto	
			NDVI					
				MSAVI				
			NDWI					

Fuente: Elaboración propia

Lima, 21 de noviembre del 2022



Dr. Ing. Benites Alfredo Elmer Gonzales



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Sistema de Información Geográfico y Teledetección para el uso agrícola, sub-especie Zea mays amiláceo, Casica-Lurin 2022", cuyo autor es ARIAS SANTA CRUZ GIAN PIERO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 6.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 09 de Diciembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO DNI: 07268863 ORCID: 0000-0003-1485-5854	Firmado electrónicamente por: FSERNAQUEA el 10- 12-2022 08:45:03

Código documento Trilce: TRI - 0481179