

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Evaluación temporal de la cobertura vegetal
mediante teledetección en la provincia de Huanta -
Ayacucho, 2017-2021**

Jorge Luis Lozano Rodriguez

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Anieval Peña Rojas
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 1 de Agosto de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

Evaluación temporal de la cobertura vegetal mediante teledetección en la provincia de Huanta - Ayacucho, 2017- 2021

Autores:

1. Jorge Luis Lozano Rodriguez – EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

Filtro de exclusión de bibliografía SI NO

Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"): 15 SI NO

Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

**La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)**

ASESOR

Dr. Anieval Peña Rojas

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Continental y docentes del área de ingeniería ambiente.

Al Docente Anieval Peña Rojas, por su asesoría en el trabajo de tesis.

A los colegas de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, por ser parte de esta investigación.

DEDICATORIA

A mi esposa Olga e hijos Jorge y Alonso, que son la razón de mi vida.

Jorge

ÍNDICE GENERAL

ASESOR	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN	xi
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	13
1.1. Planteamiento y formulación del problema	13
1.1.1. Planteamiento del problema.....	13
1.1.2. Formulación del problema	14
1.2. Objetivos	14
1.2.1. Objetivo general.....	14
1.2.2. Objetivos específicos	14
1.3. Justificación e importancia.....	15
1.3.1. Social.....	15
1.3.2. Económica.....	15
1.3.3. Ambiental.....	15
1.3.4. Teórica.....	15
1.4. Delimitación de la investigación	16
1.3. Hipótesis y variables	16
1.4.1. Hipótesis general.....	16
1.4.2. Hipótesis específicas	16
1.4.3. Operacionalización de variables	18
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes de la investigación	19
2.1.1. Antecedentes internacionales	19
2.1.2. Antecedentes nacionales	21
2.1.3. Antecedentes locales	23
2.2. Bases teóricas	24
2.2.1. Principios generales de la teledetección.....	24
2.2.2. Onda electromagnética.....	25
2.2.3. Signaturas espectrales (Firmas espectrales)	26

2.2.4.	Visualización de las imágenes satelitales.....	26
2.2.5.	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)	29
2.2.6.	Análisis de la vegetación.....	30
2.3.	Definición de términos básicos	30
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		32
3.1.	Enfoque de investigación	32
3.2.	Tipo de la investigación	32
3.3.	Nivel de la investigación.....	32
3.4.	Diseño de la investigación	32
3.5.	Método de la investigación	33
3.6.	Cobertura del estudio de investigación	35
3.6.1.	Población.....	36
3.6.2.	Muestra	36
3.6.3.	Muestreo	36
3.6.4.	Técnicas, Instrumentos y Fuentes de recolección de datos.....	37
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES.....		38
4.1.	Resultados a nivel descriptivo.....	38
4.1.1.	Cambios espacio temporales de cobertura vegetal.....	38
4.1.2.	Resultados del NDVI según el tipo de suelo de la cobertura vegetal.....	47
4.1.3.	Resultados del comportamiento temporal del NDVI y las estaciones.....	55
4.1.4.	Cambios espacio temporales de cobertura vegetal.....	57
4.2.	Resultado inferencial.....	62
4.2.1.	Prueba de hipótesis general.....	63
4.2.2.	Prueba de hipótesis específica 1.....	63
4.2.3.	Prueba de hipótesis específica 2.....	64
4.2.4.	Prueba de hipótesis específica 3.....	65
4.3.	Discusión de resultados.....	66
CONCLUSIONES		69
RECOMENDACIONES.....		71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA.....		72
ANEXOS		76
ANEXO 1: Matriz de consistencia		77
ANEXO 2: Mapa de la provincia de Huanta		78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos del NDVI, máximo, mínimo y promedio de enero a diciembre del 2017.....	40
Tabla 2. Datos del NDVI, máximo, mínimo y promedio de enero a diciembre del 2018.....	41
Tabla 3. Datos del NDVI, máximo, mínimo y promedio de enero a diciembre del 2019.....	43
Tabla 4. Datos del NDVI, máximo, mínimo y promedio de enero a diciembre del 2020.....	44
Tabla 5. Datos del NDVI, máximo, mínimo y promedio de enero a diciembre del 2021.....	46
Tabla 6. Área de uso de suelo 2017	47
Tabla 7. Área de uso de suelo 2018	49
Tabla 8. Área de uso de suelo 2019	50
Tabla 9. Área de uso de suelo 2020	52
Tabla 10. Área de uso de suelo 2021	53
Tabla 11. Verano: evolucion temporal del NDVI 2017-2021.....	57
Tabla 12. Otoño: evolución temporal del NDVI 2017-2021.....	59
Tabla 13. Invierno: evolución temporal del NDVI 2017-2021	60
Tabla 14. Primavera: evolucion temporal del NDVI 2017-2021	61
Tabla 15. Resultados de la prueba de normalidad de las imágenes 2017-2021	62
Tabla 16. Resultados de la correlación de Pearson hipótesis general.....	63
Tabla 17. Resultados de la correlación de Pearson hipótesis específica 1.....	64
Tabla 18. Resultados de la correlación de Pearson hipótesis específica 2.....	64
Tabla 19. Resultados de la correlación de Pearson hipótesis específica 3	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Componentes de la percepción remota.....	25
Figura 2. Onda electromagnética	26
Figura 3. Firmas espectrales	26
Figura 4. Imagen en escala visible vs NIR.....	28
Figura 5. Imagen en escala grises vs RGB321 Color natural	28
Figura 6. Imagen en escala grises vs RGB432.....	29
Figura 7. Imagen en escala grises vs RGB742.....	29
Figura 8: Evolución temporal del NDVI 2017-2021	39
Figura 9: Comportamiento temporal Min/Max/Media del NDVI-2017.	41
Figura 10: Comportamiento temporal Min/Max/Media del NDVI-2018	42
Figura 11: Comportamiento temporal Min/Max/Media del NDVI-2019	44
Figura 12: Comportamiento temporal Min/Max/Media del NDVI-2020	45
Figura 13: Comportamiento temporal Min/Max/Media del NDVI-2021	47
Figura 14: Área del suelo según el tipo de suelo 2017	48
Figura 15: Vigorosidad del cultivo 2017.....	48
Figura 16: Área del suelo según el tipo de suelo 2018	49
Figura 17: Comportamiento del suelo según la paleta de colores 2018.....	50
Figura 18: Área del suelo según el tipo de suelo 2019	51
Figura 19: Comportamiento del suelo según la paleta de colores 2019.....	51
Figura 20: Área del suelo según el tipo de suelo 2020	52
Figura 21: Comportamiento del suelo según la paleta de colores 2019.....	53
Figura 22: Área del suelo según el tipo de suelo 2021	54
Figura 23: Comportamiento del suelo según la paleta de colores 2021.....	54
Figura 24: Correlación NDVI y temperatura 2017	55
Figura 25: Correlación NDVI y temperatura 2018	55
Figura 26: Correlación NDVI y temperatura 2019	56
Figura 27: Correlación NDVI y temperatura 2020	56
Figura 28: Correlación NDVI y temperatura 2021	57
Figura 29: Comportamiento del NDVI en verano.....	58
Figura 30: Comportamiento del NDVI en otoño.	59
Figura 31: Comportamiento del NDVI en invierno.	60
Figura 32: Comportamiento del NDVI en primavera.	61

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue, evaluar el comportamiento espacio temporal de la cobertura vegetal, mediante teledetección en la provincia de Huanta. Se analizó 115 imágenes MODIS del 2017 al 2021, aplicando un tipo de investigación básica, nivel relacional y diseño no experimental de corte transversal, cuyos resultados descriptivos con NDVI máximos fueron, el 20 de julio del 2017 con 0,6375; el 18 de junio del 2018 con 0,6321 y 2019 con 0,6688; el 16 de mayo del 2020 con 0,6802 y el 18 de junio 2021 de 0,6082, además se determinó el NDVI según el tipo de suelo por área, la relación con la temperatura y con las estaciones del año. En lo inferencial con r de Pearson promedio de 0,673 nos indicó una correlación positiva alta y con una probabilidad de error menor a 0,05 nos permitió evaluar los cambios de la cobertura vegetal. El r de Pearson de -0,452 indicó una correlación negativa moderada y con $p=0.023<0,05$ se afirmó que el NDVI mayor permitió deducir un área menor de cobertura vegetal y viceversa, según el tipo de suelo. Con r de Pearson de -0,283 indicó la correlación negativa baja y con $p=0,029<0,05$ que permitió deducir que, existe correlación inversa baja entre el comportamiento temporal del NDVI y la temperatura ambiental. Finalmente, el r de Pearson de 0,257 indicó el grado de correlación positiva baja y con $p= 0.048<0,05$ afirmamos que, existió una correlación positiva baja entre el comportamiento temporal del NDVI y las estaciones del año. Concluimos que, el comportamiento espacio temporal del NDVI mediante teledetección permitió evaluar la cobertura vegetal en la provincia de Huanta-Ayacucho del 2017 al 2021.

Palabras Claves: Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, Imágenes de satélite, cobertura vegetal, teledetección, Huanta.

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the spatiotemporal behavior of the vegetation cover, through remote sensing in the province of Huanta. 115 MODIS images from 2017 to 2021 were analyzed, applying a type of basic research, relational level and non-experimental cross-sectional design, whose descriptive results with maximum NDVI were, on July 20, 2017 with 0.6375; on June 18, 2018 with 0.6321 and 2019 with 0.6688; on May 16, 2020 with 0.6802 and on June 18, 2021 with 0.6082, the NDVI was also determined according to the type of soil per area, the relationship with temperature and the seasons of the year. Inferentially, with an average Pearson's r of 0.673, it indicated a high positive correlation and with an error probability of less than 0.05, it allowed us to evaluate changes in vegetation cover. Pearson's r of -0.452 indicated a moderate negative correlation and with $p=0.023<0.05$ it was stated that the greater NDVI allowed inferring a smaller area of vegetation cover and vice versa, depending on the type of soil. With Pearson's r of -0.283 it indicated the low negative correlation and with $p=0.029<0.05$ which allowed us to deduce that there is a low inverse correlation between the temporal behavior of the NDVI and the environmental temperature. Finally, Pearson's r of 0.257 indicated the degree of low positive correlation and with $p= 0.048 <0.05$ we affirm that there was a low positive correlation between the temporal behavior of the NDVI and the seasons of the year. We conclude that the spatiotemporal behavior of the NDVI through remote sensing allowed us to evaluate the vegetation cover in the province of Huanta-Ayacucho from 2017 to 2021.

Keywords: Normalized Difference Vegetation Index, satellite images, vegetation cover, remote sensing, Huanta.

INTRODUCCIÓN

Las variaciones en la cobertura vegetal, ha impulsado un fuerte proceso de adecuación de los suelos caracterizados por parámetros que son medibles bajo ciertos aspectos y que este continuo proceso de cambio afecta el comportamiento espaciotemporal de la vegetación; de ahí que el uso del SIG y Teledetección constituyen una de las técnicas que acceden a la evaluación de dichos parámetros que caracterizan los cambios y su evolución.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, los datos estadísticos, del 1990 al 1995, registró una pérdida neta de 56.3 millones de hectáreas de bosque en todo el mundo, lo que implica la disminución de 65.1 millones de hectáreas en los países en desarrollo, mientras que los países desarrollados aumentaron 8.8 millones de hectáreas. (8).

En el Perú, uno de los desafíos más importantes es monitorear la productividad de la vegetación y su desempeño temporal y espacial. Las características del suelo son el resultado de la interacción entre los factores físicos o naturales y los factores culturales o humanos, que equilibran el hábitat natural y el paisaje humano. Las actividades antrópicas como la agricultura pueden afectar el futuro de la conservación de la diversidad biológica en grandes áreas. Cada año, todos estos factores contribuyen pérdidas de grandes extensiones de bosques, amenazando la biodiversidad de los refugios de fauna silvestre y los servicios ambientales del bosque (4).

Resulta crucial analizar el comportamiento en el tiempo de la vegetación mediante la Teledetección en la provincia de Huanta del 2017 hasta 2021. Esto se debe a que en estos últimos años se dieron varios cambios en el área estudiada, principalmente debido al cambio de uso del suelo en áreas agrícolas hacia áreas urbanas, lo que ha generado diversos impactos y problemas ambientales. Por tanto, la intención de la pesquisa es deducir la relación del comportamiento espacio temporal del NDVI por el tipo de suelo, la temperatura ambiental y estaciones del año. Su justificación se basa por la necesidad de obtener información utilizando la técnica de teledetección como una herramienta que sirve para la evaluación de la vegetación según el NDVI, con imágenes MODIS de resolución espacial de 250 m por cada 16 días describe los cambios espaciales, en post de determinar los problemas de planificación urbano ambiental de la provincia de Huanta, a fin de mitigar y/o evitar los efectos negativos en la calidad de vida de los pobladores. El registro de la serie temporal AVHRR NDVI de la NOAA y el uso del software procesamiento de imágenes ENVI, permite una mejor caracterización de las aplicaciones históricas y climáticas mediante de la vegetación según el NDVI. El nivel de investigación fue descriptivo correlacional, diseño no experimental con el uso del instrumento de análisis documental mediante la técnica de observación, porque se usa los datos obtenidos de las imágenes satelitales.

El trabajo consta de cuatro capítulos que están conectados de manera lógica. En el 1er capítulo se presenta el problema, los objetivos y la justificación planteada. El 2do capítulo se sustentó a través del marco teórico en relación a la línea de investigación y las variables de estudio, con las bases conceptuales y teóricas que delinear los problemas, objetivos e hipótesis planteados. La metodología se describe en el 3er capítulo, y en el 4to se presentan los resultados y discusiones.

Las investigaciones ambientales futuras de nivel predictivo y aplicativo utilizarán los principales hallazgos de este trabajo en la línea de Teledetección.

Los resultados obtenidos beneficiarán a estudiantes y profesores de universidades Internacionales y Nacionales.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

El crecimiento demográfico en el mundo, y la consecuente búsqueda de nuevas tierras para la producción de alimentos promueve una rápida transformación de la vegetación y uso del suelo en los ecosistemas terrestres. La agricultura proporciona alimentos, fibras, combustible y materias primas esenciales para la supervivencia humana, por lo que la teledetección está ganando cada vez más importancia en el seguimiento de la agricultura. (43).

En nuestro país en un contexto de cambio climático y sostenibilidad ambiental, junto con una población en crecimiento sin precedentes, es importante la aplicación de la Teledetección mediante el uso de los Índices Vegetación para recabar datos y viabilizar esta información que garanticen una vida mejor.

En Ayacucho, provincia de Huanta, Se requiere la creación de políticas de ordenamiento territorial que aborden temas fundamentales como la ocupación y uso agrícola del territorio, dentro de sus microcuencas y valles de gran importancia para la población que son utilizados social y económicamente para la producción de café, cacao, hojas de coca, árboles frutales y otros productos de pan llevar. El incremento de la producción y productividad agrícola es fundamental, para lo cual es necesario conocer el comportamiento de la cobertura vegetal a través del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) extraídas de las imágenes satelitales, a fin de mejorar los mecanismos de evaluación, predicción y seguimiento con datos confiables de la zona en estudio (48), para ello según Tao et al., (41) manifiesta que, “la evaluación y el monitoreo de los cultivos durante el ciclo de crecimiento, es de vital necesidad en la producción agrícola”.

La provincia de Huanta esta experimentado una gran expansión urbana según datos del INEI censo nacional 2017, con un creciente cambio de uso de suelos agrícolas. Hay un crecimiento poblacional desordenado, principalmente debido a la progresiva presencia de construcciones nuevas en sus varios valles, que antes ocupaban áreas destinadas al cultivo, lo que afecta a la producción agrícola y pecuaria. Por tal motivo según. Zhao et al., (46), y estando de acuerdo afirma lo siguiente: Es crucial comprender los cambios en la vegetación según los parámetros físicos, los cuales se pueden observar y medir a través de indicadores como el NDVI, EVI (Índice de Vegetación Mejorado) y SAVI (Índice de Vegetación Ajustado al Suelo), las cuales son una de las alternativas para evaluar la vegetación.

El conocimiento de la distribución de la vegetación y su relación con las variables ambientales permite evaluar los factores limitantes o determinantes para proponer una estrategia de ordenación espacial e identificar áreas perturbadas. Por lo cual, urge plantear alternativas de solución ante la variabilidad de la vegetación en el tiempo mediante el uso de imágenes, ante el incremento de cambios de uso del suelo cuyas áreas antiguamente presentaban vegetación natural. Sin embargo, hoy se usan para cultivo de hoja de coca y otros productos más comerciales que ejercen una fuerte presión sobre la población del lugar que se ven forzadas a cambiar el nivel socio económico de la actividad agrícola y pecuaria por el avance de la expansión urbana (21).

Aunque existen soluciones, es necesario llevar a cabo la investigación actual en la provincia de Huanta para evaluar la cobertura vegetal y obtener más información a través de la teledetección, lo que permitirá una mejor gestión y productividad en función de las habilidades de sus recursos tierra.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cuáles son los cambios espacio temporal de la cobertura vegetal desde el 2017 hasta el 2021 en la Provincia de Huanta-Ayacucho?

1.1.2.2. Problemas específicos

¿Qué cambios existen en el comportamiento espacio temporal del NDVI según el tipo de suelo?

¿Qué relación existe entre el NDVI y la temperatura ambiental?

¿Qué relación existe entre el NDVI y las estaciones del año?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar los cambios espacio temporales de la cobertura vegetal desde el 2017 hasta el 2021 en la Provincia de Huanta-Ayacucho.

1.2.2. Objetivos específicos

Caracterizar el comportamiento espacio temporal del NDVI según el tipo de suelo.

Medir el grado de relación que existe entre el NDVI y la temperatura ambiental.

Medir el grado de relación que existe entre el NDVI y las estaciones del año.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Social

El objetivo del estudio es abordar los problemas sociales en la provincia de Huanta debido al aumento de la población. Se utilizarán métodos y estrategias de evaluación de la vegetación mediante la teledetección satelital para determinar los cambios que se están produciendo en la vegetación, que es fuente principal de recursos agrícolas y pecuarios, así como el principal sustento económico familiar y comunal. Estos cambios están teniendo un impacto negativo (29).

1.3.2. Económica

Un modelo de desarrollo sostenible con un enfoque económico es importante para el monitoreo de las variaciones dinámicas de la vegetación y la variación monetaria del medio ambiente y de sus principales características representadas por un indicador como es el NDVI. La planeación de la preservación y gestión de los cambios de uso del suelo es una herramienta esencial para la protección y conservación de la vegetación y que implica una ordenación del territorio de los cambios de uso de suelo en la Región de Ayacucho que mejoraría el sustento económico de la población.

1.3.3. Ambiental

En el aspecto ambiental, resolver los impactos negativos del ecosistema generan la ruptura del equilibrio ambiental que desmejoran la calidad de vida del ser humano. El mal uso actual de las cuencas y microcuencas está conduciendo a un gradual deterioro de bofedales altoandinas que son los que alimentan los tributarios que conducen a la disminución de las aguas de los ríos. Por tanto, justifica evaluar la vegetación en el tiempo según el NDVI, (33) durante el periodo 2017-2021 mediante métodos cualitativos y cuantitativos para así plantear un plan de gestión ambiental a corto, medio y largo plazo.

1.3.4. Teórica

La Teledetección fue utilizada como una estrategia valiosa para evaluar la dinámica vegetativa (25). Esta técnica de utilizar datos satelitales multiespectrales destacó el NDVI aplicado a imágenes MODIS. Los índices de vegetación son indicadores que requieren una combinación

matemática de niveles digitales registrados en dos o más grupos espectrales de una misma imagen. Estos índices se ven afectados por cambios en el estado fisiológico de la vegetación; Su objetivo es recopilar información sobre los cambios temporales en el comportamiento de la vegetación entre 2017 y 2021. Los datos recolectados tendrán un impacto positivo en la Municipalidad Provincial de Huanta y otros lugares de la región, así como en los estudiantes y profesores de las universidades.

1.4. Delimitación de la investigación

La condición infértil del área de estudio motivó un estudio utilizando imágenes del producto del Índice de Vegetación MODIS, descargadas cada 16 días, que permitieron comparar el desarrollo de 23 imágenes anuales. De esta manera, el NDVI se derivó de la reflectancia atmosféricamente corregida en las regiones de longitud de onda roja e infrarroja y se alimentó continuamente con registros de series temporales de NDVI AVHRR de NOAA para aplicaciones históricas y climáticas, lo que permitió que estos productos caracterizaran más efectivamente los estados y procesos de las plantas en todo el mundo, y no solo la zona de estudio.

1.3. Hipótesis y variables

1.4.1. Hipótesis general

H₀: La cobertura vegetal no presenta cambios significativos desde 2017 hasta el 2021 en la provincia de Huamanga, Ayacucho.

H₁: La cobertura vegetal presenta cambios significativos desde 2017 hasta el 2021 en la provincia de Huamanga, Ayacucho.

1.4.2. Hipótesis específicas

Hipótesis específica 1

H₀: El comportamiento espacio temporal del NDVI no presenta cambios significativos según el tipo de suelo.

H₁: El comportamiento espacio temporal del NDVI presenta cambios significativos según el tipo de suelo.

Hipótesis específica 2

H₀: No existe correlación significativa entre el NDVI y la temperatura ambiental.

H₁: Existe correlación significativa entre el NDVI y la temperatura ambiental.

Hipótesis específica 3

H₀: No existe correlación significativa entre el NDVI y las estaciones del año.

H₁: Existe correlación significativa entre el NDVI y las estaciones del año.

1.4.3. Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala
Variable Característica Valores del Índice de vegetación: NDVI.	NDVI: Es el parámetro de medición de la vegetación destinado a extraer objetos analizados de imágenes de satélite.	Las operaciones algebraicas se utilizan para calcular los NDVI a partir de las imágenes utilizando el espectro electromagnético de la vegetación en función de su respuesta espectral. Para hacerlo, se reducen los otros elementos, como el suelo y la iluminación, entre otros. Cada índice de vegetación tiene sus limitaciones dentro de ello tenemos: NDVI, que van en el rango de 1- a 1	NDVI= $(IR \text{ Cercano} - ROJO) / (IR \text{ Cercano} + ROJO)$	<ul style="list-style-type: none"> Infrarrojo cercano 0,76-0,90 Roja visible 0.63-0,69 	<ul style="list-style-type: none"> μm μm
Variable de interés Evaluación temporal de la cobertura vegetal.	Parámetro que caracteriza el medio ambiente, que deben ser monitoreados, tratados y diagnosticados adecuadamente en base a la prevención, para que no generen riesgos.	La evaluación se realizó extrayendo los datos del NDVI de las imágenes satelitales y calculando el área de cobertura vegetal según el tipo de suelo; además se relacionó el NDVI con la temperatura ambiental y por cada estación del año del 2017 al 2021	Tipos de suelo, según su vigorosidad del cultivo	<ul style="list-style-type: none"> Suelo desnudo Vegetación escasa Vegetación estresada Vegetación ligeramente vigorosa Vegetación vigorosa 	(0.028-0.47) (0.48-0.54) (0.55-0.60) (0.61-0.63) (0.64-0.99)
			Temperatura ambiente	Promedio anual	15-25°C
			Estaciones del año	<ul style="list-style-type: none"> primavera verano otoño invierno 	(set-oct-nov) (dic-ene -feb) (mar-abr-may) (jun-jul-ago)

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

La evaluación temporal de la vegetación según el NDVI, se utiliza ampliamente la técnica de teledetección a través de imágenes satelitales.

2.1.1. Antecedentes internacionales

Hernández Tiburcio, E.E. (13). En su tesis de maestría en ciencias titulado: Análisis de la dinámica de la vegetación como línea base para la mejora de los servicios ecosistémicos hídricos en la subcuenca del río Bao, Republica Dominicana, analizó las tendencias de los valores del NDVI para diferentes clases de uso y cobertura actual en la parte alta, media y baja de la subcuenca para los próximos diez años del 1996 a 2020, utilizó imágenes satelitales Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+ y Landsat 8 OLI/TIRS cada año. Esto le permitió analizar la serie temporal de valores de NDVI. El pronóstico se basó en el modelo ARIMA (Promedio Móvil Integrado Autoagresivo), donde se encontraron tendencias previstas en los valores de NDVI para cada categoría de uso y cobertura actual. Observó una tendencia baja en el pico con valores de NDVI de 0,119 a -0,113 para las clases de matorral, suelo pardo y desnudo, que representaron el 0,3% del pico; En la parte central se observó una tendencia a la baja en las categorías de arbustos, pastos altos, pastos, agricultura, bosque de coníferas y terrenos abiertos, que representaron el 61% de la parte central. La agricultura experimentó la mayor caída en los valores de NDVI de 0,439 a -1, lo que indica ausencia de vegetación o vegetación insalubre; y en la parte baja disminuyó la categoría arbustiva, campestre y pasto, correspondiente al 54,5% de la parte baja. El suelo baldío cayó significativamente con un valor NDVI de 0,407 desde 0,359. Los hallazgos reflejan la posibilidad de degradación ambiental en la región media y baja de la subregión del río Bao.

Monje Jiménez, R. J. (23), en su tesis doctoral titulada Respuesta a la sequía y recuperación de especies formadoras de césped usadas en campos de golf andaluces. Durante el período de recuperación, se monitorearon la cobertura verde y las características de eficacia para evaluar el césped. La tolerancia de la hierba bermuda Tifway depende de la duración de la sequía. No fue posible recuperar el 50% de la cobertura verde debido a los tiempos de sequía estival que duraron más de cinco semanas. En comparación con otros datos de las mismas especies/plantas, se demostró que la profundidad y el tipo del suelo limitan la tolerancia a la sequía del pasto bermuda Tifway. También se analizaron datos obtenidos para monitorear el desempeño del césped (cobertura verde y calidad visual). Los resultados obtenidos mediante análisis de

imágenes digitales (DIA) y NDVI fueron similares a los métodos de observación convencionales, que requieren más personal.

Estrada Zúñiga, A. C., & Ñaupari Vásquez, J. (8). En su tesis doctoral titulado: Detección e identificación de comunidades vegetales altoandinas, Bofedal y Tolar de Puna Seca mediante ortofotografías RGB y NDVI en drones” manifestaron que; En los diez últimos años se han usado más los sistemas de monitoreo remoto e información geográfica en la gestión de los recursos naturales; Sin embargo, debido a la calidad de resolución espectral, espacial y temporal de las imágenes, estas herramientas no son adecuadas para animales de precisión. Una alternativa a esta limitación es el uso de sistemas aéreos no tripulados (UAS), que permiten tomar ortofotos con mayor resolución. Con estas ventajas en mente, se realizó un estudio para determinar la altitud de vuelo adecuada de los UAV para detectar y determinar comunidades de plantas punatolares y bofedales secas. En la investigación se utilizaron dispositivos UAS con alturas de vuelo de 25, 50, 75 y 100 metros con sensores ZENMUSE X3 DJI RGB-NDVI. Las plantas de dosel y cojín DIMU se contaron en cuadrantes de 10 mx 10 m (100 m²). Para identificar el elemento segmentado (planta de tola y/o cojín DIMU), se desarrolló un algoritmo para analizar las ortofotos utilizando el lenguaje de programación Python. El estudio encontró que el NDVI osciló entre 0,20 y 0,45 para los tolares de *Parastrephia lepidophylla*, mientras que entre 0,68 y 0,95 para los humedales de *Distichia muscoides*. Finalmente, la mejor altura de vuelo para la detección de especies segmentadas de Tola y DIMU fue de 25 m utilizando ortofotografía RGB y NDVI, seguida de 50 m (8).

Según, Zuluaga Gómez, O. A., Patiño Quinchía, J. E., & Valencia Hernández, G. M. (47) en el artículo publicado. Modelos implementados en el análisis en el tiempo de temperatura superficial e índices de vegetación, señaló que las actividades antrópicas son las vitales causas del cambio climático y el calentamiento global. Por lo tanto, es importante conocer las direcciones de investigación relacionadas con las series temporales de temperatura superficial y los índices de vegetación, porque hay muchos campos científicos abiertos sobre el calentamiento global. El resultado de la clasificación actual la divide en dos áreas principales de investigación del cambio climático: (a) modelado y análisis geodésico y (b) teledetección. Este último creó dos tipos: uno utilizó análisis de regresión lineal (RL) y el otro utilizó análisis de regresión no lineal (RNL).

Según García-Reyes, Roberto Alejandro, González Posada-Dacosta, Mario Damian, Villazón-Gómez, Juan Alejandro, & Rodríguez-Rodríguez, Sergio. (11) cuyo artículo publicado que lleva por título: La relación entre la salinidad y el cultivo de la caña de azúcar fue determinada mediante teledetección en el Ingenio Azucarero Urbano Noris. El objetivo fue encontrar la relación entre la salinidad del suelo y el momento vegetativo en las áreas de la UEB ingenio

azucarero "Urbano Noris" ubicada en la provincia de Holguín. Se determinaron los índices NDVI y SI con la imagen corregida radiométricamente utilizando el software QGIS 3.10. Para el desarrollo de regresión entre los índices de salinidad y vegetación se utilizó una muestra aleatoria de diez unidades de producción para obtener valores de 50 puntos por 100 m. Para el proceso estadístico se utilizó el software Statgraphics Plus 5.0. El uso del NDVI como indicador de la condición de la vegetación mostró áreas de alto estrés con valores inferiores a 0,5, mientras que el índice de salinidad mostró una gran proporción de suelos de alta salinidad con valores negativos de -1 a 0.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Según, Vega Chávez, A. (42), en su tesis titulado: Análisis del NDVI del bosque de protección Pagaibamba, Cajamarca Perú, 2016-2022, tuvo como objetivo analizar el NDVI del Bosque de Conservación Pagaibamba y su zona de amortiguamiento en Cajamarca con un enfoque cuantitativo, diseño no experimental y nivel descriptivo. En la reserva forestal de Pagaibamba, que tiene una superficie de 2078,38 hectáreas y una zona de amortiguamiento de 4100,1 hectáreas, el NDVI fue de 0,24 en la temporada seca y de 0,46 en la temporada de lluvias. Se utilizó el algoritmo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) utilizado en el software ArcGIS 1.8. El índice más bajo de la estación seca fue 0,19 en 2016 y el más alto 0,46 en 2019 y 2020. El índice más bajo de la estación lluviosa fue 0,19 en 2016 y el más alto 0,46 en 2019 y 2020. El NDVI de la zona de amortiguamiento fue de 0,25 y el NDVI más alto fue de 0,39 en la estación seca. El índice de temporada de lluvias más bajo fue de 0,27 en 2016 y el más alto fue de 0,40 en 2021. Finalmente, se concluye que el bosque de reserva de Pagaibamba sufrió el NDVI más bajo en 2016 y 2017 debido al incendio forestal de esa época, pero logró recuperarse después de 2019. Su zona de amortiguamiento no tuvo un efecto significativo, por lo que su NDVI se mantuvo estable excepto en la temporada de lluvias de 2016.

Según Roque Quiroz, R. A. (32), en su artículo publicado titulado: Tendencia del NDVI en el Área de Conservación Regional Angostura Faical de Tumbes, Perú, 1999-2019, tuvo como objetivo determinar tendencia en la Reserva Regional de Angostura, donde los sitios se miden con base en estas tendencias a lo largo del tiempo. Utilizó SIG, teledetección y plataformas como Google Earth Engine para recopilar datos de imágenes del satélite Landsat 5-7-8. Además, se utilizó el lenguaje de programación R para el análisis estadístico en el entorno de desarrollo integrado RStudio con la ayuda del equipo de estadística cualitativa de Mann Kendall. Se observó que el área de 7,304,568 hectáreas tuvieron una tendencia neutral y se observó un comportamiento normal. la serie temporal. Por otro lado, se observó una evolución positiva en 1.489.457 hectáreas, tendencia positiva y negativa en 0.458 hectáreas cercanas al río Angostura, donde se recogió escurrimiento durante la temporada de lluvias. Encontró que el monitoreo

ambiental es central para la protección ambiental y extremadamente importante para las empresas que brindan servicios ambientales. Afirma que para tomar decisiones informadas por la tecnología es necesario conocer el comportamiento de nuestras áreas protegidas.

Según Guerra Cárdenas, M. L. (12), en su tesis titulado: Análisis espacio temporal de la cobertura vegetal mediante el NDVI, y su relación con el crecimiento poblacional de la provincia de Lima, Perú (2000-2019), tuvo como objetivo realizar un análisis temporal de la vegetación de la provincia de Lima y su correlación con el crecimiento poblacional. Se utilizó un modelo de correlación descriptivo, que implicó el análisis de pruebas estadísticas para determinar la relación entre las variables en estudio. La cobertura vegetal se calculó mediante la técnica NDVI a partir de imágenes de satélite previamente procesadas. El tamaño de la población se obtiene de los censos nacionales. Una prueba de correlación entre las variables mostró una gran relación negativa; Además, se observó una disminución de la vegetación del 1,73% en toda el área de estudio. En total, la vegetación de la provincia de Lima disminuyó en 2.769,5 ha y su relación con el crecimiento poblacional fue del 86%.

Según, Flores, Nathalie, Castro, Irene, & Aponte, Héctor. (10), en su artículo: Evaluación de la vegetación en los Pantanos de Villa, mediante SIG y teledetección, manifestaron que, Humedal Pantanos de Villa Ramsar en la ciudad de Lima, que al igual que muchos humedales costeros, ha sufrido cambios naturales y antropogénicos en los últimos años. Se han utilizado imágenes satelitales de alta y media resolución para identificar y clasificar unidades de vegetación y analizar cambios en la vegetación y la fauna (por ejemplo, imágenes de WorldView 3 de mayo de 2018 y CBERS2, 2B y 4 de 2004, 2008 y 2018). El NDVI tiene como objetivo definir, identificar y caracterizar la vegetación. unidades y analizar los cambios de vegetación en el área de estudio. La metodología incluyó la recolección y adquisición de imágenes satelitales y datos cartográficos básicos y temáticos. La corrección geométrica, las técnicas de mejora y los algoritmos de clasificación y recuperación de NDVI se realizaron utilizando el software ARGIS y múltiples salidas de campo. Como resultado se encontraron ocho tipos diferentes de vegetación, correspondientes a pastizal, relave, cuenca, carrizo, juncia, agua, carrizo y vegetación saludable. El análisis del NDVI reveló que el área desnuda aumentó de 1,96 hectáreas en 2004 a 38,75 hectáreas en 2018; En 2018, el número de áreas de vegetación mixta aumentó de 100,24 hectáreas en 2004 a 148.344 hectáreas en 2018; el número de áreas con vegetación densa aumentó de 130.146 hectáreas en 2004 a 40.285 hectáreas en 2018.

Según Piscoya Pérez, L.R. (26) en su trabajo de tesis titulado: NDVI en el distrito de Puquina, Moquegua, tuvo como objetivo determinar el NDVI, se utilizó para determinar la variabilidad espacial y temporal de la cobertura vegetal mediante imágenes satelitales del 2014 al 2019 a nivel de investigación descriptiva, tipo de estudio de línea base y diseño no experimental. el

parámetro se utilizó para obtener información y evaluar la cantidad, calidad y vegetación según la intensidad de radiación de las bandas del espectro electromagnético. Dice que el conocimiento de la cubierta vegetal es importante para la gestión sostenible de los recursos naturales, la conservación de la biodiversidad y la disminución de los efectos del cambio climático en los ecosistemas.

2.1.3. Antecedentes locales

Según, Acosta Asto, D.B. (1), en su tesis titulado, Análisis espacio temporal de la vegetación y humedad del suelo, con imágenes Landsat, en la represa Cuchoquesera, Ayacucho, su objetivo fue, evaluar las características de la vegetación y la humedad del suelo en el área afectada de la Presa Cuchoquesera en la región de Ayacucho utilizando la variabilidad espacial y temporal del NDVI y NDWI. Para el análisis espacial y temporal de la vegetación y la humedad anual del suelo, el método permitió la descripción de índices espectrales NDVI y NDWI utilizando imágenes clasificadas y promediadas durante 29 años (1990-2018) utilizando 115 imágenes satelitales procesadas. Para el NDVI, agrupé los valores en cinco rangos: -1,0 a 0,0 indica agua, sombra y nieve; 0,2 a 0,4 indica suelo desnudo y vegetación escasa; 0,4 a 0,6 indica vegetación escasa; y de 0,6 a 1,0 indica vegetación densa. Genera mapas de clasificación y área de vegetación en hectáreas para NDVI mayor a 0,4. Respecto al NDWI, se clasificó en cinco rangos: -1,0 a 0,33 significa zona con agua, sombra y nieve; 0,33 a 0,53 representa suelo desnudo; 0,68 a 0,82 significa humedad promedio; y 0,82 a 1,0 significa área de humedad alta, que proporciona mapas de clasificación, y área de humedad del suelo media y alta en hectáreas. Finalmente, se puede concluir que los hallazgos pueden usarse como base para futuros estudios sobre la vegetación y la distribución de la humedad en el área afectada por la Presa Cuchoquesera.

Silva et al., (37), en su artículo titulado: Evaluación de la cobertura vegetal en bofedales altoandinos en función de la napa freática y precipitación utilizando imágenes de satélite. La bofedal Minas Corral; Ayacucho fue el área de estudio, en el cual se determinó la relación entre precipitación, monitoreo de aguas subterráneas y detección de variables de vegetación mediante NDVI. Se investigó la relación entre parámetros definidos desde una perspectiva espacial, donde se determinaron correlaciones mensuales entre NDVI, precipitación y agua subterránea. Concluyeron que los resultados mostraron una correlación alta e inversa del 97% entre las variables (área de vegetación y nivel del agua) y una correlación directa del 49% entre las variables (área de vegetación y precipitación). Por tanto, la relación entre las variables (precipitaciones y aguas subterráneas) determina el tipo de expansión y la vegetación, cuya composición varía según la estacionalidad.

Según Rodríguez et al., (31) en tu artículo publicado titulado: Uso del suelo según índice de vegetación diferenciada normalizada, mediante imágenes satelitales, tambillo-Ayacucho, 2000-2014, tuvo como objetivo, evaluar los efectos del uso de la tierra a partir de imágenes satelitales MODIS (Espectrorradiómetro de imágenes de resolución moderada) del satélite Terra para describir y evaluar el comportamiento de la vegetación de acuerdo con el NDVI (Índice de vegetación de diferencia estandarizada). En los estudios de vegetación, el NDVI es un parámetro físico definitorio. En este sentido, desde el sitio web de la NASA (Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio) estuvieron disponibles 341 imágenes del satélite MODIS Terra (MOD13Q1) del año 2000 al 2014. Se utilizaron los métodos estadísticos de ENVI, IDL, ArcGIS y el análisis multitemporal del NDVI promedio de seis vistas por época del año, que permitieron describir el comportamiento del área de vegetación según el tipo de suelo por época del año. Los resultados muestran una línea de tendencia positiva, la cual se confirma y evalúa a partir de los datos de precipitación y temperatura del aire registrados en la estación meteorológica Tambillo-Ayacucho. Los resultados muestran que las tierras de cultivo tienen un NDVI de 0,320 a 0,379, los bosques latifoliados y siempreverdes tienen un NDVI de 0,380 a 0,439 y los pastizales andinos con bosques siempreverdes tienen un NDVI de 0,440 a 0,5.

Estos estudios demuestran la importancia de la Teledetección para monitorear los efectos del medio ambiente en el cambio climático y antropogénicos para prevenir y predecir eventos futuros.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Principios generales de la teledetección

Según Chuvieco, E. (6), La teledetección es el proceso por el cual el sistema observado crea una perturbación de energía electromagnética en el medio. Una señal es capturada, almacenada e interpretada al transmitir esta energía al sistema del receptor. De acuerdo con lo expresado, el propósito de la utilización de Teledetección es identificar las características de la vegetación y los cambios que ocurren en ella.

Componentes del sistema de Teledetección. Pérez, C. y Muñoz, A. (25), sugiere que la Teledetección es la interacción de la energía electromagnética que genera el sol y el suelo. Debido a factores externos, como sus propias características fisicoquímicas en el instante de la toma de imágenes, estas interacciones producen un conjunto reflexivo de variables.

Un sistema de teledetección consta de:

- Fuente energética
- Interacción con el aire
- Objetos terrestres
- grabación de datos
- Estación de recepción en la Tierra
- Procesar datos
- Análisis de datos

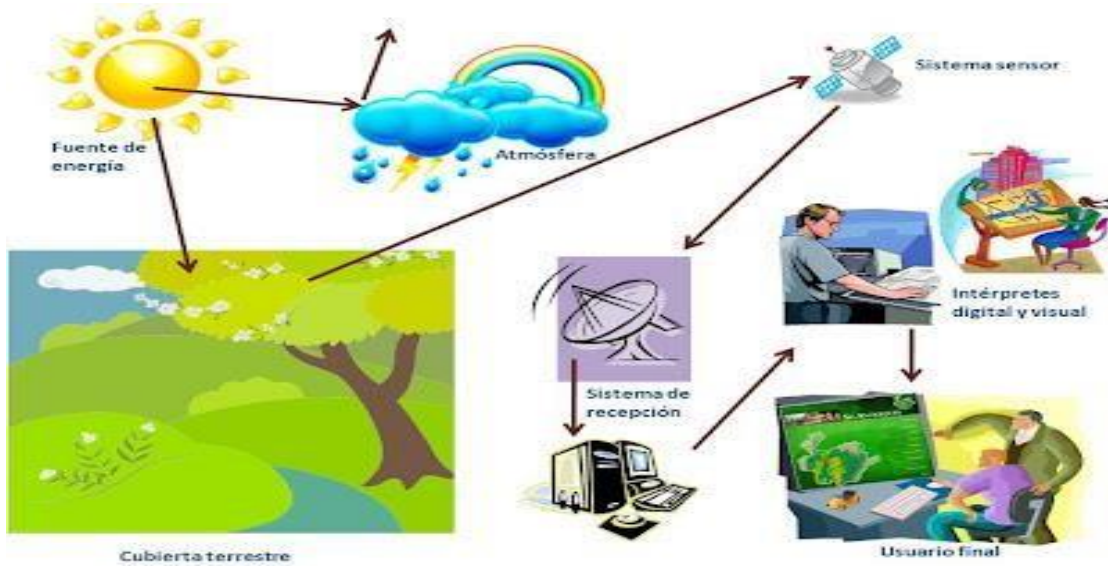


Figura 1: Componentes de percepción remota.

(Tomado de <http://alexymayuza.blogspot.com/2023/08/fundamentos-de-la-percepcion-remota.html>; día 09/01/2024).

2.2.2. Onda electromagnética

Son ondas que no requieren medios materiales para propagarse. Esto incluye ondas de radio, televisión, teléfono y luz visible. Todos ellos se mueven a una velocidad muy alta (3×10^8 m/s), pero no infinitamente en el vacío. Gracias a esto podemos ver la luz que la estrella lejana emitió hace mucho tiempo, quizás ya haya desaparecido. O nos enteramos de un suceso que está sucediendo muy lejos, casi al mismo tiempo que sucede. Los campos eléctricos y magnéticos oscilan y propagan ondas electromagnéticas. Al activar los electrones en la retina, los campos electromagnéticos nos conectan con el mundo exterior y ayudan a nuestro cerebro a "crear" el entorno en el que vivimos. Además, estos campos son útiles en las telecomunicaciones y operaciones complejas en el mundo actual.

Sus propiedades teóricas están relacionadas con la solución de la forma de onda, que se puede realizar según las ecuaciones de Maxwell. El descubrimiento de las ondas electromagnéticas fue probablemente el mayor logro teórico de la física del siglo XIX.

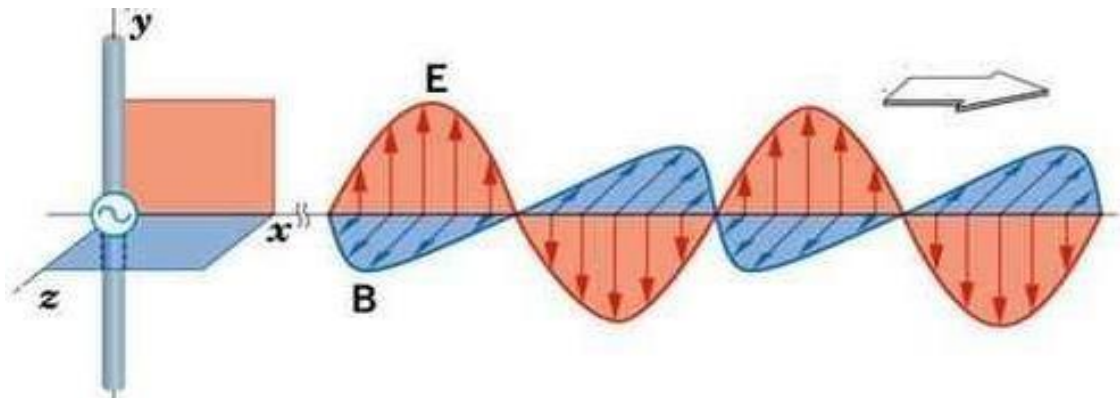


Figura 2. Onda electromagnética
(Tomado www.elektrosmog.com, día 03/01/2024)

2.2.3. Signaturas espectrales (Firmas espectrales)

Son representaciones gráficas de longitud de onda en el eje abscisa (x) y la reflectividad en el eje ordenado (y), donde podemos ver que cada capa tiene una curva única.

Las trazas rúbricas distintivas diferencian su comportamiento espectral de otras capas. Se les conoce como espectros, signaturas o firmas espectrales debido a sus distintos trazados que les permiten diferenciar entre varias cubiertas o entre diferentes cambios de una misma cubierta (48).

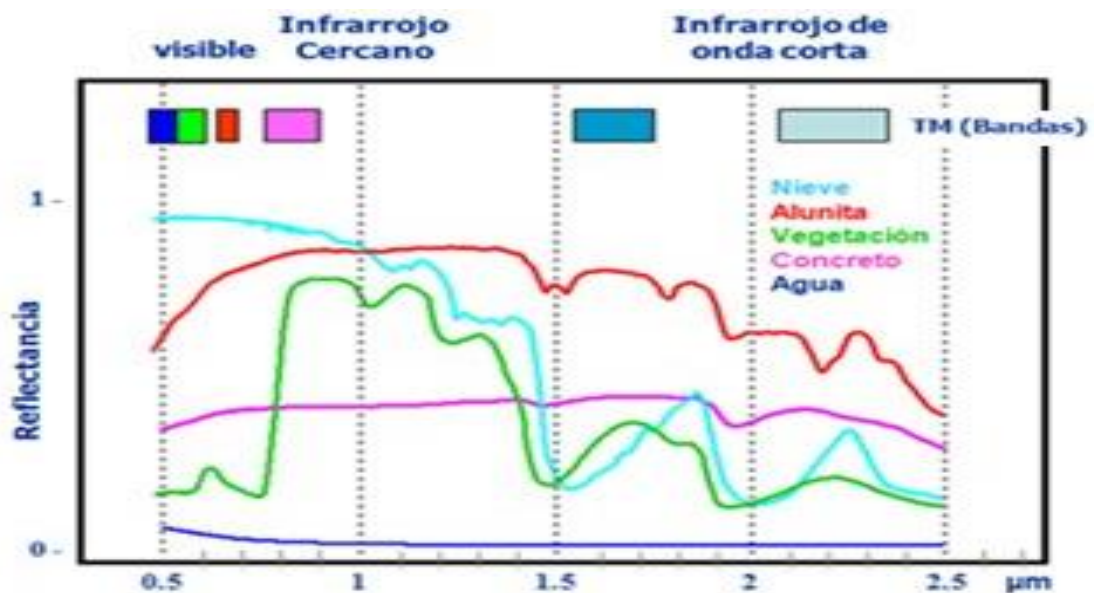


Figura 3. Firmas espectrales
(Tomado de Chuvieco, 1996)

2.2.4. Visualización de las imágenes satelitales

El contacto visual con la imagen del satélite en crudo revela numerosas deficiencias en su apariencia. Las deficiencias pueden corregirse a fin de obtener una comprensión más completa.

Las funciones para ajustar el contraste y crear aplicaciones de color son dos ejemplos de estas mejoras.

El ajuste del contraste se refiere a todas las técnicas para expandir o comprimir el histograma de la imagen original con el objetivo de ajustar a un rango dispuesto del dispositivo de salida: el monitor de la computadora. El retoque radiométrico puede mejorar la calidad de las imágenes mejorando su interpretación. Los programas de tratamiento de imágenes digitales, como el software de Teledetección, ofrecen una variedad de métodos fáciles de usar.

La visualización de una banda en la pantalla produce una imagen desagradable en blanco y negro. Se utilizan dos métodos para producir imágenes en color: aplicaciones de pseudocolor y composiciones de color.

El uso del pseudocolor se realiza sobre una imagen de una sola banda, y consiste en asignar a cada píxel un trío de valores de los colores primarios (rojo, verde y azul) de síntesis adicional, en función de su nivel digital. . . Una paleta de colores es una serie de combinaciones. Esto crea una imagen en color que es más atractiva que la imagen original en blanco y negro.

Por el contrario, las composiciones de color rojo, verde y azul (RGB) requieren una imagen multibanda. La técnica consiste en asignar una cinta de vídeo multiespectral a cada cilindro de la pantalla de vídeo. Hablamos de verdadera composición de color cuando existe coincidencia entre las longitudes de onda de las zonas y el color especificado por el canon de vídeo. Los colores de los objetos aparecen de la misma manera que los percibimos con nuestros sentidos visuales.

En caso contrario, hablaremos de composición en falso color si la composición no respeta las relaciones entre las longitudes de onda de las bandas.



Figura 4. Imagen en escala visible vs NIR
(captado por sensor TM día 09/01/2024)

Combinaciones de Color en el Visible y Medio Infrarrojo: Rojo (TM 3) = R, Verde (TM 2) = G, Azul (TM 1) = B: Simula color natural. Note el pequeño lago en la esquina superior izquierda de la tercera imagen, la cual aparece azul-verde debido a sedimentos en suspensión o algas.



Figura 5. Imagen en escala grises vs RGB321 Color natural
(captado por sensor TM día 09/01/2024).

El infrarrojo cercano (TM 4) corresponde a R, el rojo (TM 3) corresponde a G y el verde (TM 2) corresponde a B. Simula los colores de una imagen infrarroja en color. La vegetación verde y saludable aparece roja, la hierba amarillenta aparece azul y las tierras de cultivo típicas aparecen de color marrón azulado. La nieve es blanca, mientras que las aguas más profundas son negras. Muy a menudo, los materiales rocosos tienen un aspecto gris o marrón.



Figura 6. Imagen en escala grises vs RGB432
(captado por sensor TM día 09/01/2024)

El infrarrojo medio (TM 7) es R, el infrarrojo cercano (TM 4) es G y el infrarrojo verde (TM 2) es B. La vegetación sana se ve brillante y verde. La hierba amarilla y las tierras de cultivo normales se sitúan entre el rosa y el magenta. La nieve es de color azul claro y el agua más profunda es negra. Los materiales pétreos tienen tonos marrones, grises, rosas y rojos.

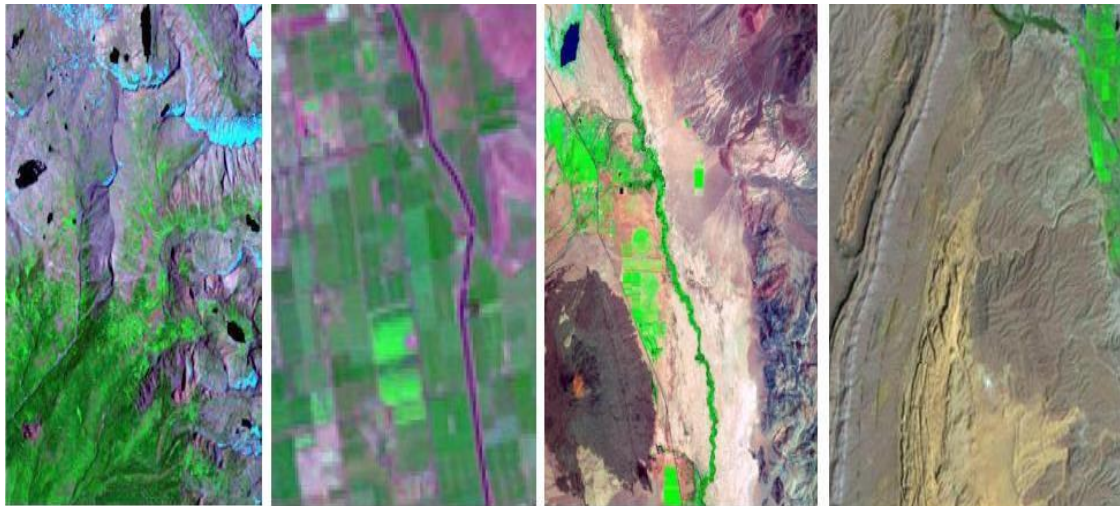


Figura 7. Imagen en escala grises vs RGB742
(captado por sensor TM día 09/01/2024)

2.2.5. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

El NDVI, es un cálculo del vigor de la vegetación usando números simples para mostrar la biomasa fotosintéticamente activa. Como resultado del cálculo del NDVI, es posible que nos tropecemos ante una masa vegetal cuando la imagen satelital refleja el rojo visible y el infrarrojo cercano. Esto permite obtener el índice NDVI utilizando la dependencia de bandas entre el infrarrojo cercano y el rojo visible:

Índice normalizado:

$$NDVI = \frac{(IRCercano-rojo)}{(IRCercano+rojo)}$$

2.2.6. Análisis de la vegetación

Dentro del procesamiento digital de imágenes, se tienen las “Operaciones” que permiten generar información temática de manera automática y luego extraer dicha información mediante “Mascaras”, las cuales son imágenes de 1 bit con resolución radiométrica, donde un valor de 1 corresponde a la información de interés y 0 al resto.

Existen diferentes tipos de operaciones, entre las cuales tenemos los índices, que son un cociente que se utiliza para distinguir coberturas como vegetación, agua, nieve, etc. El resultado del índice contiene valores entre -1 y 1. "En general, se deben considerar bandas espectrales similares para diferentes sensores, porque no todos tienen la misma configuración en el rango espectral y secuencia" (44).

Se utilizan bandas espectrales con la mayor reflectividad y la mayor absorción de radiación electromagnética.

2.3. Definición de términos básicos

- a) **Teledetección.** Se trata de un método que admite tomar imágenes de la superficie terrestre desde una plataforma satelital utilizando la energía reflejada de la luz solar o el reflejo de un haz artificial emitido por el propio sensor. Esta tecnología incluye muchos componentes, incluyendo una fuente de energía, un sistema satelital de sensores, una superficie que cubre (agua, vegetación y suelo), un sistema receptor, un intérprete y un operador.
- b) **Teledetección pasiva.** Utiliza energía reflejada por la luz solar; sensores ópticos.
- c) **Teledetección activa.** Es capaz de emitir un haz de energía y recibir su reflejo, como un radar; aunque también hay pasivas por explorar.
- d) **Sensores remotos.** El sensor recibe información del suelo a través del flujo de energía, que se origina a partir de la energía reflejada por el objeto iluminado.
- e) **Imágenes satelitales.** Es una representación visual de los datos recopilados por sensores montados en satélites artificiales.
- f) **MODIS.** El sensor espectrorradiómetro de imágenes de resolución moderada es un instrumento científico que la NASA lanzó a la órbita terrestre en el satélite Terra en 1999 y en el satélite Aqua en 2002.
- g) **NDVI.** El índice de cobertura vegetal normalizado es un indicador numérico de la biomasa fotosintéticamente activa, es decir evalúa la salud de la vegetación.

- h) Cálculo del NDVI.** Es probable que encontremos una vegetación masiva si la imagen de satélite refleja el infrarrojo cercano y el rojo visible. Como resultado, la relación entre las bandas de frecuencia infrarroja y roja visible se puede utilizar para obtener el índice NDVI:

$$\text{Índice normalizado: } NDVI = \frac{(IR_{\text{cercano}} - \text{rojo})}{(IR_{\text{cercano}} + \text{rojo})}$$

- i) Fenología.** Es la fase de desarrollo de la vegetación y permite conocer los patrones de adaptación de las plantas al cambio climático mediante la determinación de los procesos biogeoquímicos relacionados.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de investigación

Debido al manejo de la recolección de los datos es cuantitativo. Por Hernández, Fernández y Baptista (14) es cuantitativo porque maneja datos numéricos del NDVI de acuerdo con sus longitudes de onda y firmas espectrales para su análisis.

3.2. Tipo de la investigación

Investigación básica: También llamada investigación pura, porque no se manipuló las variables; lo que se pretendió fue evaluar la cobertura vegetal tal como está, mediante la técnica de teledetección y extraer la información del NDVI de las imágenes satelitales según el cual, en la presente investigación solo se describió los cambios espacio temporales de la cobertura vegetal según el NDVI el cual no se manipuló ninguna de las variables sino que, incrementó las bases teóricas para otras investigaciones haciendo uso de la técnica de teledetección.

3.3. Nivel de la investigación

Nivel relacional, porque tuvo la finalidad determinar la existencia de correlación entre la cobertura vegetal y el NDVI e intentar manifestar un problema teórico específico y percibir la relación entre el NDVI como indicador de la cobertura vegetal según la temperatura y las estaciones del año; finalmente se consideró un estudio longitudinal, porque la evaluación se dio en varios periodos, que permitieron una comprensión detallada de las variables en estudio. (15).

3.4. Diseño de la investigación

El diseño es no experimental, porque la relación entre la evaluación temporal de la cobertura vegetal y el NDVI donde trabaja la teledetección pasiva, son observables medibles en el contexto escogido, utilizando el software ENVI para el procesamiento, visualización, análisis y presentación de los datos. Álvarez y Risco (3) sostienen que los diseños no experimentales tienen por características, no controlar variables, porque solo se trata de observar, su estrategia de recogida de datos es en un solo periodo de tiempo, donde se usan una o más muestras y se mantiene invariable en tiempo.

3.5. Método de la investigación

Hipotético-deductivo, que se basa en una hipótesis sostenida en el desarrollo teórico de una determinada ciencia, según los criterios del razonamiento lógico, lo que permite extraer nuevas conclusiones, que a su vez son verificables.

Para ello se realizó los procedimientos siguientes:

Determinación del área en estudio

Dentro de la región de Ayacucho, se seleccionó las parcelas de cultivo de la provincia de Huanta para realizar la validación de indicadores mediante la técnica de teledetección. Bajo la información del SIG se generó un conjunto de ordenamientos usados para acopiar y generar datos georreferenciados de la ubicación definida del área en estudio bajo un sistema de coordenadas UTM.

Descarga y procesamiento de las imágenes satelitales

Se procedió a descargar las imágenes satelitales de la página web de la NASA / Agencia Espacial Europea (ESA), donde primeramente, se recopiló los datos para el análisis y procesamiento que se generan del sensor MODIS del cual se realizó la descarga de los archivos en formato HDF que nos permitió elegir la zona en estudio, fecha, hora e indicadores, para luego obtener la imagen en formato HDF, convertirla al formato Geotiff con el software ENVI, para que pueda ser procesada, para luego en el 2do paso seleccionar según el intervalo de tiempo la base de datos, obteniéndose las imágenes de acuerdo con los indicadores dentro de los 5 años de estudio, seguidamente en el tercer paso se seleccionó las fechas disponibles de los productos de interés, donde cada producto mostró una serie de bandas objeto de estudio, para finalmente los datos recogidos, se seleccionaron entre 2017 al 2021 con los cuales se realizó el contraste de productos según: NDVI.

Cálculo de los Índices de Vegetación

La cobertura vegetal de la zona en estudio mediante imágenes satelitales, generaron datos cuantitativos del estado de la vegetación según los índices espectrales de vegetación que caracterizan las cubiertas vegetativas y el cálculo del Índice de vegetación con valores comprendidos entre -1 y 1, que se obtuvieron mediante fórmulas matemáticas de bandas utilizadas, que permitió determinar la localización de áreas donde el crecimiento de vegetación es sano, o es vegetación con estrés por falta de agua, sequía y otros, (39) estos rango de valores fueron:

0: corresponde a suelo completamente desnudo y sin vegetación

1 a suelo con máxima biomasa y valores negativos indican presencia de capa de agua, nieve, nubes.

Evaluación del comportamiento espacio temporal de la cobertura vegetal.

Con los valores obtenidos del NDVI de las imágenes satelitales, se logró realizar la gráfica espacio temporal (eje x: tiempo eje y: NDVI) del comportamiento de la vegetación del 2017 al 2021, a fin de alcanzar el objetivo general planteado.

Cálculo del comportamiento espacio temporal del NDVI por el tipo de suelo.

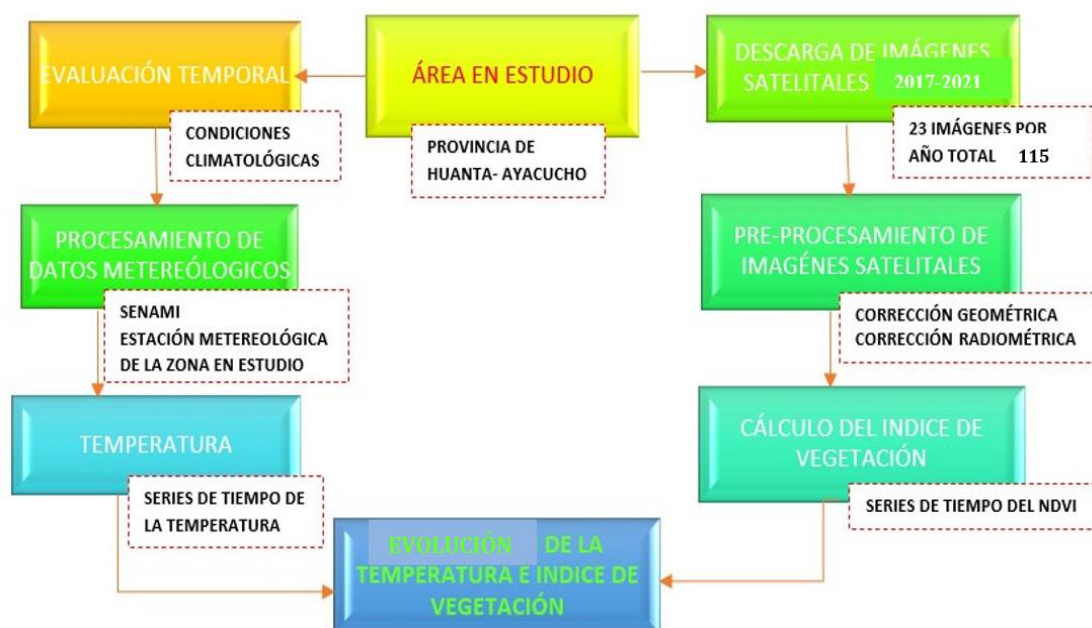
Con valores del NDVI de las imágenes satelitales, se logró realizar el cálculo por km² por tipo de suelo (suelo desnudo, vegetación escasa, vegetación estresada, vegetación ligeramente vigorosa y vegetación vigorosa) con sus respectivas figuras y mapas temáticos de pixeles a colores por cada tipo de vegetación, a fin de alcanzar el objetivo específico 1 planteado.

Relación del NDVI y la temperatura ambiental.

Con los datos que se obtuvieron de la temperatura del ambiente de los anuarios meteorológicos del SENAMHI del Perú y el Índice de Vegetación, se realizaron la correlación y graficas de series de tiempo de la cobertura vegetal, a fin de alcanzar el objetivo específico 2 planteado.

Relación del NDVI y las cuatro estaciones del año.

Con los datos que se obtuvieron del NDVI, y comportamiento de la vegetal según las estaciones del año (primavera, verano, otoño e invierno) se logró correlacionar y conocer la situación real hasta el 2021 y a fin de contribuir con la información para la vigilancia y seguimiento vegetativo de la zona en estudio, a fin de alcanzar el objetivo específico 3 planteado.



3.6. Cobertura del estudio de investigación

3.6.1. Población

Área de la provincia de Huanta que posee una extensión territorial de 3,879 km².

3.6.2. Muestra

La muestra se compone de una selección aleatoria de un subconjunto de observaciones, según las imágenes satelitales. en el periodo 2017 al 2021.

El tipo de selección de la muestra se hizo en forma aleatoria, no probabilística, porque se esperaba conocer la variabilidad de los parámetros a investigar y las condiciones de las imágenes satelitales descargadas de la página web.

El criterio para la inclusión y exclusión es el siguiente:

Criterio	Inclusión	Exclusión
Imágenes satelitales MODIS de la zona en estudio	Imágenes sin nubosidad al 95% • 23 imágenes por año, total 115 imágenes	Imágenes con alta nubosidad

3.6.3. Muestreo

No probabilístico

Es menos estricto y depende en gran medida de la experiencia de los investigadores. La mayoría de las veces, se utilizan métodos de observación para realizar muestreos no probabilísticos.

Tipo de muestreo:

Los dos tipos de muestreo que se utilizó son:

a) Muestreo por conveniencia:

Se utilizó el muestreo por conveniencia, que es una técnica de muestreo no probabilística en la que las muestras (imágenes satelitales) se seleccionaron según su disponibilidad en la página web de la Agencia Europea Espacial (ESA). Estas imágenes satelitales son óptimas para el análisis, además por su velocidad de descarga y costo.

b) Muestreo intencional:

Se utilizó esta técnica por radicar en la zona de estudio, costo, tiempo, experiencia y criterio para decidir la unidad de observación que integraría la muestra.

Por tanto, se tomó como muestra a grupos de imágenes procesadas, en este caso a imágenes de alta nitidez por mes y estaciones temporales del 2017 al 2021.

Al respecto, Hernández y Sampieri (15) afirma que la selección de la muestra en forma intencional se da por ser un conocedor del tema eligiendo elementos que considera conveniente y representativo al objetivo de su investigación.

Población	Muestra	Exclusión
Resolución temporal, es de una imagen cada 16 días total anual de 23 imágenes $23 \times 5 = 115$ Imágenes satelitales MODIS Terra de la zona en estudio.	Imágenes sin nubosidad: 23 imágenes por año, total 115 imágenes	Imágenes con alta nubosidad

3.6.4. Técnicas, Instrumentos y Fuentes de recolección de datos

3.6.4.1. Técnicas de la investigación

Observación

Análisis documental

Estadígrafos utilizados en el procesamiento de datos.

3.6.4.2. Instrumentos de la investigación

Una guía para el análisis de documentos.

utiliza el software ENVI para procesar datos.

Arc Gis Software para procesar imágenes

3.6.4.3. Fuentes de recolección de datos

Textos y libros especializados.

Revistas de investigación.

Catálogos en línea.

La muestra elegida.

Las páginas web pertenecen a la Agencia Espacial Europea.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados a nivel descriptivo.

Los resultados obtenidos a través del tiempo se observan en los siguientes tablas y figuras con sus respectivos análisis e interpretación relacionándolos a los objetivos propuestos.

4.1.1. Cambios espacio temporales de cobertura vegetal.

Cuáles son los cambios espacio temporal de la cobertura vegetal desde el 2017 hasta el 2021 en la provincia de Huanta-Ayacucho

Resultados de los datos del NDVI

Fecha	Año (NDVI)				
	2017	2018	2019	2020	2021
9/01/2017	0.4020	0.3838	0.4575	0.4483	0.3254
25/01/2017	0.3829	0.4064	0.4691	0.4273	0.3685
10/02/2017	0.2818	0.3110	0.3761	0.3757	0.4486
26/02/2017	0.4638	0.3588	0.4013	0.4445	0.4122
14/03/2017	0.3741	0.3246	0.3953	0.4655	0.4150
30/03/2017	0.4259	0.4432	0.5335	0.5382	0.3813
15/04/2017	0.4561	0.4672	0.5174	0.5795	0.5194
1/05/2017	0.4438	0.5653	0.5343	0.4590	0.5510
17/05/2017	0.3947	0.5075	0.5836	0.6802	0.5962
2/06/2017	0.4600	0.5788	0.5830	0.5947	0.5382
18/06/2017	0.5959	0.6321	0.6688	0.5240	0.6082
4/07/2017	0.5435	0.5499	0.5750	0.4759	0.5662
20/07/2017	0.6375	0.5513	0.5503	0.5645	0.5524
5/08/2017	0.5073	0.5074	0.6072	0.4914	0.5466
21/08/2017	0.4978	0.5143	0.4488	0.3396	0.4944
6/09/2017	0.4159	0.5631	0.4572	0.4766	0.4441
22/09/2017	0.4301	0.3845	0.4949	0.4689	0.4417
8/10/2017	0.4481	0.4447	0.5269	0.4985	0.4853
11/10/2017	0.4206	0.3857	0.4483	0.4856	0.4383
9/11/2017	0.4318	0.3515	0.4468	0.4483	0.4321

25/11/2017	0.4827	0.4876	0.3740	0.4449	0.3318
11/12/2017	0.4934	0.3930	0.3389	0.4345	0.4561
27/12/2017	0.2741	0.3652	0.4917	0.2821	0.6055

Se muestra los datos extraídos mediante el software ENVI de las imágenes satelitales cada 16 días del 2017 al 2021 donde los valores del NDVI entre 0 y 1, a partir de estos datos generales se determinó la clasificación por tipo de suelo: Suelo desnudo (0.028-0.47); Vegetación escasa (0.48-0.54); Vegetación estresada (0.55-0.60); Vegetación ligeramente vigorosa (0.61-0.63); Vegetación vigorosa (0.64-0.99), para alcanzar los objetivos propuestos.

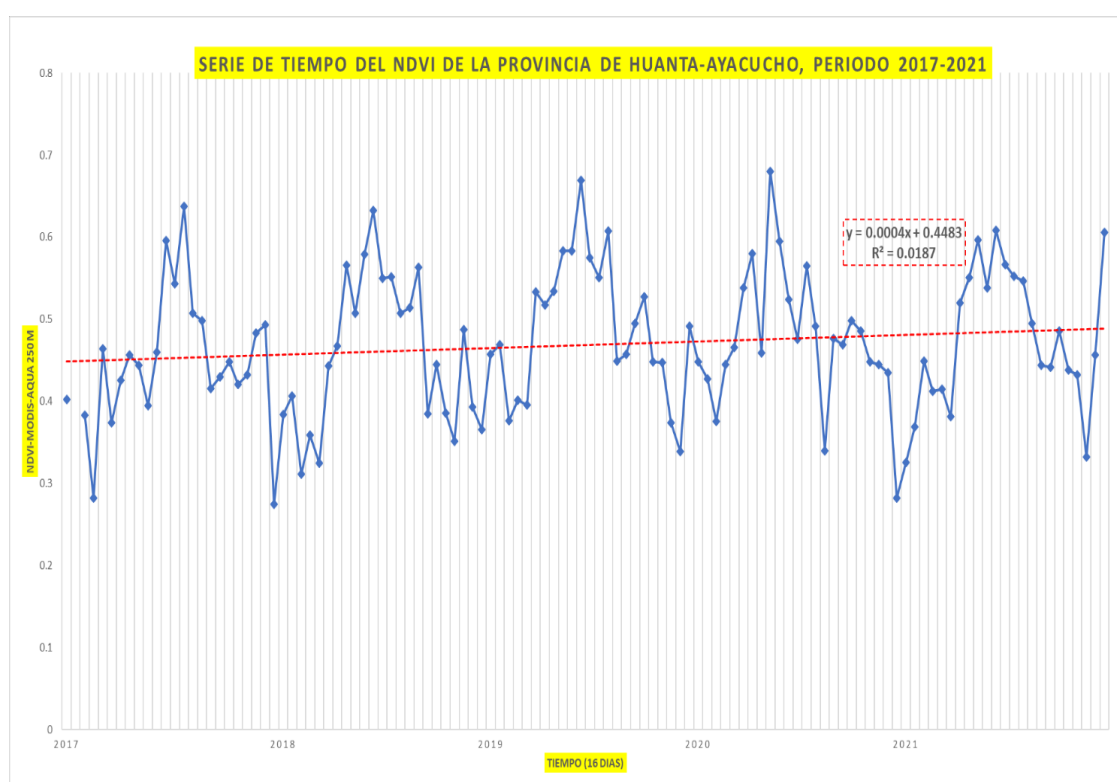


Figura 8: Evolución temporal del NDVI 2017-2021

La figura 8 muestra el espacio temporal de la cobertura vegetal según los datos del NDVI, con el cual se logró alcanzar el objetivo general propuesto, donde los máximos NDVI muestran una cobertura vegetal significativa con valores de: 0,6375 con fecha 20/07/2017; 0,6321 con fecha 18/06/2018; 0,6688 con fecha 18/06/2019; 0,6802 con fecha 16/05/2020 y 0,6055 con fecha 27/12/2021. Estos resultados generaron una representación de la recta con pendiente positiva, que nos indica un aumento en el cambio de la cobertura vegetal del 2017 al 2021.

a) Resultados de evaluar los cambios espacio temporales de la cobertura vegetal del 2017

Tabla 1

Datos del NDVI, máximo, mínimo y promedio enero a diciembre del 2017

Bandas	2017 (NDVI)		
	Min	Max	Media
Banda 1	0.0001	0.9986	0.402
Banda 2	0.0002	0.9994	0.3829
Banda 3	0.0001	0.9988	0.2818
Banda 4	0.0004	0.9987	0.4638
Banda 5	0.0001	0.9992	0.3741
Banda 6	0.0001	0.9991	0.4259
Banda 7	0.0001	0.9986	0.4561
Banda 8	0.0002	0.9987	0.4438
Banda 9	0.0002	0.9988	0.3947
Banda 10	0.0002	0.9993	0.46
Banda 11	0.0017	0.999	0.5959
Banda 12	0.0007	0.9987	0.5435
Banda 13	0.0081	0.9811	0.6375
Banda 14	0.0007	0.9984	0.5073
Banda 15	0.0003	0.9989	0.4978
Banda 16	0.0003	0.9993	0.4159
Banda 17	0.0001	0.9989	0.4301
Banda 18	0.0001	0.9987	0.4481
Banda 19	0.0016	0.9984	0.4206
Banda 20	0.0008	0.9991	0.4318
Banda 21	0.0053	0.9984	0.4827
Banda 22	0.0007	0.9982	0.4934
Banda 23	0.0001	0.9985	0.2741

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 1 se observa que en el año 2017 el valor del NDVI tuvo un valor más alto de 0,6375 el cual indica que el 7 de julio del 2017 hubo una vegetación ligeramente vigorosa.

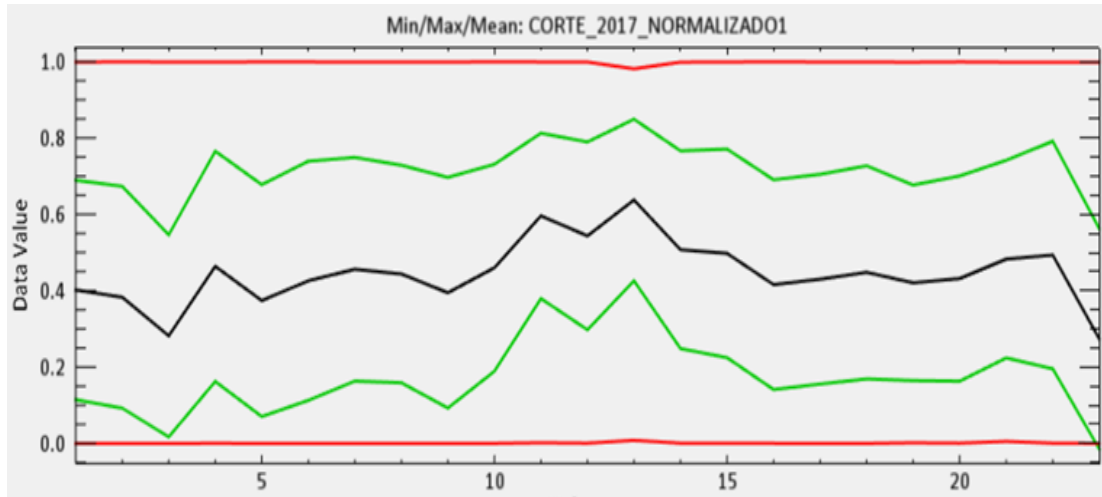


Figura 9: Comportamiento temporal Min/Max/Media del NDVI-2017.

En la figura 9 se observa los resultados de parámetros estadísticos descriptivos del NDVI generados por el Software ENVI donde se tomó en cuenta para el análisis descriptivo la media de los NDVI del año 2017.

b) Resultados de evaluar los cambios espacio temporales de la cobertura vegetal del 2018.

Tabla 2

Datos del NDVI, máximo, mínimo y promedio enero a diciembre del 2018

Bandas	2018 (NDVI)		
	Min	Max	Media
Banda 1	0.0003	0.9993	0.3838
Banda 2	0.0001	0.9992	0.4064
Banda 3	0.0002	0.999	0.311
Banda 4	0.0002	0.9991	0.3588
Banda 5	0.0019	0.9991	0.3246
Banda 6	0.0003	0.9988	0.4432
Banda 7	0.0002	0.9983	0.4672
Banda 8	0.0003	0.9995	0.5653
Banda 9	0.0013	0.9995	0.5075
Banda 10	0.0023	0.9984	0.5788
Banda 11	0.0057	0.9986	0.6321

Banda 12	0.0019	0.9989	0.5499
Banda 13	0.0036	0.999	0.5513
Banda 14	0.0026	0.9992	0.5074
Banda 15	0.0006	0.9987	0.5143
Banda 16	0.0033	0.9985	0.5631
Banda 17	0.0001	0.9988	0.3845
Banda 18	0.0021	0.9993	0.4447
Banda 19	0.0001	0.9994	0.3857
Banda 20	0.0005	0.9986	0.3515
Banda 21	0.0006	0.9994	0.4876
Banda 22	0.0005	0.9994	0.393
Banda 23	0.0002	0.9992	0.3652

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 2 se observa que en el año 2018 el valor del NDVI tuvo un valor más alto de 0,6321 el cual indica que el 18 de junio del 2018 hubo una vegetación ligeramente vigorosa.

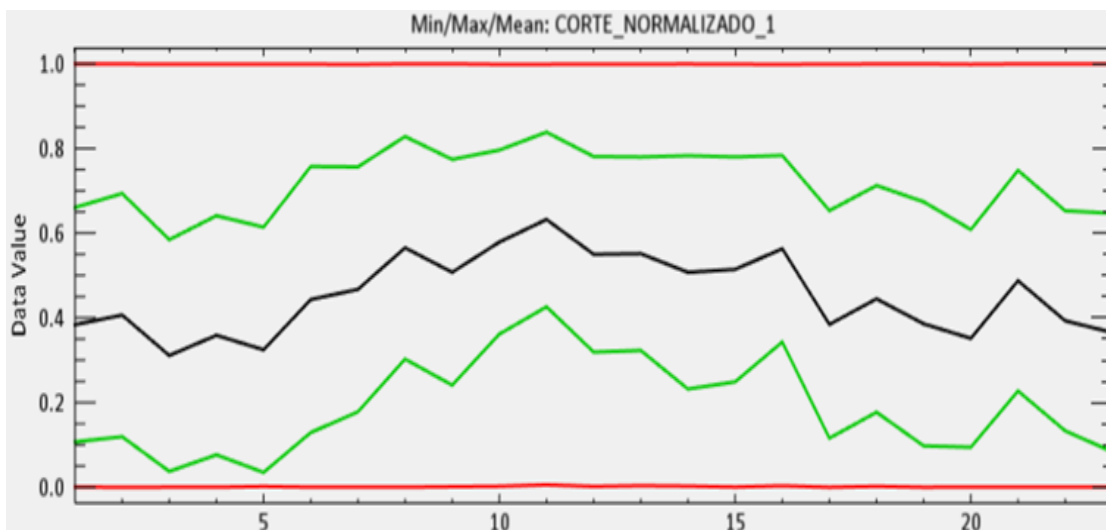


Figura 10: Comportamiento temporal Min/Max/Media del NDVI-2018

En la figura 10 se observa los resultados de parámetros estadísticos descriptivos del NDVI generados por el Software ENVI donde se tomó en cuenta para el análisis descriptivo la media de los NDVI del año 2018.

c) **Resultados de evaluar los cambios espacio temporales de la cobertura vegetal del 2019.**

Tabla 3

Datos del NDVI, máximo, mínimo y promedio enero a diciembre del 2019

Bandas	2019 (NDVI)		
	Min	Max	Media
Banda 1	0.0004	0.9995	0.4575
Banda 2	0.0015	0.9994	0.4691
Banda 3	0.0001	0.9986	0.3761
Banda 4	0.0027	0.9983	0.4013
Banda 5	0.0003	0.9995	0.3953
Banda 6	0.0008	0.9979	0.5335
Banda 7	0.0012	0.9992	0.5174
Banda 8	0.0006	0.9984	0.5343
Banda 9	0.0036	0.9992	0.5836
Banda 10	0.0009	0.9992	0.583
Banda 11	0.0019	0.9943	0.6688
Banda 12	0.0102	0.9989	0.575
Banda 13	0.0008	0.9993	0.5503
Banda 14	0.0044	0.9969	0.6072
Banda 15	0.0002	0.9985	0.4488
Banda 16	0.0003	0.9977	0.4572
Banda 17	0.0004	0.9964	0.4949
Banda 18	0.0033	0.9985	0.5269
Banda 19	0.0051	0.9994	0.4483
Banda 20	0.0004	0.9979	0.4468
Banda 21	0.0002	0.9993	0.374
Banda 22	0.0009	0.9979	0.3389
Banda 23	0.0001	0.9994	0.4917

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3 se observa que en el año 2019 el valor del NDVI tuvo un valor más alto de 0,6688 el cual indica que el 18 de junio del 2019 hubo una vegetación vigorosa.

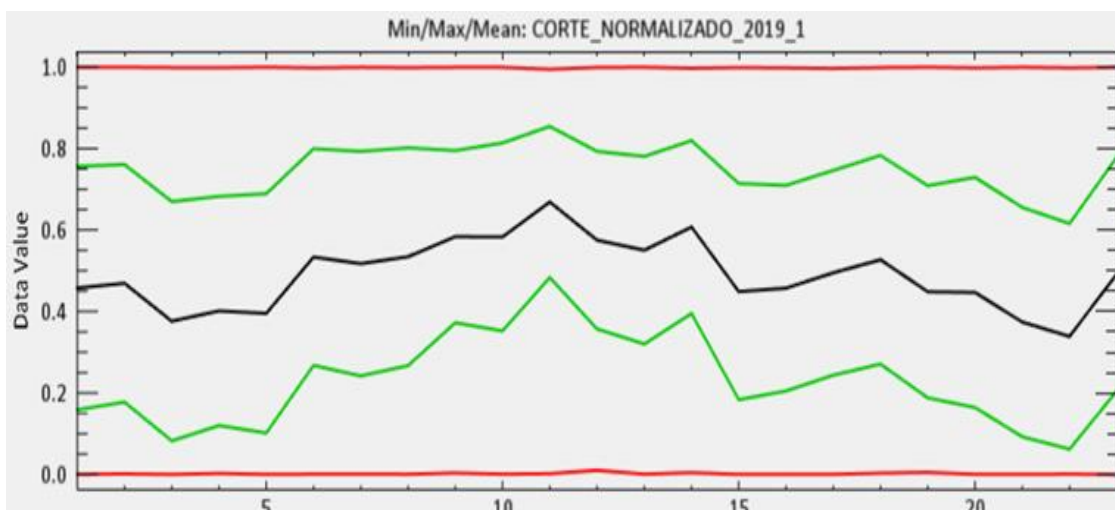


Figura 11: Comportamiento temporal Min/Max/Media del NDVI-2019

En la figura 11 se observa los resultados de parámetros estadísticos descriptivos del NDVI generados por el Software ENVI donde se tomó en cuenta para el análisis descriptivo la media de los NDVI del año 2019.

d) Resultados de evaluar los cambios espacio temporales de la cobertura vegetal del 2020.

Tabla 4

Datos NDVI, máximo, mínimo y promedio de enero a diciembre 2020

Bandas	2020 (NDVI)		
	Min	Max	Media
Banda 1	0.0001	0.9991	0.4483
Banda 2	0.0002	0.9987	0.4273
Banda 3	0.0006	0.9995	0.3757
Banda 4	0.0001	0.9986	0.4445
Banda 5	0.0003	0.9992	0.4655
Banda 6	0.0016	0.9981	0.5382
Banda 7	0.0008	0.9989	0.5795
Banda 8	0.0004	0.999	0.459
Banda 9	0.0069	0.9849	0.6802
Banda 10	0.0011	0.9988	0.5947
Banda 11	0.0019	0.9983	0.524
Banda 12	0.0003	0.9994	0.4759

Banda 13	0.0079	0.9988	0.5645
Banda 14	0.0012	0.9994	0.4914
Banda 15	0.0001	0.9988	0.3396
Banda 16	0.0003	0.999	0.4766
Banda 17	0.0011	0.9979	0.4689
Banda 18	0.0006	0.9976	0.4985
Banda 19	0.0013	0.9992	0.4856
Banda 20	0.0004	0.9994	0.4483
Banda 21	0.0009	0.9981	0.4449
Banda 22	0.0017	0.9986	0.4345
Banda 23	0.0002	0.999	0.2821

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 4 se observa que en el año 2020 el valor del NDVI tuvo un valor más alto de 0,6802 el cual indica que el 16 de mayo del 2020 hubo una vegetación vigorosa.

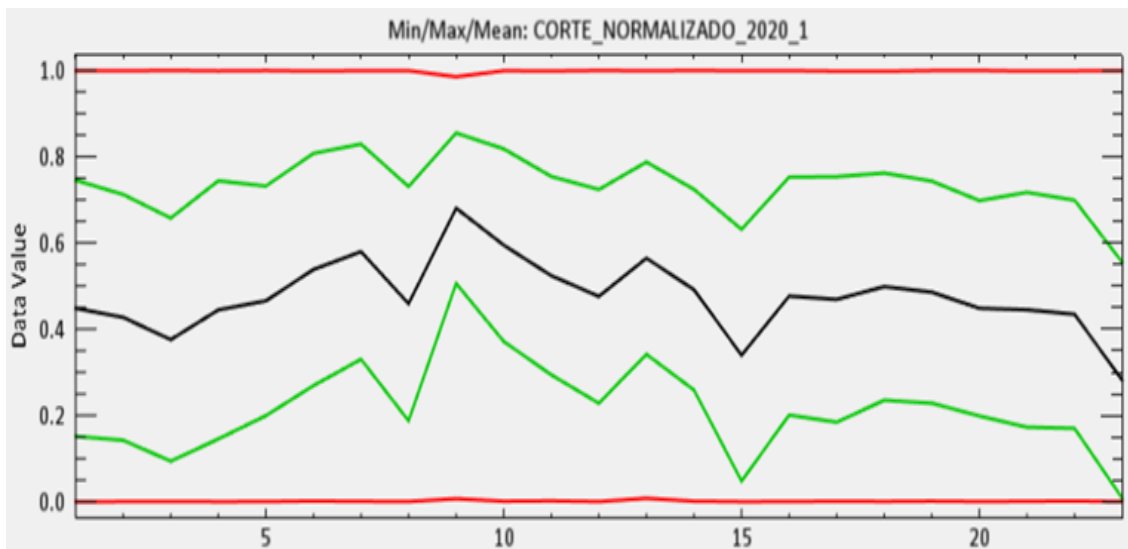


Figura 12: Comportamiento temporal Min/Max/Media del NDVI-2020

En la figura 12 se observa los resultados de parámetros estadísticos descriptivos del NDVI generados por el Software ENVI donde se tomó en cuenta para el análisis descriptivo la media de los NDVI del año 2020.

e) **Resultados de evaluar los cambios espacio temporales de la cobertura vegetal del 2021.**

Tabla 5

Datos NDVI, máximo, mínimo y promedio enero a diciembre del 2021

Bandas	2021 (NDVI)		
	Min	Max	Media
Banda 1	0.0001	0.9993	0.3254
Banda 2	0.0003	0.9989	0.3685
Banda 3	0.002	0.9983	0.4486
Banda 4	0.0002	0.9995	0.4122
Banda 5	0.0002	0.9992	0.415
Banda 6	0.0001	0.9993	0.3813
Banda 7	0.0007	0.9991	0.5194
Banda 8	0.0016	0.9993	0.551
Banda 9	0.001	0.9981	0.5962
Banda 10	0.0002	0.999	0.5382
Banda 11	0.0055	0.9988	0.6082
Banda 12	0.0027	0.9987	0.5662
Banda 13	0.0053	0.9993	0.5524
Banda 14	0.0019	0.9983	0.5466
Banda 15	0.0006	0.9992	0.4944
Banda 16	0.0001	0.9994	0.4441
Banda 17	0.0001	0.9994	0.4417
Banda 18	0.0036	0.9993	0.4853
Banda 19	0.0002	0.9986	0.4383
Banda 20	0.0002	0.9991	0.4321
Banda 21	0.0002	0.999	0.3318
Banda 22	0.0001	0.9985	0.4561
Banda 23	0.0101	0.9992	0.6055

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5 se observa que en el año 2021 el valor del NDVI tuvo un valor más alto de 0,6082 el cual indica que el 18 de junio del 2021 hubo una vegetación ligeramente vigorosa.

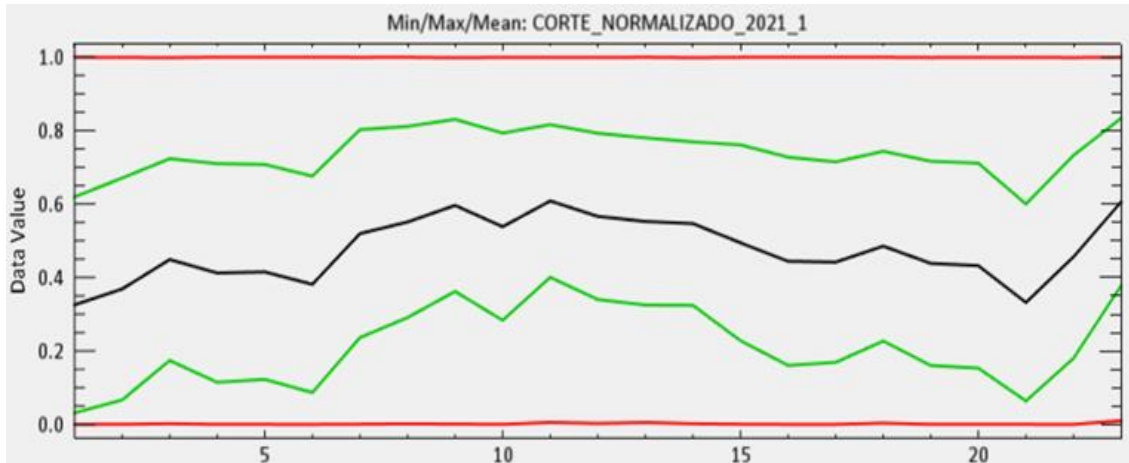


Figura 13: Comportamiento temporal Min/Max/Media del NDVI-2021

En la figura 13 se observa los resultados de parámetros estadísticos descriptivos del NDVI generados por el Software ENVI donde se tomó en cuenta para el análisis descriptivo la media de los NDVI del año 2021.

Finalmente, según las figuras y tablas mostradas se puede afirmar que se logró el objetivo general propuesto, de evaluar el comportamiento de la cobertura vegetal en base al NDVI de los años 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021.

4.1.2. Resultados del comportamiento del NDVI según el tipo de suelo de la cobertura vegetal.

a) Resultados del comportamiento del NDVI según el tipo de suelo de la cobertura vegetal del 2017

Tabla 6

Área de uso de suelo 2017

VIGOROSIDAD DEL CULTIVO	TIPO	ÁREA (km²)
Suelo desnudo	A	398.268
vegetación escasa	B	16.0970
vegetación estresada	C	14.3460
vegetación ligeramente vigorosa	D	4.5590
vegetación vigorosa	E	74.9870

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 6 se muestra los valores por tipo de suelo según la vigorosidad del cultivo, donde se observa que el suelo desnudo fue de 398,268 km² y vegetación vigorosa de solo 74.9870 km² existiendo una diferencia de 323.281 km².



Figura 14: Área según el tipo de suelo 2017

La figura 14 muestra los tipos de suelo el 2017 con un área total muy alta de 508. 257 km²

Mapa de bits de la cobertura vegetal por tipo de suelo del 2017

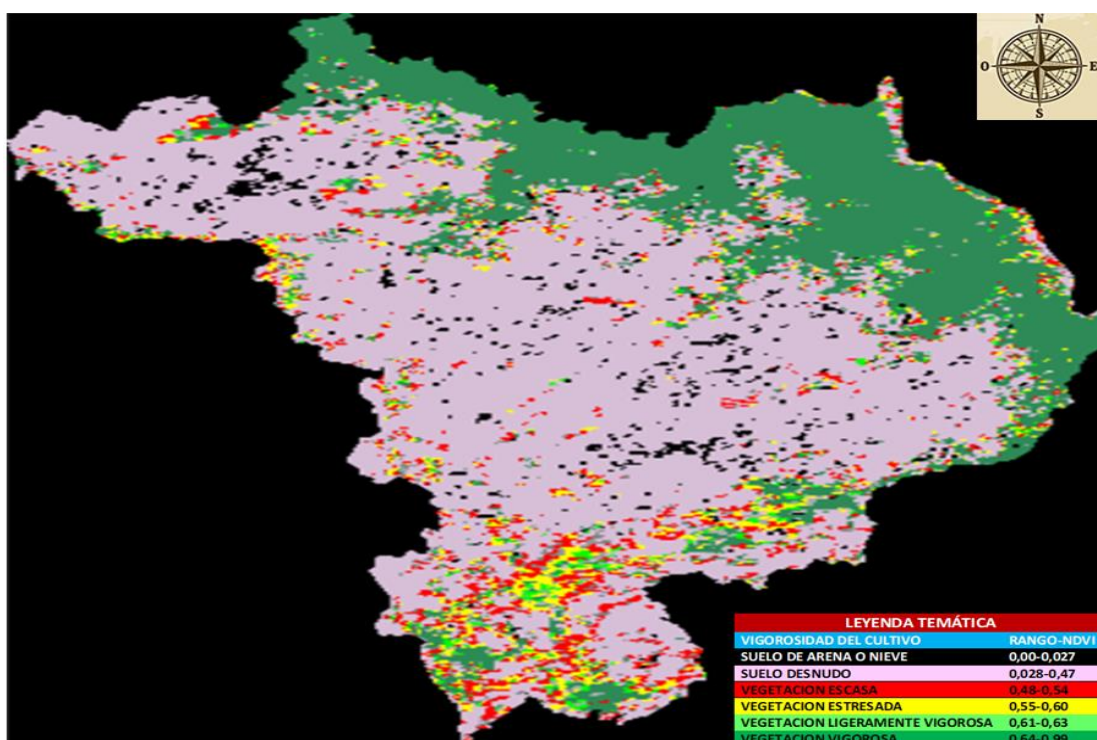


Figura 15: Vigorosidad del cultivo según el valor del NDVI con la paleta de colores 2017

La figura 15 muestra el mapa temático por pixeles de la cobertura vegetal en RGB de ocho bits= 256 tonos del 2017 donde se observa los colores de cada una de las zonas de influencia.

b) Resultados del comportamiento del NDVI según el tipo de suelo de la cobertura vegetal del 2018.

Tabla 7

Área de uso de suelo 2018

VIGOROSIDAD DEL CULTIVO	TIPO	ÁREA (km ²)
Suelo desnudo	A	199.134
Vegetación escasa	B	16.097
Vegetación estresada	C	12.976
Vegetación ligeramente vigorosa	D	4.559
Vegetación vigorosa	E	74.987

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 7 se muestra los valores por tipo de suelo según la vigorosidad del cultivo, donde se observa que el suelo desnudo fue de 199,134 km² y vegetación vigorosa de solo 74.9870 km² existiendo una diferencia de 124.146 km².

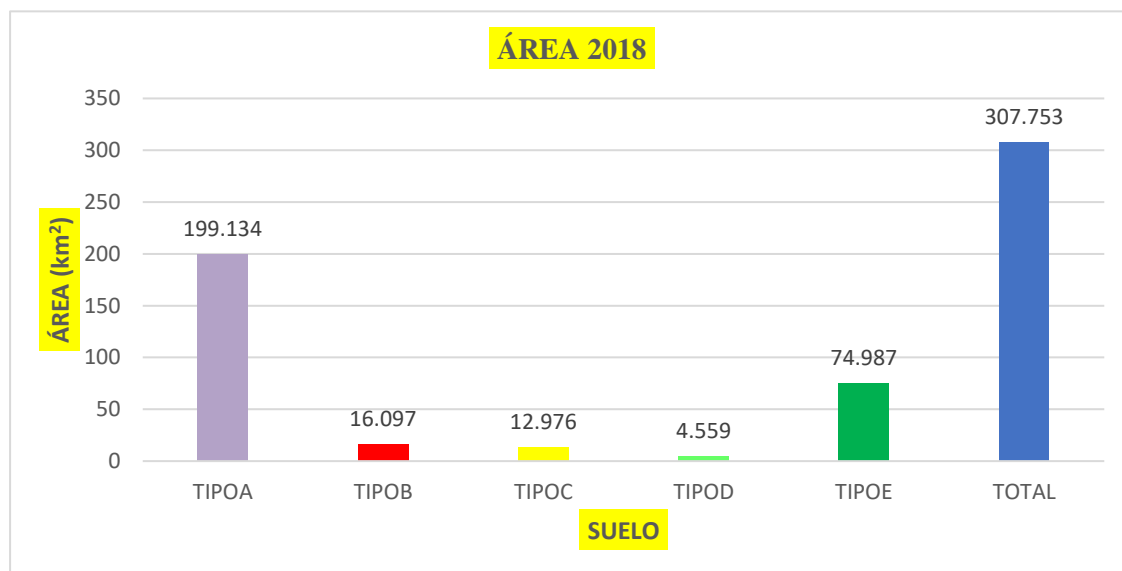


Figura 16: Área según el tipo de suelo 2018

La figura 16 muestra los tipos de suelo con un área total menor al 2017 que fue de 508. 257 km² y ahora es de 307.753 km².

Mapa de bits de la cobertura vegetal por tipo de suelo del 2018

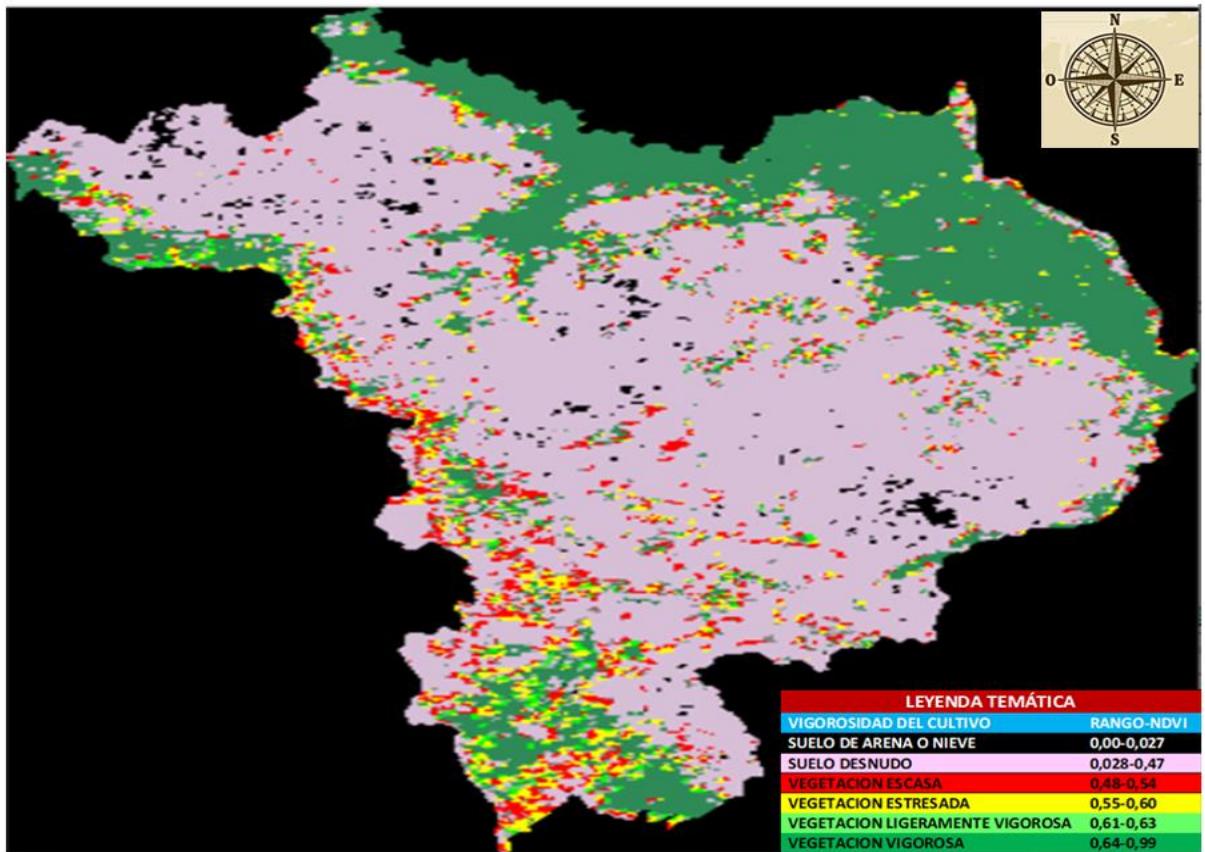


Figura 17: Vigorosidad del cultivo según la paleta de colores 2018.

La figura 17 se muestra el mapa temático por píxeles de la cobertura vegetal en RGB de ocho bits= 256 tonos del 2018 donde se observa los colores de cada una de las zonas de influencia.

c) Resultados del comportamiento del NDVI según el tipo de suelo de la cobertura vegetal del 2019.

Tabla 8

Área de uso de suelo 2019

VIGOROSIDAD DEL CULTIVO	TIPO	ÁREA (km ²)
Suelo desnudo	A	168.211
Vegetación escasa	B	15.701
Vegetación estresada	C	11.122
Vegetación ligeramente vigorosa	D	4.397
Vegetación vigorosa	E	108.430

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 8 se muestra los valores por tipo de suelo según la vigorosidad del cultivo, donde se observa que el suelo desnudo fue de 168,211 km² y vegetación vigorosa de 108.430 km² existiendo una diferencia de 59.781 km².

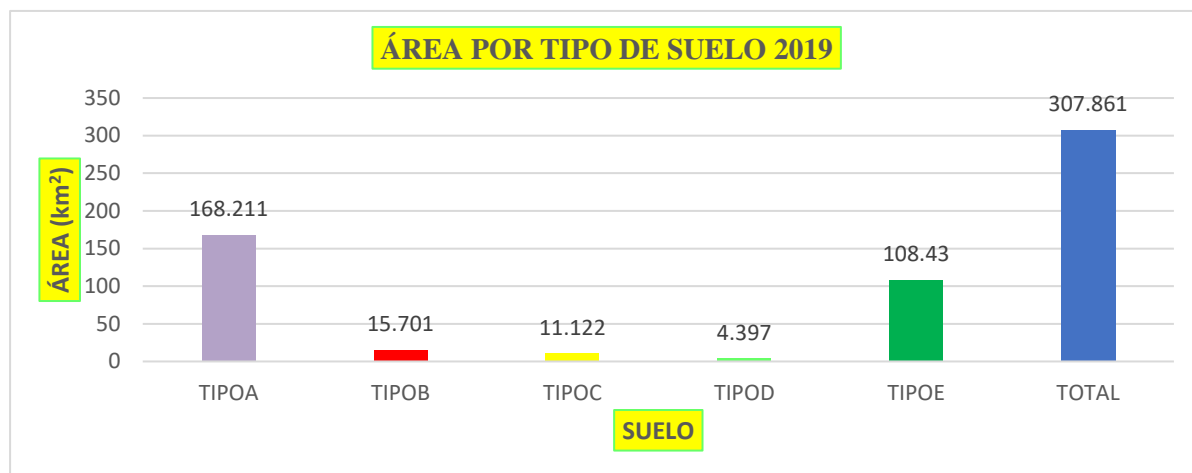


Figura 18: Área del suelo según el tipo de suelo 2019

La figura 18 muestra los tipos de suelo con un área total menor al 2017 que fue de 508. 257 km² y ahora es de 307.861 km².

Mapa de bits de la cobertura vegetal por tipo de suelo del 2019.

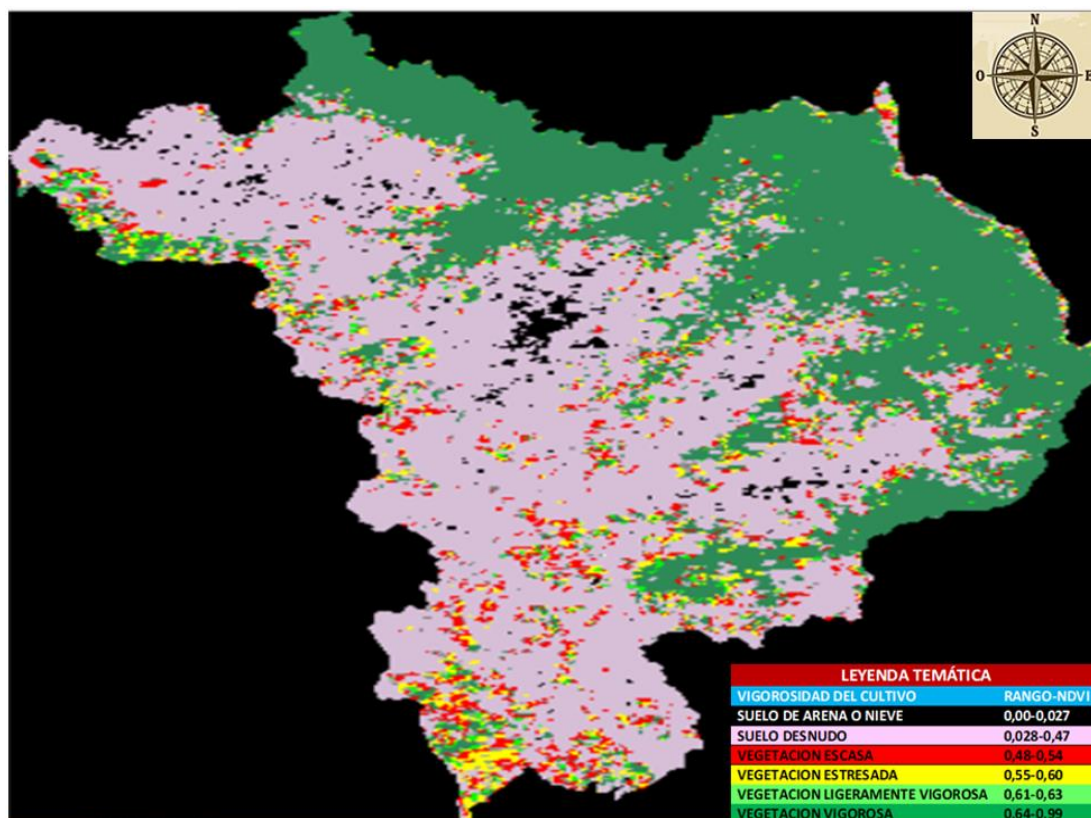


Figura 19: Vigorosidad del cultivo según la paleta de colores 2019

La figura 19 se muestra el mapa temático por píxeles de la cobertura vegetal en RGB de ocho bits= 256 tonos del 2018 donde se observa los colores de cada una de las zonas de influencia.

d) Resultados del comportamiento del NDVI según el tipo de suelo de la cobertura vegetal del 2020.

Tabla 9
Área de uso de suelo 2020

VIGOROSIDAD DEL CULTIVO	TIPO	ÁREA (km ²)
Suelo desnudo	A	163.807
Vegetación escasa	B	17.159
Vegetación estresada	C	16.646
Vegetación ligeramente vigorosa	D	5.959
Vegetación vigorosa	E	99.422

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9 se muestra los valores por tipo de suelo según la vigorosidad del cultivo, donde se observa que el suelo desnudo fue de 163,807 km² y vegetación vigorosa de 99.422 km² existiendo una diferencia de 64.385 km².

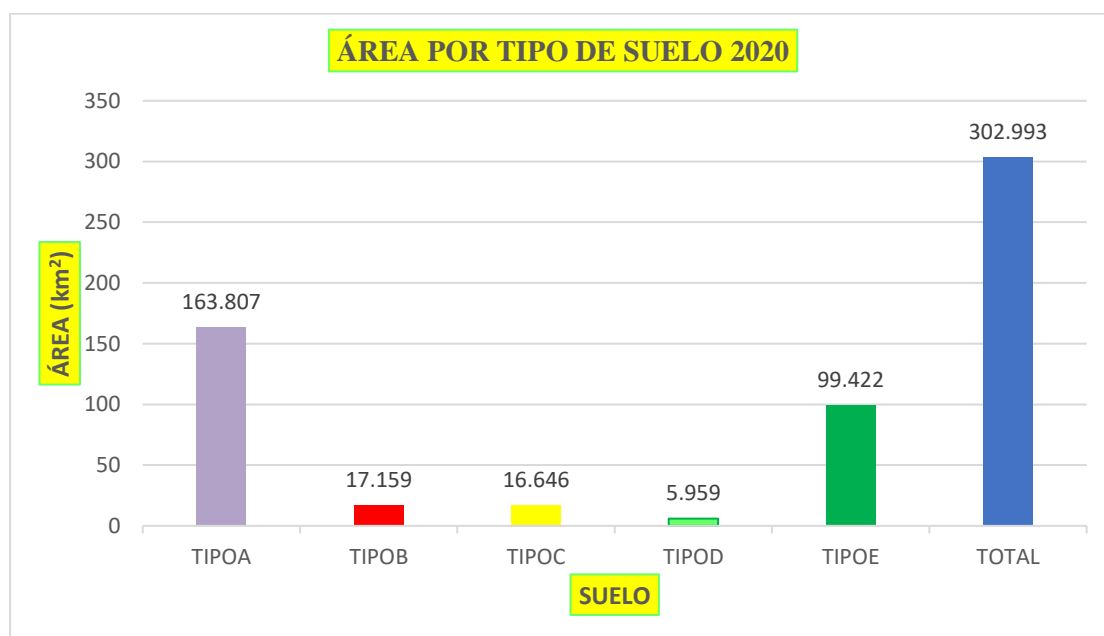


Figura 20: Área del suelo según el tipo de suelo 2020

La figura 20 muestra los tipos de suelo con un área total menor al 2017 que fue de 508. 257 km² y ahora es de 302.993 km².

Mapa de bits de la cobertura vegetal por tipo de suelo del 2020.

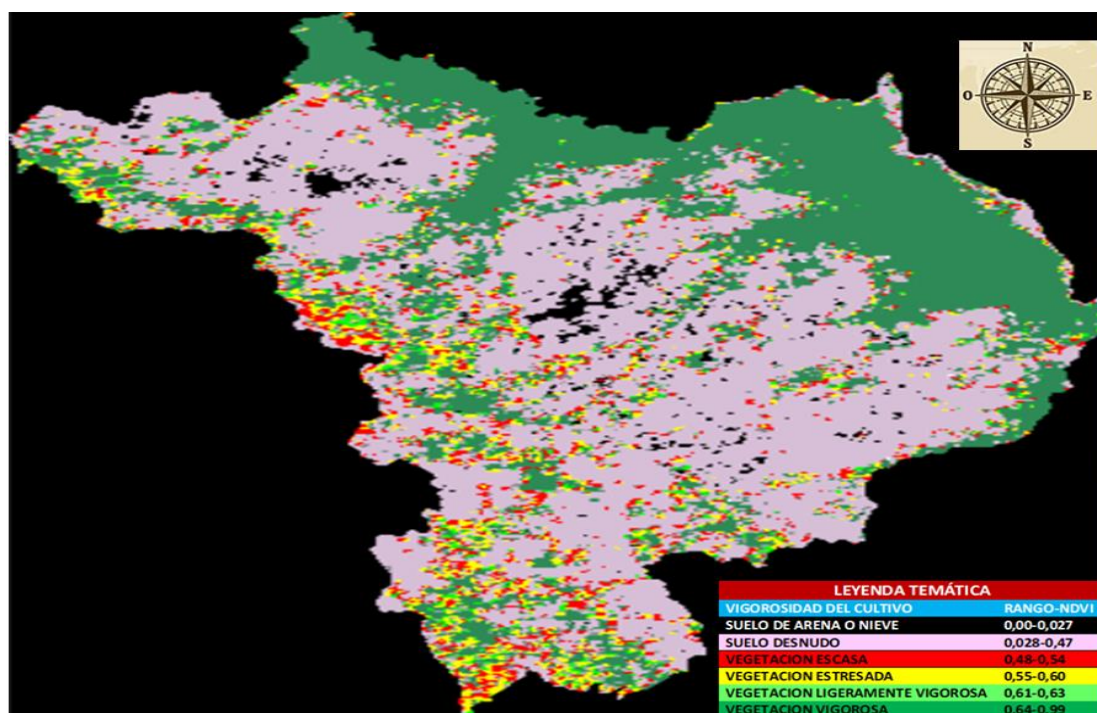


Figura 21: Vigorosidad del cultivo según la paleta de colores 2020

La figura 21 se muestra el mapa temático por píxeles de la cobertura vegetal en RGB de ocho bits= 256 tonos del 2019 donde se observa los colores de cada una de las zonas de influencia.

e) Resultados del comportamiento del NDVI según el tipo de suelo de la cobertura vegetal del 2021.

Tabla 10

Área de uso de suelo 2021

VIGOROSIDAD DEL CULTIVO	TIPO	ÁREA (km ²)
Suelo desnudo	A	205.940
Vegetación escasa	B	13.472
Vegetación estresada	C	10.228
Vegetación ligeramente vigorosa	D	3.592
Vegetación vigorosa	E	62.597

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 se muestra los valores por tipo de suelo según la vigorosidad del cultivo, donde se observa que el suelo desnudo fue de 205,940 km² y vegetación vigorosa de 62.597 km² existiendo un aumento de la diferencia de 143.343 km².

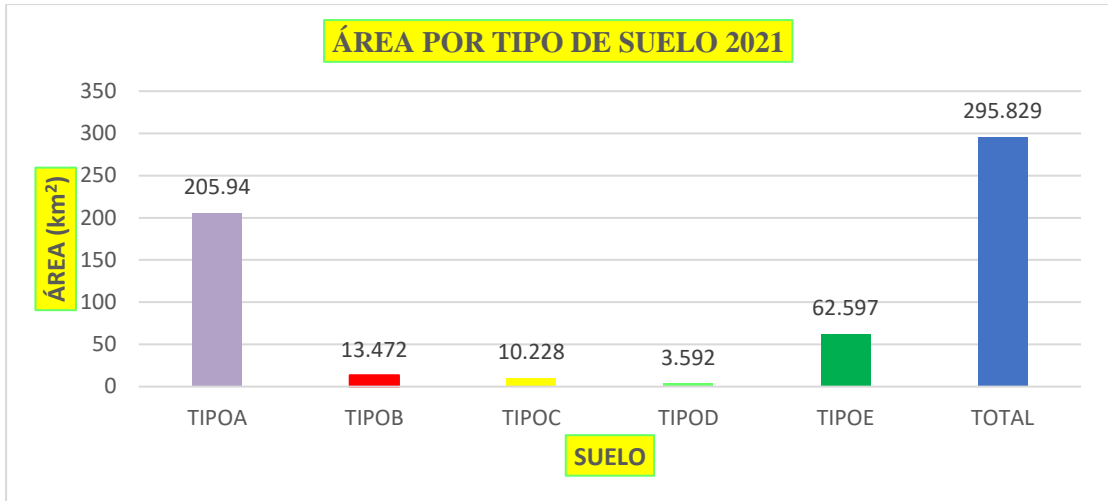


Figura 22: Área del suelo según el tipo de suelo 2021

La figura 22 muestra los tipos de suelo con un área total menor al 2017 que fue de 508. 257 km² y ahora es de 295.829 km².

Mapa temático de la cobertura vegetal por tipo de suelo del año 2021, provincia de Huanta

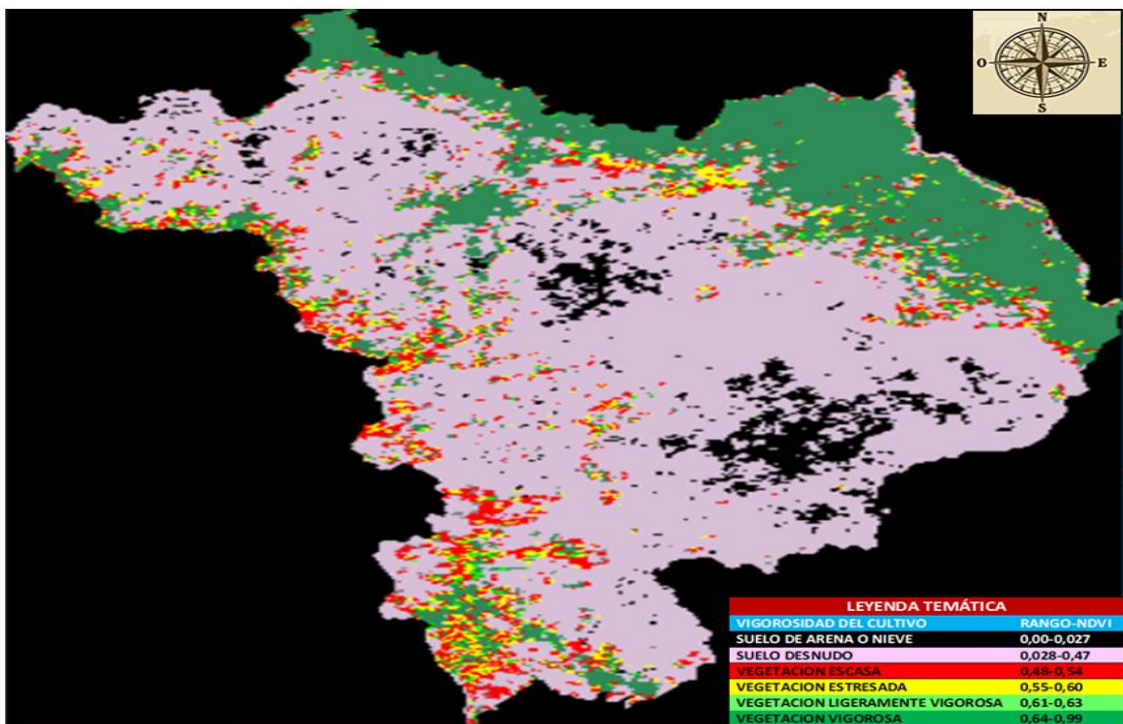


Figura 23: Vigorosidad del cultivo según la paleta de pixeles de colores 2021.

La figura 21 se muestra el mapa temático por pixeles de la cobertura vegetal en RGB de ocho bits= 256 tonos del 2019 donde se observa los colores de cada una de las zonas de influencia.

4.1.3. Resultados de la relación del comportamiento temporal del NDVI y la temperatura ambiental, para la cobertura vegetal de la provincia de Huanta.

a) Comportamiento temporal del NDVI con la temperatura ambiental en el año 2017

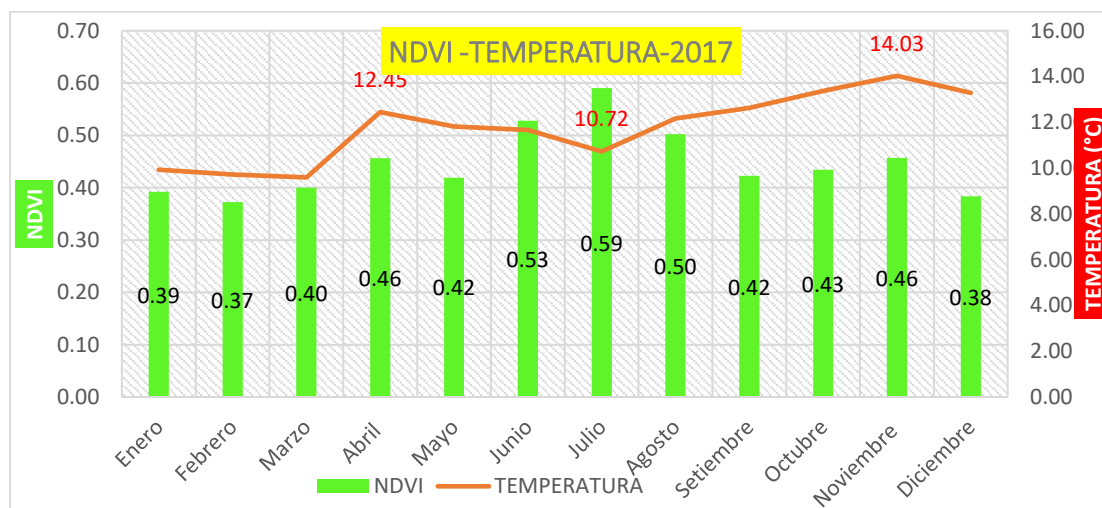


Figura 24: Correlación NDVI y temperatura 2017

La figura 24 muestra la variabilidad temporal de cobertura vegetal según el NDVI y la temperatura del año 2017, donde en el mes de noviembre se observa que, a mayor temperatura menor vegetación y viceversa en el mes de julio.

b) Comportamiento temporal del NDVI con la temperatura ambiental en el año 2018

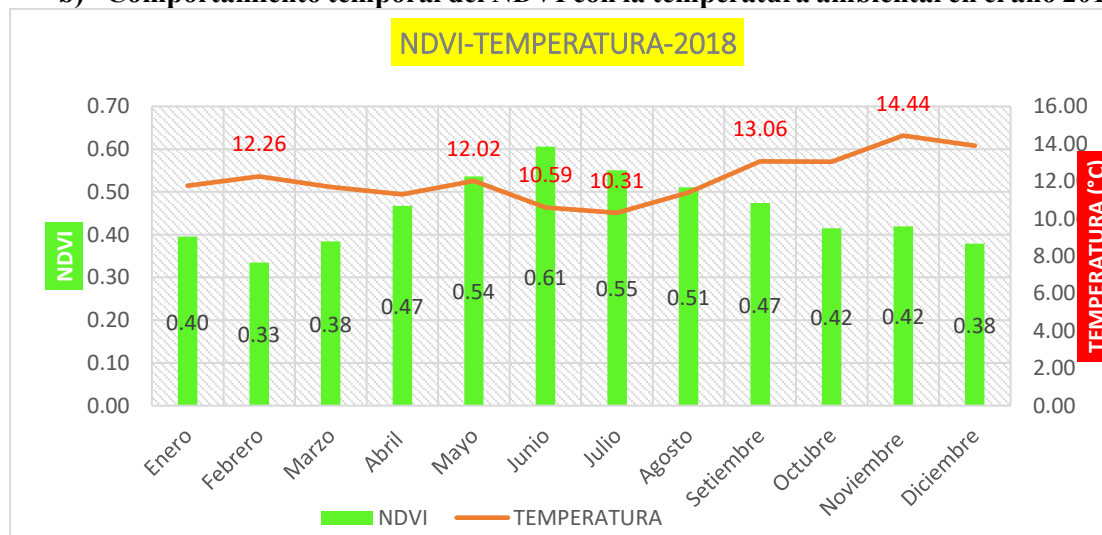


Figura 25: Correlación NDVI y temperatura 2018

La figura 25 muestra variabilidad temporal de cobertura vegetal según el NDVI y la temperatura del año 2018. En el mes de noviembre se observa que, a mayor temperatura menor vegetación y viceversa en el mes de junio.

c) Comportamiento temporal del NDVI con la temperatura ambiental en el año 2019

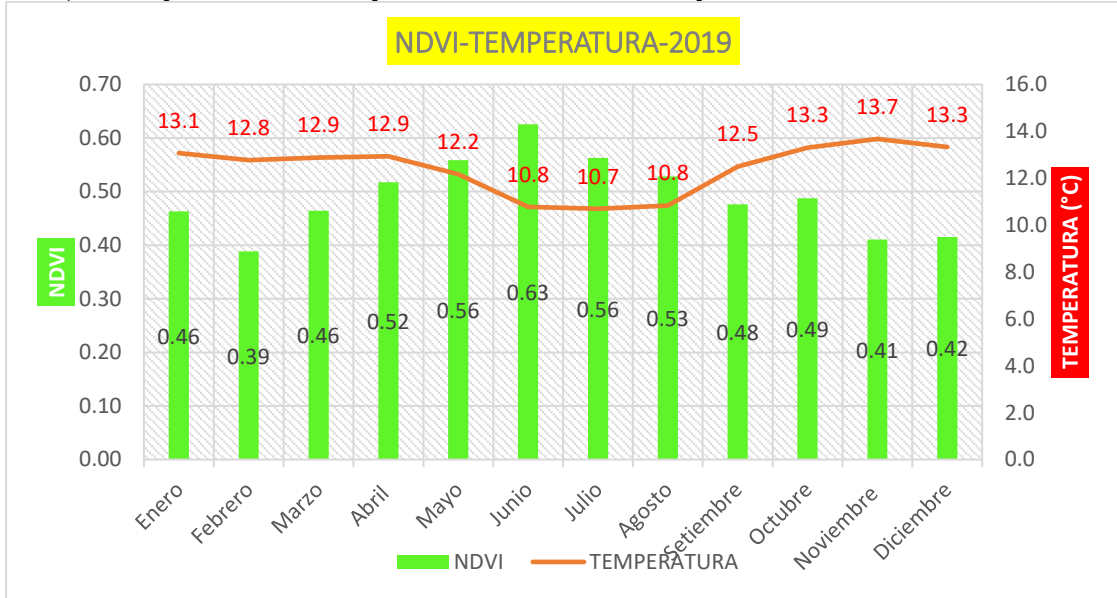


Figura 26: Correlación NDVI y temperatura 2019

La figura 26 muestra variabilidad temporal de cobertura vegetal según el NDVI y la temperatura del año 2019. En el mes de noviembre se observa que, a mayor temperatura menor vegetación y viceversa en el mes de junio.

d) Comportamiento temporal del NDVI con la temperatura ambiental en el año 2020

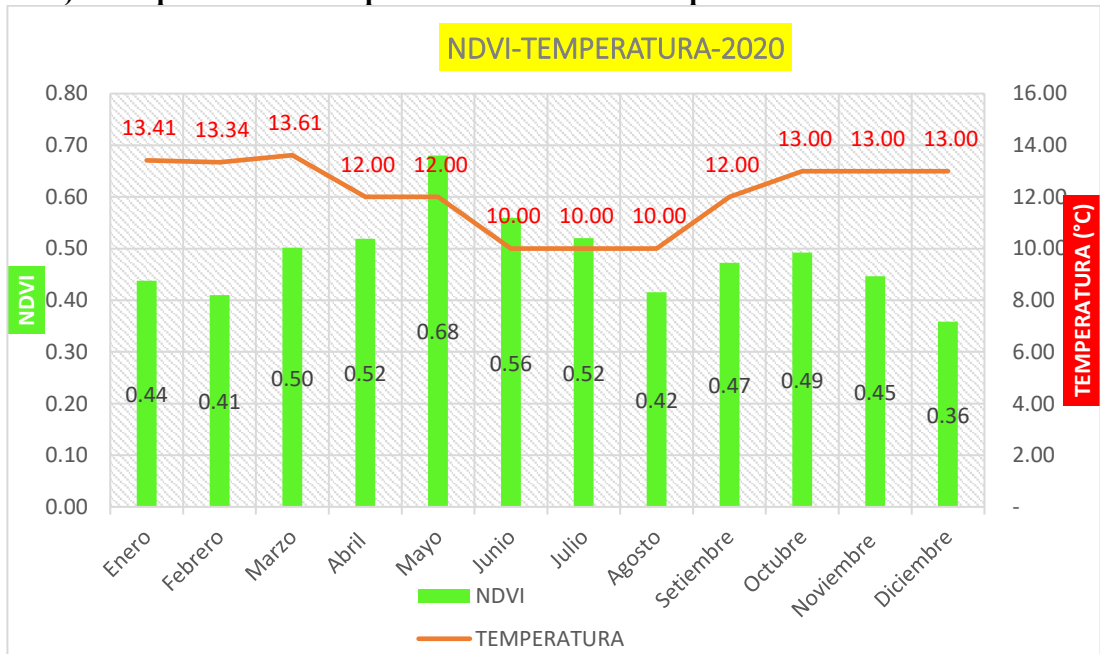


Figura 27: Correlación NDVI y temperatura 2020

La figura 27 muestra variabilidad temporal de cobertura vegetal según el NDVI y la temperatura del año 2020. En el mes de noviembre se observa que, a mayor temperatura menor vegetación y viceversa en el mes de junio.

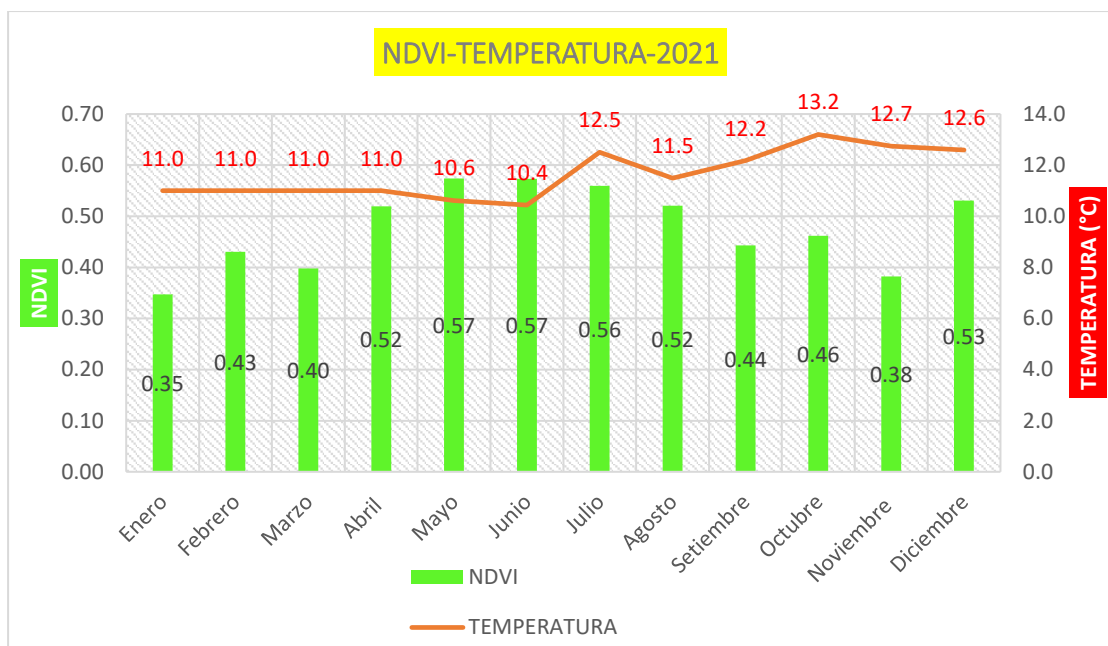


Figura 28: Correlación NDVI y temperatura 2021

La figura 28 muestra variabilidad temporal de cobertura vegetal según el NDVI y la temperatura del año 2021. En el mes de noviembre se observa que, a mayor temperatura menor vegetación y viceversa en el mes de junio.

Finalmente, con las figuras 24 al 28 podemos observar que se cumplió con el segundo objetivo específico planteado ya que pudo determinar la relación que existe es significativa, mediante imágenes satelitales para la cobertura vegetal de la provincia de Huanta.

4.1.4. Resultados de la relación del comportamiento temporal del NDVI y las estaciones del año de la cobertura vegetal de la provincia de Huanta.

a) Relación del comportamiento temporal del NDVI y la estación de verano.

Tabla 11

Verano: evolución temporal del NDVI 2017-2021

FECHA	AÑO	NDVI
Diciembre	2017	0.38375
Enero	2017	0.39245
Febrero	2017	0.37280
Diciembre	2018	0.37910
Enero	2018	0.39510
Febrero	2018	0.33490
Diciembre	2019	0.41530
Enero	2019	0.46330

Febrero	2019	0.38870
Diciembre	2020	0.35830
Enero	2020	0.43780
Febrero	2020	0.41010
Diciembre	2021	0.53080
Enero	2021	0.34695
Febrero	2021	0.43040

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 11 se muestra los valores del NDVI por meses del año en la estación de verano donde en diciembre del 2021 fue el NDVI más a alto con el cual se puede establecer que hubo una vegetación escaza.

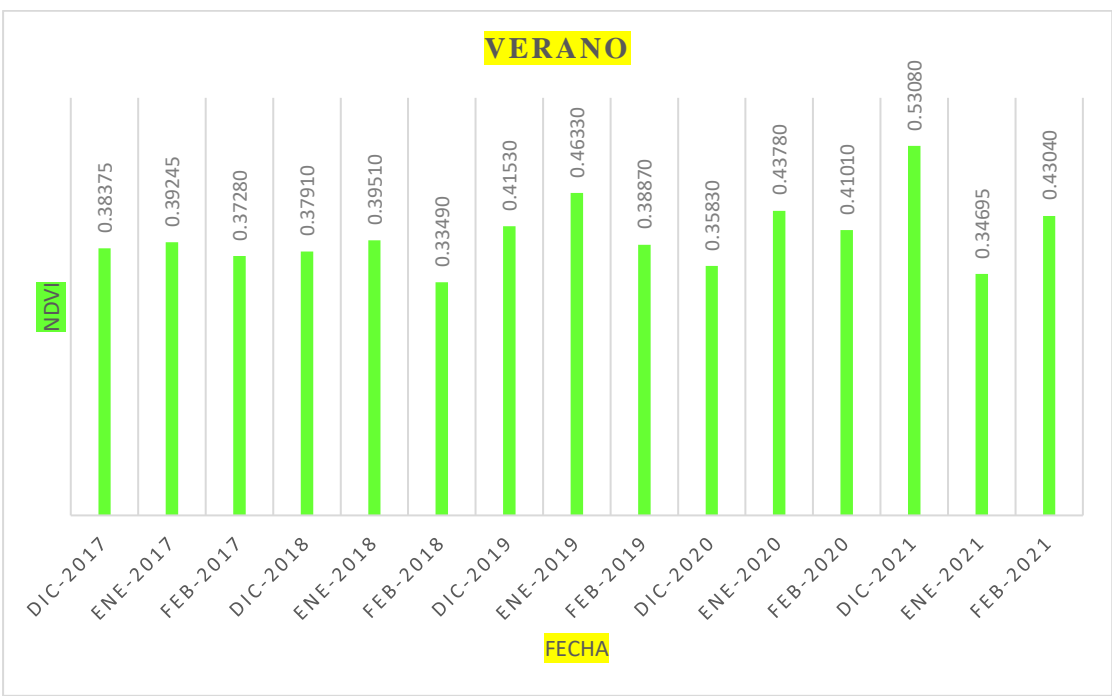


Figura 29: Comportamiento del NDVI en verano.

La figura 29 muestra variabilidad temporal de cobertura vegetal según el NDVI y la temperatura del verano por año. En diciembre del 2021 el máximo fue de 0,53080 esto nos indica que hubo una vegetación alta y febrero del 2018 el NDVI fue el mínimo de 0,33490 que nos indica una vegetación baja.

b) Relación del comportamiento temporal del NDVI y la estación de otoño.

Tabla 12

Otoño: evolución temporal del NDVI 2017-2021

FECHA	AÑO	NDVI
Marzo	2017	0.40000
Abril	2017	0.4561
Mayo	2017	0.41925
Marzo	2018	0.38390
Abril	2018	0.4672
Mayo	2018	0.5364
Marzo	2019	0.46440
Abril	2019	0.5174
Mayo	2019	0.55895
Marzo	2020	0.50185
Abril	2020	0.51925
Mayo	2020	0.6802
Marzo	2021	0.39815
Abril	2021	0.5194
Mayo	2021	0.5736

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12 se muestra los valores del NDVI por meses del año en la estación de otoño donde en mayo del 2020 fue el NDVI más a alto con el cual se puede establecer que hubo una vegetación vigorosa.

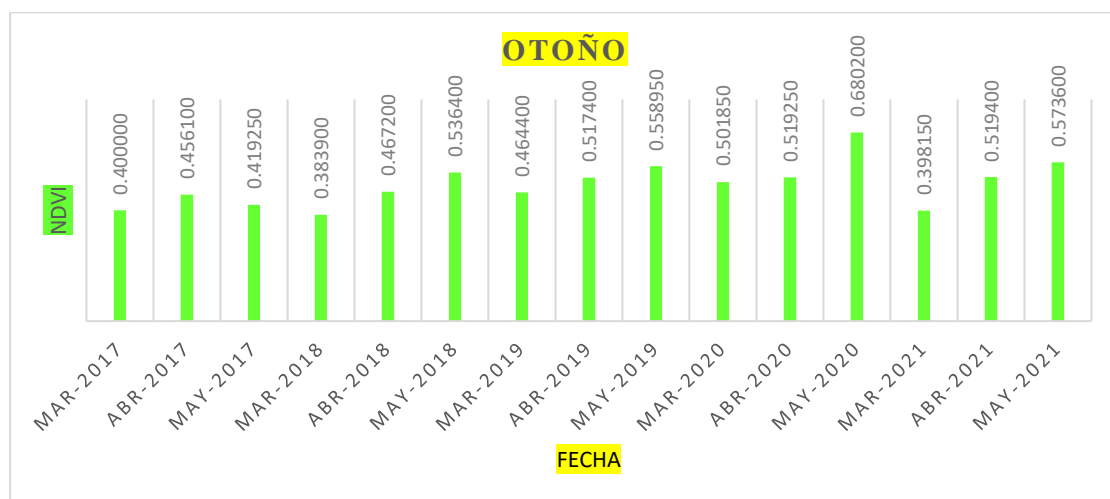


Figura 30: Comportamiento del NDVI en otoño.

En la figura 30 se muestran los valores del NDVI que determinan los cambios en la vegetación en otoño por año. En mayo del 2020 el máximo fue de 0,68020 esto nos indica que hubo una vegetación alta y marzo del 2018 el NDVI fue el mínimo de 0,38390 que nos indica una vegetación baja.

c) Relación del comportamiento temporal del NDVI y la estación de invierno.

Tabla 13

Invierno: evolución temporal del NDVI 2017-2021

FECHA	AÑO	NDVI
Junio	2017	0.5280
Julio	2017	0.5905
Agosto	2017	0.50255
Junio	2018	0.60545
Julio	2018	0.5506
Agosto	2018	0.51085
Junio	2019	0.6259
Julio	2019	0.5627
Agosto	2019	0.528
Junio	2020	0.55935
Julio	2020	0.5202
Agosto	2020	0.4155
Junio	2021	0.5732
Julio	2021	0.5593
Agosto	2021	0.5205

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13 se muestra los valores del NDVI por meses del año en la estación de invierno donde en junio del 2019 fue el NDVI más a alto con el cual se puede establecer que hubo una vegetación ligeramente vigorosa.

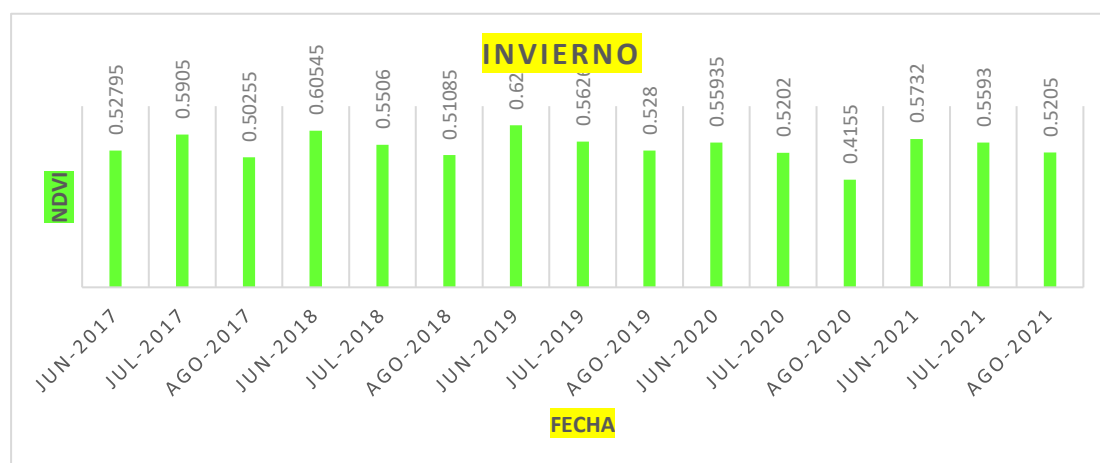


Figura 31: Comportamiento del NDVI en invierno.

En la figura 31 se muestran los valores del NDVI que determinan los cambios en la vegetación en invierno por año. En junio del 2019 el máximo fue de 0,6259 esto nos indica que hubo una vegetación alta y agosto del 2020 el NDVI fue el mínimo de 0,4155 que nos indica una vegetación baja.

d) Relación del comportamiento temporal del NDVI y la estación de primavera.

Tabla 14

Primavera: evolucion temporal del NDVI 2017-2021

FECHA	AÑO	NDVI
Setiembre	2017	0.423
Octubre	2017	0.43435
Noviembre	2017	0.45725
Setiembre	2018	0.4738
Octubre	2018	0.4152
Noviembre	2018	0.41955
Setiembre	2019	0.47605
Octubre	2019	0.4876
Noviembre	2019	0.4104
Setiembre	2020	0.47275
Octubre	2020	0.49205
Noviembre	2020	0.4466
Setiembre	2021	0.4429
Octubre	2021	0.4618
Noviembre	2021	0.38195

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14 se muestra los valores del NDVI por meses del año en la estación de primavera donde en octubre del 2020 fue el NDVI más a alto con el cual se puede establecer que hubo una vegetación escasa.

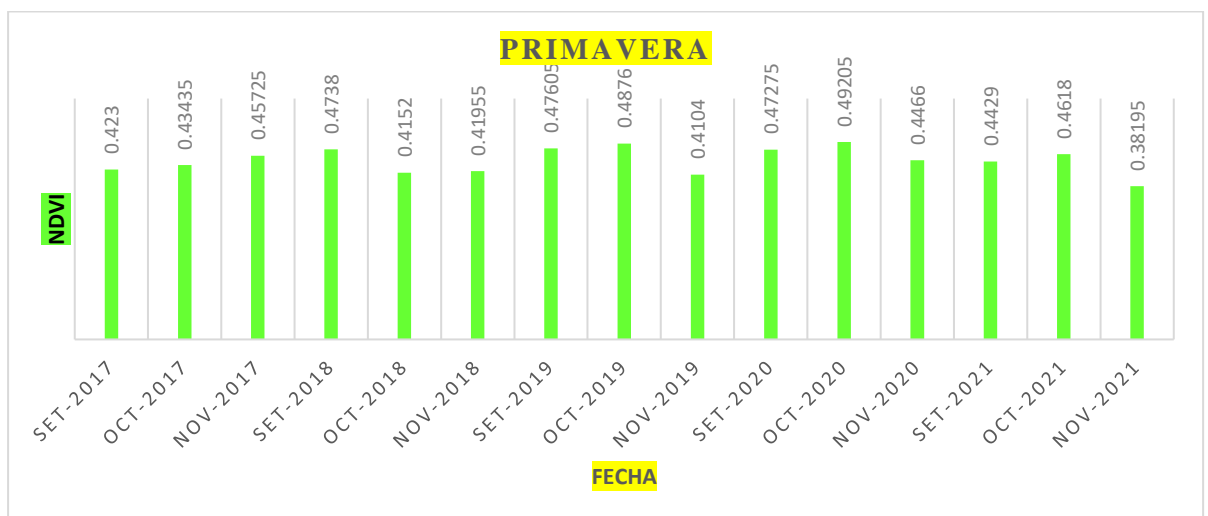


Figura 32: Comportamiento del NDVI en primavera.

En la figura 32 se muestran los valores del NDVI que determinan los cambios en la vegetación en primavera por año. En octubre del 2020 el máximo fue de 0,49205 esto nos indica que hubo una vegetación alta y agosto del 2021 el NDVI fue el mínimo de 0,38195 que nos indica una vegetación baja.

Finalmente se puede manifestar haber determinado el tercer objetivo específico planteado y con ello tener en toda la investigación todos los objetivos propuestos alcanzados a nivel descriptivo.

4.2. Resultado inferencial

La elección de la prueba estadística se basó en tres factores: el diseño de la investigación, el número de mediciones y la escala de medición de las variables. Además, se evaluó si los datos de la muestra tenían una distribución normal según las pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas, con un margen de error del 5 % y fiabilidad de 95 %.

Por lo cual El propósito del procesamiento estadístico inferencial fue correlacionar el comportamiento de las variables en estudio. Para calcular la distribución normal de los datos, se utilizó la prueba de Shapiro Wilk en una muestra pequeña para determinar si hay o no una distribución normal. Después de esto, se utilizó la prueba estadística paramétrica de correlación de Pearson para contratar las hipótesis. Todo esto se hizo utilizando el software estadístico SPSS-23.

Estimación de la normalidad

Prueba de Hipótesis

H₀: Los datos tienen una distribución normal

H₁: Los datos no tiene una distribución normal

Margen de error de 0,05= 5%

Tabla 15

Resultados de la prueba de normalidad de las imágenes 2017-2021

Shapiro-Wilk	Estadístico	gl	Sig.
NDVI2017	0,958	23	0,421
NDVI2018	0,952	23	0,317
NDVI2019	0,982	23	0,941
NDVI2020	0,960	23	0,470
NDVI2021	0,957	23	0,414

Fuente: Datos del pre y post test

La tabla 15 nos da los resultados del $p > 0.05$ por tanto, se acepta la normalidad de los datos. Por tanto, se realizó el análisis paramétrico: correlación de r de Pearson.

4.2.1. Prueba de hipótesis general

H₀: La cobertura vegetal de la provincia de Huanta no presenta cambios significativos desde el 2017 hasta el 2021.

H₁: La cobertura vegetal de la provincia de Huanta presenta cambios significativos desde el 2017 hasta el 2021.

Tabla 16

Análisis de Correlación

Resultados la correlación de Pearson del comportamiento espacio temporal mediante teledetección de evaluar la cobertura vegetal según el NDVI en la provincia de Huanta-Ayacucho del 2017 al 2021.

		Correlaciones				
		NDVI2017	NDVI2018	NDVI2019	NDVI2020	NDVI2021
NDVI2019	Correlación de Pearson	,426	,706	1	,546	,687
	Sig. (bilateral)	,043	,000		,007	,000
	N	23	23	23	23	23

El grado de correlación positiva moderada se muestra por el valor del estadístico r de Pearson de 0,426 (2019-2017). El valor del estadístico r de Pearson de 0,706 (2019-2018) indica una alta correlación. El valor del estadístico r de Pearson de 0,546 (2019-2020) indica una correlación moderadamente positiva. El valor del estadístico r de Pearson de 0,687 (2019-2021) indica una alta correlación. En todos los casos con el valor de sig $p < 0,05$, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna. Según esta hipótesis, se puede evaluar la cobertura vegetal en la provincia de Huanta-Ayacucho del 2017 al 2021 mediante teledetección.

4.2.2. Prueba de hipótesis específica 1

H₀: La cobertura vegetal de la provincia de Huanta no presenta cambios significativos en el comportamiento espacio temporal del NDVI según el tipo de suelo desde el 2017 hasta el 2021.

H₁: La cobertura vegetal de la provincia de Huanta presenta cambios significativos en el comportamiento espacio temporal del NDVI según el tipo de suelo desde el 2017 hasta el 2021.

Margen de error:0,05

Tabla 17

Prueba de la cobertura vegetal de la provincia de Huanta en el comportamiento espacio temporal del NDVI según el tipo de suelo desde el 2017 hasta el 2021.

		Correlaciones	
		TIPO DE SUELO	AREA
TIPO DE SUELO	Correlación de Pearson	1	-,452
	Sig. (bilateral)		,023
	N	25	25

El valor del estadístico r de Pearson de -0,452 nos indica el grado de correlación negativa moderada, Además esta correlación es significativa con el valor de sig (valor crítico observado) $0.023 < 0,05$ por lo cual rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna, es decir que, se puede afirmar con un 95% de confianza que el comportamiento espacio temporal del NDVI mediante imágenes satelitales permite deducir que, un NDVI mayor indica un área menor de cobertura vegetal y viceversa, según el tipo de suelo de la provincia de Huanta.

4.2.3. Prueba de hipótesis específica 2

H₀: No existe relación significativa entre el comportamiento temporal del NDVI y la temperatura ambiental de la cobertura vegetal desde el 2017 hasta el 2021 en la provincia de Huanta.

H₁: Existe relación significativa entre el comportamiento temporal del NDVI y la temperatura ambiental de la cobertura vegetal desde el 2017 hasta el 2021 en la provincia de Huanta.

Nivel de significancia:0,05

Tabla 18

Prueba de la correlación entre el comportamiento temporal del NDVI y la temperatura ambiental

		Correlaciones	
		TEMPERATURA 2017-2021	NDVI 2017-2021
	Correlación de Pearson	1	-,283
TEMPERATURA 2017.2021	Sig. (bilateral)		,029
	N	60	60

El valor del estadístico r de Pearson de -0,283 nos indica el grado de correlación negativa baja, Además esta correlación es significativa con el valor de sig (valor crítico observado) $0,029 < 0,05$ por lo cual rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna, afirmando que al 95% de confianza el comportamiento espacio temporal del NDVI mediante imágenes satelitales permite deducir que, existe relación inversa baja entre el comportamiento temporal del NDVI y la temperatura ambiental, mediante imágenes satelitales para la cobertura vegetal de la provincia de Huanta. Concluyendo que, un NDVI mayor indica temperatura ambiental menor y viceversa de la provincia de Huanta.

4.2.4. Prueba de hipótesis específica 3

H₀: No existe relación significativa entre el comportamiento temporal del NDVI y las estaciones del año de la cobertura vegetal desde el 2017 hasta el 2021 en la provincia de Huanta.

H₁: Existe relación significativa entre el comportamiento temporal del NDVI y las estaciones del año de la cobertura vegetal desde el 2017 hasta el 2021 en la provincia de Huanta.

Nivel de significancia: 0,05

Tabla 19

Prueba de la correlación entre el comportamiento temporal del NDVI y estaciones del año

		Correlaciones	
		VERANO-OTOÑO-INVIERNO-PRIMAVERA	NDVI 2017-2021
VERANO- OTOÑO- INVIERNO- PRIMAVERA	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1 60	,257* ,048 60

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

La relación positiva baja entre el comportamiento temporal del NDVI y las estaciones del año se muestra un r de Pearson de 0,257 y una correlación significativa con el valor sig de 0,048 menos de 0,05. Por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna. Con un 95% de confianza, se afirma que existe una relación positiva baja entre el comportamiento temporal del NDVI y las estaciones del año mediante imágenes satelitales.

4.3. Discusión de resultados

En los resultados de la evaluación de la cobertura vegetal de la provincia de Huanta desde el 2017 hasta el 2021, presentan resultados al problema planteado y la comprobación de la hipótesis, alcanzando así el objetivo general plantado que efectivamente existe cambios significativos de la cobertura vegetal desde el 2017 hasta el 2021 en la provincia de Huanta-Ayacucho mediante el NDVI de las imágenes satelitales, lo que coincide con los identificados por Hernández Tiburcio (13), quien menciona que, utilizó imágenes satelitales de los sensores Landsat5 TM, Landsat 7 ETM+ y Landsat 8 OLI/TIRS con una frecuencia anual entre 1996 y 2020, lo que le permitió analizar series temporales de valores NDVI., que coinciden con lo realizado en la presente investigación donde se logra alcanzar el objetivo general propuesto. A nivel descriptivo se muestran los NDVI máximos y mínimos según ello la cobertura vegetal fue significativa con valores máximos de: 0,6375 con fecha 20/07/2017; 0,6321 con fecha 18/06/2018; 0,6688 con fecha 18/06/2019; 0,6802 con fecha 16/05/2020 y 0,6055 con fecha 27/12/2021, estos resultados muestran un ajuste de la recta con pendiente positiva, que nos indica un aumento en el cambio de la cobertura vegetal. A nivel inferencial con un r de Pearson promedio de 0,673 indica una correlación positiva alta y con $p < 0,05$ aceptamos la hipótesis general alterna donde el NDVI nos permite evaluar la cobertura vegetal. Al respecto Monje Jiménez, R. J. (23), realizó el seguimiento de la cobertura verde y las características de calidad durante el período de recuperación, lo que reveló que la duración de la sequía era crucial para la capacidad de recuperación del césped bermuda Tifway. Sin embargo, según Estrada Zúñiga, A. C. y Ñaupari Vásquez, J. (8), estas herramientas han presentado limitaciones para los estudios de ganadería de precisión debido a la calidad de las resoluciones espacial, espectral y temporal de las imágenes.

Estas afirmaciones son análogos con las bases teóricas de Chuvieco, E. (6), quien afirma que las características de la superficie terrestre y los fenómenos que ocurren en ella es el objetivo de la teledetección. Pérez, C. y Muñoz, A. (25) indican que la capacidad de teledetección se produce a través de la comunicación de energía electromagnética con la superficie terrestre.

En cuanto al primer objetivo específico donde se alcanza calcular el comportamiento espacio temporal del NDVI por el tipo de suelo, mediante imágenes satelitales para la cobertura vegetal de la provincia de Huanta, donde se tiene resultados a nivel descriptivo de gráficas según el tipo de suelo y a nivel inferencial con r de Pearson de -0,452 muestra una correlación negativa moderada y con $p = 0,023 < 0,05$ aceptamos la hipótesis alterna 1, donde se afirma que el NDVI mayor permite deducir un área menor de cobertura vegetal y viceversa, según el tipo de suelo.

Estos resultados coincidieron con los identificados por Roque (32), quien menciona que el monitoreo ambiental es crucial para la conservación de las áreas naturales y de suma importancia para aquellos que brindan servicios ambientales, concluyendo que, para tomar decisiones basadas en la tecnología, es necesario conocer el comportamiento de nuestras áreas protegidas. A su vez en esa misma línea Guerra (12), en su tesis titulado: Análisis temporal de la cobertura vegetal utilizando el NDVI y su correlación con el aumento de la población en la provincia de Lima, Perú (2000-2019), Se concluye que la cobertura vegetal en la provincia de Lima disminuyó en 2769.5 ha, con una relación del 86% con el crecimiento poblacional. Finalmente, Rodríguez et al., (2021) En su artículo titulado: uso del suelo según índice de vegetación diferenciada normalizada a través de imágenes satelitales, logró analizar 341 imágenes satelitales MODIS entre 2000 y 2014 usando el software ENVI para realizar el promedio del NDVI de seis escenas durante todas las estaciones del año, cuyos resultados indicaron una línea de tendencia positiva, validada y estimada a partir de los datos de precipitación y temperatura del aire, con lo que concordamos con el artículo publicado.

En relación al segundo objetivo específico alcanzado, donde se relaciona el comportamiento temporal del NDVI con la temperatura ambiental, mediante imágenes satelitales para la cobertura vegetal de la provincia de Huanta, a nivel descriptivo se muestran las gráficas y a nivel inferencia los resultados del cálculo de la correlación con un r de Pearson de $-0,283$ que indica la correlación negativa baja y con $p=0,029 < 0,05$ aceptamos la hipótesis alterna 2, que nos permite inferir una correlación inversa baja entre el comportamiento temporal del NDVI y la temperatura ambiental. Estos resultados coinciden con los hallados por Silva et al. (37), quienes determinaron la relación entre la precipitación, el monitoreo de la napa freática y la variación de la cobertura vegetal. Los resultados obtenidos muestran una alta correlación inversa y directa del 97% para las variables (área de vegetación y napa freática) y una correlación directa del 49% para las variables (área de vegetación y precipitación) con el cual se coincide plenamente. Finalmente se coincide con la investigación realizada por Acosta (2022), esta investigación describió los índices espectrales de NDVI y NDWI para el análisis espacio temporal de la cobertura de vegetación y humedad del suelo de manera anual, a través de imágenes clasificadas y promediadas en un periodo de 29 años desde 1990 hasta el 2018 con 115 imágenes satelitales, indicando que las actividades antrópicas son las principales causas del cambio climático y el calentamiento global. Por lo tanto, es crucial conocer las líneas de investigación que relacionen Series de Tiempo de Temperatura Superficial e Índices de Vegetación.

Finalmente, en el tercer objetivo específico se relacionó el comportamiento temporal del NDVI y las estaciones del año, mediante imágenes satelitales para la cobertura vegetal de la provincia de Huanta. Donde a nivel descriptivo se muestran gráficas y a nivel inferencial la correlación

de r de Pearson con valor de 0,257 indica el grado de correlación positiva baja y con $p=0.048<0,05$, donde afirmamos que, existe una correlación positiva baja entre el comportamiento temporal del NDVI y las estaciones del año. Estos resultados coinciden con los identificados por Flores, Nathalie, Castro, Irene, & Aponte, Héctor. (10), utilizando sistemas de información geográfica y teledetección, indicaron que los Pantanos de Villa son un humedal Ramsar de la ciudad de Lima y que, al igual que muchos humedales costeros, han sufrido cambios naturales y antropogénicos en los últimos años.

Por lo tanto, apoyados en los fundamentos detallados en los párrafos anteriores, se determina que, el comportamiento espacio temporal mediante teledetección permitió evaluar la cobertura vegetal según el NDVI en la provincia de Huanta-Ayacucho del 2017 al 2021, generando implicaciones enriquecedoras de enseñanza-aprendizaje, que influyen en los profesionales y estudiantes en una nueva línea de investigación para el alcance de sus objetivos.

CONCLUSIONES

1. En esta tesis se evaluó el grado de correlación positiva del comportamiento espacio temporal de la cobertura vegetal, aplicando la técnica de Teledetección en la provincia de Huanta, mediante el análisis estadístico descriptivo donde se determinó que en los meses de mayo, junio y julio después de las lluvias el NDVI tuvo un valor máximo lo que nos indicó que hubo un comportamiento espacio temporal de cobertura vegetal significativa. En lo inferencial, el valor del estadístico r de Pearson de 0,426 (2019-2017); indicó el grado de correlación positiva moderada. El valor del estadístico r de Pearson de 0,706 (2019-2018); indicó el grado de correlación positiva alta. El valor del estadístico r de Pearson de 0,546 (2019-2020); indicó el grado de correlación positiva moderada. El valor del estadístico r de Pearson de 0,687 (2019-2021); indicó el grado de correlación positiva alta. En todos los casos con el valor de sig (valor crítico observado aceptando la hipótesis alterna, es decir que, el comportamiento espacio temporal mediante teledetección permitió evaluar la cobertura vegetal en la provincia de Huanta-Ayacucho del 2017 al 2021.

2. En esta tesis se determinó el comportamiento espacio temporal del NDVI según el tipo de suelo, mediante imágenes satelitales para la cobertura vegetal de la provincia de Huanta, mediante el análisis estadístico descriptivo del área vegetativa y vigorosidad del cultivo como: suelo desnudo, vegetación escasa, vegetación estresada, vegetación ligeramente vigorosa y vegetación vigorosa, además mostrando sus mapas temáticos de los años 2017 al 2021. A nivel inferencial el valor del estadístico r de Pearson de -0,452 nos indicó el grado de correlación negativa moderada, Además esta correlación es significativa con el valor de $0,023 < 0,05$ lo cual aceptamos la hipótesis alterna, es decir que, alcanzamos afirmar con un 95% de confianza que el comportamiento espacio temporal del NDVI mediante imágenes satelitales permitió deducir que, un NDVI mayor indica un área menor de cobertura vegetal y viceversa, según el tipo de suelo de la provincia de Huanta.

3. En esta tesis se determinó la relación inversa que existe entre el comportamiento temporal del NDVI mediante imágenes satelitales y la temperatura ambiental de la vegetación en la provincia de Huanta. El análisis estadístico descriptivo de la relación de variabilidad temporal de la cobertura vegetal según el NDVI y la temperatura ambiental se determinó que, a mayor temperatura menor vegetación y viceversa. A nivel inferencial, el valor del estadístico r de Pearson de -0,283 nos indica el grado de correlación negativa baja, Además esta correlación fue significativa con valor de $0,029 < 0,05$ por lo cual aceptamos la hipótesis alterna, afirmando que al 95% de confianza el comportamiento espacio temporal del NDVI mediante imágenes satelitales permitió deducir que, existe relación inversa baja entre el comportamiento temporal

del NDVI y la temperatura ambiental, mediante imágenes satelitales para la vegetación de la provincia de Huanta. Concluyendo que, un NDVI mayor mostró una temperatura ambiental menor y viceversa de la provincia de Huanta.

4. En esta tesis se determinó la relación directa que existe entre el comportamiento temporal del NDVI mediante imágenes satelitales y las estaciones del año, para la vegetación de la provincia de Huanta. En el análisis estadístico descriptivo se determinó la relación de variabilidad temporal de la cobertura vegetal según el NDVI y las estaciones del año donde, por cada estación del año existió una relación directa baja de la cobertura vegetal según el indicador NDVI. A nivel inferencial, el valor del estadístico r de Pearson de 0,257 nos indicó el grado de correlación positiva baja, Además esta correlación fue significativa con valor de $0,048 < 0,05$ por lo cual aceptamos la hipótesis alterna, afirmando que al 95% de confianza, el comportamiento espacio temporal del NDVI mediante imágenes satelitales permitió deducir que, existe relación directa baja entre el comportamiento temporal del NDVI y las estaciones del año, mediante imágenes satelitales para la cobertura vegetal de la provincia de Huanta.

Finalmente concluimos que la evaluación temporal de la vegetación según el indicador NDVI mediante la técnica de teledetección satelital nos permitió adquirir datos de la superficie terrestre procesarlos y tener la información, afin de ser aplicados por los profesionales de diferentes líneas de investigación que den soluciones a los diversos problemas ambientales como el ordenamiento territorial, vigilancia y toma de decisiones de los gobiernos regionales y autoridades a fin de mitigar y preservar nuestro medio ambiente.

RECOMENDACIONES

Siguiendo esta misma línea, evaluar el impacto de las actividades humanas como la agricultura, la ganadería y la deforestación que han influido en los cambios de la cobertura vegetal.

Utilizar otras herramientas de información geográfica (SIG) de acceso libre.

Comparar con otras regiones estudios similares realizados en otras regiones para identificar patrones regionales y globales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

1. ACOSTA ASTO, Daily Brush. Análisis espacial y temporal de la cobertura de vegetación y humedad del suelo, mediante imágenes landsat, en la zona de influencia de la represa cuchoquesera, región Ayacucho. 2022.
2. ALBURQUEQUE. S. Y ROJAS. A. Estimación de la Temperatura Superficial del Mar. 2010.
3. ÁLVAREZ-RISCO, Aldo. Clasificación de las investigaciones. 2020.
4. BUSTAMANTE, Ricardo; GREZ, Antonio. Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos. *Ambiente y desarrollo*, 1995, vol. 11, no 2, p. 58-63.
5. CAMPBELL, James B.; WYNNE, Randolph H. Introducción a la teledetección. Prensa de Guilford, 2011.
6. CHUVIECO, Emilio. Fundamentos de teledetección espacial. 1990.
7. CHUVIECO, Emilio. Fundamentos de teledetección espacial. *Estudios Geográficos*, 1991, vol. 52, no 203, p. 371.
8. ESTRADA ZÚÑIGA, Andrés C.; ÑAUPARI VÁSQUEZ, Javier. Detección e identificación de comunidades vegetales altoandinas, Bofedal y Tolar de Puna Seca mediante ortofotografías RGB y NDVI en drones “Sistemas Aéreos no Tripulados”. *Ciencia Agropecuaria*, 2021, vol. 12, no 3, p. 291-301.
9. FAO. Cambios en la cobertura forestal. Programa de Evaluación de Recursos Forestales. Documento de Trabajo 36. Roma.55. 2000.
10. FLORES, Nathalie; CASTRO, Irene; APONTE, Héctor. Evaluación de las unidades de vegetación en Los Pantanos De Villa (Lima, Perú) mediante sistemas de información geográfica y teledetección. *Arnaldoa*, 2020, vol. 27, no 1, p. 303-321.
11. GARCÍA-REYES, Roberto Alejandro, et al. Relación salinidad-cultivo de caña determinada por teledetección en el Ingenio Urbano Noris. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 2021, vol. 30, núm. 2, pág. 16-22.
12. GUERRA CARDENAS, María de los Ángeles Lisbeth. Análisis espacio temporal de la cobertura vegetal mediante el NDVI, y su relación con el crecimiento poblacional de la provincia de Lima, Perú (2000-2019). 2021.
13. HERNÁNDEZ TIBURCIO, Eduardo Ernesto. Análisis de la dinámica de la vegetación como línea base para la mejora de los servicios ecosistémicos hídricos en la subcuenca del río Bao, República Dominicana. 2020.
14. HERNÁNDEZ-SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ-COLLADO, Carlos; BAPTISTA-LUCIO, Pilar. Análisis de los datos cuantitativos. *Metodología de la investigación*, 2006, p. 407-499.

15. HERNÁNDEZ-SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ-COLLADO, Carlos; BAPTISTA-LUCIO, Pilar. Alcance de la Investigación. 2017.
16. HERNÁNDEZ-SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ-COLLADO, Carlos; BAPTISTA-LUCIO, Pilar. Análisis de los datos cuantitativos. Metodología de la investigación, 2006, vol. 6, p. 270-335.
17. ISLA, R.; LÓPEZ-LOZANO, R. Comparación de distintos índices de vegetación para detectar deficiencias de nitrógeno en maíz. Revista de teledetección, 2005, vol. 24, p. 5-9.
18. LLECLLISH ROJAS, Henry Edinson. Evolución temporal de la cobertura vegetal de la cuenca del Rímac mediante el NDVI y su relación con la precipitación en el periodo 1984-2016. 2021.
19. MARCATOMA TUMBALOBOS, Enrique. Relación de la humedad de suelo con el índice de agua y vegetación de los bofedales altoandinos de la Microcuenca-Apacheta, Ayacucho 2017. 2023.
20. MATTAR, C., et al. Estimación de la humedad del suelo a partir de índices de vegetación y microondas pasivas. Revista de Teledetección, 2011, vol. 36, p. 62-72.
21. MOLINA OMEN, Rubén Darío. Más allá de las dinámicas económicas del cultivo de la coca: reproducción social campesina y reconfiguración del territorio en el municipio de Almaguer–Cauca, Colombia. 2019. Tesis de Maestría. Quito, Ecuador: Flacso Ecuador.
22. MONCADA SOSA, Wilmer Enrique. Análisis del balance de masa para la evaluación del régimen hidrológico empleando técnicas de teledetección satelital y modelos hidrológicos– Caso estudio: Cabecera de la cuenca Cachi-Apacheta, Región Ayacucho. 2021.
23. MONJE JIMÉNEZ, R. J. Respuesta y recuperación a la sequía de especies formadoras de céspedes utilizadas en campos de golf en Andalucía. *Modelo de gestión*. 2020. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
24. PARUELO, José M., et al. Dos décadas de cambios en el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada en América del Sur: identificando la huella del cambio global. Revista Internacional de Teledetección, 2004, vol. 25, núm. 14, pág. 2793-2806.
25. PEREZ, Carlos; MUÑOZ, Ángel L. Teledetección: nociones y aplicaciones. Carlos Pérez, 2006.
26. PISCOYA PEREZ, Lesly Rosario. Índice de vegetación de diferencia normalizada en el distrito de Puquina, Moquegua. 2019.
27. PISCOYA SANTIBAÑEZ, Jorge Armando. Detección de cambios en áreas agrícolas usando espectroradiometría de campo y teledetección. 2021.
28. QUEZADA. G Y ROJAS. A. Modelo físico de la estimación de la concentración de clorofila-a en el mar peruano usando imágenes MODIS. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas, Lima-Perú. *Revista de investigación de física*, 2011, vol. 14, no 02, p. 1-6.

29. RIVERA RAMOS, Roy Josué; VARGAS ARROYO, Clinton Nilton. Condiciones del suelo y de la biota en el humedal Huaper altamente impactado por actividades antropogénicas en la comunidad de Azángaro del distrito de Luricocha, provincia de Huanta, región Ayacucho–2021. 2021.
30. RODRÍGUEZ CHÁVEZ, Ó. E., & ARREDONDA BAUTISTA, H. A. Manual para el manejo y procesamiento de imágenes satelitales obtenidas del sensor remoto Modis de la NASA, aplicado en estudios de ingeniería civil. *Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia*, 2005.
31. RODRÍGUEZ, Jorge Luis Lozano, et al. Uso del suelo según índice de vegetación diferenciada normalizada, mediante imágenes satelitales, tambillo-Ayacucho, 2000-2014, Perú: Land use according to normalized differentiated vegetation index, using satellite images, tambillo-Ayacucho, 2000-2014, Peru. *South Florida Journal of Development*, 2021, vol. 2, no 3, p. 4912-4928.
32. ROQUE QUIROZ, Ruben Anthony. Tendencia del NDVI en el Área de Conservación Regional Angostura Faical de Tumbes, Perú, 1999-2019. *Manglar*, 2022, vol. 19, no 3, p. 233-237.
33. ROUSE JR, John W., et al. *Seguimiento del avance primaveral y retrogradación (efecto onda verde) de la vegetación natural. 1974.*
34. RUBIO, AM Piedad, et al. Teledetección en la agricultura de precisión: estado del arte de los índices de vegetación. *TECTZAPIC: Revista Académico-Científica*, 2020, vol. 6, no 2, p. 46-58.
35. SACHS, Jeffrey D., et al. Seguimiento eficaz de la agricultura: una respuesta. *Revista de Monitoreo Ambiental*, 2012, vol. 14, núm. 3, pág. 738-742.
36. SEMANAT, Andrés Subert; HUNG, Lídices Reyes; PIÑOL, David Castro. Teledetección de Estrés en cultivos de Caña a través de Imágenes Multiespectrales. *Telemática*, 2021, vol. 20, no 4, p. 25-39.
37. SILVA, Luz Alexandra Javier; QUICANA, Edwin Portal; BOZA, Francisco Alejandro Alcántara. Evaluación de la cobertura vegetal en bofedales altoandinos en función de la napa freática y precipitación utilizando imágenes de satélite. *Revista del Instituto de investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias geográficas*, 2021, vol. 24, no 48, p. 299-306.
38. SISHODIA, Rajendra P.; RAY, Ram L.; SINGH, Sudhir K. Aplicaciones de la teledetección en agricultura de precisión: una revisión. *Teledetección*, 2020, vol. 12, núm. 19, pág. 3136.
39. SOBRINO, José A. Teledetección. Universidad de Valencia, 2001.
40. SOLANO. R Y ROJAS. A. Evaluación de la vegetación y del estado de suelos de la Región Ayacucho mediante datos satelitales, periodo 2000 – 2012, dirigido por la Universidad

Nacional San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho. Financiamiento: Fondo de Desarrollo Socioeconómico del Proyecto Camisea (FOCAM). 2013.

41. TAO, Huilin, et al. Estimación de los parámetros de crecimiento de los cultivos utilizando datos de teledetección hiperespectral basados en vehículos aéreos no tripulados. *Sensores*, 2020, vol. 20, núm. 5, pág. 1296.
42. VEGA CHAVEZ, Alessandra. Análisis del índice normalizado de vegetación (NDVI) del bosque de protección Pagaibamba, Cajamarca Perú, 2016-2022. 2023.
43. WEISS, Marie; JACOB, Frédéric; DUVEILLER, Grgory. Teledetección para aplicaciones agrícolas: una meta-revisión. *Teledetección del medio ambiente*, 2020, vol. 236, pág. 111402.
44. WRIGHT, Eugenia M. *Sensores remotos (análisis visual)*. 2021.
45. ZEE. Gobierno Regional de Ayacucho. Documento: Memoria Descriptiva de Cobertura Vegetal y Uso Actual-ZEE del departamento Ayacucho-Perú. 2012.
46. ZHAO, Hengqian, et al. Estimación automática de los niveles de gravedad de las enfermedades de los cultivos en función de la normalización del índice de vegetación. *Teledetección*, 2020, vol. 12, núm. 12, pág. 1930.
47. ZULUAGA GÓMEZ, Oscar Arley; PATIÑO QUINCHÍA, Jorge Eduardo; VALENCIA HERNÁNDEZ, German Mauricio. Modelos implementados en el análisis de series de tiempo de temperatura superficial e índices de vegetación: una propuesta taxonómica en el contexto de cambio climático global. *Revista de Geografía Norte Grande*, 2021, no 78, p. 323-344.
48. ZÚÑIGA LÓPEZ, Juan Manuel. Aplicación de sensores remotos para análisis del estado vegetativo del cultivo de palma de aceite por medio del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) y firmas espectrales mediante fotografías aéreas. 2018.

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: Evaluación temporal de la cobertura vegetal mediante teledetección en la provincia de Huanta-Ayacucho, 2017- 2021

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Métodos	Técnicas e Instrumentos
¿Cuáles son los cambios espacio temporales de la cobertura vegetal desde el 2017 hasta el 2021 en la provincia de Huanta-Ayacucho?	Evaluar los cambios espacio temporales de la cobertura vegetal desde el 2017 hasta el 2021 en la provincia de Huanta-Ayacucho.	La cobertura vegetal de la provincia de Huanta presenta cambios significativos desde el 2017 hasta el 2021.	Tipo de Investigación: Relacional Diseño de Investigación: cuantitativo No experimental Población: Imágenes satelitales MODIS. La región de Ayacucho cuenta con una superficie: 43 815 km ² con coordenadas UTM 586207E y 8575059N de la sierra central del Perú Muestra: Selección aleatoria de un subconjunto de observaciones de las áreas de la población objetivo, según las imágenes satelitales en el periodo 2017 al 2021	Técnicas: Observación Análisis documental (imágenes satelitales) Instrumentos: Guía de análisis documental Programa de procesamiento de datos con el Software ENVI. Procesamiento de imágenes con el Software Arc Gis. Fuentes: Libros especializados Revistas científicas ▪ Catálogos virtuales ▪ Muestra seleccionada ▪ Páginas web.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas		
<p>1. ¿Cuál es el comportamiento espacio temporal del NDVI según el tipo de suelo de la cobertura vegetal desde el 2017 hasta el 2021 en la provincia de Huanta?</p> <p>2. ¿Cuál es la relación que existe entre el comportamiento temporal del NDVI y la temperatura ambiental de la cobertura vegetal desde el 2017 hasta el 2021 en la provincia de Huanta?</p> <p>3. ¿Cuál es la relación que existe entre el comportamiento temporal del NDVI y las estaciones del año de la cobertura vegetal desde el 2017 hasta el 2021 en la provincia de Huanta?</p>	<p>1. Determinar el comportamiento espacio temporal del NDVI según el tipo de suelo de la cobertura vegetal desde el 2017 hasta el 2021 en la provincia de Huanta.</p> <p>2. Determinar la relación que existe entre el comportamiento temporal del NDVI y la temperatura ambiental de la cobertura vegetal desde el 2017 hasta el 2021 en la provincia de Huanta.</p> <p>3. Determinar la relación que existe entre el comportamiento temporal del NDVI y las estaciones del año de la cobertura vegetal desde el 2017 hasta el 2021 en la provincia de Huanta.</p>	<p>1. La cobertura vegetal de la provincia de Huanta presenta cambios significativos en el comportamiento espacio temporal del NDVI según el tipo de suelo desde el 2017 hasta el 2021.</p> <p>2. Existe relación significativa entre el comportamiento temporal del NDVI y la temperatura ambiental de la cobertura vegetal desde el 2017 hasta el 2021 en la provincia de Huanta.</p> <p>3. Existe relación significativa entre el comportamiento temporal del NDVI y las estaciones del año de la cobertura vegetal desde el 2017 hasta el 2021 en la provincia de Huanta.</p>		

ANEXO 2: Mapa de la provincia de Huanta

