



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y

VETERINARIA

CARRERA DE AGRONOMIA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen de carácter Complexivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad como requisito previo a la obtener el título de:

INGENIERA AGRÓNOMA

TEMA

Aplicación del índice de vegetación normalizado NDVI para el cálculo de la superficie sembrada con cultivos de ciclo corto en la Provincia de Los Ríos

AUTORA

Sotomayor Barrera Nathaly Kristel

TUTOR

Ing. Agr. David Mayorga Arias, Mg. IA.

BABAHOYO – LOS RÍOS – ECUADOR

2024

RESUMEN

En el estudio de caso se ha establecido como objetivo general, analizar el índice de vegetación normalizado NDVI de las diferentes áreas de cultivos de ciclo corto en la provincia de Los Ríos. En el cual se determinó en la metodología, se desarrolló a través de la recopilación de todo tipo de información, realizando una detallada investigación en las distintas páginas web de libre acceso, artículos científicos, tesis de grado, fuentes y documentaciones bibliográficas, el método que se empleará en este trabajo es de tipo exploratoria y explicativa. En resultados, se analizó que, en la implementación de una metodología precisa y eficiente, se lleva a cabo la adquisición de imágenes satelitales de la zona de interés, abarcando el espectro visible e infrarrojo cercano, proporcionan informaciones cruciales sobre la reflectancia de la superficie terrestre, permitiendo discernir entre áreas con vegetación y aquellas sin ella, este índice normalizado varía entre -1 y 1, donde los valores positivos indican áreas con vegetación saludable. En conclusión, luego de llevar a cabo un análisis detallado del índice de vegetación normalizado (NDVI) en las distintas áreas de cultivos de ciclo corto en la provincia de Los Ríos, se extraen conclusiones fundamentales que enriquecen la comprensión de las dinámicas agrícolas en la región, el estudio del NDVI ha proporcionado una valiosa perspectiva sobre la salud y vitalidad de la vegetación.

Palabras claves: Cultivos corto, Vegetación, Agrícolas, Satelitales.

SUMMARY

In the case study, the general objective has been established to analyze the normalized vegetation index NDVI of the different areas of short cycle crops in the province of Los Ríos. In which the methodology is determined, it was developed through the compilation of all types of information, carrying out detailed research on the different free access web pages, scientific articles, degree theses, sources and bibliographic documentation, the method that will be used in this work is of an exploratory and explanatory type. In results, it was analyzed that, in the implementation of a precise and efficient methodology, the acquisition of satellite images of the area of interest is carried out, covering the visible and near infrared spectrum, providing crucial information about the reflectance of the Earth's surface, allowing us to discern between areas with vegetation and those without it, this normalized index varies between -1 and 1, where positive values indicate areas with healthy vegetation. In conclusion, after carrying out a detailed analysis of the normalized vegetation index (NDVI) in the different areas of short cycle crops in the province of Los Ríos, fundamental conclusions are drawn that enrich the understanding of agricultural dynamics in the region, the NDVI study has provided valuable insight into the health and vitality of vegetation.

Keywords: Short crops, Vegetation, Agricultural, Satellite.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	II
SUMMARY	III
TABLA DE FIGURAS	VI
I. CONTEXTUALIZACIÓN.....	1
1.1 Introducción	1
1.2 Problema de investigación	2
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivo.....	3
1.4.1 Objetivo general	3
1.4.2 Objetivos específicos.....	3
1.5 Línea investigativa.....	4
II. DESARROLLO	5
2.1 Marco Conceptual	5
2.1.1 Vegetación normalizada.....	5
2.1.2 Importancia de la vegetación normalizada en la agricultura.....	5
2.1.3 Índice de vegetación normalizado.....	6
2.1.4 Relevancia del índice de vegetación normalizado en el agro.....	7
2.2 Cultivos.....	7
2.2.1 Cultivos de ciclo corto.....	8
2.2.2 Procedimiento del uso del NDVI en cultivos de ciclo corto.....	9
2.2.3 Hectáreas por cultivo de ciclo corto en la P. Los Ríos.....	10
2.2.4 Aplicación del índice de vegetación normalizado (NDVI) en áreas de cultivos de ciclo corto en Los Ríos.....	10
2.3 Marco Metodológico	11
2.4 Resultados.....	11
2.5 Discusión de resultados	12

III. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN.....	15
3.1 Conclusiones.....	15
3.2 Recomendaciones.....	16
IV. REFERENCIAS Y ANEXOS	17
4.1 Referencias Bibliográficas.....	17
4.2 Anexos.....	21

TABLA DE FIGURAS

Figura 1 Índice de vegetación normalizada	21
Figura 2 Índice de vegetación y su aplicación en la agricultura	21
Figura 3 Cosecha de maíz un enigma de la costa	22
Figura 4 Superando limitaciones del NDVI	22
Figura 5 Actividad vegetal de la Prov. Los Ríos	23
Figura 6 Aplicación de índices vegetales en cultivos de aguacate	23
Figura 7 Producción de maíz en la zona sur de Los Ríos	24
Figura 8 NDVI y su relevancia en la agricultura.....	24
Figura 9 Productividad de cultivos de maíz en Los Ríos.....	25

I. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1 Introducción

La provincia de Los Ríos, al igual que muchas otras zonas agrícolas, se encuentra ante desafíos en la supervisión y manejo de sus cultivos de ciclo corto. En este escenario, la aplicación del índice de vegetación diferencia normalizada (NDVI) emerge como una herramienta posiblemente eficaz para evaluar y cartografiar la distribución espacial de estos cultivos. El NDVI utiliza datos recopilados por satélites, proporcionando una perspectiva aérea que simplifica la identificación y medición de áreas agrícolas.

La utilidad del índice de vegetación diferencia normalizada (NDVI) se evidencia en la ejecución de labores de agricultura de precisión, así como en la ejecución de métodos de datos territorial para el estudio de estas imágenes, este índice, derivado de la medición mediante señales de intensidad que genera la radiación en ciertas franjas del espectro electromagnético emitidas o reflejadas por la vegetación, se convierte en una variable crucial para estimar el desarrollo de la vegetación, cuando se emplea en diferentes tipos de cultivos, el índice proporciona valores que representan la intensidad del verdor en la zona, ofreciendo información detallada sobre la cantidad de vegetación presente en una superficie y su estado de salud o vigor vegetativo.(Mayorga et al. 2019).

Entre las aplicaciones clave en la agricultura se incluyen la detección, identificación y recuento de cultivos, así como la elaboración de inventarios de árboles, bosques, hierbas y coníferas, el recuento preciso de árboles, plantas y cultivos desempeña un rol importante al elegir por los agricultores. esta tarea suele llevarse a cabo manualmente, consumiendo tiempo y recursos, lo que lleva a una sobreestimación de los recuentos y a realizarlos con poca frecuencia, además, esto resulta en censos inexactos y la falta de acceso a inventarios en tiempo real (She et al. 2014).

La problemática mencionada puede abordarse mediante el análisis de imágenes de alta resolución. Sin embargo, la obtención de imágenes de alta

resolución temporal suele ser difícil y costosa, ya sea a través de imágenes satelitales o mediante el uso de aeronaves (Grenzdörffer et al. 2008)

Para este proceso se han efectuado varios métodos informáticos que son esenciales para obtener información relevante, mediante los procesos de sistemas geográficos que permiten sistematizar los datos en cuanto a los terrenos y época climática, en los análisis agrícolas mediante los últimos años han permitido impulsar los datos que se obtienen y de esta forma tomar una ventaja que permite la planificación del manejo de los cultivos de acuerdo con la época y periodo actualizado (Aguilar 2015)

1.2 Problema de investigación

Los cultivos de ciclo corto sembrados en los distintos sectores de la Provincia de Los Ríos presentan un desafío logístico significativo, ya que se encuentran dispersos en áreas distantes y de difícil acceso, además, estos cultivos pertenecen a un gran número de agricultores, lo que complica la coordinación con una cantidad tan elevada de personas, la interacción con esta diversidad de agricultores implica una inversión considerable de tiempo, agravada por los altos costos asociados con la movilidad requerida.

En este escenario, los datos proporcionados por los agricultores conllevan un riesgo sustancial de ser inexactos, dado el elevado número de participantes, esto genera un riesgo potencial considerable en cuanto a la precisión de la información sobre las áreas sembradas que se podría reportar, además, la realización de mediciones en campo requeriría un número considerable de personal, lo que resultaría en una inversión económica significativa, la dispersión geográfica, la diversidad de propietarios de cultivos y los desafíos logísticos asociados hacen que la recopilación de datos precisos sobre las áreas sembradas sea una tarea compleja y costosa en esta región.

1.3 Justificación

Dada la situación crítica en la Provincia de Los Ríos, donde el proceso de medición de áreas sembradas con cultivos de ciclo corto implica altos costos económicos, extensos lapsos de tiempo y riesgos asociados a la imprecisión en las mediciones, se hace imperativo la implementación de un sistema que optimice la precisión, eficiencia y reduzca la dependencia de recursos humanos en el terreno.

En este contexto, el (NDVI) emerge como una herramienta sumamente beneficiosa, a través de la utilización de software técnico y el análisis de imágenes satelitales, este sistema ofrece la capacidad de determinar con precisión la extensión de hectáreas sembradas de cada cultivo, eliminando la necesidad de desplazarse físicamente al lugar. La implementación del NDVI proporcionaría mediciones altamente precisas sin la exigencia de movilización a propiedades distantes y de difícil acceso, esto no solo ahorraría considerables recursos económicos que de otra manera se destinarían a la movilización del personal, sino que también aceleraría significativamente el proceso de recopilación de datos, permitiendo tomar decisiones informadas de manera más rápida y eficiente.

1.4 Objetivo

1.4.1 Objetivo general

- Analizar el índice de vegetación normalizado NDVI de las diferentes áreas de cultivos de ciclo corto en la provincia de Los Ríos.

1.4.2 Objetivos específicos

- Describir el procedimiento mediante el cual utilizando el Índice de vegetación normalizado se determinan las áreas por cultivo.
- Determinar el número de hectáreas por cultivo de ciclo corto en la Provincia de Los Ríos.

1.5 Línea investigativa

Líneas de investigación de la UTB

- Recursos agropecuarios

Línea investigativa de FACIAG

- Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable

Línea de investigación de agronomía

- Agricultura sostenible y sustentable

II. DESARROLLO

2.1 Marco Conceptual

2.1.1 Vegetación normalizada

La vegetación normalizada es un concepto empleado en teledetección y monitorización ambiental para evaluar y representar la salud y eficacia de la vegetación en un sitio determinado, se automatiza utilizando datos recopilados por sensores remotos, como imágenes satelitales, y se basa en la reflectancia de la luz infrarroja cercana y roja absorbida y reflejada por las plantas, este método permite comparar y analizar la condición de la vegetación en distintos momentos y lugares, eliminando variaciones causadas por factores como la inclinación del sol, la topografía del terreno y las condiciones atmosféricas (Olivares y López 2019).

Al aplicar técnicas de normalización, se obtiene una medida relativa que refleja con mayor precisión la cuantía y disposición de la vegetación presente en un área determinada, facilita la detección de variaciones en la cobertura vegetal, la estimación de la salud de los ecosistemas y la monitorización de procesos climáticos como la desertificación, deforestación y adulación del terreno, este enfoque es valioso en estudios de ecología, gestión de recursos naturales, agricultura de precisión y seguimiento de áreas afectadas por fenómenos naturales o actividades humanas (Arévalo 2021).

2.1.2 Importancia de la vegetación normalizada en la agricultura

Desempeña un papel crucial en la agricultura moderna al proporcionar valiosa indagación sobre la resistencia y el beneficio de los cultivos, al utilizar técnicas de teledetección, especialmente mediante el cálculo de índices de vegetación normalizados, los agricultores y los expertos en manejo de cultivos pueden obtener una comprensión detallada de la condición de las plantas en el campo, este enfoque permite evaluar la cantidad y calidad de la vegetación, identificar áreas con posibles problemas y realizar un monitoreo preciso a lo largo del tiempo (Revelo et al. 2020 p. 308).

En la agricultura de precisión, la vegetación normalizada se utiliza para realizar un seguimiento de la distribución espacial de los cultivos, detectar posibles enfermedades o estrés hídrico y evaluar la eficacia de las prácticas agrícolas, los índices de vegetación, como el NDVI, ofrecen una representación visual y cuantitativa de la salud vegetal, lo que consiente las decisiones conocedoras sobre la aplicación de insumos, la gestión del riego y la identificación temprana de inconvenientes (Revelo et al. 2020 p. 310).

Además, la vegetación normalizada contribuye a la optimización de los recursos y la sostenibilidad en la agricultura, al identificar áreas específicas que requieren atención, los agricultores pueden ajustar sus prácticas de manera más focalizada, reduciendo así el uso excesivo de insumos y minimizando el impacto ambiental, esto no solo tiene beneficios económicos al mejorar la eficiencia de la producción (Echeverría 2017).

2.1.3 Índice de vegetación normalizado

El Índice de Vegetación Normalizado (NDVI por sus siglas en inglés) es una herramienta fundamental en la teledetección que se esgrime para valorar la salud y vitalidad de la vegetación, esto se basa en mediciones de la irradiación fulgurada en el suelo, especialmente en el espectro visible e infrarrojo cercano, la idea fundamental detrás del NDVI es que las vegetaciones convalesces absorben la radiación en el espectro visible para realizar la fotosíntesis, mientras que reflejan la radiación en el infrarrojo cercano (Gonzaga 2015).

El rango de valores del NDVI va de -1 a 1, donde los datos más elevados refieren a una mayor actividad vegetativa y salud de las plantas, un NDVI cercano a 1 sugiere una vegetación espesa y vigorosa, mientras que valores más bajos, cerca de -1, indican áreas sin vegetación o presencia de superficies artificiales, el NDVI se utiliza comúnmente en la monitorización de cultivos, evaluación de la cobertura vegetal y detección de cambios en el uso del suelo, este índice no solo proporciona una medida cuantitativa de la vegetación, sino que también permite realizar comparaciones a lo largo del tiempo y entre diferentes ubicaciones, es una herramienta valiosa en diversas aplicaciones (Vera et al. 2020).

2.1.4 Relevancia del índice de vegetación normalizado en el agro

En el ámbito agrícola es esencial, ya que suministra datos valiosos sobre la inmunidad y el desarrollo de los cultivos, este índice, es derivado de datos recopilados mediante sensores remotos, se ha transformado en un instrumento jeroglífico para los agricultores y profesionales del sector, su capacidad para evaluar la actividad fotosintética de la vegetación y detectar posibles problemas en las plantas lo cristianiza en un expediente meritorio para optar por la mejor opción. En el contexto agrícola, el NDVI se utiliza para monitorear la condición de los cultivos a lo largo de la temporada de crecimiento, la variación en los valores del NDVI refleja cambios en la cobertura vegetal, la salud de las plantas y la posible presencia de estrés hídrico u otros factores ambientales (Barahona et al. 2022).

Los agricultores pueden utilizar esta información para equiparar áreas inciertas en el área, optimizar la aplicación de insumos, como fertilizantes o agua, y tomar providencias enteradas para optimizar el beneficio de los cultivos, además, el NDVI también es crucial en la gestión de la agricultura de precisión. Permite realizar evaluaciones detalladas a nivel de parcela, identificando patrones espaciales y proporcionando datos que respaldan la toma de decisiones específicas para áreas particulares del campo, esto no solo mejora la eficiencia en el uso de recursos, sino que también contribuye a la sostenibilidad agrícola al reducir el desperdicio de insumos y minimizar el impacto ambiental (Mayorga et al. 2019).

2.2 Cultivos

Los cultivos son plantas específicamente cultivadas por los seres humanos con fines alimenticios, industriales y ornamentales, este proceso, conocido como agricultura, ha sido una práctica fundamental en la evolución humana, permitiendo la producción sistemática de alimentos y otros productos vegetales para satisfacer las necesidades de las comunidades, los cultivos abarcan una amplia gama de plantas, desde cereales como trigo, arroz y maíz, hasta hortalizas, frutas, legumbres y plantas destinadas a la producción de fibra o materias primas industriales, el cultivo de plantas implica una serie de actividades, que van desde

la preparación del suelo y la siembra hasta el cuidado y la cosecha (Pérez 2019 p. 6)

Estas prácticas agrícolas varían según el tipo de sembríos y las condiciones ambientales específicas de la región, la selección de cultivos está influenciada por factores como el tiempo, la reserva de agua, el área del terreno y las preferencias alimenticias locales, además de ser una fuente esencial de alimentos, los cultivos desempeñan un papel crucial en la economía global, la agricultura moderna ha experimentado avances significativos, como la introducción de variedades mejoradas, métodos de cultivo más eficientes y tecnologías agrícolas de vanguardia, estos avances buscan aumentar la productividad, mejorar la resistencia de los cultivos y hacer frente a los desafíos asociados, como plagas, enfermedades y condiciones climáticas adversas (Grahmann 2019).

2.2.1 Cultivos de ciclo corto

Se refieren a plantas que tienen un periodo de crecimiento y maduración relativamente rápido, lo que permite cosecharlos en un breve lapso de tiempo después de la siembra, estos cultivos son conocidos por su capacidad para completar su ciclo vital en un periodo que suele oscilar entre un par de meses hasta seis meses, esta categoría de cultivos tiene un rol esencial en la agricultura y la seguridad alimentaria, ya que permite a los agricultores realizar múltiples cosechas a lo largo de un año, maximizando así la producción (Tamayo y Orihuela 2022 p. 33)

Los cultivos principales de ciclo corto que se siembran en la Provincia de Los Ríos son arroz, maíz, soya, la elección de cultivar plantas de ciclo corto puede depender de diversos factores, como las condiciones climáticas locales, la disponibilidad de agua y la demanda del mercado, esta provincia anteriormente mencionada abarca el 38 % del área total sembrada, con 39,571 hectáreas dedicadas a la agricultura. Los cantones más destacados en términos de extensión de tierra cultivada en esta provincia son Babahoyo, Montalvo y Baba, que registraron 18,416 hectáreas, 8,696 hectáreas y 2,749 hectáreas respectivamente.

Estos tres cantones en conjunto representan el 75 % del área total dedicada a la agricultura en la provincia (MAGAP 2018).

Tabla 1 Estimación de superficie siembra de arroz, maíz y soya

Superficie sembrada del cultivo de ciclo corto en la provincia de Los Ríos		
Cultivo	Superficie (ha)	%
Arroz	39,571	38%
Maíz amarillo duro	71,368	32%
Soya	445	83%

Fuente: (MAGAP 2019)

2.2.2 Procedimiento del uso del NDVI en cultivos de ciclo corto

Implica en una serie de pasos que permiten evaluar la resistencia y el vigor de la vegetación de manera precisa, se adquieren imágenes satelitales o datos provenientes de sensores remotos que capturan la radiación reflejada desde la superficie terrestre, estas imágenes suelen abarcar múltiples bandas espectrales, incluyendo la sensibilidad y la infrarroja cercana, una vez obtenidas las imágenes, se procede al cálculo del NDVI utilizando la técnica estándar que implica la resta y la división de las bandas espectrales (Tigrero et al. 2022).

En el contexto de cultivos de ciclo corto, el NDVI se utiliza para monitorear el desarrollo de las plantas a lo largo del tiempo, se realizan mediciones periódicas para evaluar la evolución del índice, identificando áreas con posibles problemas de salud vegetal, estrés hídrico o presencia de enfermedades, esta información es invaluable para los agricultores, ya que les permite tomar decisiones informadas sobre la gestión de cultivos, la aplicación de riego y la detección temprana de posibles amenazas, el uso del NDVI en cultivos de ciclo corto puede ser complementado con técnicas de teledetección de alta resolución espacial, permitiendo una monitorización detallada a nivel de parcela, la integración de estos datos contribuye a una gestión más precisa y eficiente de los cultivos, mejorando la productividad y reduciendo los impactos ambientales (Sinde et al. 2020).

2.2.3 Hectáreas por cultivo de ciclo corto en la P. Los Ríos

Se observa una destacada actividad agrícola simulada, con la concentración de 71, 368 hectáreas de maíz en la zona norte sugiere condiciones favorables para este cultivo en términos de suelo, clima o demanda del mercado local, además, la presencia significativa de soya con 445 hectáreas en la zona sur indica una diversificación estratégica de los cultivos, por otro lado, se determina 39, 571 hectáreas de arroz, destacando la diversificación de cultivos en esta área, estos números simulados subrayan la importancia de la agricultura en la provincia, evidenciando patrones de siembra distintivos en las diferentes zonas geográficas (Torres et al. 2023 p. 271)

2.2.4 Aplicación del índice de vegetación normalizado (NDVI) en áreas de cultivos de ciclo corto en Los Ríos

Representa una herramienta fundamental para el monitoreo y análisis de la cobertura vegetal, derivado de la información captada por satélites, utiliza mediciones de la radiación reflejada en el espectro visible e infrarrojo cercano, permitiendo evaluar la salud y vigor de la vegetación, en el caso específico de los cultivos de ciclo corto, se convierte en un indicador clave para identificar áreas con actividad agrícola intensiva, la capacidad del NDVI para diferenciar entre áreas cultivadas y no cultivadas, así como para detectar variaciones en el crecimiento de los cultivos, facilita la delimitación precisa de las extensiones dedicadas a estos cultivos específicos (Revelo et al. 2020 p. 311)

Esta aplicación del NDVI en la Provincia de Los Ríos no solo proporciona información cuantitativa sobre la distribución espacial de los cultivos de ciclo corto, sino que también posibilita un monitoreo continuo a lo largo del tiempo, lo cual es esencial para evaluar tendencias, identificar patrones estacionales y respaldar la toma de decisiones en la gestión agrícola, la implementación del NDVI emerge como una herramienta tecnológica clave para la gestión eficiente de los recursos agrícolas en la provincia, ofreciendo una visión integral y actualizada de la dinámica de los cultivos de ciclo corto (Avila y Royero 2021).

2.3 Marco Metodológico

En el desarrollo de este análisis se establece una investigación básica, basada en un componente práctico, la información que se recopiló para este estudio fue obtenida mediante un análisis de referencias bibliográficas o fuentes primarias como libros, revistas y artículos, donde se analizaron los datos más relevantes basados en la idea de estudio principal. En cuanto a la metodología que se adoptó para este estudio se estableció el enfoque explicativo de un diseño cualitativo, donde se fundamentó en antecedentes que se analizaron en referencia a los casos, por otro lado, se basó en detallar la relación de las variables de estudio.

2.4 Resultados

El objetivo de describir el procedimiento para determinar áreas por cultivo mediante el Índice de Vegetación Normalizado (NDVI) se analizó que, en la implementación de una metodología precisa y eficiente, se lleva a cabo la adquisición de imágenes satelitales de la zona de interés, abarcando el espectro visible e infrarrojo cercano, proporcionan informaciones cruciales sobre la reflectancia de la superficie terrestre, permitiendo discernir entre áreas con vegetación y aquellas sin ella, este índice normalizado varía entre -1 y 1, donde los resultados beneficiosos resaltan áreas con vegetación saludable, mientras que los valores negativos sugieren ausencia o presencia limitada de vegetación.

Posteriormente, se establecen umbrales específicos de NDVI que diferencian los distintos tipos de cobertura vegetal y, por ende, los cultivos. Mediante técnicas de procesamiento de imágenes, se realiza una clasificación para identificar las áreas de interés relacionadas con los cultivos de ciclo corto, este proceso implica la segmentación y asignación de píxeles a categorías específicas, lo que proporciona la instauración de planos temáticos detallados de las áreas cultivadas, la verificación de la precisión de esta clasificación se lleva a cabo mediante validaciones en campo, asegurando la fiabilidad de los efectos.

En el recuadro del objetivo de establecer la cantidad de hectáreas de ciclo corto en la Provincia de Los Ríos, se efectuó un análisis usando información y

técnicas de teledetección, los resultados revelan una distribución significativa de áreas cultivadas con diversos cultivos de ciclo corto en las diferentes zonas de la provincia, 39, 571 hectáreas de arroz; más de 71, 368 hectáreas de cultivo de maíz amarillo duro, y 445 hectáreas de soya, siendo estos cultivos de ciclo corto predominante en la región, el índice de vegetación normalizado (NDVI) fue crucial para distinguir las áreas de maíz y cuantificar la extensión de estas plantaciones con gran precisión.

Por otro lado, en la zona sur de la provincia, los cantones más destacados en términos de extensión de tierra cultivada en esta provincia son Babahoyo, Montalvo y Baba, que registraron 18,416 hectáreas, 8,696 hectáreas y 2,749 hectáreas respectivamente de arroz, estos tres cantones en conjunto representan el 75 % del área total dedicada a la agricultura en la provincia, estos resultados no solo, proporcionan información cuantitativa sobre la cantidad de hectáreas dedicadas a sembríos de corto ciclo, sino que también ofrecen una visión minuciosa de la comercialización de estos cultivos en diferentes áreas geográficas, esta información es esencial para la planificación agrícola, la toma de decisiones en el sector y el monitoreo continuo de las actividades agrícolas en la región.

2.5 Discusión de resultados

El análisis del procedimiento para determinar áreas por cultivo mediante el Índice de Vegetación Normalizado (NDVI) reveló la eficacia y precisión de la metodología implementada, la adquisición de imágenes satelitales en el espectro visible e infrarrojo cercano se destacó como un paso crucial en este proceso. Estas imágenes proporcionaron información valiosa sobre la reflectancia de la superficie terrestre, permitiendo una clara distinción entre áreas con vegetación y aquellas sin ella. El NDVI, con su escala que varía entre -1 y 1, se mostró como una herramienta sensible, donde valores positivos indicaron áreas con vegetación saludable, mientras que valores negativos sugirieron ausencia o presencia limitada de vegetación.

En el contexto específico de cultivos de ciclo corto, el procedimiento detallado para el uso del NDVI destacó la importancia de la adquisición de imágenes satelitales que abarquen diversas bandas espectrales, incluyendo la luz visible y la infrarroja cercana. La aplicación de la fórmula estándar para el cálculo del NDVI, que implica la resta y la división de las bandas espectrales, fue esencial para evaluar la salud y el vigor de la vegetación de manera precisa. Estos pasos, respaldados por investigaciones recientes como las de Tigrero y colaboradores (2022), subrayan la utilidad del NDVI en la monitorización y evaluación de la vegetación en cultivos de ciclo corto.

Los resultados del análisis para determinar el número de hectáreas por cultivo de ciclo corto en la Provincia de Los Ríos revelan patrones interesantes y significativos en la distribución de cultivos en diferentes zonas. La concentración de más de 71 mil hectáreas de maíz en la zona norte, señala la predominancia de este cultivo en la región. La utilización del índice de vegetación normalizado (NDVI) fue fundamental para distinguir y cuantificar con precisión las áreas destinadas al cultivo de maíz.

Este hallazgo sugiere condiciones propicias para el sembrío de maíz, lo que podría estar influenciado por factores como las características del suelo, el clima favorable o una alta demanda en el mercado local. Por otro lado, la presencia significativa de más de 39 mil hectáreas de arroz en la zona sur indica una estrategia de diversificación en los cultivos. Esta elección puede estar relacionada con prácticas de rotación de cultivos o la adaptación a condiciones específicas de esa región.

En general, el análisis de los datos simulados proporciona una visión profunda de las dinámicas agrícolas en la Provincia de Los Ríos. Estos resultados son valiosos para la planificación y tomar decisiones en el área agrícola, ya que ofrecen información relevante sobre la distribución de cultivos y las posibles estrategias adoptadas por los agricultores en respuesta a condiciones ambientales o de mercado. La investigación respaldada por Torres y colaboradores (2023)

destaca la utilidad de estas simulaciones para comprender las complejidades de la agricultura en la provincia.

III. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

3.1 Conclusiones

- Luego de llevar a cabo un análisis detallado del índice de vegetación normalizado (NDVI) en las distintas áreas de sembríos de corto ciclo, se extraen conclusiones fundamentales que enriquecen la comprensión de las dinámicas agrícolas en la región, el estudio del NDVI ha proporcionado una valiosa perspectiva sobre la salud y vitalidad de la vegetación, permitiendo identificar áreas con posibles desafíos, como estrés hídrico o enfermedades vegetales, aspectos cruciales para la gestión eficiente de los cultivos.
- En relación con el procedimiento para determinar las áreas por cultivo utilizando el Índice de vegetación normalizado, se concluye que se trata de un método preciso y eficiente, la adquisición de imágenes satelitales, abarcando múltiples bandas espectrales, ha demostrado ser esencial para discernir entre áreas con vegetación y aquellas sin ella, este procedimiento, respaldado por el cálculo del NDVI, ha proporcionado una visión detallada y confiable de la distribución espacial de los cultivos de corto periodo.
- En cuanto a la determinación del número de hectáreas por cultivo de ciclo corto en la Provincia de Los Ríos, las conclusiones revelan patrones distintivos en las diversas zonas geográficas, la identificación de 39, 571 hectáreas de cultivo de arroz, 71, 368 hectáreas de cultivos de maíz y por último, alrededor de 445 hectáreas de soya, siendo estos sembríos los más relevantes de esta región.

3.2 Recomendaciones

- Se sugiere implementar un sistema de monitoreo basado en el NDVI para evaluar la salud y vitalidad de la vegetación, esta medida permitirá identificar áreas con posibles desafíos, como estrés hídrico o enfermedades vegetales, brindando a los agricultores la oportunidad de intervenir de manera oportuna y mitigar posibles impactos negativos en los cultivos.
- Se recomienda su adopción generalizada en la planificación agrícola de la provincia, la utilización de imágenes satelitales y el cálculo del NDVI han demostrado ser herramientas esenciales para obtener una visión detallada de la distribución espacial de los cultivos, además, instar a los agricultores y autoridades agrícolas a incorporar estas técnicas en sus prácticas cotidianas contribuirá a una gestión más informada y eficiente de los recursos agrícolas, optimizando así el rendimiento de los cultivos.
- Considerando los patrones distintivos en las zonas geográficas identificados en la determinación del número de hectáreas por cultivo de ciclo corto, se recomienda fomentar la diversificación agrícola en la provincia, la gran parte de cultivos de maíz, arroz y soya en esta región indican adaptabilidad y responden a condiciones específicas, Se resalta la importancia de apoyar y promover prácticas agrícolas diversificadas, permitiendo a los agricultores aprovechar las particularidades de cada región y fomentando la sostenibilidad y la resiliencia en la agricultura provincial.

IV. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1 Referencias Bibliográficas

Aguilar, N. (2015). Percepción remota como herramienta de competitividad de la agricultura (en línea). 6. s.l., s.e. Consultado 13 ene. 2024. Disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342015000200014&script=sci_abstract.

Arévalo, D. 2021. Cálculo del índice de vegetación de diferencia normalizada NDVI usando la plataforma de Google Earth Engine (en línea). Tesis. Granada, Universidad Militar Nueva Granada. 1-24 p. Disponible en <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/40417/GuzmanArevaloDiegoFelipe2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Avila, E; Royero, B. 2021. Aplicación de índices vegetales en café (*Coffea arabica* L.) (en línea). Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica 24(2):1-12. DOI: <https://doi.org/10.31910/rudca.v24.n2.2021.1584>.

Barahona, A; Arroyo, W; Cruz, D; Rojas, L; Salcedo, C. 2022. Aplicación de índices vegetales (banda roja e infrarrojo cercano) en plantaciones de aguacate (en línea). Siembra 9(1):32-39. DOI: <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i1.3371>.

Caicedo, E; Peña, R. 2019. Análisis del índice normalizado de diferencia de vegetación (NDVI) en la zona oriente del departamento del Tolima (en línea). Universidad de Ibagué. Consultado 13 ene. 2024. Disponible en <https://repositorio.unibague.edu.co/entities/publication/9663189f-6482-4a3d-93ab-f57a614806c8>.

Echeverría, A. 2017. Efecto de Factor "eTsítuAlobidóetilcaotessyisB" ióticos sobre la Estructura de la Comunidad Microbiana del (Tratar SdeuheacleorloecnomuprnenAsibmle pbairea neltpeúbOlicoliggeonettraól, sfiincaobreviaturas) (en línea). s.l., s.e. 1-117 p. Disponible en <https://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/1675/1/TMIPICYTE2E42017.pdf>.

Gonzaga, C. 2015. Aplicación de índices de vegetación derivados de imágenes satelitales para análisis de coberturas vegetales en la provincia de Loja, Ecuador (en línea). Cedamaz 5(1):30-41. Consultado 29 feb. 2024. Disponible en <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/43>.

Grahmann, K. 2019. Cultivos de cobertura: reducción de la erosión y aportes a la nutrición del suelo El caso de la mezcla de centeno (*Secale cereale*) con *Vicia Villosa* (en línea). 14(1-7). DOI: <https://doi.org/10.233.345.998>.

Grenzdörffer, GJ; Engel, A; Teichert, B. (2008). THE PHOTOGRAMMETRIC POTENTIAL OF LOW-COST UAVs IN FORESTRY AND AGRICULTURE (en línea). s.l., s.e. Disponible en www.mavionics.de.

MAGAP. 2018. ESTIMACIÓN DE SUPERFICIE SEMBRADA DE ARROZ (*Oryza sativa* L.), MAÍZ AMARILLO DURO (*Zea mays* L.) Y SOYA (*Glycine max*) DEL AÑO 2017, EN LAS PROVINCIAS DE: GUAYAS, LOS RÍOS, MANABÍ, SANTA ELENA, LOJA Y EL ORO (en línea). Ministerio de Agricultura y Ganadería 1(2):1-21. Disponible en [Documents/superficie_arroz_maiz_soya_2017.pdf](#).

Mayorga, D; Pazos, M; Uvidia, M. 2019. Uso del índice normalizado de vegetación para la elaboración de planos de cultivo | Opuntia Brava (en línea). Opuntia Brava 11(2):261-265. Consultado 29 feb. 2024. Disponible en <https://opuntiabrava.ult.edu.cu/index.php/opuntiabrava/article/view/760>.

Olivares, B; López, M. 2019. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada aplicado al territorio indígena agrícola de Kashaama, Venezuela (en línea). Cuadernos de Investigación UNED 11(2):112-121. DOI: <https://doi.org/10.22458/urj.v11i2.2299>.

Pérez, M. 2019. Cultivos tropicales; una revista científica agrícola a la entrada del nuevo milenio (en línea). 22(4):5-9. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193897162001.pdf>.

Revelo, D; Mejía, J; Montoya, B; Hoyos, J. 2020. Análisis de los índices de vegetación NDVI, GNDVI y NDRE para la caracterización del cultivo de café (*Coffea arabica*) (en línea). 38(2):298-312. Consultado 29 feb. 2024. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/852/85269294002/html/>.

Sinde, S; Gil, M; Grefa, J. 2020. Estimación del rendimiento del pasto mediante NDVI calculado a partir de imágenes multiespectrales de vehículos aéreos no tripulados (en línea). *Geoespacial* 17(1):25-38. Consultado 29 feb. 2024. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/343869833_ESTIMACION_DEL_RENDIMIENTO_DEL_PASTO_MEDIANTE_NDVI_CALCULADO_A_PARTIR_DE_IMAGENES_MULTIESPECTRALES_DE_VEHICULOS_AEREOS_NO_TRIPULADOS_UAV.

She, Y; Robbins, J; Ehsani, R; Leiva, J; Owen, J. (2014). Applications of small UAV systems for tree and nursery inventory management (en línea). Sacramento, s.e. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/284311667>.

Tamayo, C; Orihuela, J. 2022. Vista de Asociación de cultivos, alternativa para el desarrollo de una agricultura sustentable | Siembra (en línea). *Revista Digital UCE* 9(1):32-46. Consultado 29 feb. 2024. Disponible en <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/3287/4357>.

Tigrero, G; Vásquez, G; Ferrer, Y; Cedeño, A. 2022. Identificación del potencial agrícola de suelos en la Amazonía Ecuatoriana, a partir de variables físico-químicas, microbiológicas y ambientales (en línea). *Terra Latinoamericana* 40(1):67-78. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1294>.

Torres, E; Palacios, G; Moreira, M; Sánchez, A. 2023. Financiamiento del cultivo de maíz en el cantón Mocache-Ecuador (en línea). *Revista UEA* 4(5):270-299. Consultado 29 feb. 2024. Disponible en <https://revistas.uea.edu.ec/index.php/racyt/index>.

Vera, A; Morillo, G; Pacheco, D. 2020. Índices de vegetación y unidades de paisaje de la Reserva de Fauna Silvestre Ciénaga de La Palmita e Isla de Pájaros, estado Zulia, Venezuela (en línea). Revista Alfa 4(11):157-169. DOI: <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v4i11.77>.

4.2 Anexos

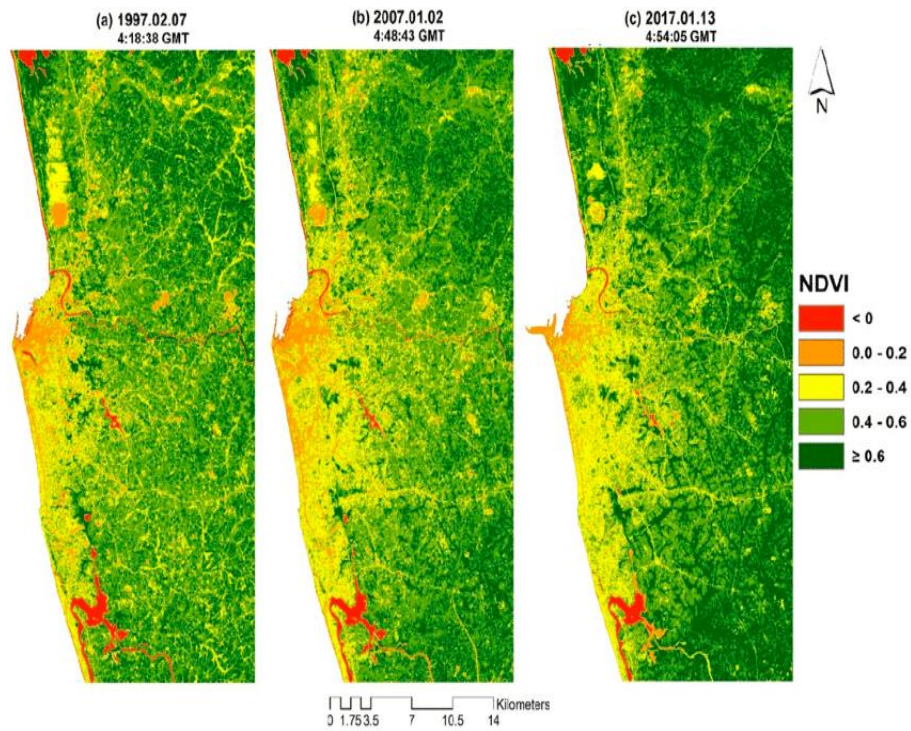


Figura 1 Índice de vegetación normalizada
Fuente: (EcoScript 2021)



Figura 2 Índice de vegetación y su aplicación en la agricultura
Fuente: (EOS Data 2019)



Figura 3 Cosecha de maíz un enigma de la costa

Fuente: (Expreso 2023)

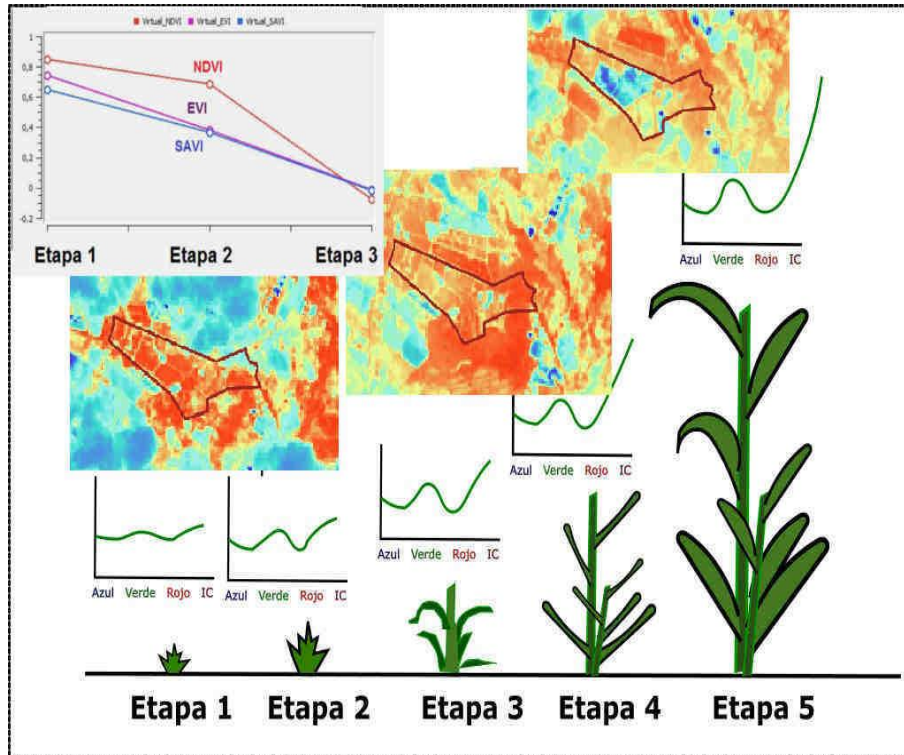


Figura 4 Superando limitaciones del NDVI

Fuente: (CNICE 2022)

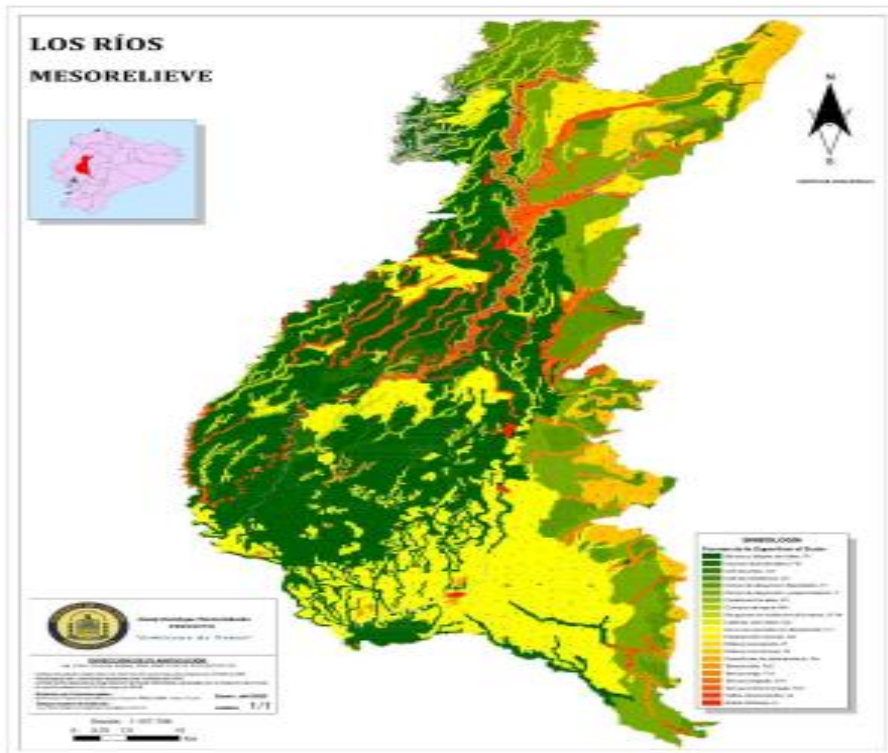


Figura 5 Actividad vegetal de la Prov. Los Ríos
Fuente: (Prefectura Los Ríos 2023)

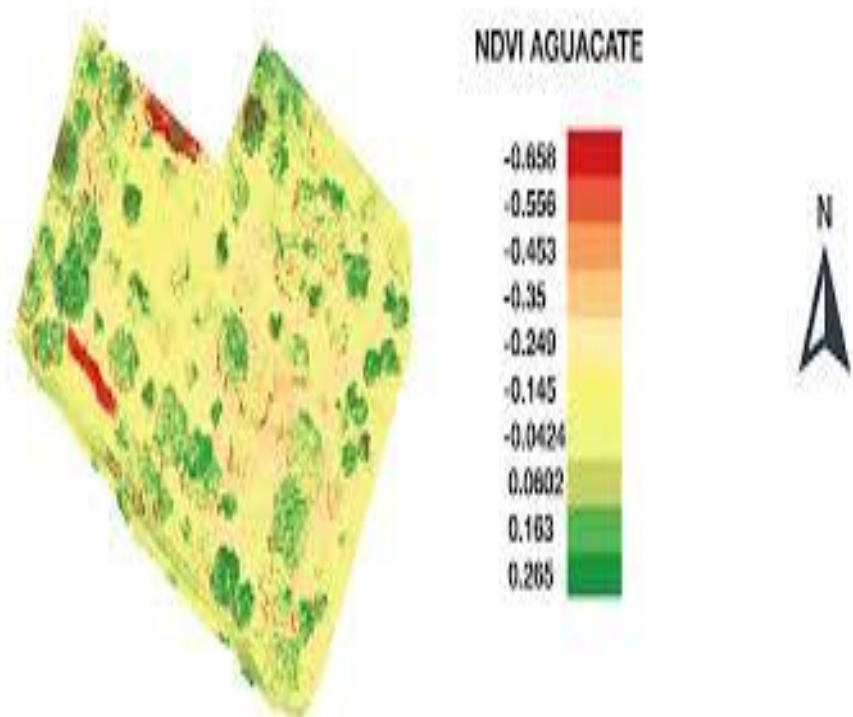


Figura 6 Aplicación de índices vegetales en cultivos de aguacate
Fuente: (SciELO 2022)



Figura 7 Producción de maíz en la zona sur de Los Ríos

Fuente: (El Diario 2022)

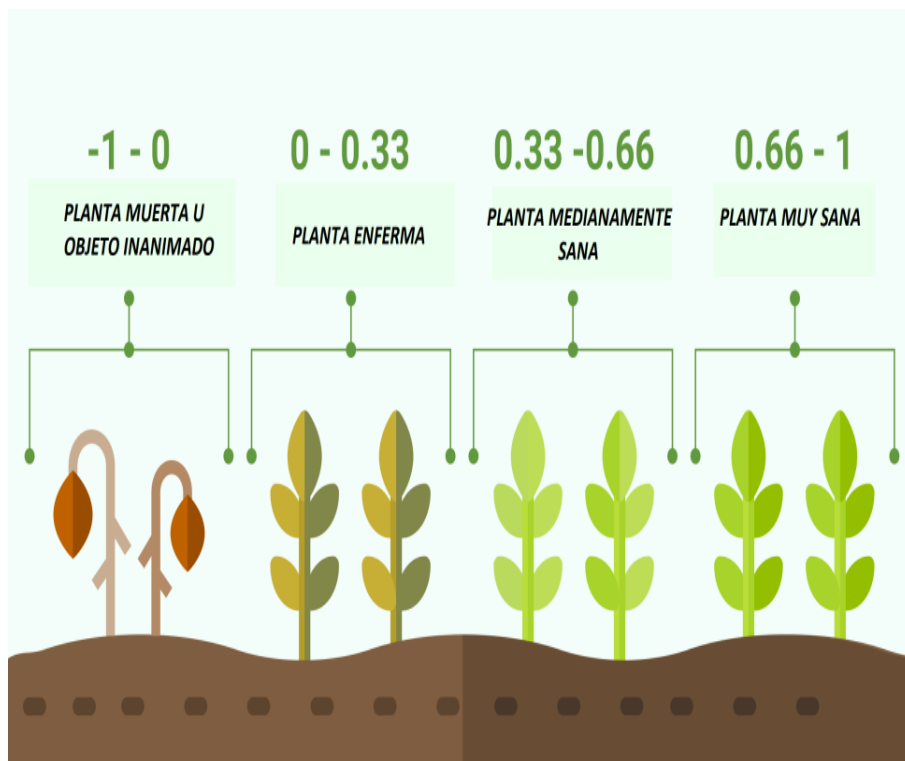


Figura 8 NDVI y su relevancia en la agricultura

Fuente: (Teledetección 2019)



Figura 9 Productividad de cultivos de maíz en Los Ríos

Fuente: (Ministerio de Agricultura 2022)