

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE **INGENIERÍA AMBIENTAL**

“ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD ESPACIO - TEMPORAL DE
LA COBERTURA VEGETAL EN EL PARQUE NACIONAL DE
CUTERVO DURANTE EL PERIODO 2010 - 2021”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniera ambiental

Autores:

Heydy Analy Carrasco Julon
Luzmeri Flores Vilchez

Asesor:

Dra. Sc. Irma Geralda Horna Hernández
<https://orcid.org/0000-0003-3961-0933>

Cajamarca – Perú

2024

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	JULIAN RICARDO DÍAZ RUIZ	09294063
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	JUAN CARLOS FLORES CERNA	44838354
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	MARYURI YOHANA VEGA ERAS	40731433
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

Tesis Final

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	18%	4%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
2	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	1library.co Fuente de Internet	1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	vsip.info Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.ufmg.br Fuente de Internet	<1%
7	www.gob.pe Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Nacional de Tumbes Trabajo del estudiante	<1%
9	erp.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	

DEDICATORIA

En primer lugar, esta investigación va dedicada a Dios por brindarnos vida y salud, de esta manera poder lograr nuestros objetivos tanto personales como profesionales. Seguidamente a nuestros padres y familiares por ser el ejemplo a seguir, brindarnos su apoyo y amor incondicional; finalmente a todas aquellas personas que creyeron en nuestra capacidad de superación y lograr nuestras metas.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradecemos a Dios por guiarnos a lo largo de nuestra vida, por darnos la fuerza y fortaleza de seguir adelante independientemente de las circunstancias; así mismo, a nuestros familiares por creer y confiar en nosotras día a día, por su infinito amor ya que gracias a sus consejos podemos seguir adelante, de igual manera agradecemos a nuestros docentes de la Universidad Privada del Norte de la carrera de Ingeniería Ambiental por transmitirnos sus conocimientos, a nuestra asesora Dr. Sc. Irma Geralda Horna Hernández, por brindarnos su tiempo y apoyo constante, también al Programa Nacional de Becas y Créditos Educativos (PRONABEC) por proporcionarnos la oportunidad de obtener una carrera profesional mediante el Programa Beca 18, finalmente agradecemos a todas las personas que estuvieron presente en el proceso del desarrollo del trabajo de investigación sobre “Análisis de la Variabilidad Espacio – Temporal de la Cobertura Vegetal en el Parque Nacional de Cutervo, durante el periodo 2010 – 2021”, para optar con el título profesional en

Ingeniería Ambiental.

TABLA DE CONTENIDOS

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDOS	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
RESUMEN	10
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Formulación del problema	27
1.3. Objetivos	28
1.4. Hipótesis	28
CAPITULO II: METODOLOGÍA	29
2.1. Tipo de investigación	29
2.2. Población y muestra	29
CAPITULO III: RESULTADOS	49
CAPITULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	71
REFERENCIAS	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación del NDVI _____	22
Tabla 2 Característica imagen Landsat 7 _____	25
Tabla 3 Característica imagen Landsat 8 _____	26
Tabla 4 Caracterización de imágenes satelitales _____	36
Tabla 5 NDVI Parque Nacional de Cutervo en el año 2010 _____	51
Tabla 6 NDVI Parque Nacional de Cutervo en el año 2013 _____	53
Tabla 7 NDVI Parque Nacional de Cutervo en el año 2016 _____	55
Tabla 8 NDVI Parque Nacional de Cutervo en el año 2018 _____	57
Tabla 9 NDVI Parque Nacional de Cutervo en el año 2020 _____	59
Tabla 10 NDVI Parque Nacional de Cutervo en el año 2021 _____	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sistema de teledetección	23
Figura 2 Diagrama de flujo del proceso metodológico	31
Figura 3 Mapa de ubicación del Parque Nacional de Cutervo	33
Figura 4 Shapefile de las Áreas Naturales Protegidas por el Estado	34
Figura 5 Imagen satelital correspondiente al año 2010	37
Figura 6 Imagen satelital correspondiente al año 2016	37
Figura 7 Imagen satelital correspondiente al año 2021	38
Figura 8 Corrección de imagen satelital Landsat 7	39
Figura 9 Unión de bandas de imagen satelital Landsat 7 del 2010	40
Figura 10 Unión de bandas de imagen satelital Landsat 8 del 2016	41
Figura 11 Unión de bandas de imagen satelital Landsat 8 del 2021	41
Figura 12 Recorte de imagen satelital Landsat 7 del 2010	42
Figura 13 Recorte de imagen satelital Landsat 8 del 2016	43
Figura 14 Recorte de imagen satelital Landsat 8 del 2021	43
Figura 15 NDVI para el año 2010	45
Figura 16 NDVI para el año 2016	46
Figura 17 NDVI para el año 2021	46
Figura 18 ModelBuilder para cálculo de NDVI	47
Figura 19 Mapa NDVI para el año 2010	50
Figura 20 Mapa NDVI para el año 2013	52
Figura 21 Mapa NDVI para el año 2016	54
Figura 22 Mapa NDVI para el año 2018	56
Figura 23 Mapa NDVI para el año 2020	58
Figura 24 Mapa NDVI para el año 2021	60

Figura 25 Variación de NDVI del 2010 al 2021	62
Figura 26 Correlación entre suelo desnudo y el periodo de tiempo analizado	63
Figura 27 Correlación entre vegetación escasa y el periodo de tiempo analizado	64
Figura 28 Correlación entre vegetación medianamente densa y el periodo de tiempo analizado	65
Figura 29 Correlación entre vegetación densa y el periodo de tiempo analizado	66
Figura 30 Imagen satelital Parque Nacional de Cutervo en el año 2013	67
Figura 31 Imagen satelital Parque Nacional de Cutervo en el año 2020	67
Figura 32 Imagen satelital de un sector del Parque Nacional de Cutervo en el año 2011	68
Figura 33 Imagen satelital de un sector del Parque Nacional de Cutervo en el año 2019	69

RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación fue determinar la variabilidad espacio-temporal de la cobertura vegetal en el Parque Nacional de Cutervo durante el periodo 2010 – 2021. Para lo cual se utilizaron datos de imágenes satelitales de tipo Landsat 7 y Landsat 8, el desarrollo se realizó a través de la técnica de clasificación no supervisada con el software ArcGIS y QGIS, logrando la clasificación de 4 categorías aplicando el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). El trabajo de investigación fue de tipo descriptiva correlacional, con la utilización de un diseño de investigación no experimental de naturaleza longitudinal; los resultados obtenidos fueron que el suelo desnudo se ha incrementado en 115.46 ha siendo equivalente a un 12.78%, la vegetación escasa se incrementó en 26.49 ha equivalente a un 7.39%, la vegetación semi densa se incrementó en 184.96 ha equivalente a un 12% y la vegetación densa se redujo en 446.81 ha de bosque equivalente a un 8.39%, en el periodo del 2010 al 2021.

Palabras clave: Imagen satelital, área natural protegida, cubierta vegetal.

ABSTRACT

The main objective of this research was to determine the spatial-temporal variability of vegetation cover in Cutervo National Park during the period 2010 - 2021. Satellite image data from Landsat 7 and Landsat 8 were used for this purpose. The analysis was conducted using the unsupervised classification technique with the software ArcGIS and QGIS, Achieving the classification of 4 categories by applying the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). The research work was descriptive correlational in nature, utilizing a non-experimental longitudinal research design; the results obtained indicated that bare soil increased by 115.46 hectares, equivalent to 12.78%, and sparse vegetation increased by 26.49 hectares, equivalent to 7.39%, the semi-dense vegetation increased by 184.96 hectares, equivalent to 12%, while dense vegetation decreased by 446.81 hectares of forest, equivalent to 8.39%, during the period from 2010 to 2021.

Key words: Satellite imagery, protected natural area, vegetation cover.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En los últimos años la evolución de la actividad humana se considera como la mayor fuerza que altera los ecosistemas sobrepasando las fuerzas naturales, ya que estos son responsables de un gran porcentaje de los cambios y alteraciones en los ecosistemas. Dentro de las principales afectaciones ambientales generados por el ser humano tenemos: transformación de la cubierta vegetal, degradación de suelos, utilización intensificada del suelo (Granados et al., 2022). Dichas afectaciones ambientales se interrelacionan entre si ya que por lo general la pérdida o cambio de la cubierta vegetal casi siempre se relaciona con la degradación del suelo generando un impacto en el futuro sobre las propiedades del suelo. “El cambio y la pérdida de la cubierta vegetal es el primer paso del proceso de deterioro del suelo; si éste no se controla a tiempo, provocará que el paisaje se desertifique” (Muñoz et al., 2009, p.12).

Acorde con el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2015), nuestro país posee una gran diversidad; dado que poseemos una compleja y gran variedad geomorfológica, edáfica, climática y vegetal. Tanto la flora como la vegetación poseen gran variedad, además de estar distribuidas en distintos entornos, que van desde extensas zonas montañosas, llanuras aluviales con bosques lluviosos, hasta llanuras desérticas y semidesérticas. Esto hace que muchas de las zonas con vegetación sean vulnerables al cambio de cobertura vegetal ocasionada por los pobladores aledaños a las zonas de interés.

“Los estudios relacionados con los cambios progresivos en la cobertura vegetal, han cobrado importancia en la investigación ambiental, ya que han permitido evaluar las tendencias espacio-temporales de procesos como la deforestación y degradación ambiental, provocadas por actividades humanas” (Osuna et al., 2015, p.1).

La primera área natural protegida en el Perú y además de ser uno de los principales ecosistemas nacionales El Parque Nacional de Cutervo, cuya finalidad es proteger la diversidad biológica de la cuenca del Marañón, está ubicada sobre cinco zonas de vida, situado en la eco región del páramo en la cordillera de Tarros (Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado, 2010). No obstante, últimamente las acciones antrópicas se han vuelto uno de los principales entes que contribuyen a la transformación del ecosistema, destruyéndolos o alterándolos para expandir sus actividades económicas sin considera los impactos y afectos que adversos que estas traen a los sistemas y recursos naturales (Morales et al., 2016). Este cambio de cobertura vegetal ha estado ocurriendo desde hace ya muchos años atrás y presenta una serie de desafíos ambientales y ecológicos que amenazan la integridad de este ecosistema único. Dentro de las principales actividades humanas que están afectando esta área natural tenemos el aumento de la ganadería y agricultura, la tala indiscriminada de los bosques, junto con factores como por ejemplo el cambio climático, han contribuido a disminuir y perder la cubierta vegetal original.

La carencia de investigaciones y estudios sobre la cobertura vegetal y sus cambios en el Parque Nacional de Cutervo dificulta generar un análisis a detalle de las causas, las consecuencias y la magnitud de estos cambios. Por lo tanto, es esencial abordar esta problemática mediante una investigación científica que evalúe el cambio de la cobertura vegetal en el Parque nacional de Cutervo en el transcurso de la última década.

1.1.1. Antecedentes

1.1.1.1. Internacionales

El trabajo denominado “Análisis multitemporal del cambio de cobertura vegetal en el área de manejo Los Números” elaborado por (Figuroa et al. 2020), el objetivo principal de este estudio fue la evaluación de una dinámica espaciotemporal del cambio de cobertura del suelo durante el periodo de 1986 y 2016; por lo tanto, clasificaron en cuatro categorías de

ocupación la cobertura, las cuales son: bosques, pastos o cultivos, suelo desnudo, herbazales y arbustivos. Utilizando e método de clasificación supervisada de imágenes satelitales Landsat 5 y Landsat 8. Obteniendo resultados que, en el período analizado, se produjo una disminución en las zonas arbustivas de 20,91 km² y 6,65 km² de suelo desnudo; así como 6,38 km² de la cubierta herbácea, cultivos o pastos; en tanto el 33,94 km² de los bosques representaron el aumento del límite de la cubierta forestal.

Acorde con el estudio denominado “Análisis de cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo en la región centro-norte de México. El caso de la cuenca baja del río Nazas” elaborado por (Leija et al., 2020), plantearon como objetivo la evaluación en la cuenca baja del Río Nazas, con respecto a los cambios en el uso del suelo y las coberturas vegetales en el periodo 1990-2016. Utilizando imágenes satelitales de Landsat TM y ETM, con las cuales elaboraron las bases de datos sobre uso actual del suelo y cobertura vegetal. Obteniendo que el 32,1% de las coberturas naturales fueron deforestado en los últimos veinticinco años.

En la investigación “Cambio de cobertura vegetal en la región de Bahía de Banderas, México” elaborado por (Morales et al., 2016) cuyo objetivo fue analizar las series de tiempo y observación de la transformación de la cubierta de vegetal, utilizando una clasificación supervisada por medio de un Sistema de Información Geográfica (SIG). Evidenciando como resultado un proceso de modificación y reposición de coberturas y usos del suelo, en lo cual los usos relacionados con la agricultura están experimentando un aumento significativo, comprendiendo el desarrollo activo como el cambio a vegetación secundaria, se ha experimentado la mayor tasa de deforestación en los últimos años a expensas de las zonas boscosas y selvas.

Según una investigación realizada por (Osuna et al., 2015) llamado “Evaluación del cambio de cobertura vegetal y uso de suelo en la cuenca del río Tecolutia, Veracruz, México; periodo 1994-2010” cuyo principal objetivo fue medir los efectos de la actividad humana en la

cuenca del río Tecolutla, Veracruz, México, en un lapso de tiempo de 6 años. Para los años de 1994 y 2010, utilizaron imágenes satelitales tipo Landsat de esta forma lograron identificar 9 usos y coberturas de suelo, que son: asentamientos urbanos, cultivos de cítricos, suelo agrícola, pastizales, vegetación perturbada, bosques, selva, agua y matorrales. La consecuencia fue un aumento en la cantidad de áreas destinadas a actividades humanas (agricultura y uso urbano), en un periodo de 16 años mostro variación del 28% y 67%, correspondientemente. Como resultado, en las superficies con coberturas naturales, hubo un registró de disminución del - 1.1% anual principalmente en selvas y bosques. Esto se asemeja a estudios realizadas a nivel nacional y estatal, verificando la transición de las coberturas naturales debido al aumento de las acciones humanas.

1.1.1.2.Nacionales

(Zuloaga & Gabriel, 2023), ostentaron una investigación nombrada “Cambio de uso de tierra y su impacto en la cobertura vegetal del Parque Nacional Tingo María entre los años 2006-2022”, teniendo como propósito la identificación de actores o agentes territoriales vinculados al impacto generado en el Área Natural Protegida (ANP). Para llevar a cabo dicha investigación, se avalaron de algunas metodologías, entre las cuales estaba la cualitativa, con el fin de aplicar entrevistas semiestructuradas con una observación no participativa; por otro lado, la cuantitativa, para procesar imágenes satelitales con el fin de poder determinar la tasa de cambios que sufrió el uso de tierra. Aplicando dichas metodologías, lograron identificar las coberturas de suelos afectados, así como la cobertura vegetal, cada uno establecidos en áreas específicas de uso, asociados a prácticas de una agricultura extensas las cuales fueron destinadas al autoconsumo y al mercado local. Por último, concluyeron que los cambios que soportaron las coberturas, en contraste con otras ANP, no fueron relevantes, debido a la colaboración conjunta de algunas instituciones y pobladores locales que pudieron frenar el levantamiento de actividades que son ilícitas y no autorizadas las cuales lograran impactar

claramente la cobertura vegetal del PNTM, representando un guía de misión eficaz para un espacio natural que ofrece una variedad de beneficios ecosistémicos.

Por otro lado, (Aguilar, 2022), en su investigación “Variación espaciotemporal de la cobertura vegetal de la subcuenca Santa Eulalia (Lima-Perú) en el período 2003 – 2019”. Se propuso como objetivo analizar la cobertura vegetal de la subcuenca Santa Eulalia. Para lo cual, aplico una metodología descriptiva univariable. Con el fin de medir la cobertura de la subcuenca uso el índice NDVI. Con dicha metodología y medición logro demostrar que la cobertura vegetal de poca densidad disminuyó a 2.65 km²/año, ya que el área de la cobertura vegetal densa disminuyó a 0.81 km²/año, de 19 km² (2003) a 10.6 km² (2019). Así mismo, el mapa cartográfico indica que en los valles altoandinos hay una cobertura vegetal densa, mientras que en toda la parte media de la subcuenca hay una vegetación poco densa.

(Guerra, 2020), planteo como objetivo principal la realización de un estudio sobre la cobertura vegetal en espacio y tiempo durante el periodo 2000 – 2019 con relación al desarrollo poblacional de la provincia de Lima. Para logra dicho objetivo se planteó usar un diseño descriptivo correlacional. Para el cálculo de la cobertura uso la técnica NDVI; utilizando como apoyo las imágenes satelitales previamente tratadas; mientras que, el monto poblacional fue obtenida de los censos nacionales. Logrando una relación de tipo negativa alta; así mismo; se dio a conocer que hubo un declive de 1.73% de la cobertura vegetal en toda la ramificación de la zona de investigación. Por último; el área estudiada mostró una caída de 2769.5 en cobertura vegetal presentando una correlación del 86% con el aumento poblacional.

En la tesis sustentada por (Gallardo & Montalván, 2020), plantearon examinar la disminución de la cobertura vegetal en el distrito de Morales (San Martín – Perú), durante los años de 1987 – 2017. Donde recurrieron al análisis multitemporal de imágenes satelitales, para lo cual, utilizaron el software ArcGIS empleando la técnica de clasificación supervisada. Dicha técnica les permitió estudiar los periodos 1987-1997, 1997- 2007 y 2007-2017; Arrojando

como resultado que la cobertura vegetal se vio afectada durante el periodo 1987 – 1997 se perdió 948.42 ha; por otro lado, en el periodo 1997-2007 la disminución fue de 81.83 ha, La pérdida entre 2007 y 2017 fue de 59,26 ha. Por la tanto, concluyendo que el crecimiento demográfico tiene un papel importante en la disminución de la cobertura vegetal en el distrito estudiado.

En el proyecto de tesis designada “Variabilidad espacio-temporal de la vegetación en la cuenca Quilca-Chili durante el periodo 2005-2015” elaborada por (Manchego, 2017), se propuso como objetivo principal la estimación de la variabilidad de la vegetación en la cuenca. Para logra dicha evaluación se apoyó en el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), con el que puedo evaluar el grado de desertificación que se produjo durante los años 2005 y el año 2015. Para lo cual su metodología residía en recopilar imágenes del Satélite Landsat (5 y 7) conveniente a los meses de septiembre, octubre y noviembre, con el propósito de poder determinar el NDVI en los distintos año mencionado en el estudio. En consecuencia, se evidencio que la existencia de la cobertura vegetal en dicha cuenca aumenta y disminuye periódicamente, esto se debe a las variables climáticas y los pisos altitudinales. Se concluyo que desde 2005 hasta 2015, la cobertura vegetal fue próspera, puesto que el NDVI cambió de 0,107 a 0,131; evidenciando que la vegetación inicio con 6061,39 km² y concluyó con 7854,38 km².

(Nina, 2016), presento un estudio nombrado “Cambios de la cobertura del suelo en la Reserva Nacional Salinas y Aguada Blanca Arequipa, Moquegua - Perú, con relación a la variación de la temperatura y precipitación durante el periodo 1986-2010”. En dicho estudio pudo obtener resultados desde el año 1986 al 2010 los cuales suman un total de 24 años, dichos resultado arrojaron que, en el conjunto de suelos con vegetación, la mayor pérdida que presnta los pajonales son de -55,99%, la deforestación o cambio -3,36% y presento una baja permanencia de 28,10%. Así mismo, el 75,39% de cobertura lo ocupo el césped de puna, con

una tasa de reforestación de 2,37% y su cabida para conservar fue la más alta con un 75,91%. Durante dicha etapa, para los suelos que tienen poca o ningún tipo de vegetación, los nevados presentaron una caída de -96,29% con una tasa de cambio de -12,83%, además de una permanencia baja de tan solo 3,63%; por el contrario, el suelo pobre de vegetación aumentó un 33,45% con una tasa de cambio del 1,21% y obteniendo un mayor equilibrio equivalente a 97,56%. Referente al NDVI, el promedio de la cobertura vegetal, monte ribereño y la agricultura exhibió una superior eficacia con 0,17, continuado por el bofedal con 0,16; por otro lado, el pajonal y tolar alcanzaron valores mucho más bajos, únicamente con 0,02. El año 1986 presentó una mayor tabla de vigor de 0,10 mientras que en 1992 solo se alcanzó 0,06.

1.1.1.3.Locales

De acuerdo a la investigación denominada “Análisis de cambio de cobertura y uso de la tierra con imágenes satelitales del distrito de Socota - Cutervo período 2002-2017”, realizada por (Idrogo, 2022), planteó como objetivo que mediante el uso de imágenes satelitales Landsat 5 (2002) y Landsat 8 (2017), además de utilizar la metodología y clasificación de cobertura terrestre Corine Land Cover, buscó identificar las transformaciones de cobertura y uso del suelo. concluyendo que durante los años analizados ocurrieron modificaciones de un total de 15 468.20 ha, causando impacto en la cobertura del uso de la tierra con un total de 5 539.95 ha correspondiente al 35.82 % y sin cambio para 9 928.25 ha proporcional al 64.18 %. Un área de 9928.21 ha no experimentó cambios durante la transición de la cobertura y uso del suelo a lo largo de los años 2002 y 2017.

De acuerdo con la investigación denominada “Estudio de la Evolución de la Cobertura Vegetal de los Suelos mediante Imágenes Landsat, Distrito Sexi – Cajamarca”, elaborada por (Pinzón, 2022). planteó como principal objetivo evaluar el desarrollo y las tendencias de la cobertura vegetal. Para lo cual utilizó imágenes que tenían menor nubosidad. Llegando a la

conclusión de que las coberturas de roca son más comunes, ocupando en promedio de 9025.5 ha representado el 47.51% de la superficie del distrito. Durante los últimos 30 años, se a estudiado el comportamiento de los tipos de cobertura rala y rocosa. La cobertura semidensa, fue la que se mantuvo con menos cambios en el espacio-tiempo, siendo la más estable. Seguido de la cobertura densa, la cual experimentó puntos de disminución significativos, como en 1991.

Para (Gutiérrez & Vélchez, 2022), en su investigación “Evaluación de cobertura vegetal en el distrito de Cajamarca utilizando dos técnicas espectrales del 2000 al 2020”, el objetivo de su investigación fue que con la utilización de técnicas espectrales como el índice de vegetación de diferencia normalizada, definirá el porcentaje generado por la degradación de cubiertas vegetales en el distrito de Cajamarca entre los años 2000 a 2020, en función del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) obtenido de imágenes satelitales Landsat 7 ETM+ y Landsat 8 junto con una combinación de bandas 451 y 562, se determinó que la cobertura vegetal ha variado. Utilizando la metodología no experimental – longitudinal – correlacional. Los hallazgos indicaron que la degradación más significativa de la cobertura de tipo forestal fue de -8.23% durante el periodo 2016 al 2018, del -6.59% en el periodo de 2010 a 2012 y del 0.28 % en el periodo de 2014 a 2016. De manera similar la cobertura vegetal de tipo No boscoso como son los pajonales andinos y matorrales arbustivos, experimentaron la mayor degradación en el periodo de 2000 a 2002 equivalente a 1.84 %, 2008 a 2010 con un porcentaje de 1.16 y del 2012 a 2014 con una tasa del 1.24%.

En la investigación “Variabilidad temporal y espacial de la vegetación en la microcuenca del río Porcón durante el periodo 2003 – 2019”, realizada por (Ugaz, 2020), planteó el propósito de establecer la variación espacio- tiempo de la vegetación en la microcuenca del río Porcón, durante los años 2003- 2019, usando el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). Se identifico que la presencia de cobertura vegetal en la microcuenca del río Porcón ha experimentado una inclinación tanto ascendente como

descendente. De 2003 a 2019, la vegetación clasificada como escasa experimentó una disminución del 7,6% a 6.18% respectivamente, de la misma manera la vegetación medianamente densa disminuyó de 73.97% a 72.5%; según el promedio NDVI de la microcuenca, se fijó un índice de 0,6 que indica una vegetación densa en promedio.

Para (Saldaña, 2019), en su estudio de investigación llamado “Análisis de los cambios de cobertura y uso de suelo con imágenes satelitales del distrito de Chancay, años 2001 y 2018”, Con la utilización de la técnica de Corine Land Cover realizó la clasificación supervisada, obteniendo como resultado que en un lapso de 17 años hubo un cambio de 2470.29 ha. lo que representa el 34.74 % del área en general, obteniendo que la categoría herbácea ha aumentado 479.04 ha. de 220.35 ha. a 699.39 ha., esta categoría se ha incrementado significativamente, involucrando la degradación de otras coberturas, como la categoría de cultivos transitorios la cual perdió 811.82 ha.

1.1.2. Bases teóricas

Variabilidad espacio-temporal

(Alencar et al., 2019). define a la variabilidad espacio-temporal como el contraste de las propiedades y/o características de un método o sumario a través del espacio y a lo extenso de diferentes etapas de tiempo. Así mismo, afirma que es un texto importante en el ámbito de las ciencias ambientales, ya que, ha aprendido en correspondencia con la dinámica de emporios y en relación con su entorno. Por otro lado, menciona que la variabilidad puede enfocarse en la cobertura vegetal refiriéndose a la diferencia en las características de la vegetación a través del tiempo y espacio. Así mismo, menciona que una de las herramientas primordiales es el Índice de Vegetación por Diferencia Normalizada (NDVI), que ayuda a identificar la vegetación, de acuerdo con la consistencia del área forestada. Los resultados encontrados con el NDVI ayudan a identificar el cambio que ocurre en las coberturas vegetales a través del tiempo además de ser útiles para realizar una clasificación de la vegetación.

Cobertura vegetal

Una de las tantas definiciones que se le puede dar es que puede ser una capa de vegetación nativa o labrada que mayormente recubre superficies físicas, alcanzando una extensa escala de biomazas con una amplia gama de cualidades fisionómicas y ambientales los cuales abarcan áreas revestidas por bosques naturales hasta pastizales. Por otro lado, se incluyen coberturas vegetales provocadas que son el resulta del ejercicio humano tales como las áreas de cultivos (MINAM, 2019, p.1). Para (Pedroza et al., 2021) mencionan que puede estar concertada por vegetación, residuos vegetales o manto orgánico. La cual puede ser una defensa que posee el suelo dado que mitiga el desgaste hídrico, ocasionado por la escorrentía ligero procedentes de las precipitaciones, reduciendo la energía producida por el escurrimiento superficial del agua desempeñando el cargo de barrera superficial en el suelo atenuando este impacto erosivo. Así mismo, indica que los diversos estudios han determinado que la cobertura somete la compactación del suelo mejorando su estructura, esta cobertura también aumenta.

NDVI (Índice de vegetación de diferencia normalizada)

“El NDVI es el más frecuente entre los índices de vegetación procedentes de observaciones en imágenes de percepción remota. Se basa en la analogía entre la cantidad de luz reflejada (reflectancia) por el plano terrestre en dos regiones del espectro electromagnético, luz roja e infrarroja (infrarrojo cercano)” (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2022, p.1). “Debido a la impregnación de la clorofila, las hojas verdes irradian muy poca luz conveniente al rojo, mientras que exponen una alta reflectancia en la zona del infrarrojo contiguo” (Girimonte & García, 2020, p.4). Los valores pequeños de reflectancia en el espectro visible del infrarrojo muestran una mayor actividad fotosintética o un mayor aspecto y consistencia de vegetación. La utilización del (NDVI) se torna fundamentalmente notable cuando se dispone de exámenes en distintas fechas, permitiendo el estudio de sucesiones temporales. La investigación de estos encadenamientos temporales facilita la monitorización

de la vegetación y la caracterización de cambios en la cobertura/uso del suelo, la valoración de la fase de los cultivos de productos agrícolas, la determinación de la fenología vegetal y el rastreo de sucesos como la sequía, como lo demostró el INEG (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), sin fecha específica (INEG, 2022).

Para (Girimonte & García, 2020, p.4) el Normalized Difference Vegetation Index también conocido como (NDVI) menciona que es un índice que deriva de la razón entre la reflectancia del rojo y el infrarrojo cercano: $(I_r - R) / (I_r + R)$

Donde: I_r : reflectancia conveniente al infrarrojo contiguo

R : reflectancia proporcionada al rojo del espectro electromagnético.

Los datos del índice varían desde -1 y 1. Los valores negativos son afines con superficies y cuerpos de agua, expuestas al fuego. Mientras tanto los valores positivos más bajos (cerca de 0) incumben a vegetación de baja cobertura o senescente. El alto contenido de biomasa fotosintética se simboliza por valores positivos altos (cerca de +1).

Tabla 1

Clasificación del NDVI

N°	Cobertura Vegetal	Rango de NDVI
1	Cuerpos no vegetales	-1 a 0
2	Suelo desnudo	0 a 0.1
3	Vegetación escasa	0.1 a 0.2
4	Vegetación medianamente densa	0.2 a 0.3
5	Vegetación densa	0.3 a mas

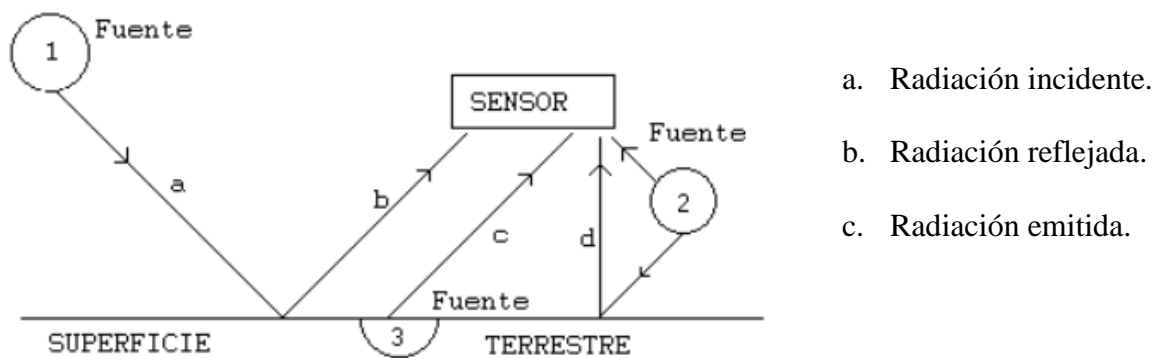
Nota: Clasificación del NDVI. Adaptado de Índice de vegetación de diferencia Normalizada: Análisis y Mapeo de la Deforestación en el Municipio de Bacalar, Quintana Roo (p. 33). Cima, 2021

Teledetección

Se define como la capacidad de lograr recabar información de un objeto sin instituir contacto corporal directo. Dicho concepto se confina a técnicas que monopolizan la energía electromagnética irradiada por objetos. Para la ciencia, la teledetección se precisa como un método que se centra en la captura, procesamiento y estudio de imágenes obtenidas a partir de un satélite artificial que orbitan alrededor del planeta tierra. Dicha metodología, que facilita la recopilación de información remota, basado en el indicio que los materiales en el plano terrestre tienen réplicas espectrales distintivas, facilitando la identificación, Por lo tanto, resulta decisivo contar con equipos con capacidad para registrar radiaciones derivada del planeta Tierra y convertirla en una señal la cual pueda ser manejada tanto de forma analógica como digital. (Ugaz, 2020).

Figura 1

Sistema de teledetección



Nota: Representación de un sistema de teledetección. Tomado de Teledetección fundamental (p. 19), por Ormeño, 2006.

“En lo que concierne a cartografía, la alta resolución espectral de Landsat facilita la ejecución de mapas temáticos de varios tipos” (Ormeño, 2006, p.18). afirma que la Teledetección de plano terrestre es un sistema, basado en ondas electromagnéticas, la cual se define por la afluencia de algunos elementos tales como: fuentes de radiación electromagnética,

la interacción de ondas electromagnéticas con respecto a la superficie terrestre, ondas electromagnéticas que interactúan con la atmosfera y receptores de ondas electromagnéticas (Ormeño, 2006, p.19).

Imágenes satelitales

Las imágenes de satélites son el producto que se obtiene de detener la radiación emitida por el plano terrestre, para lo cual se coloca sensores al borde de los satélites artificiales. Dichas imágenes poseen rasgos como resolución, elevación colores, entre otros. La altitud y del equipo utilizado determinan la calidad de cada imagen obtenida. Una de las desventajas es que si la imagen a envolver es amplia el procesamiento es extenso y cabe resaltar que la imagen depende marcadamente de la calidad del sensor utilizado (Sánchez, 2012).

LANDSAT es un grupo de satélites que se conocen como LAND=tierra y SAT=satélite, a principios se llamaban ERTS (Earth Resources Technology Satellites - Satélites de Tecnología de Recursos Terrestres), fueron el objetivo original del gobierno de Estados Unidos con el propósito de monitorear y vigilar los recursos naturales. El grupo de satélites constaban de ocho, de los cuales en este momento solo se encuentran en funcionamiento el 5 y el 8. La NASA (Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio) es responsable del mantenimiento y la operación. Los diversos instrumentos que llevan a bordo los satélites LANDSAT permiten recopilar datos sobre cambios en el uso del suelo, la cobertura del suelo, salud de la vegetación, condiciones atmosféricas entre otros aspectos importantes para la administración de los recursos naturales y monitorización ambiental. La mejora en la captura de datos de la superficie de la tierra es gracias a la evolución de instrumentos los cuales están enfocados en la búsqueda de mayores niveles de precisión y detalle. Dicho progreso se manifiesta en los aumentos radiométricas, geométricas y espaciales implementadas en los sensores pasivos. Estas mejoras constantes tienen como objetivo maximizar la capacidad de

estos instrumentos para recopilar datos de la superficie terrestre más precisos y detallados (INEGI, 2022).

Las imágenes Landsat, fruto de una serie de satélites de observación terrestre iniciada en 1972. Dichas imágenes combinan canales pancromáticos, visibles, infrarrojos y térmicos, con resoluciones espaciales que oscilan entre 15 y 120 metros dependiendo de la banda y el sensor. La evolución de dichos satélites, especialmente con el Landsat-8 y sus 11 bandas, ha desarrollado elocuentemente las posibilidades de combinación y análisis, permitiendo un beneficio más extenso y detallado de los datos para diversas aplicaciones en el estudio y observación de la superficie de la tierra (INEGI, 2022).

Tabla 2

Característica imagen Landsat 7

Numero de banda	Banda	Longitud de Onda (micrómetros)	Resolución (metros)
Banda 1	Azul	0.45 a 0.52	30
Banda 2	Verde	0.52 a 0.60	30
Banda 3	Rojo	0.63 a 0.69	30
Banda 4	Infrarrojo Cercano (NIR)	0.77 a 0.90	30
Banda 5	Onda corta infrarroja (SWIR) 1	1.55 a 1.75	30
Banda 6	Thermal	10.40 a 12.50	30
Banda 7	Onda corta infrarroja (SWIR) 2	2.09 a 2.35	30
Banda 8	Pancromática	0.52 a 0.90	15

Nota: ETM + Band 6 se obtiene a una resolución de 60 metros, pero el producto se vuelve a muestrear a los píxeles de 30 metros. Característica imagen Landsat 8. Tomado de Teledetección Espacial Landsat, Sentinel 2, Aster L1t y Modis (p. 20), por Bravo, 2017.

Tabla 3

Característica imagen Landsat 8

Numero de banda	Banda	Longitud de Onda (micrómetros)	Resolución (metros)
Banda 1	Ultra azul (costero / aerosol)	0.43 a 0.45	30
Banda 2	Azul	0.45 a 0.51	30
Banda 3	Verde	0.53 a 0.59	30
Banda 4	Rojo	0.64 a 0.67	30
Banda 5	Infrarrojo Cercano (NIR)	0.85 a 0.88	30
Banda 6	Onda corta infrarroja (SWIR) 1	1.57 a 1.65	30
Banda 7	Onda corta infrarroja (SWIR) 2	02.11 a 02.29	30
Banda 8	Pancromática	0.50 a 0.68	30
Banda 9	Cirrus	1.36 a 1.38	30
Banda 10	Infrarrojo térmico (SITR) 1	10.60 a 11.19	100
Banda 11	Infrarrojo térmico (SITR) 2	11.50 a 12.51	100

Nota: Característica imagen Landsat 8. Tomado de Teledetección Espacial Landsat, Sentinel2, Aster L1t y Modis (p. 21), por Bravo, 2017* Bandas TIRS se adquieren a una resolución de 100 metros, pero se vuelven a muestrear a 30 metros de producto entregado datos.

Sistema de información geográfica

El sistema de Información Geográfica (SIG) se define como métodos integrados y lógicos que integran datos geográficos con atributos asociados. Consiente en analizar, capturar, transformar, almacenar, visualizar y estudiar información espacial de modo coherente y eficiente. Surgidos como respuesta a la necesidad de procesar ágilmente datos geoespaciales, los SIG se han transformado en instrumentos esenciales en diversos campos, desde la

organización urbana hasta la gestión de recursos naturales. Su capacidad para combinar diferentes capas de información y realizar análisis complejos los hacen invaluable para el proceso de toma de decisiones apoyadas en datos geográficos, ofreciendo soluciones a problemas espaciales y respondiendo a interrogantes de forma inmediata y precisa (Geoenseñanza, 2006).

Espectro electromagnético

La radiación electromagnética es la manifestación de energía en forma de ondas electromagnéticas desde un origen, ya sea natural o artificial. Dichas ondas se determinan por su frecuencia, el cual es el número de ciclos por unidad de tiempo. (Luque, 2017). Según (Bravo, 2017) el espectro electromagnético contiene todas las frecuencias posibles de radiación electromagnética, desde las ondas de radio de baja frecuencia hasta los rayos gamma de alta frecuencia, pasando por microondas, infrarrojo, luz visible, ultravioleta y rayos X.

Firmas espectrales

Las firmas espectrales simbolizan la intensidad de luz que refleja un objeto. Todos los datos de reflectancia son únicos para la medida en la que se tomaron, Los valores para la vegetación dependen de la salud de las plantas y la etapa de crecimiento, el nivel de humedad, etc. Debido a esto, es crucial e importante conocer las condiciones de la toma de mediciones. El análisis de las firmas espectrales de materiales comunes presentes en la superficie de la tierra proporciona información crucial para comprender e interpretar las imágenes capturadas por sensores remotos (Fajardo, 2018).

1.2. Formulación del problema

¿Existe variabilidad espacio- temporal de la cobertura vegetal en el Parque Nacional de Cutervo Durante el periodo 2010 – 2021?

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Determinar la Variabilidad Espacio- Temporal de la Cobertura Vegetal en el Parque Nacional de Cutervo durante el periodo 2010 - 2021.

1.3.2. Objetivos específicos

- Desarrollar el índice de vegetación de diferencia normalizada de manera anual durante el periodo 2010- 2021.
- Identificar los factores implicados en la variabilidad espacio temporal de la cobertura vegetal en el Parque Nacional de Cutervo durante el periodo 2010- 2021.
- Proponer medidas de gestión sostenible para la conservación de la cobertura vegetal.

1.4.Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

La cobertura vegetal en el Parque Nacional de Cutervo ha experimentado variaciones durante el periodo 2010 - 2021.

1.4.2. Hipótesis alternativa

Existe una variación superior al 5% en cada tipo de cobertura vegetal del Parque Nacional de Cutervo durante el periodo 2010- 2021.

1.4.3. Hipótesis nula

Existe una variación inferior al 5% en cada tipo de cobertura vegetal del Parque Nacional de Cutervo durante el periodo 2010- 2021.

CAPITULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Este estudio adopta un enfoque descriptivo ya que acorde a lo que menciona García (2004) estos son estudios en los que la variable de estudio no es manipulada o intervenida de ninguna manera, es decir solo es observada, también posee un enfoque correlacional dado que acorde con (Causas, 2015) relata que los estudios con enfoque correlacional son utilizados para poder identificar el grado de relación que los estudios tienen entre sí, además de lograr identificar si los cambios de una variable afectan a la otra variable. De igual manera el diseño de esta investigación fue no experimental ya que acorde con (Agudelo & Aignerren, 2008) la variable independiente no será manipulada, es decir no se tendrá una intervención directa, además de ser longitudinal como mencionan (Delgado & Llorca, 2004) dado que un estudio longitudinal es aquel se evalúa durante un determinado periodo de tiempo y se identifican los cambios en la variable dependiente, dicho diseño implica la observación de cambios a lo largo del tiempo en su contexto natural, sin la intervención deliberada en las variables. Posteriormente, se analizan estos cambios y se realizan inferencias en relación con las transformaciones observadas.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

Para esta investigación se tomó como población de estudio la totalidad de la cobertura vegetal comprendida dentro del área del Parque Nacional de Cutervo abarcando una extensión es de 8,214.23 hectáreas.

2.2.2. Muestra

Como muestra se consideró el periodo de tiempo comprendido entre los años 2010 al 2021 de la cobertura vegetal comprendida dentro del área del Parque Nacional de Cutervo que abarca una extensión es de 8,214.23 hectáreas.

2.3. Materiales, instrumentos y métodos

2.3.1. Materiales

- Computadora Portátil
- Impresora
- Memoria USB

2.3.2. Instrumentos

- Plataforma EarthExplorer (USGS), para la obtener de imágenes de satélite.
- Imágenes Satelitales de tipo LANDSAT 8 Y LANDSAT 7.
- Softwares: ArcMap 10.8, Qgis 3.32.3, Google Earth Pro.

2.3.3. Método

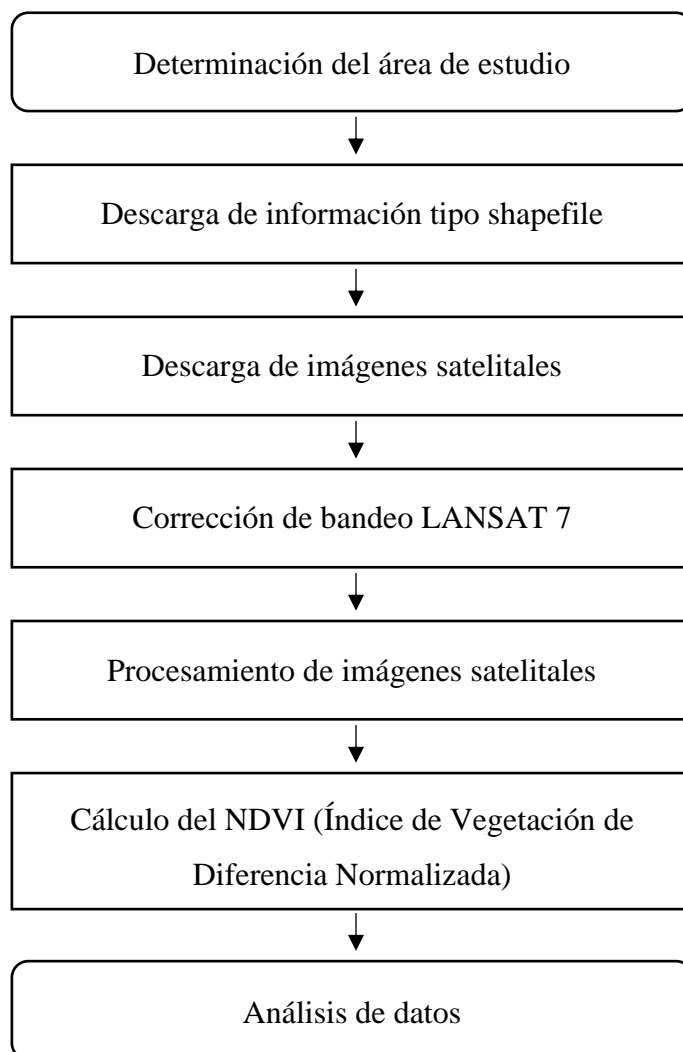
La investigación realizada es de tipo analítica-descriptiva dado que se realiza una comparación de información de años anteriores con información más actualizada, el análisis de ambas es plasmado en una comparación de datos y determinar los cambios existentes. La metodología utilizada es la deductiva dado que vamos de un aspecto general a uno más específico.

2.4. Procedimiento

Los siguientes pasos se tomaron para desarrollar la investigación, los cuales van desde planificación, ejecución y análisis de datos, se refrentarán en el siguiente diagrama de flujo:

Figura 2

Diagrama de flujo del proceso metodológico



Nota: Elaborado por los autores

2.4.1. **Determinación del área de estudio**

Para esta fase se determinó el área donde se llevará a cabo el estudio, siendo el Parque Nacional de Cutervo, según el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), el PNC cuenta con las siguientes características:

Creación: Creado el 20 de septiembre de 1961, el Congreso de la República lo promulga al Poder Ejecutivo, entrando en vigencia el 20 de septiembre mediante Ley N° 13694.

Ubicación: Se encuentra situado en la provincia de Cutervo ocupando cierta área de los distritos de Santo Tomas, Santo Domingo de La Capilla, San Andrés de Cutervo, Santa Cruz de Cutervo, Callayuc y Pimpingos, colinda con los distritos de Súcota y Cutervo.

Clima: Predomina el húmedo a semifrío, con lluvias temporales entre octubre y marzo. El flanco occidental presenta uno típico de sierra, mientras que el oriental presenta un clima típico de selva alta.

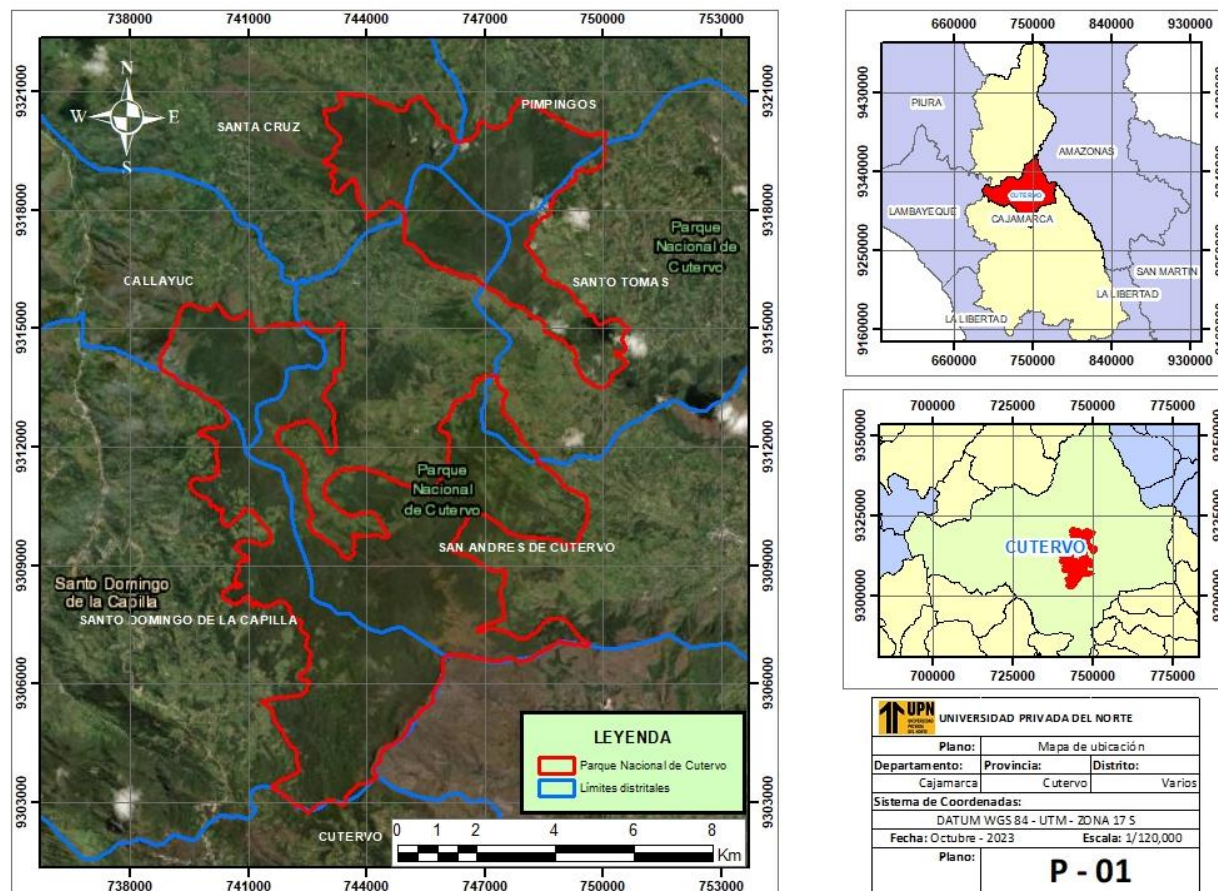
Temperatura promedio: La temperatura promedio es de 12° C a 19° C

Superficie: La superficie total es de 8,214.23 ha.

Precipitación anual: De 780 mm (SERNANP, 2019).

Figura 3

Mapa de ubicación del Parque Nacional de Cutervo



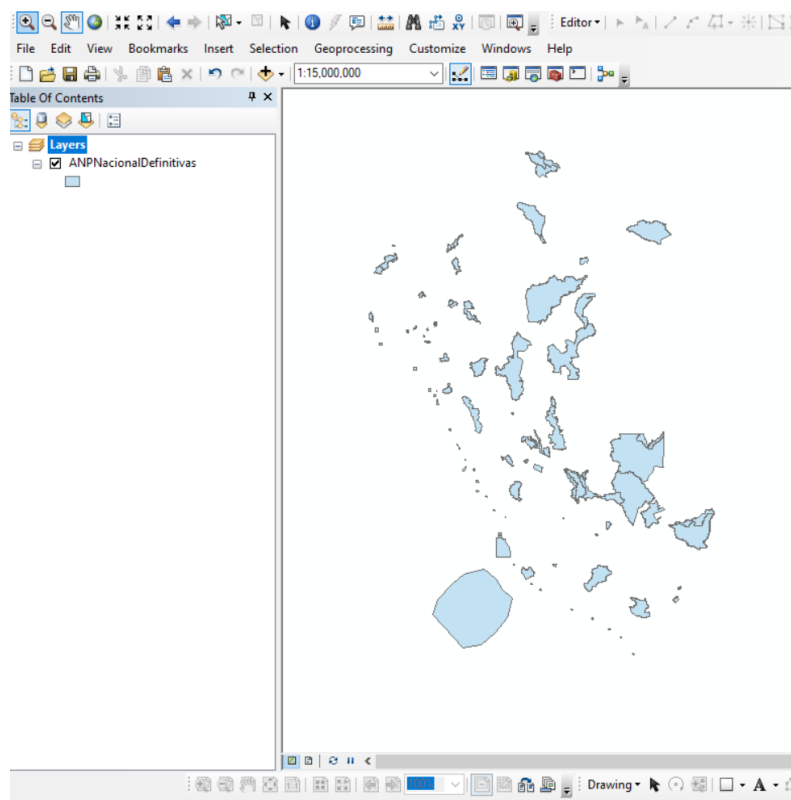
Nota: Elaboración propia asistida con el Software ArcGIS 10.8

2.4.2. Descarga de información tipo shapefile

En esta parte se descarga la información de todas las ANP de la página GEO ANP Visor de las áreas naturales protegidas perteneciente al portal del SERNANP (<https://geo.sernanp.gob.pe/visorsernanp/>), cuya información esta disponible en formato shapefile, posterior a ello se abrió el programa ArcGIS 10.8 en el cual se carga la capa de shapefile de las ANP, se abre la tabla de atributos de la capa shapefile y se seleccionó el polígono del PNC para luego exportarlo; luego se procedió a modificar el sistema de coordenadas de la capa shapefile siguiendo la secuencia que se muestra a continuación: *ArcToolbox > Data Management Tools > Projection and Transformations > Define Projection*, de esa forma se transformó el sistema de coordenadas a WGS 84 UTM Zona 17 Sur.

Figura 4

Shapefile de las Áreas Naturales Protegidas por el Estado



Nota: Elaboración propia asistida con el Software ARCGIS 10.8

2.4.3. Descarga de imágenes satelitales

Se usaron imágenes satelitales gratuitas de la página EarthExplorer (usgs.gov) perteneciente al USGS (Servicio Geológico de Estados Unidos); primero se convirtió el shapefile del PNC a formato KML de esta manera delimitar el área de estudio y poder ubicar las imágenes satelitales con mejor facilidad, para lo cual se continuó la siguiente secuencia: *ArcToolbox > Conversión Tools > To KML > Layer To KML*. Se determinó el área a descargar y se procedió a identificar las imágenes satelitales, el rango de descarga correspondió al periodo 2010 – 2021, identificando la imagen correspondiente del 2010 de tipo LANDSAT 7 y las posteriores de tipo LANSAT 8, para los años: 2011, 2012, 2014, 2015, 2017 y 2019 no se realizó la descarga de imágenes satelitales dado que la nubosidad presente en ellas cubrían gran parte del área a estudiar, las imágenes que corresponden a los años: 2010, 2013, 2016, 2018, 2020 y 2021 presentan la menor cantidad de nubosidad sobre la zona de investigación. Seguidamente se presenta la tabla de caracterización de las imágenes satelitales seleccionadas y descargadas:

Tabla 4

Caracterización de imágenes satelitales

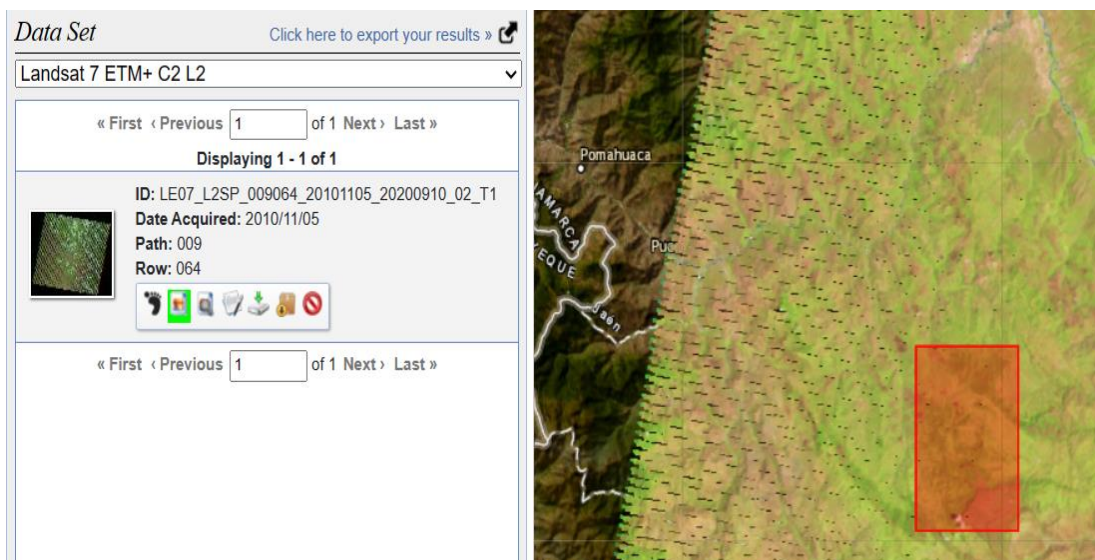
Atributo de conjunto de datos	Valor de atributos para los años					
	2010	2013	2016	2018	2020	2021
Identificador de producto Landsat L2	LE07_L2SP_009064_20101105_20200910_02_T1	LC08_L2SP_009064_20131105_20200910_02_T1	LC08_L2SP_009064_20161113_20200905_02_T1	LC08_L2SP_009064_20181205_20200830_02_T1	LC08_L2SP_009064_20201226_20210310_02_T1	LC08_L2SP_009064_20211213_20211222_02_T1
Identificador de escena d Landsat	LE70090642010309EDC00	LC80090642013309LGN01	LC80090642016318LGN01	LC80090642018339LGN00	LC80090642020361LGN00	LC80090642021347LGN00
Fecha de adquisición	5/11/2010	5/11/2013	13/11/2016	5/12/2018	26/12/2020	13/12/2021
Indicador día/noche	Día	Día	Día	Día	Día	Día
Cubierta de nubes terrestres	26%	35.69%	54.46%	25.28%	18.41%	48.02%
Versión del software de procesamiento	LPGS_15.3.1c	LPGS_15.3.1c	LPGS_15.3.1c	LPGS_15.3.1c	LPGS_15.4.0	LPGS_15.5.0
Elevación del sol Acimut solar	63.07914121113.8092375	65.1202159115.7285407	63.71948556120.2109056	60.364923126.6407793	57.94060758126.0281096	59.32193455127.2189511
Tipo de datos L2	ETM_L2SP	OLI_TIRS_L2SP	OLI_TIRS_L2SP	OLI_TIRS_L2SP	OLI_TIRS_L2SP	OLI_TIRS_L2SP
Identificador del sensor Satélite	ETM7	OLI_TIRS8	OLI_TIRS8	OLI_TIRS8	OLI_TIRS8	OLI_TIRS8
Proyección del mapa del producto L2	UTM	UTM	UTM	UTM	UTM	UTM
Zona UTM	17	17	17	17	17	17
Datum	WGS84	WGS84	WGS84	WGS84	WGS84	WGS84
Corrección de reflectancia	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Corrección radiométrica	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Corrección atmosférica	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Nota: Elaboración propia con datos obtenidos de EarthExplorer (usgs.gov).

La descarga de imágenes satelitales correspondientes a los 2010, 2016 y 2021 se muestra a continuación a manera de demostración.

Figura 5

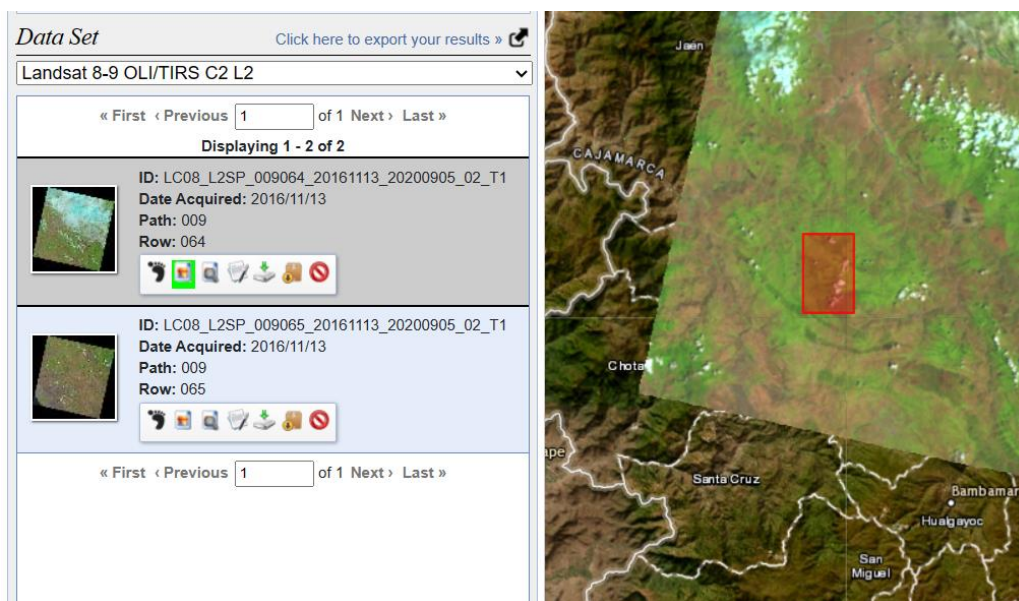
Imagen satelital correspondiente al año 2010



Nota: Obtenido de EarthExplorer (usgs.gov)

Figura 6

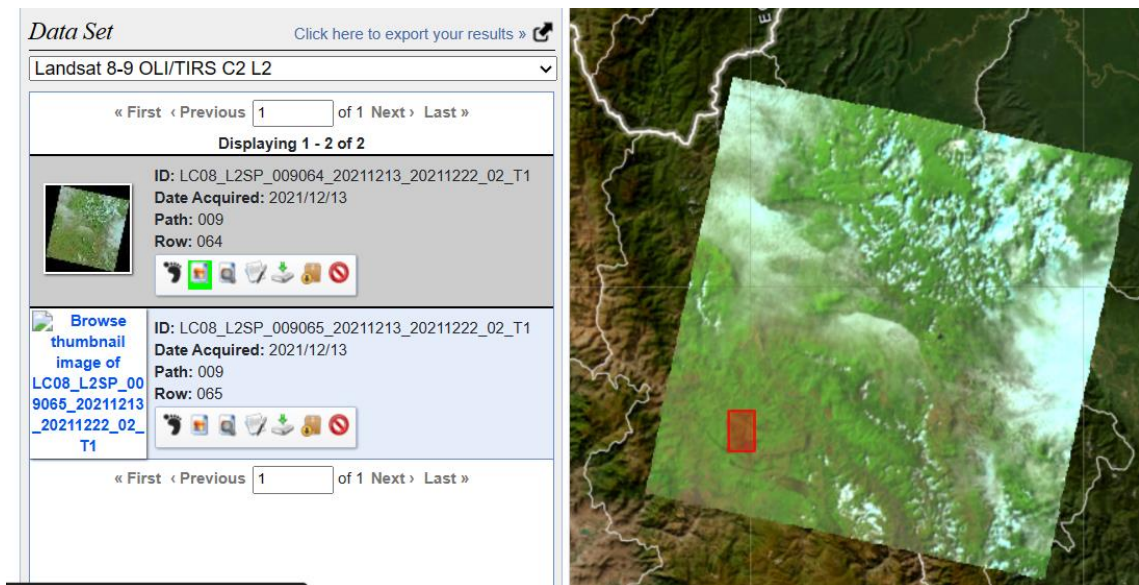
Imagen satelital correspondiente al año 2016



Nota: Obtenido de EarthExplorer (usgs.gov)

Figura 7

Imagen satelital correspondiente al año 2021



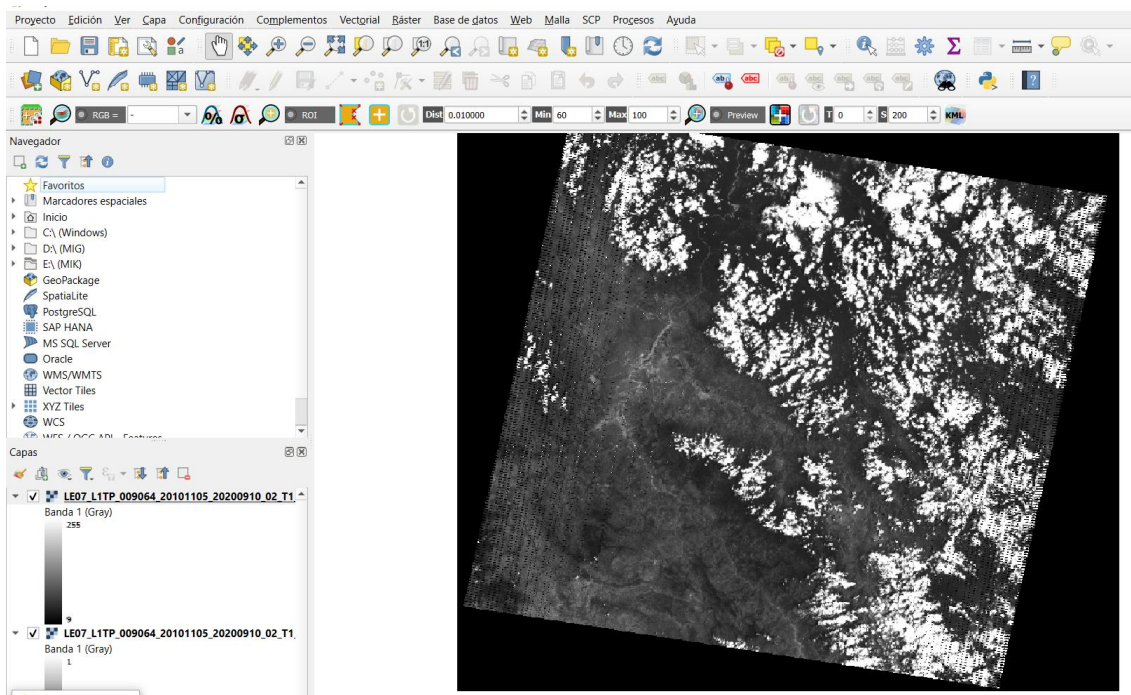
Nota: Obtenido de EarthExplorer (usgs.gov)

2.4.4. Corrección de bandeo LANDSAT 7

La imagen satelital correspondiente al 2010 posee un error de bandeo la cual tuvo que ser corregida con el programa Qgis 3.32.3; inicialmente se abren todas las bandas de la imagen satelital y todas las bandas de la carpeta gap_mask incluidas en la descarga de la imagen satelital, luego seguimos la secuencia *Raster > Análisis > Rellenar sin datos*, la capa de entrada es la banda seleccionada y la máscara de validación será el mismo número de banda de la carpeta gap_mask, en el ítem *Distancia máxima a la que interpolar valores* se coloca 20 y se procede con la ubicación del guardado, el procedimiento se realizó banda por banda.

Figura 8

Corrección de imagen satelital Landsat 7



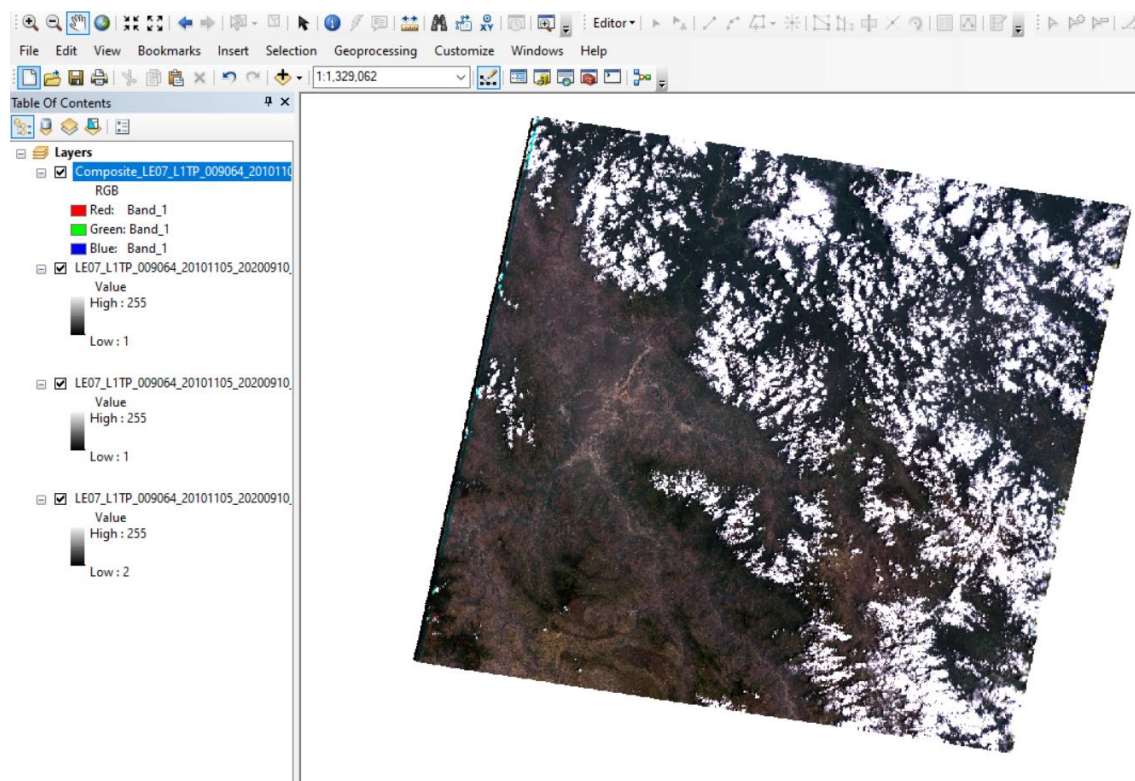
Nota: Elaboración propia asistida con el Software ArcGIS 10.8

2.4.5. Procesamiento de imágenes satelitales

La imagen satelital al ser de tipo Level 2 (L2) ya cuenta con corrección de reflectancia, radiométrica y atmosférica. En el programa ArcGIS se procesó en primer lugar la imagen satelital Landsat 7 correspondiente al año 2010, se cargaron la banda 1, banda 2 y banda 3 para su unión de la siguiente manera Windows > Image Analysis> (selección de las 3 bandas) > Composite Bands > (selecciona la banda creada) > Export, en la banda creada se selecciona el orden de las bandas de la siguiente manera: banda 3, banda 2 y banda 1 para obtener el color real, con el archivo raster unido el area de interés se recortó en forma de rectángulo de la siguiente forma: *ArcToolbox > Data Management Tools > Raster > Raster Processing > Clip.*

Figura 9

Unión de bandas de imagen satelital Landsat 7 del 2010

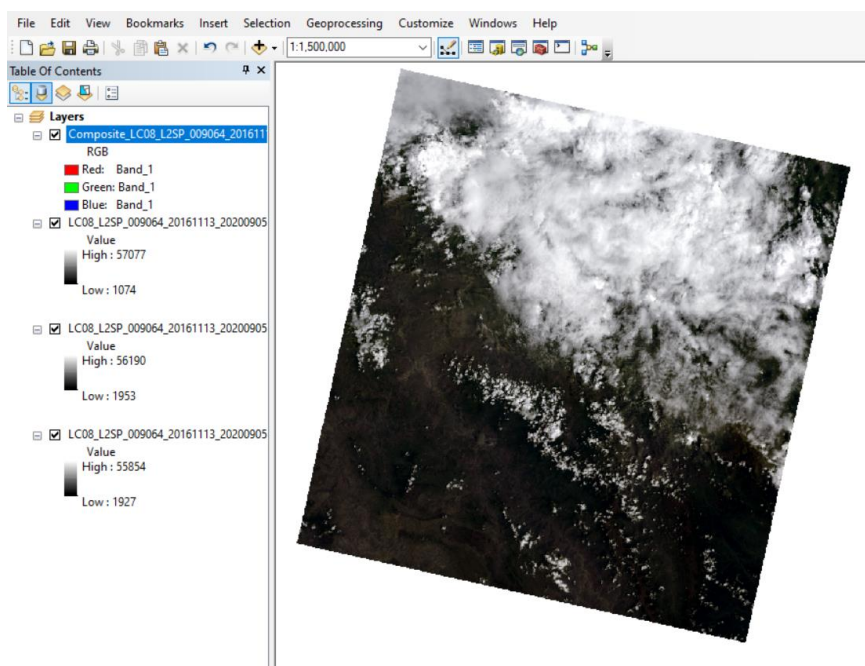


Nota: Elaboración propia asistida con el Software ArcGIS 10.8

En segundo lugar las imágenes satelitales Landsat 8 al ser de tipo Level 2 (L2) ya cuenta con corrección de reflectancia, radiométrica y atmosférica, estas imágenes correspondientes a los años 2013, 2016, 2018, 2020 y 2021, se cargaron la banda 2, banda 3 y banda 4 para su unión de la siguiente manera Windows > Image Analysis> (selección de las 3 bandas) > Composite Bands > (selecciona la banda creada) > Export, en la banda creada se selecciona el orden de las bandas de la siguiente manera: banda 4, banda 3 y banda 2 para obtener el color real, con el archivo raster unido el área de interés se recortó en forma de rectángulo como se muestra a continuación: *ArcToolbox > Data Management Tools > Raster > Raster Processing > Clip.*

Figura 10

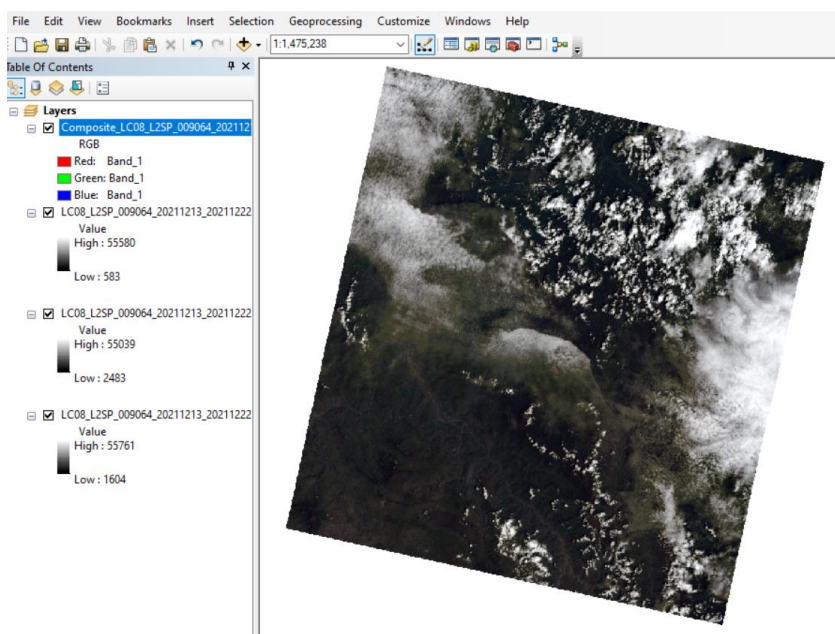
Unión de bandas de imagen satelital Landsat 8 del 2016



Nota: Elaboración propia asistida con el Software ArcGIS 10.8

Figura 11

Unión de bandas de imagen satelital Landsat 8 del 2021



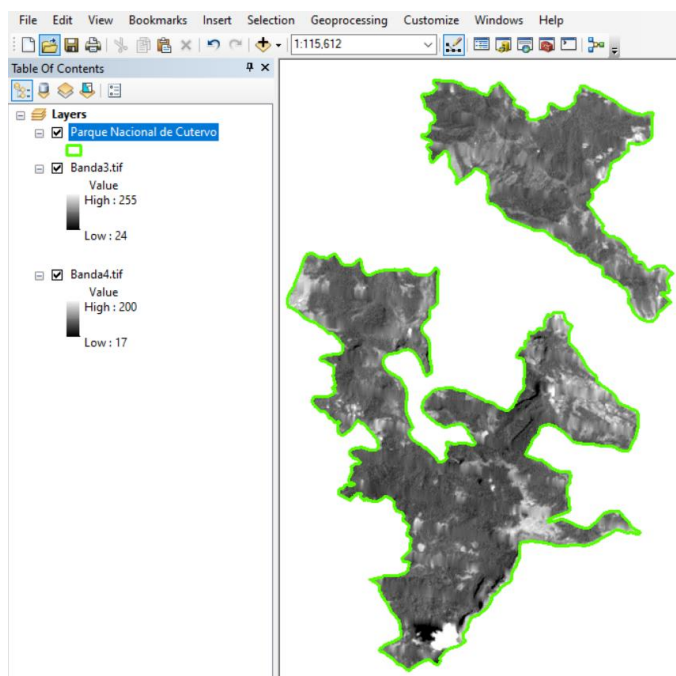
Nota: Elaboración propia asistida con el Software ArcGIS 10.8

Después de obtener las imágenes satelitales recortadas de manera rectangular de los años 2010, 2013, 2016, 2018, 2020 y 2021 se procedió a cambiar el sistema de coordenadas a WGS 84 UTM Zona 17 Sur, del siguiente modo *ArcToolbox > Data Management Tools > Projection and Transformations > Define Projection*,

Posterior a ello en la imagen satelital del 2010 de tipo Landsat 7 se recortó la banda 4 y banda 3 utilizando como base el shapefile de la delimitación del Parque Nacional de Cutervo de la siguiente manera : *ArcToolbox > Data Management Tools > Raster > Raster Processing > Clip*; para la imagen satelital de los años 2013, 2016, 2018, 2020 y 2021 de tipo Landsat 8 se recortó la banda 5 y banda 4 utilizando como base el shapefile de la delimitación del Parque Nacional de Cutervo de la siguiente manera: *ArcToolbox > Data Management Tools > Raster > Raster Processing > Clip*.

Figura 12

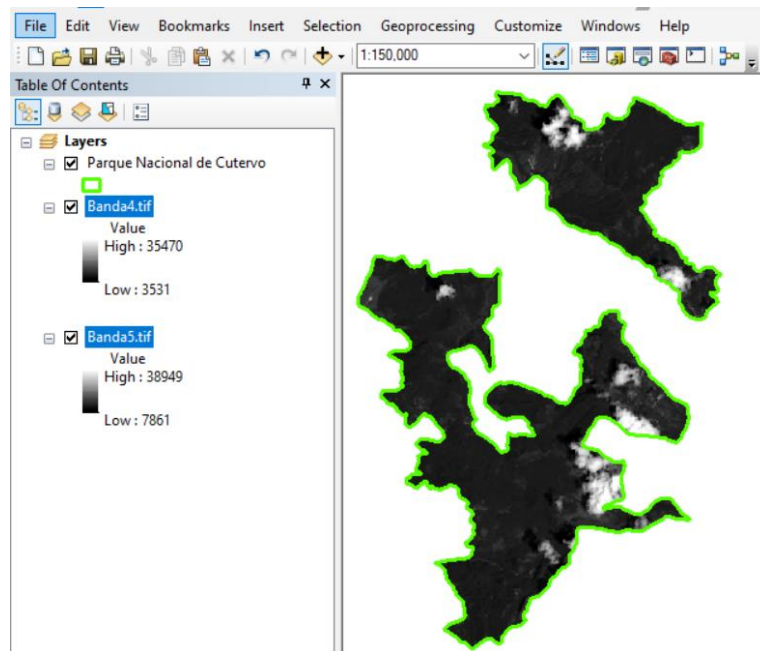
Recorte de imagen satelital Landsat 7 del 2010



Nota: Elaboración propia asistida con el Software ArcGIS 10.8

Figura 13

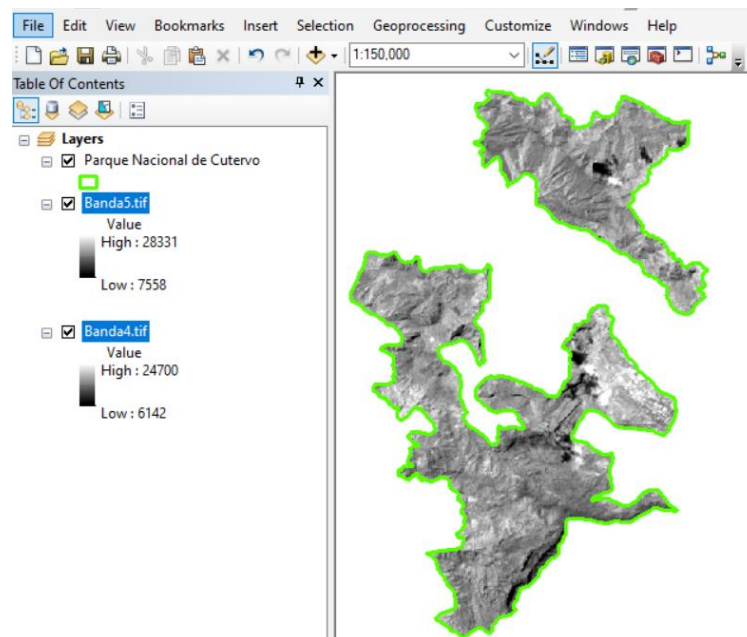
Recorte de imagen satelital Landsat 8 del 2016



Nota: Elaboración propia asistida con el Software ArcGIS 10.8

Figura 14

Recorte de imagen satelital Landsat 8 del 2021



Nota: Elaboración propia asistida con el Software ArcGIS 10.8

Luego se procedió a modificar el sistema de coordenadas de cada banda utilizando la secuencia que se describe a continuación: *ArcToolbox > Data Management Tools > Projection and Transformations > Define Projection*, de esa forma se transformó el sistema de coordenadas a WGS 84 UTM Zona 17 Sur.

2.4.6. Cálculo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

acorde con Ugaz, (2020) para el cálculo del NDVI Se emplea la fórmula descrita a continuación:

Ecuación 1

Formula del cálculo de NDVI

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

Donde:

NDVI = Índice de Vegetación Diferencia Normalizada

NIR = Reflectancia del Infrarrojo Cercano

RED = Reflectancia de la banda roja

Ecuación 2

Cálculo de NDVI para imágenes satelitales Landsat 7

$$NDVI = \frac{(Banda 4 - Banda 3)}{(Banda 4 + Banda 3)}$$

Para cálculo de imágenes satelitales Landsat 7 se trabaja con bandas, aplicándola de la siguiente manera:

El procedimiento realizado en el software ArcGis para el cálculo del NDVI de la imagen satelital Landsat 7 fue utilizando los recortes de las bandas 3 y 4 de la siguiente manera

ArcToolbox > Spatial Analyts Tools > Map Algebra > Raster Calculator en la que se aplica la Ecuación 2 colocando $Float("B4L7A.tif" - "B3L7A.tif") / Float("B4L7A.tif" + "B3L7A.tif")$.

Ecuación 3

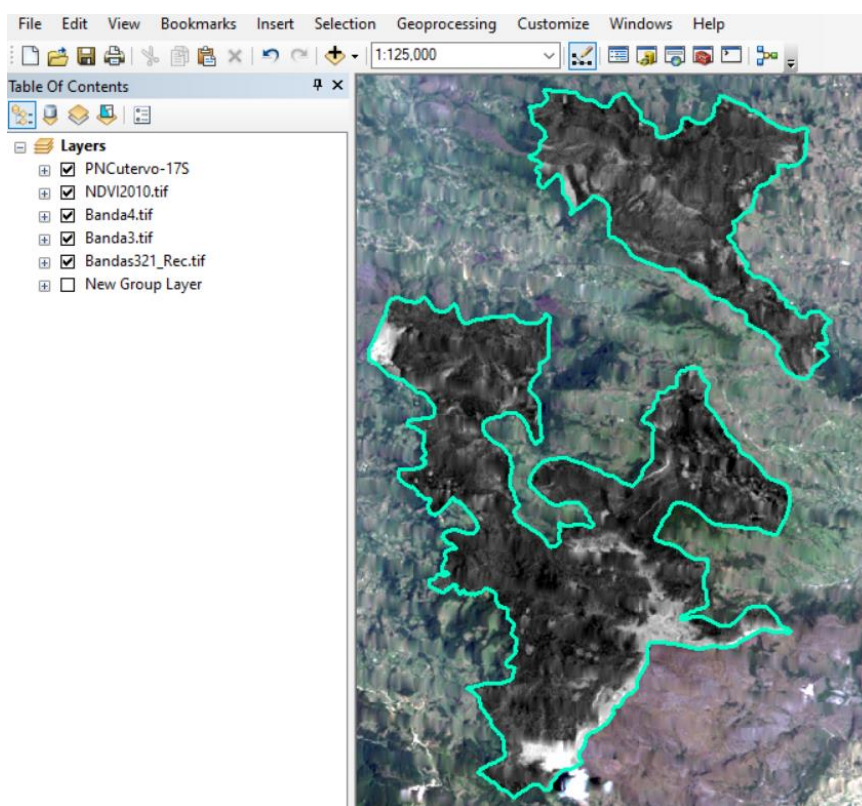
Cálculo de NDVI para imágenes satelitales Landsat 8

$$NDVI = \frac{(Banda\ 5 - Banda\ 4)}{(Banda\ 5 + Banda\ 4)}$$

El procedimiento realizado en el software ArcGis para el cálculo del NDVI de la imagen satelital Lansat 8 fue utilizando los recortes de las bandas 4 y 5 de la siguiente manera *ArcToolbox > Spatial Analyts Tools > Map Algebra > Raster Calculator* donde se aplica la Ecuación 3 colocando $Float("B5L7A.tif" - "B4L7A.tif") / Float("B5L7A.tif" + "B4L7A.tif")$.

Figura 15

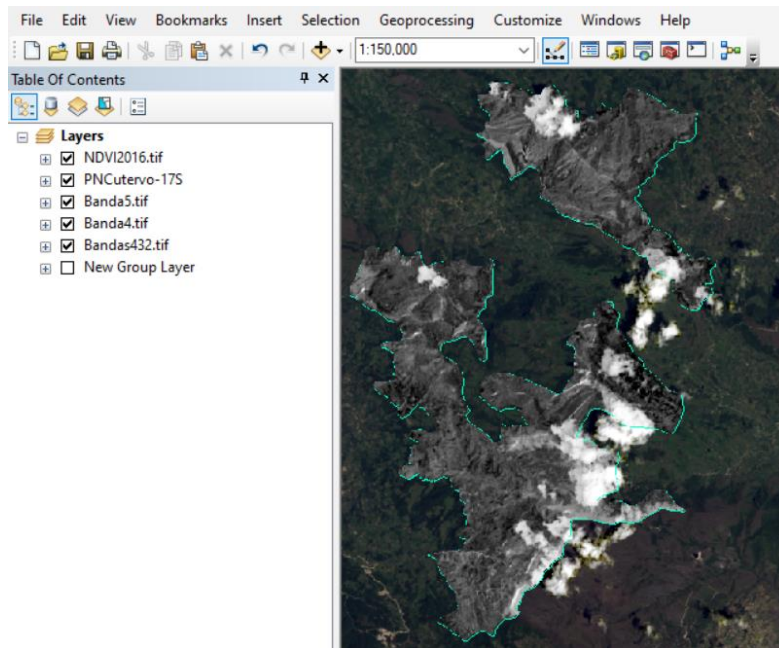
NDVI para el año 2010



Nota: Elaboración propia asistida con el Software ArcGIS 10.8

Figura 16

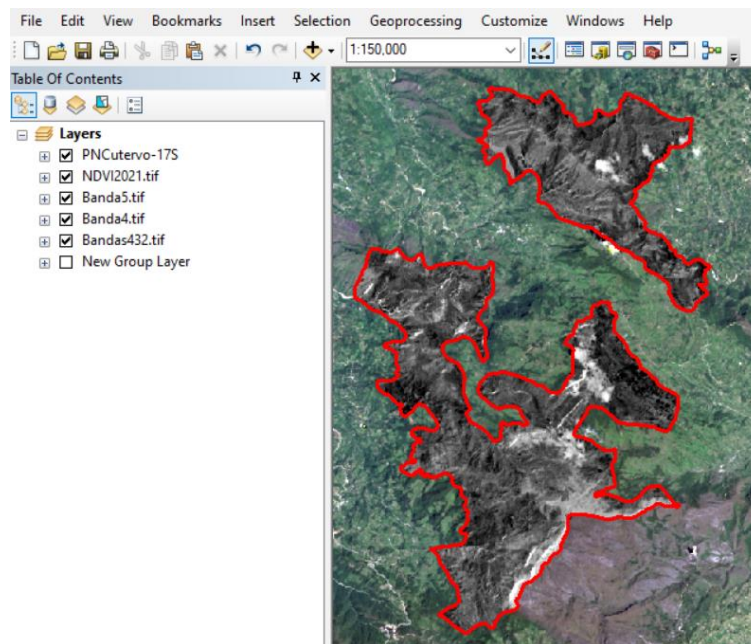
NDVI para el año 2016



Nota: Elaboración propia asistida con el Software ArcGIS 10.8

Figura 17

NDVI para el año 2021



Nota: Elaboración propia asistida con el Software ArcGIS 10.8

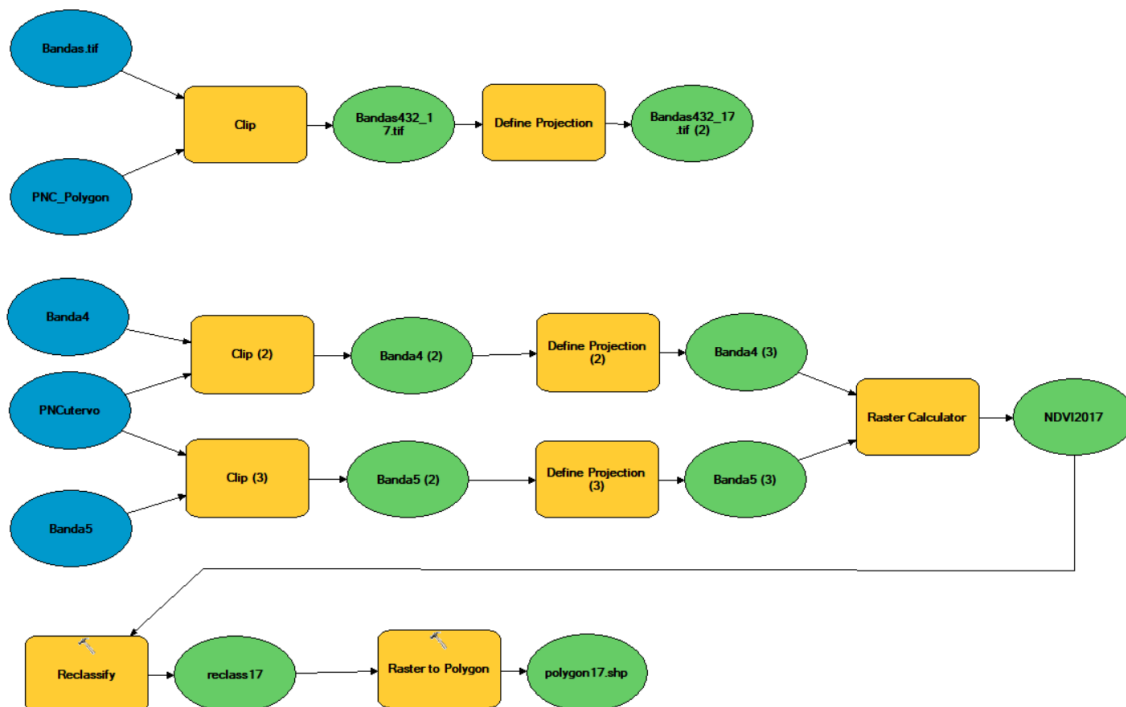
Posterior a ello la imagen raster paso a una etapa de clasificación para poder determinar las áreas según la clasificación NDVI utilizando el software ArcGIS *ArcToolbox* > *Spatial Analysts Tools* > *Reclass* > *Reclassify* cargamos el raster generado de NDVI seleccionamos el item *Classify*, seleccionamos el valor de 5 en *Classes* y colocamos los valores establecidos por el NDVI para determinar el tipo de cobertura vegetal. El mismo procedimiento se aplicó para las clasificaciones NDVI de todos los años.

Con el raster generado de la clasificación se procedió a convertirlo a formato shapefile para el cálculo de las áreas obtenidas de la manera mostrada a continuación *ArcToolbox* > *Conversion Tools* > *From Raster* > *Raster to Polygon*.

seguidamente, se presenta una secuencia que se realizado para la generación del NDVI mediante ModelBuilder (Generador de modelos).

Figura 18

ModelBuilder para cálculo de NDVI



Nota: Elaborado por los autores

2.4.7. **Análisis de datos**

Con los valores de cada nivel de NDVI obtenidos en cada uno de los años analizados se procedió a realizar una comparación entre ellos para poder determinar el incremento o la disminución de algún tipo de cobertura vegetal.

2.5. **Aspecto Ético**

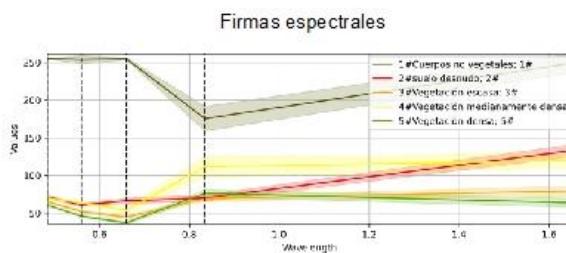
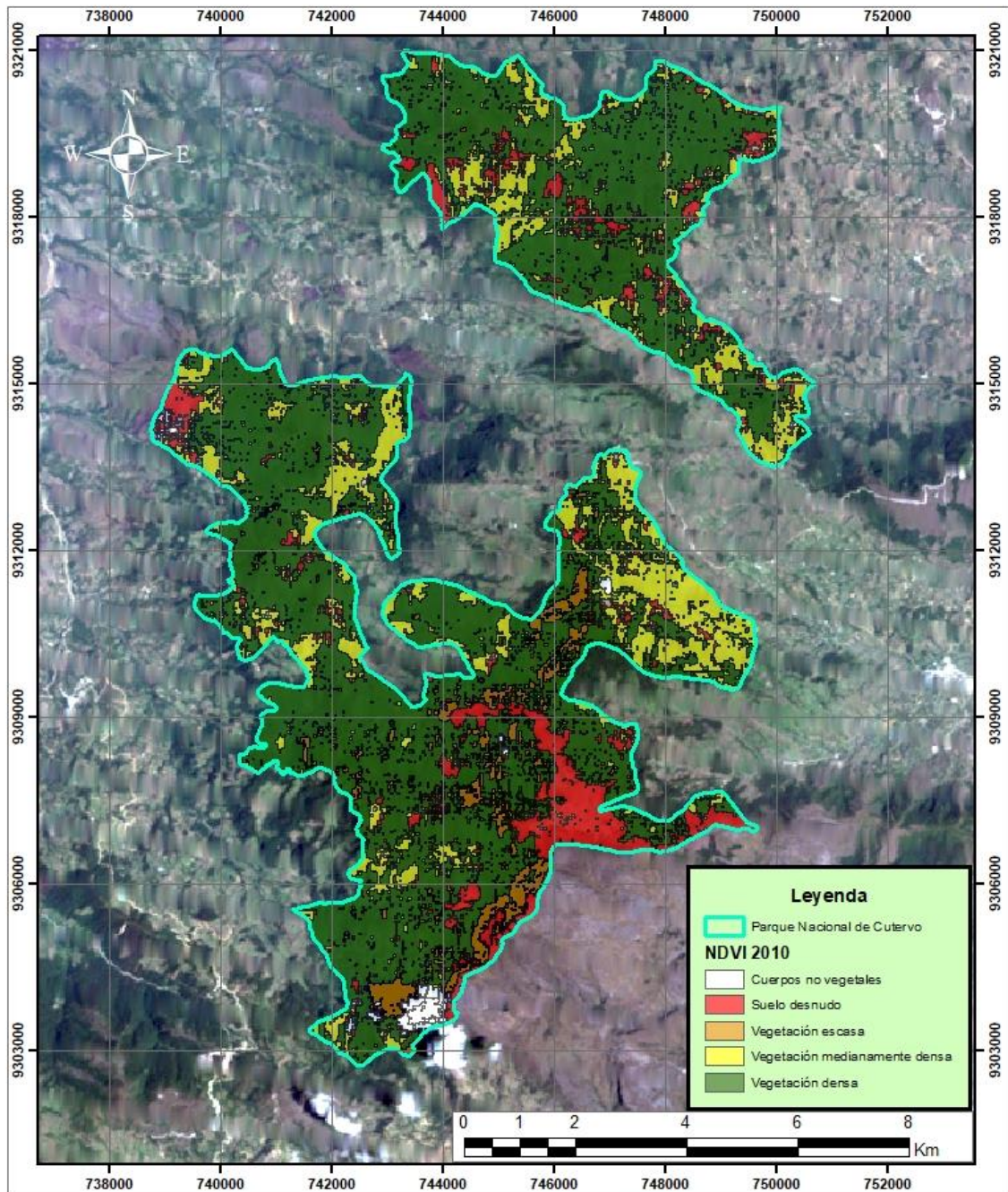
En esta investigación, los datos se obtuvieron de fuentes gratuitas y disponibles al público en general y se utilizaron de manera ética. La presentación de resultados se hizo con integridad, evitando manipulaciones, y se destacaron las limitaciones y posibles sesgos en los hallazgos. Estos aspectos éticos fueron esenciales para garantizar una investigación responsable y beneficiosa tanto para el ambiente y la población local en el Parque Nacional de Cutervo, contribuyendo credibilidad y relevancia a esta tesis en el campo de la ingeniería ambiental.

CAPITULO III: RESULTADOS

Los hallazgos del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) obtenidos a partir de la utilización de imágenes satelitales de los distintos años, revelaron que existe cambio en la cobertura vegetal en el Parque Nacional de Cutervo durante el período 2010 - 2021. Estos resultados proporcionan una visión integral de la dinámica de la vegetación a lo largo del tiempo, permitiendo una evaluación detallada del cambio de cobertura vegetal. Estos hallazgos son esenciales para comprender mejor la evolución de la cobertura vegetal y como afecta el ecosistema del Parque Nacional de Cutervo, lo que a su vez puede ayudar a tomar decisiones en materia de conservación y gestión ambiental.

Figura 19

Mapa NDVI para el año 2010



UPN UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		
Plano:	NDVI 2010	
Departamento:	Provincia:	Distrito:
Cajamarca	Cutervo	Varios
Sistema de Coordenadas:		
DATUM WGS 84 - UTM - ZONA 17 S		
Fecha: Diciembre - 2023	Escala: 1/90,000	
Plano:	P - 02	

Nota: Elaboración propia asistida con el Software ArcGIS 10.8

Tabla 5
NDVI Parque Nacional de Cutervo en el año 2010

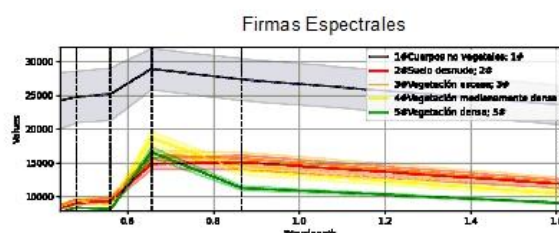
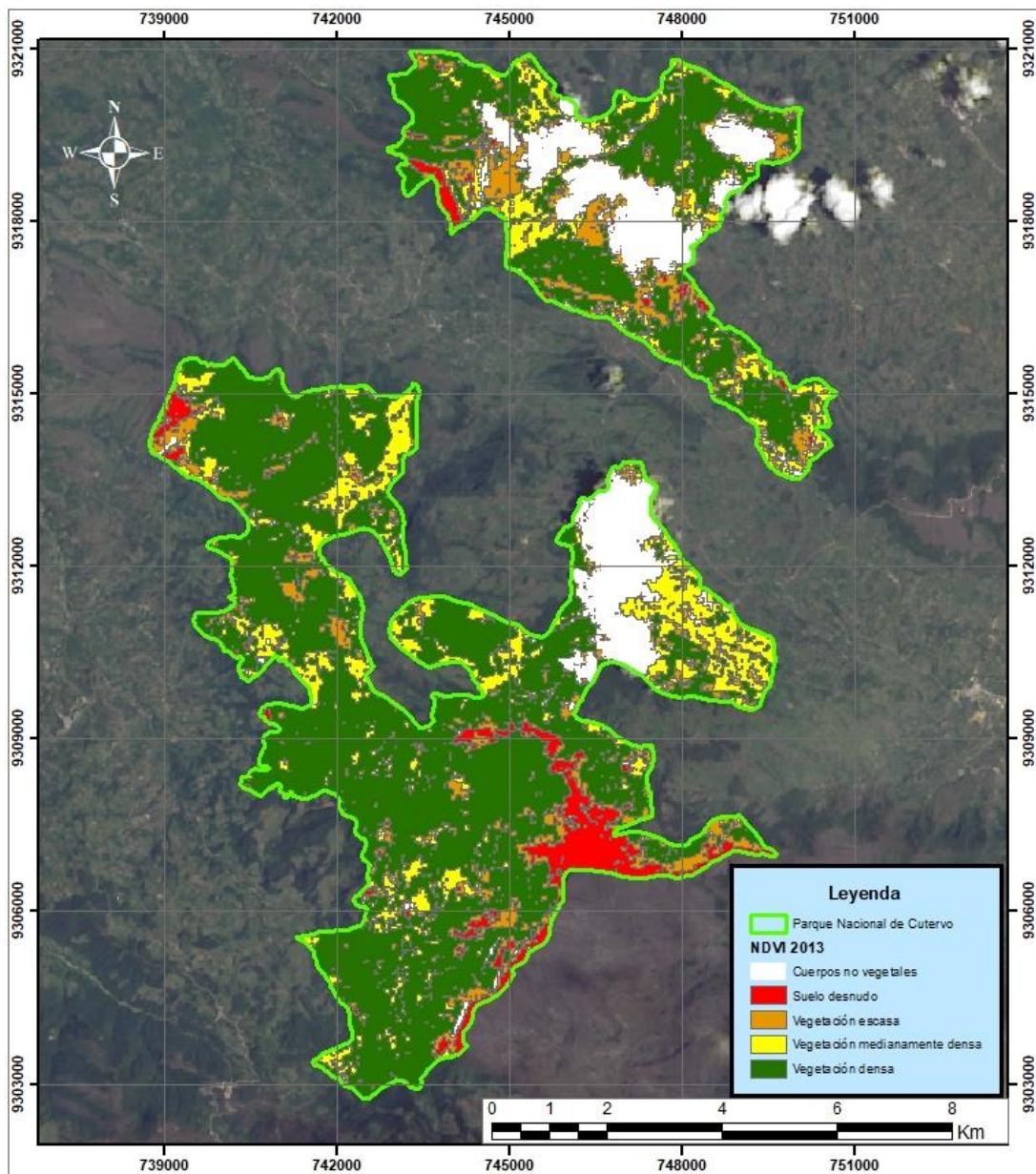
Código	Cobertura Vegetal	Área (Ha)	Porcentaje (%)
1	Cuerpos no vegetales	84.48	1.03
2	Suelo desnudo	903.29	11.00
3	Vegetación escasa	358.65	4.37
4	Vegetación medianamente densa	1541.42	18.77
5	Vegetación densa	5326.39	64.84
TOTAL		8214.23	100

Nota: Elaboración propia

En la Tabla 5 podemos identificar que la mayor cantidad de vegetación identificada es la vegetación densa, seguida por la vegetación medianamente densa, suelo desnudo, vegetación escasa y cuerpos no vegetales (nubes).

Figura 20

Mapa NDVI para el año 2013



UPN UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		
Plano:	NDVI 2013	
Departamento:	Provincia:	Distrito:
Cajamarca	Cutervo	Varios
Sistema de Coordenadas:		
DATUM WGS 84 - UTM - ZONA 17 S		
Fecha: Diciembre - 2023		Escala: 1/90,000
Plano:	P - 03	

Nota: Elaboración propia asistida con el Software ArcGIS 10.8

Tabla 6

NDVI Parque Nacional de Cutervo en el año 2013

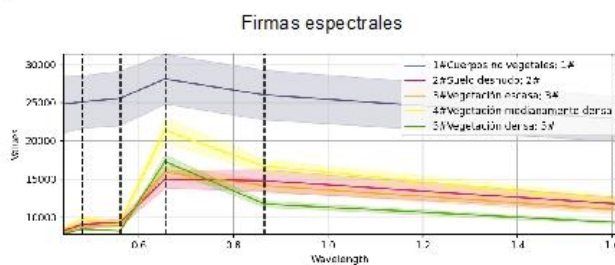
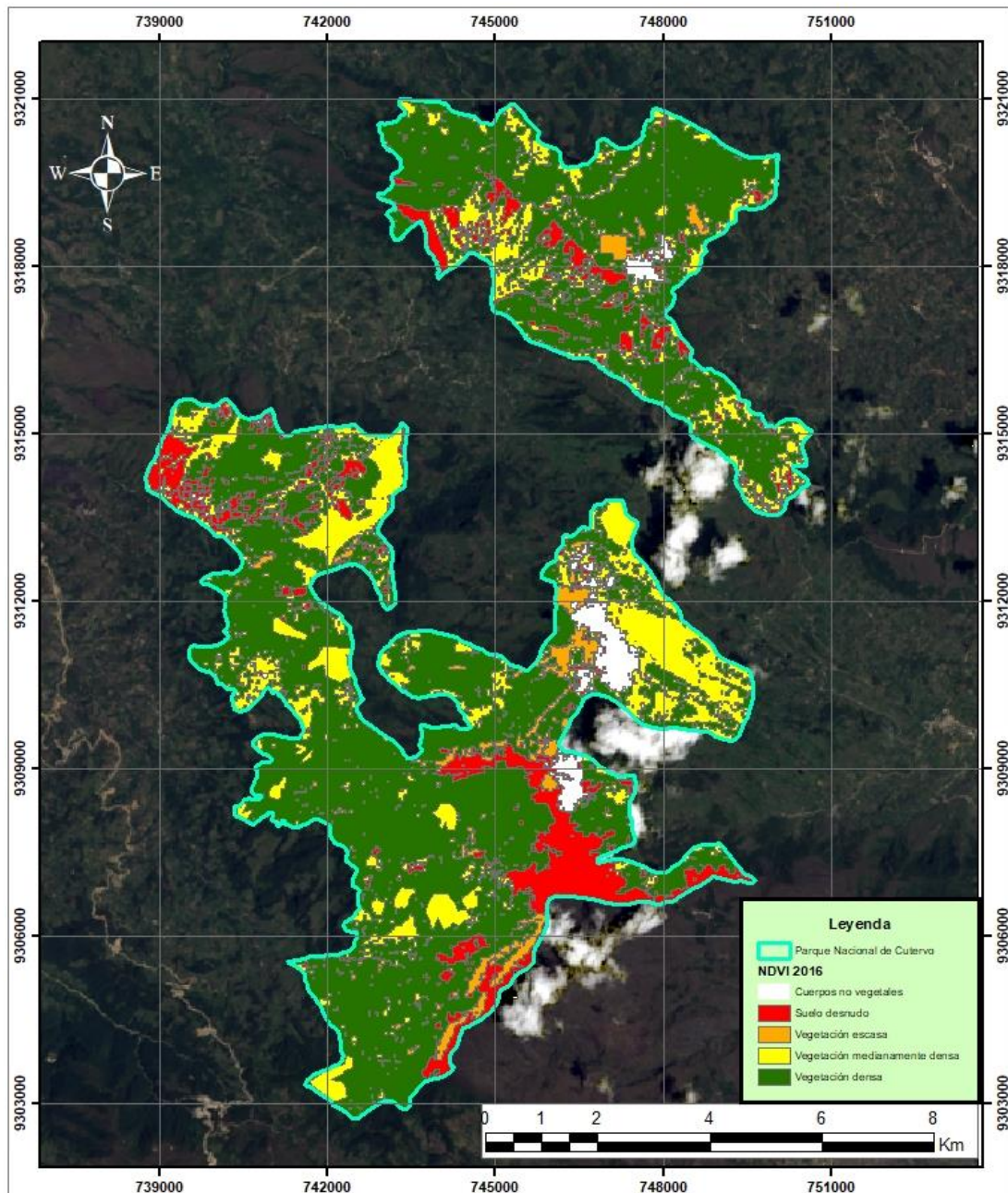
Código	Cobertura Vegetal	Área (Ha)	Porcentaje (%)
1	Cuerpos no vegetales	862.02	10.49
2	Suelo desnudo	413.72	5.04
3	Vegetación escasa	927.95	11.30
4	Vegetación medianamente densa	1205.67	14.68
5	Vegetación densa	4804.87	58.49
TOTAL		8214.23	100

Nota: Elaboración propia

En la Tabla 6 podemos identificar que la mayor cantidad de vegetación identificada es la vegetación densa, seguida por la vegetación medianamente densa, vegetación escasa, cuerpos no vegetales y suelo desnudo. En este análisis notamos un incremento de los cuerpos no vegetales identificados como nubes.

Figura 21

Mapa NDVI para el año 2016



UPN UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		
Plano:	NDVI 2016	
Departamento:	Provincia:	Distrito:
Cajamarca	Cutervo	Varios
Sistema de Coordenadas:		
DATUM WGS 84 - UTM - ZONA 17 S		
Fecha:	Escala:	
Diciembre - 2023	1/90,000	
Plano:	P - 04	

Nota: Elaboración propia asistida con el Software ArcGIS 10.8

Tabla 7

NDVI Parque Nacional de Cutervo en el año 2016

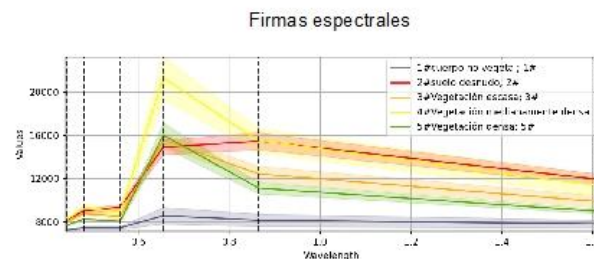
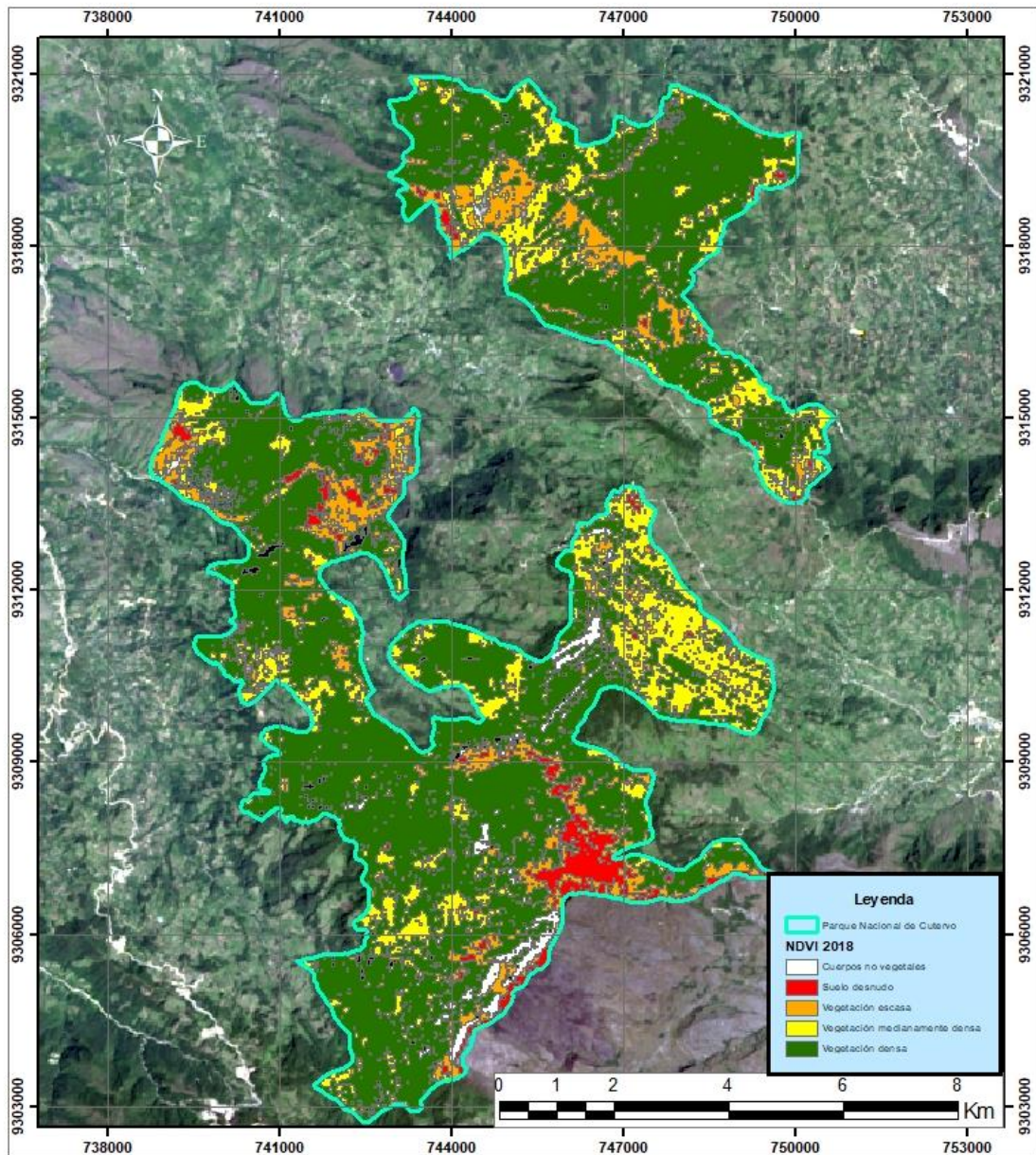
Código	Cobertura Vegetal	Área (Ha)	Porcentaje (%)
1	Cuerpos no vegetales	514.61	6.26
2	Suelo desnudo	704.41	8.58
3	Vegetación escasa	286.55	3.49
4	Vegetación medianamente densa	1620.46	19.73
5	Vegetación densa	5088.2	61.94
TOTAL		8214.23	100

Nota: Elaboración propia

En la Tabla 7 podemos identificar que la mayor cantidad de vegetación identificada es la vegetación densa, seguida por la vegetación medianamente densa, cuerpos no vegetales (nubes), suelo desnudo, vegetación escasa.

Figura 22

Mapa NDVI para el año 2018



UPN UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		
Plano:	NDVI 2018	
Departamento:	Provincia:	Distrito:
Cajamarca	Cutervo	Varios
Sistema de Coordenadas:		
DATUM WGS 84 - UTM - ZONA 17 S		
Fecha:	Diciembre - 2023	Escala: 1/90,000
Plano:	P - 05	

Nota: Elaboración propia asistida con el Software ArcGIS 10.8

Tabla 8

NDVI Parque Nacional de Cutervo en el año 2018

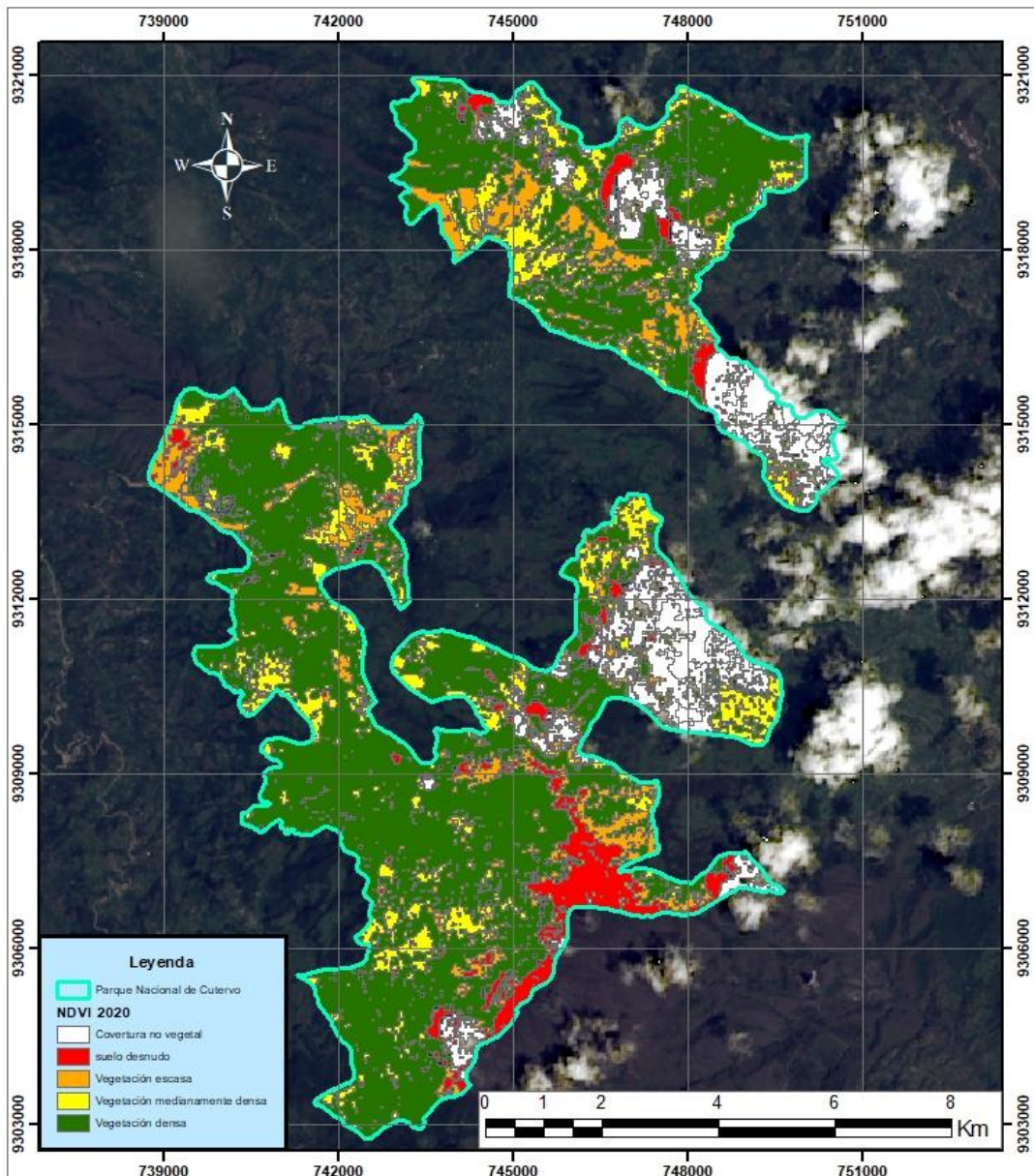
Código	Cobertura Vegetal	Área (Ha)	Porcentaje (%)
1	Cuerpos no vegetales	157.13	1.91
2	Suelo desnudo	329.85	4.02
3	Vegetación escasa	871.02	10.60
4	Vegetación medianamente densa	1492.93	18.17
5	Vegetación densa	5363.3	65.29
TOTAL		8214.23	100

Nota: Elaboración propia

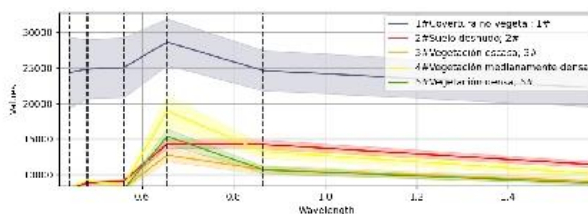
En la Tabla 8 podemos identificar que la mayor cantidad de vegetación identificada es la vegetación densa, seguida por la vegetación medianamente densa, vegetación escasa, suelo desnudo y cuerpos no vegetales (nubes).

Figura 23

Mapa NDVI para el año 2020



Firmas Espectrales



UPN UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		
Plano: NDVI 2020		
Departamento: Cajamarca	Provincia: Cutervo	Distrito: Varios
Sistema de Coordenadas: DATUM WGS 84 - UTM - ZONA 17 S		
Fecha: Diciembre - 2023		Escala: 1/90,000
Plano:		P - 06

Nota: Elaboración propia asistida con el Software ArcGIS 10.8

Tabla 9

NDVI Parque Nacional de Cutervo en el año 2020

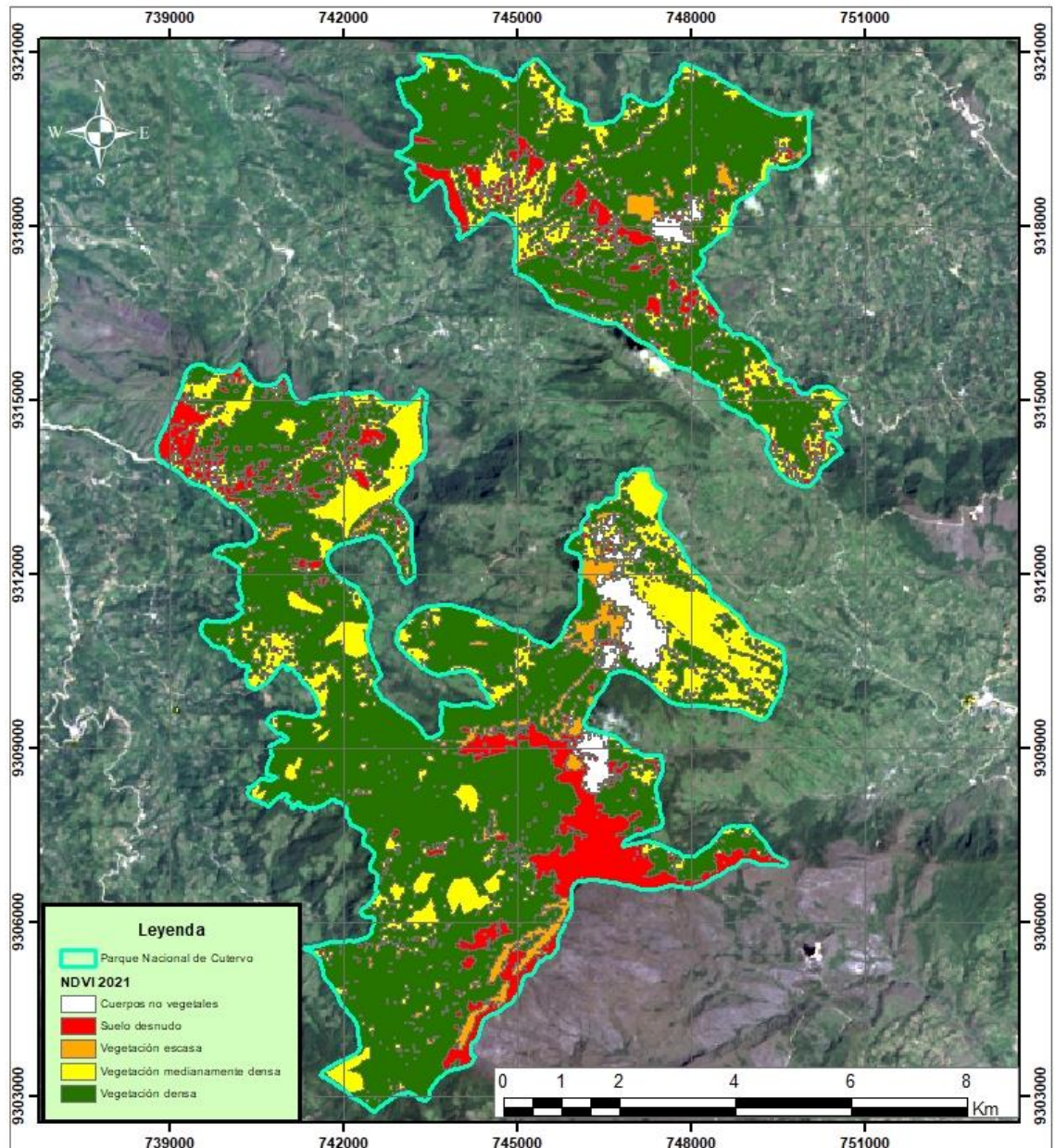
Código	Cobertura Vegetal	Área (Ha)	Porcentaje (%)
1	Cuerpos no vegetales	1065.85	12.98
2	Suelo desnudo	493.92	6.01
3	Vegetación escasa	825.66	10.05
4	Vegetación medianamente densa	1046.36	12.74
5	Vegetación densa	4782.44	58.22
TOTAL		8214.23	100

Nota: Elaboración propia

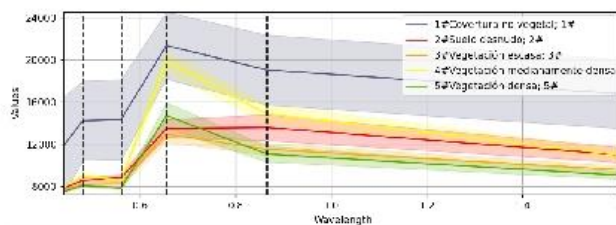
En la Tabla 9 podemos identificar que la mayor cantidad de vegetación identificada es la vegetación densa, seguida por los cuerpos no vegetales (nubes), vegetación medianamente densa, vegetación escasa y suelo desnudo.

Figura 24

Mapa NDVI para el año 2021



Firmas Espectrales



UPN UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		
Plano:	NDVI 2021	
Departamento:	Provincia:	Distrito:
Cajamarca	Cutervo	Varios
Sistema de Coordenadas:		
DATUM WGS 84 - UTM - ZONA 17 S		
Fecha:	Diciembre - 2023	Escala: 1/90,000
Plano:	P - 07	

Nota: Elaboración propia asistida con el Software ArcGIS 10.8

Tabla 10
NDVI Parque Nacional de Cutervo en el año 2021

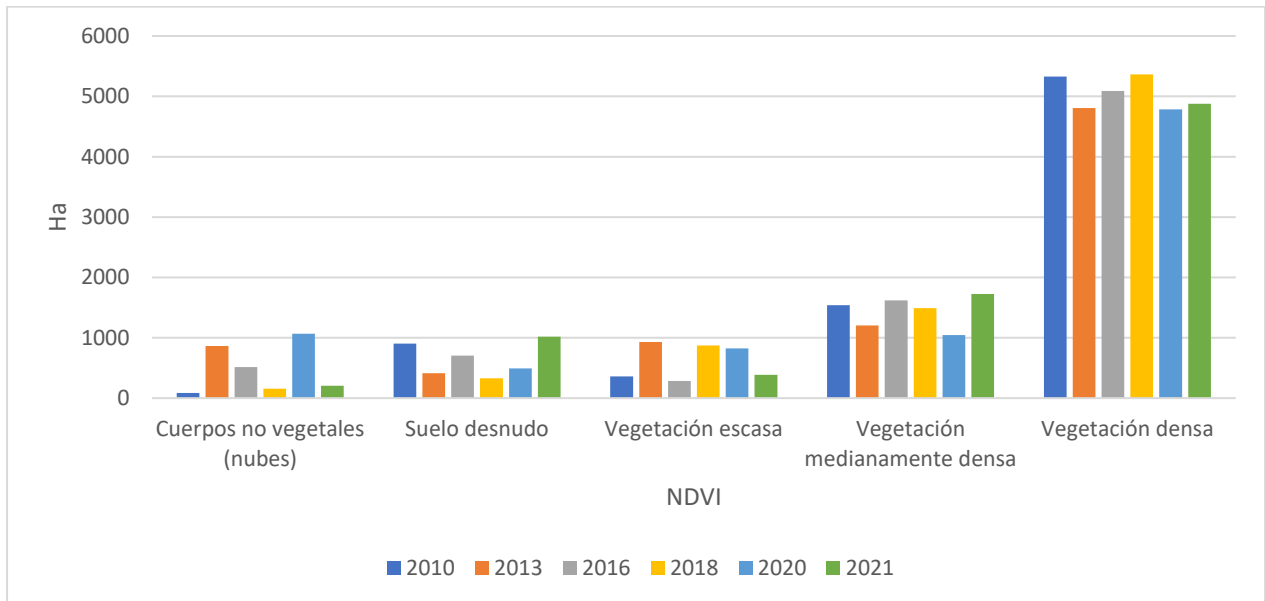
Código	Cobertura Vegetal	Área (Ha)	Porcentaje (%)
1	Cuerpos no vegetales	204.38	2.49
2	Suelo desnudo	1018.75	12.40
3	Vegetación escasa	385.14	4.69
4	Vegetación medianamente densa	1726.38	21.02
5	Vegetación densa	4879.58	59.40
TOTAL		8214.23	100

Nota: Elaboración propia

En la Tabla 10 podemos identificar que la mayor cantidad de vegetación identificada es la vegetación densa, seguida por la vegetación medianamente densa, suelo desnudo, vegetación escasa, y cuerpos no vegetales (nubes).

Figura 25

Variación de NDVI del 2010 al 2021

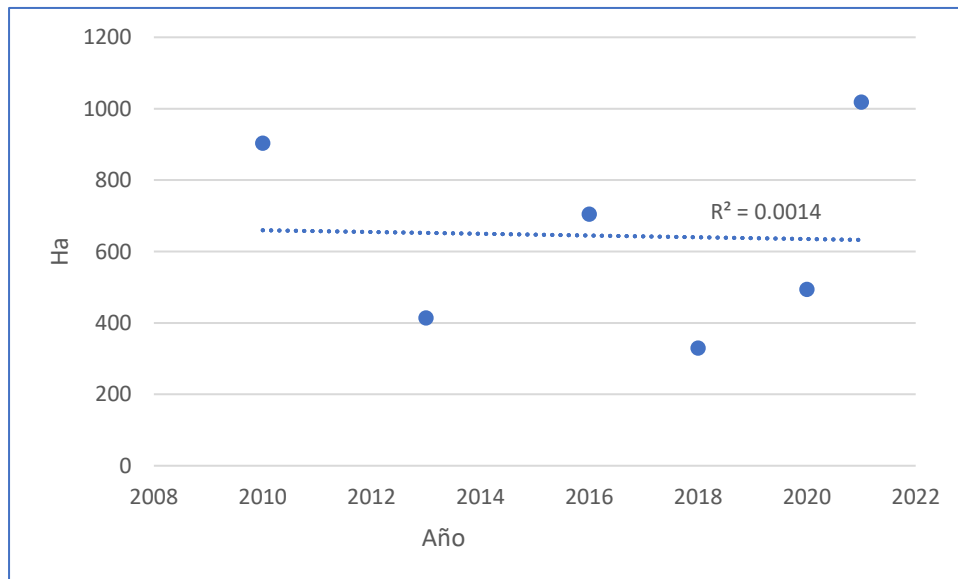


Nota: Elaboración propia

En la ilustración número 25 se representa el resultado obtenido del análisis NDVI para el periodo 2010 – 2021 en el que se logró obtener información correspondiente a los años 2010, 2013, 2016, 2018, 2020 y 2021. Los valores están representados en hectáreas (Ha) para su mejor comprensión, como se muestra en la ilustración los valores obtenidos varían entre cada año, esto es debido a la presencia de cuerpos no vegetales como lo son las nubes y sus respectivas sombras, estas alteran los resultados porque se ubicaron aleatoriamente en el área de estudio. Por lo cual cada parámetro del NDVI se realizará su interpretación de manera individual en relación al periodo de estudio.

Figura 26

Correlación entre suelo desnudo y el periodo de tiempo analizado

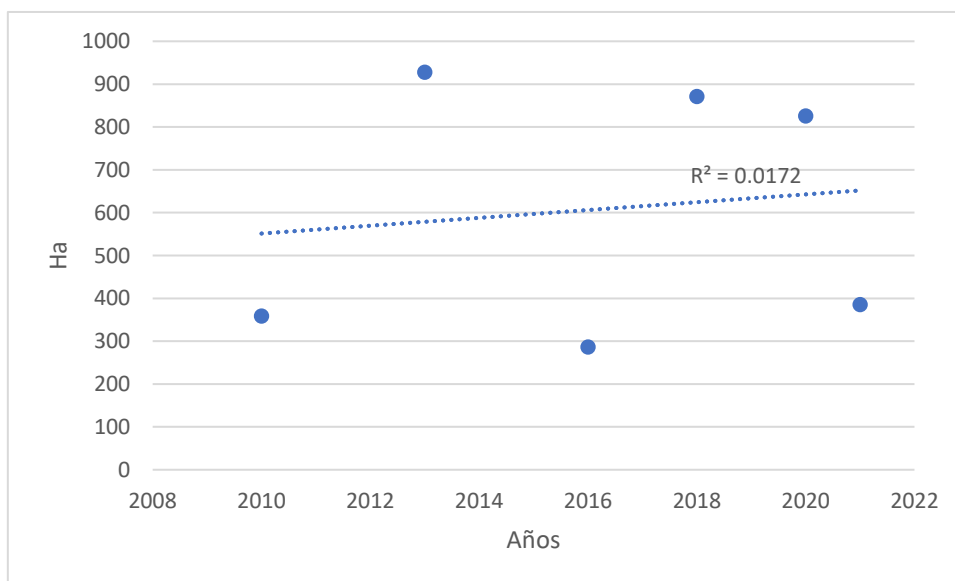


Nota: Elaboración propia

El análisis de correlación reveló un coeficiente de correlación ($r^2=0.0014$) que se traduce a un valor de r de 0.0374 para la variable de suelo desnudo en relación al periodo de tiempo 2010 - 2021. Este valor de r sugiere una correlación extremadamente débil entre la variación en la cobertura de suelo desnudo y el tiempo evaluado. Lo que sugiere que las variaciones en la cobertura de suelo desnudo son afectadas por distintos factores.

Figura 27

Correlación entre vegetación escasa y el periodo de tiempo analizado

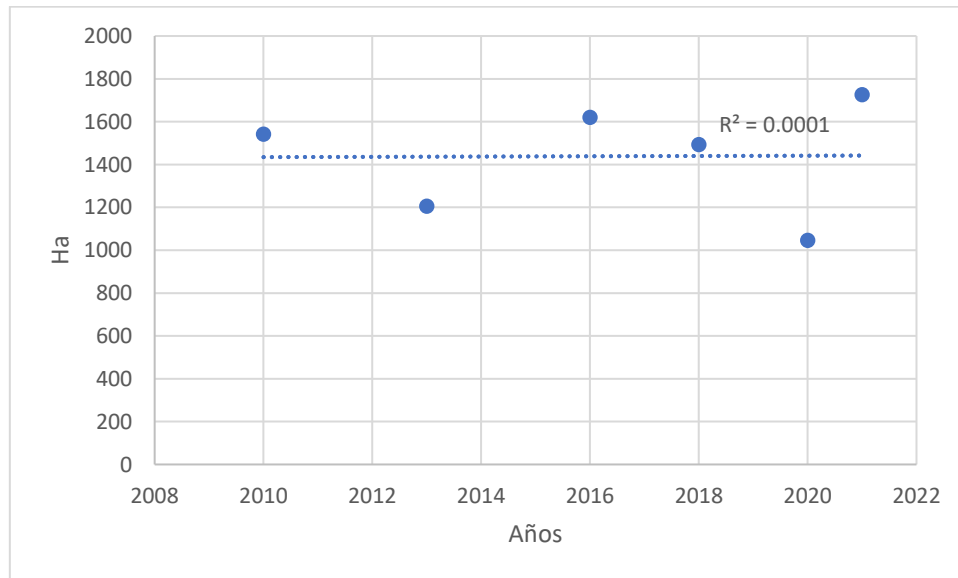


Nota: Elaboración propia

El análisis de correlación reveló un coeficiente de correlación ($r^2=0.0172$) que se traduce a un valor de $r=0.1311$ para la variable de vegetación escasa en relación al periodo de tiempo 2010 – 2021. Este valor muestra una correlación débil entre la variación en la cobertura de vegetación escasa y el tiempo evaluado en el Parque Nacional de Cutervo. Aunque la relación es débil, es significativa y sugiere una tendencia positiva. Esto implica que a medida que avanza el tiempo, existe un aumento leve pero detectable en la presencia de vegetación escasa en la región. Sin embargo, es esencial considerar la influencia de factores adicionales como condiciones climáticas, cambios en el uso del suelo y otros aspectos ambientales que podrían estar contribuyendo a esta variación en la vegetación.

Figura 28

Correlación entre vegetación medianamente densa y el periodo de tiempo analizado

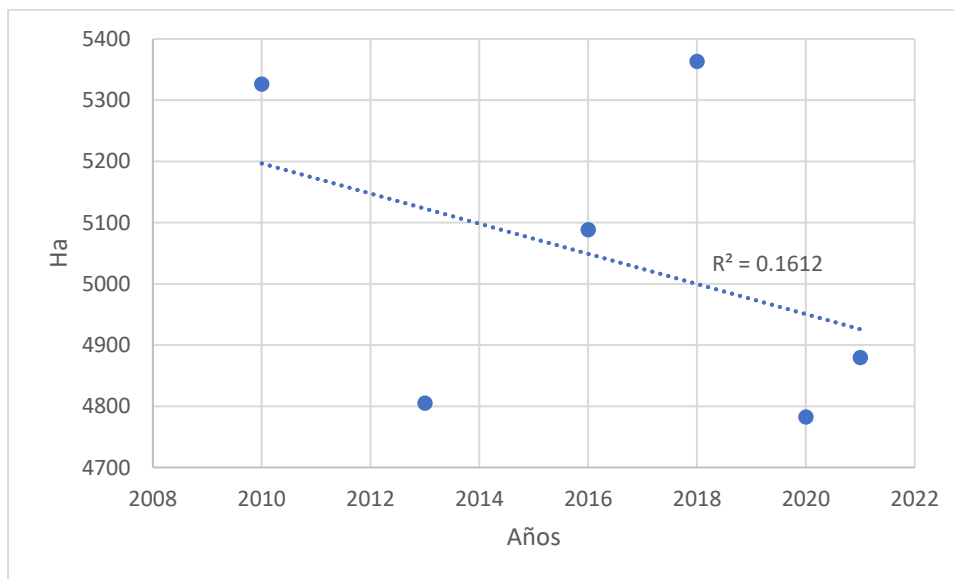


Nota: Elaboración propia

El análisis de correlación reveló un coeficiente de correlación ($r^2=0.0001$) que se traduce a un valor de r de 0.01 para la variable de vegetación medianamente densa en relación con el periodo de tiempo 2010 - 2021. Este valor indica una correlación extremadamente débil. Lo que sugiere que las variaciones en la cobertura de suelo desnudo son afectadas por distintos factores.

Figura 29

Correlación entre vegetación densa y el periodo de tiempo analizado



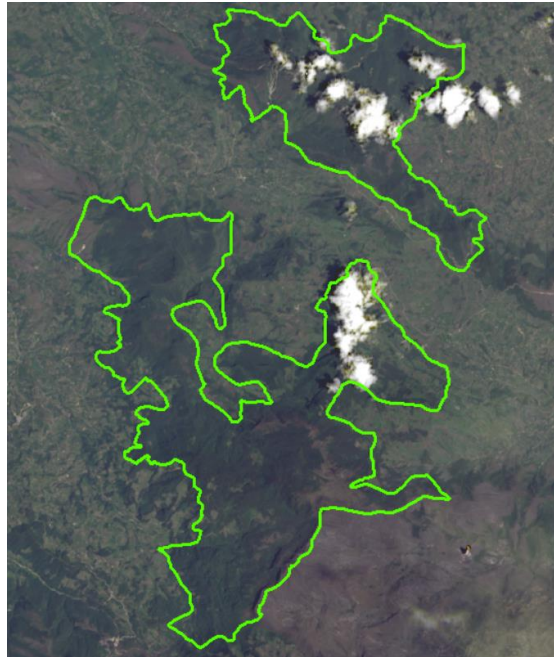
Nota: Elaboración propia

El análisis de correlación reveló un coeficiente de correlación ($r^2=0.1612$) que se traduce a un valor de r de 0.4015 para la variable de vegetación densa en relación con el periodo de tiempo 2010 - 2021. Este valor indica una correlación moderada, además sugiere una relación específica entre la variación en la cobertura de vegetación densa y el tiempo, lo que indicaría que a lo largo del tiempo este tipo de cobertura tendera a disminuir.

Dentro de los factores implicados en la obtención de estos resultados podemos resaltar tres: la presencia de cuerpos no vegetales en las imágenes satelitales descargadas como lo son las nubes y sus sombras proyectadas en la superficie, el segundo factor son las actividades antrópicas ocasionadas por los residentes aledaños al área de estudio y por último tenemos a los fenómenos naturales que generan cambios de cobertura vegetal, estos se describen a continuación.

Figura 30

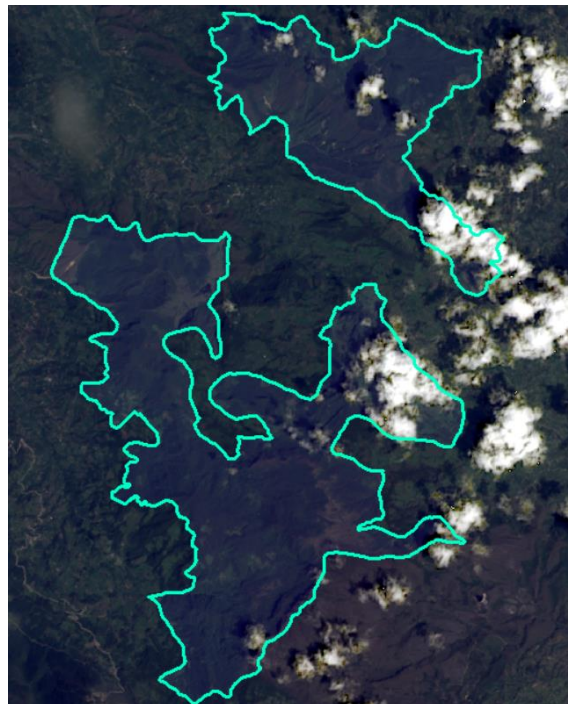
Imagen satelital Parque Nacional de Cutervo en el año 2013



Nota: Tomado de Google Earth, Maxar Technologies, 2023.

Figura 31

Imagen satelital Parque Nacional de Cutervo en el año 2020



Nota: Tomado de Google Earth, Maxar Technologies, 2023.

En las figuras anteriores, la figura 30 corresponde al año 2013 y la figura 31 corresponde al año 2020, en ambas imágenes se puede observar la presencia de nubosidad sobre el área de estudio el cual es el Parque Nacional de Cutervo, lo cual altera la distribución normal de las coberturas vegetales para estimar el NDVI. La nubosidad actúa como un obstáculo para la captación de la radiación proveniente de la superficie de la tierra, afectando la capacidad del sensor satelital para discriminar y cuantificar adecuadamente las coberturas vegetales. Como se nota en ambas imágenes la influencia de la nubosidad varía acorde a las condiciones climatológicas. Además, la variabilidad en la presencia de nubosidad entre los años de estudio puede explicar en parte las fluctuaciones observadas en los resultados del análisis de correlación.

Figura 32

Imagen satelital de un sector del Parque Nacional de Cutervo en el año 2011



Nota: Tomado de Google Earth, Maxar Technologies, 2023.

Figura 33

Imagen satelital de un sector del Parque Nacional de Cutervo en el año 2019



Nota: Tomado de Google Earth, CNES/Airbus, 2023.

La variabilidad de la cobertura vegetal en el Parque Nacional de Cutervo también se ve influenciada por una serie de condiciones climáticas y eventos naturales que han marcado la dinámica ambiental en el área de estudio. Los cambios en las condiciones del clima, como variaciones en los patrones de temperaturas y precipitación, han tenido repercusiones directas en la distribución de la vegetación. Como se muestra en las figuras 32 y 33 la presencia de deslizamientos en distintas áreas del área estudiada a lo largo del periodo del tiempo evaluado cambia la distribución de la cubierta vegetal, la topografía de la zona de estudio influye en la distribución de la cobertura vegetal. Los incendios forestales, ya sean provocados por actividades humanas o causados por eventos naturales como rayos, son otro factor a considerar, ya que pueden cambiar la composición de la cobertura vegetal y dañar su capacidad de regeneración. La fecha en que se obtiene la imagen satelital también influye en los resultados

obtenidos, dado que en los meses de precipitación la cobertura vegetal tiende a incrementarse y en los meses de estiaje esta tiende a reducirse, generando variaciones en los datos obtenidos entre año a año. Los cambios en los ciclos de vida de la vegetación, como periodos de floración, fructificación y caída de hojas, también están vinculadas a las condiciones climáticas. Estos ciclos influyen en los valores del NDVI a lo largo del año.

El cambio en el uso del suelo, causada por las acciones humanas, se evidencian como un actor determinante en las variaciones de la cobertura vegetal en el Parque Nacional de Cutervo. La práctica de la deforestación ha sido especialmente significativa, marcando la conversión de áreas boscosas para la expansión de la agricultura y otros propósitos. Este cambio radical en la utilización del suelo no solo ha resultado en la pérdida de hábitats naturales, sino que también ha alterado fundamentalmente la estructura de la vegetación, ejerciendo una influencia directa en la dinámica del ecosistema. Las actividades agrícolas han ejercido una presión substancial sobre la cobertura vegetal en la zona de estudio. La rotación de cultivos, el uso extensivo de agroquímicos y la expansión de áreas cultivadas han modificado la composición de la vegetación de manera significativa.

CAPITULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Discusión

Los hallazgos obtenidos en esta investigación revelan cambios en la cobertura vegetal en el Parque Nacional de Cutervo a lo largo del período de estudio (2010-2021). Uno de los hallazgos más destacados es el incremento del 12.78% en la presencia de suelo desnudo en la región. Este aumento puede deberse a múltiples factores, como la erosión, la actividad humana o eventos climáticos extremos, que han dejado áreas previamente cubiertas de vegetación expuestas. Esta tendencia plantea preocupaciones sobre la disminución de la cubierta vegetal y la degradación del suelo en el área natural protegida. Por otro lado, se observó un incremento del 7.39% en áreas con vegetación escasa. Este aumento podría estar relacionado con procesos de regeneración natural o, en algunos casos, con prácticas de restauración ecológica. También se identificó el incremento del 12% en la vegetación semi densa directamente relacionado al incremento de las áreas de cultivo y pastoreo. Por otro lado, resulta preocupante la reducción del 8.39% en la vegetación densa, debido a que este tipo de cobertura vegetal es esencial para mantener la estabilidad del ecosistema y la biodiversidad. Esta disminución podría ser atribuida a la tala, la expansión de actividades humanas o cambios en las condiciones climáticas que afectan negativamente a la vegetación densa.

En conjunto, estos resultados subrayan la dinámica compleja y multifacética de la cubierta vegetal y el uso del suelo en el Parque Nacional de Cutervo. La conservación y la gestión sostenible de este importante ecosistema requieren una comprensión más profunda de las causas subyacentes de estos cambios. Además, es fundamental tener en cuenta estos hallazgos y así crear políticas y estrategias de conservación que aborden los problemas específicos del área protegida.

En el estudio realizado se demostró que existe cambio de la cobertura vegetal en el Parque Nacional de Cutervo provocado por diversos factores, entre ellos la erosión, la actividad humana o eventos climáticos extremos, nuestros resultados se ven contrastados con el estudio elaborado por Granados et al. (2022), en el que determinaron el proceso de degradación de laderas asociado a la pérdida de cobertura vegetal, denotando que la erosión es una de las causas principales.

Uno de los hallazgos más significativos de nuestro estudio fue que se presentó una disminución del 8.39% de vegetación densa correspondiente a bosque durante un periodo de once años, contrastando con la investigación de Leija et al. (2020) el cual indica que la cobertura vegetal se deforestó el 32.1% en veintiséis años. Dando a conocer que la cobertura boscosa es una de las más afectadas en el pasar del tiempo y es la que más tendencia tiene a reducirse si no se le da un apropiado manejo.

En la investigación elaborado por Morales et al., (2016) determinó que los usos relacionados con la agricultura, incluidos los procesos dinámicos como la conversión a vegetación secundaria, están creciendo más a expensas de las áreas de bosques y selvas, y se ha observado una mayor tasa de deforestación en los últimos tiempos. Considerando que en el Parque Nacional de Cutervo se está manifestando de igual manera dado que se evidencia un notorio incremento de zonas de cultivo y pastoreo.

Al haber obtenido resultados con una tendencia a incrementarse el suelo desnudo, la vegetación escasa con tendencia a disminuir, la vegetación medianamente densa con una tendencia a incrementarse y una vegetación densa con alta tendencia a seguir disminuyendo, estos resultados ocasionados por distintos factores denotan una variación de la cobertura vegetal en el Parque Nacional de Cutervo, de igual manera se ve referenciado en la investigación realizada por Zuloaga & Gabriel (2023), Sus hallazgos demostraron que las capas

de suelos intervenidos y cobertura vegetal cambiaron a lo largo de los años de investigación, cada uno se encuentran dentro de las áreas de uso especial y amortiguamiento del Parque Nacional, los cuales están relacionados con la agricultura extensiva enfocada en el mercado local y el autoconsumo.

Una de las principales razones por la disminución de la cobertura vegetal densa e incremento de vegetación medianamente densa es el factor antrópico, es el principal ente que modifica los ecosistemas, ya que para satisfacer sus necesidades se ve obligado a alterar el medio que lo rodea, en este caso mediante la tala de los bosques para aprovechar la madera e incrementar las zonas de cultivo y pastos para animales, de igual forma esto también se ve evidenciado en otras zonas de nuestro país, Guerra (2020), demostró una disminución de la cobertura vegetal de 1.73% en toda la extensión del área de estudio. La provincia de Lima presentó un descenso de 2769.5 Ha en cobertura vegetal; además, estas coberturas presentan una relación del 86% con el crecimiento de la población.

En específico, observamos que la mayor área de nuestro estudio está conformada por cobertura vegetal densa durante todo el periodo de evaluación. Sin embargo, se puede notar una reducción significativa del 8.39% en la cobertura vegetal densa en el periodo que oscila entre 2011 a 2021. En concordancia con la investigación realizada por Pinzón (2022), quien determinó que las coberturas de roca se presentan con más frecuencia, llegando a ocupar 9025.5 hectáreas (47.51% del área del distrito) en promedio, además que en el espacio- tiempo la cobertura semi densa es la más invariable, nuestro estudio presenta resultados que se alinean con dicha perspectiva

En nuestro estudio obtuvimos que el suelo desnudo se incrementó en un 12.78%, la vegetación escasa se incrementó en un 7.39%, la vegetación semi densa se incrementó en un 12% y la vegetación densa se redujo en un 8.39% durante el periodo 2010 – 2021, en

concordancia con la investigación de Gutierrez & Vilchez (2022), sus resultados mostraron que la degradación más grave de cobertura de tipo forestal se produjo durante el período de 2016 a 2018 equivalente a -8.23 %, en el periodo de 2010 a 2012 un porcentaje de -6.59 y un porcentaje de 0.28 en el periodo de 2014 a 2016.

Conclusiones

En la presente investigación, luego de procesar y analizar los resultados:

Primero: Se da por válida la hipótesis alternativa ya que existe una variación superior al 5% en cada tipo de cobertura vegetal del Parque Nacional de Cutervo durante el periodo 2010-2021. Obteniendo que el suelo desnudo se ha incrementado en 115.46 ha siendo equivalente a un 12.78%, la vegetación escasa se incrementó en 26.49 ha equivalente a un 7.39%, la vegetación semi densa se incrementó en 184.96 ha equivalente a un 12% y la vegetación densa se redujo en 446.81 ha de bosque equivalente a un 8.39%, en el periodo del 2010 al 2021 se ha evidenciado un incremento en áreas de suelo desnudo y vegetación escasa, así como un incremento en vegetación semi densa y una reducción en vegetación densa. Estos cambios reflejan la interacción entre procesos naturales y actividades humanas.

Segundo: Se desarrolló el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) a lo largo de los años 2010, 2013, 2016, 2018, 2020 y 2021. El desarrollo de este índice proporcionó la información cuantitativa de cada año, posibilitando un análisis detallado de la variabilidad espacio- temporal de la cobertura vegetal en el área de estudio, así mismo, permitiendo la clasificación según la cobertura vegetal identificada.

Tercero: Dentro de los factores identificados en la variabilidad espacio temporal de la cobertura vegetal en el Parque Nacional de Cutervo durante el periodo 2010 – 2021, como factor externo tenemos la presencia de nubosidad y la proyección de sombras sobre el área de estudio, lo que representa un obstáculo para obtener datos acordes a la realidad, otro de los

factores son las condiciones ambientales del área estudiada, ya que la temperatura, la humedad, la precipitación, la erosión, los deslizamientos, incendios forestales entre otros, ocasionan variabilidad espacio-temporal sobre la cobertura vegetal y por último el factor antropogénico es uno de los que causa mayor afectación a la cobertura vegetal mediante la tala indiscriminada, la generación de incendios forestales, incremento de zonas de cultivo y ganadero.

Cuarto: Como medidas de gestión sostenible para la conservación de la cobertura vegetal en el PNC se plantean las siguientes: Sugerir e implementar y ejecutar un sistema de seguimiento continuo mediante tecnologías de teledetección para evaluar las dinámicas de la cobertura vegetal y permitir respuestas ágiles a cambios significativos. Desarrollar programas de restauración de ecosistemas, centrados en la reforestación y recuperación de áreas degradadas. La participación activa de las comunidades locales se destaca como esencial. Desarrollar programas educativos dirigidos tanto a la población de la zona como a turistas puede aumentar la comprensión sobre la importancia de la cobertura vegetal y generar un mayor compromiso con la conservación. Establecer rutas turísticas bien definidas y promover prácticas de bajo impacto puede generar ingresos económicos para la comunidad sin comprometer la integridad del ecosistema.

REFERENCIAS

- Agudelo, L., & Aigner, J. (2008). DISEÑOS DE INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL Y NO-EXPERIMENTAL. *La sociología en sus Escenarios*, 1–46.
https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/2622/1/AgudeloGabriel_2008_DisenosInvestigacionExperimental.pdf
- Aguilar, O. (2022). VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA COBERTURA VEGETAL DE LA SUBCUENCA SANTA EULALIA (LIMA-PERÚ). *UPN*.
<https://orcid.org/0000-0001-9659-4250>
- Alencar, K., Parodi, M., Silva, R., & Opazo, D. (2019). Variabilidad espacial y temporal de la cobertura vegetal de los años 1984 a 2011 en la cuenca hidrográfica del río Moxotó, Pernambuco, Brasil. *Diálogo andino*, 58, 139–150.
<https://doi.org/10.4067/S0719-26812019000100139>
- Bravo, N. (2017). *Teledetección espacial*, Landsat, Sentinel2, Aster L1T y Modis.
https://acolita.com/wpcontent/uploads/2018/01/Teledeteccion_espacial_ArcGeek.pdf.
- Causas, D. (2015). *Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación*. 2, 1–11.
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/36805674/1-VARIABLES-libre.pdf?1425133381=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3Dvariables_de_Daniel_Cauas.pdf&Expires=1702222633&Signature=Paqy2HhPQslddK-FFkXstsAsnlDeVEHcCDaLpqOvqNMjq4t4s~BR~IaZmtzoNk~ZmnWHnIYAEoxdT~FRiTYCpC5tbXBpD19uf3mzUea3fLP6oWvNBeiFBk08hKzfvmhkRKAADvKIRSEwJVWkegynJQhobNnB4wWVvLWGCRjd0wIyxAp9jf4aQIEVuvdZylZ-MIN911DOMh1c2F9TowK19NyhKy2dDwGATd7zqc3xU-IJvM~A1oNzB9k3QYdybt5JmCXpMBcHD1khVqRU0M8PdRftULfepYIJoNLYC DCav3tVMK0~INnxBANjnm9VE1aS~B3Xya50RpIIOIPkXeT6eg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- Cima, M. (2021) *Índice de vegetación de diferencia Normalizada (NDVI): Análisis y Mapeo de la deforestación en el municipio de Bacalar, Quintana Roo*.

<http://rasisbi.uqroo.mx/bitstream/handle/20.500.12249/2768/SD418.2021-2768.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Delgado, M., & Llorca, J. (2004). ESTUDIOS LONGITUDINALES: CONCEPTO Y PARTICULARIDADES. *Revista Española de salud Pública*, 2, 141–148. <https://www.scielosp.org/pdf/resp/2004.v78n2/141-148>

Fajardo, L. (2018). *Firmas espectrales*. file:///C:/Users/Heydy/Downloads/20181204_ArticuloFirmasEspectrales.pdf

Figuerola, J., Ramón, A., & Barrero, H. (2020, abril). *Análisis multitemporal del cambio de cobertura vegetal en el área de manejo "Los Números" Guisa, Granma*. Revista Cubana de Ciencias forestales. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2310-34692020000100001&script=sci_arttext&tlng=pt

Galalrdo, J., & Montalvan, F. (2020). Pérdida de cobertura vegetal en el distrito de Morales, San Martín, Perú (periodo 1987 – 2017). *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 6(1). <https://doi.org/10.17162/RICTD.V6I1.1400>

García Salinero, J. (2004). Estudios Descriptivos. *NURE investigación: Revista Científica de enfermería*, ISSN-e 1697-218X, N°. 7, 2004, 7, 9. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7824322&info=resumen&idioma=SPA>

Geoenseñanza. (2006). Los Sistemas de Información Geográfica. *GEOENSEÑANZA*, 11(1), 107–116. <https://www.redalyc.org/pdf/360/36012424010.pdf>

Geoinnova. (2014, mayo 27). *Los SIG aplicados al Medio Ambiente*. Geoinnova. <https://geoinnova.org/blog-territorio/los-sig-aplicados-al-medio-ambiente/>

Girimonte, P., & García, J. (2020). El índice NDVI y la clasificación de áreas sembradas aprendizaje automático no supervisado "K-Means. *Revista de investigación en modelos matemáticos aplicados a la gestión y la economía*, 1, 4. <https://www.economicas.uba.ar/wp-content/uploads/2016/04/Girimonte-Garcia-Fronti.pdf>

Granados, E., Mendoza, M., & Acosta, A. (2022). Cambio de cobertura vegetal y uso de la tierra. El caso de la cuenca endorreica del lago de Cuitzeo, Michoacán. *Gaceta ecológica*, 64, 19–34. <https://www.redalyc.org/pdf/539/53906403.pdf>

- Guerra, M. (2020). 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). UPN. https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/29557/Tesis_Mar%C3%ADa%20de%20los%20C3%81ngeles%20Lisbeth%20Guerra%20Cardenas.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Gutierrez, F., & Vilchez, K. (2022). *Evaluación de cobertura vegetal en el distrito de Cajamarca utilizando dos técnicas espectrales del 2000 al 2020* [De grado, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/31750>
- Idrogo, A. (2022). Análisis de cambio de cobertura y uso de la tierra con imágenes satelitales del distrito de Sókota - Cutervo período 2002-2017 [De grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. En *Universidad Nacional de Cajamarca*. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4995>
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (2022). *LANDSAT*. <https://www.inegi.org.mx/temas/imagenes/imgLANDSAT/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2022). *Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)*. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/investigacion/ndvi/>
- Leija, E., Valenzuela, S., Valencia, M., Jiménez, G., Castañeda, G., Reyes, H., & Mendoza, M. (2020). Análisis de cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo en la región centro-norte de México. El caso de la cuenca baja del río Nazas. *Ecosistemas*, 29(1), 1826–1826. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1826>
- Luque, J. (2017). *Espectro electromagnético y espectro radioeléctrico*. https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/062017.pdf
- Manchego, M. (2017). Variabilidad espacio-temporal de la vegetación en la cuenca Quilca-Chili durante el periodo 2005-2015. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*. <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/3f7cf950-3e08-4540-9f4e-1d24b9841f1a/content>
- Ministerio del Ambiente. (2015). Mapa Nacional de Cobertura Vegetal. *Ministerio del Ambiente*, 10–11. <https://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/MAPA-NACIONAL-DE-COBERTURA-VEGETAL-FINAL.compressed.pdf>

- Ministerio del Ambiente. (2019, junio 13). *Pérdida de la cobertura vegetal en ecosistemas costeros y andinos*. Sistema Nacional de Información Ambiental. <https://sinia.minam.gob.pe/indicadores/perdida-cobertura-vegetal-ecosistemas-costeros-andinos>
- Morales, J., Carrillo, F., Farfán, L., & Cornejo, V. (2016). CAMBIO DE COBERTURA VEGETAL EN LA REGIÓN DE BAHÍA DE BANDERAS, MÉXICO. *Caldasia*, 38(1), 17–29. <https://doi.org/10.15446/CALDASIA.V38N1.57831>
- Muñoz, D., López, F., Hernández, M., Soler, A., & López, J. (2009, julio). *Impacto de la pérdida de la vegetación sobre las propiedades de un suelo aluvial*. Terra Latinoamericana. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792009000300008
- Nina, J. (2016). Cambios de la cobertura del suelo en la reserva nacional salinas y aguada blanca Arequipa, Moquegua - Perú, en relación a la variación de la temperatura y precipitación durante el periodo 1986-2010. *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3258522>
- Ormeño, S. (2006). *Teledetección fundamental* (Departamento de ingeniería topográfica y cartografía, Ed.; 3a ed.). Universidad Politécnica - Madrid. <http://pdi.topografia.upm.es/santi/descarga/FunTeled.PDF>
- Osuna, A., Díaz, J., De Anda, J., Villegas, E., Gallardo, J., & Davila, G. (2015). Evaluación de cambio de cobertura vegetal y uso de suelo en la cuenca del río Tecolutla, Veracruz, México; periodo 1994-2010. *Revista Ambiente & Agua*, 10(2), 350–362. <https://doi.org/10.4136/AMBI-AGUA.1539>
- Pedroza, E., Velásquez, M., Pedroza, A., Sánchez, I., & Yáñez, L. (2021). Impacto de la cobertura vegetal en la erosión-deposición del suelo por efecto de escorrentía superficial. *Scielo*. <https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2021.12.135>
- Pinzón, M. (2022). *Estudio de la Evolución de la cobertura vegetal de los suelos mediante imágenes Landsat, Distrito Sexi - Cajamarca* [De grado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/11047>
- Saldaña, V. (2019). *Análisis de los cambios de cobertura y uso del suelo con imágenes satelitales del distrito de Chancay, años 2001 y 2018* [De grado, Universidad

Nacional de Cajamarca].

<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/2990/AN%C3%81LISIS%20DE%20LOS%20CAMBIOS%20DE%20COBERTURA%20Y%20USO%20DEL%20SUELO%20CON%20IM%C3%81GENES%20SATELITALES%20DE%20L%20DISTRITO%20DE%20CHA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sánchez, P. (2012). *La teledetección enfocada a la obtención de mapas digitales* [De grado, Universidad de Cuenca].
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/779/1/ti839.pdf>

Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado. (2010). Plan maestro del Parque Nacional de Cutervo. En *Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado* (p. 11). <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/39138>

Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado. (2019, enero 1). *Parque Nacional de Cutervo - Informes y publicaciones - Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado - Plataforma del Estado Peruano*. Plataforma digital única del Estado Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/sernanp/informes-publicaciones/1948145-parque-nacional-de-cutervo>

Ugaz, E. (2020). *Variabilidad temporal y espacial de la vegetación en la microcuenca del río Porcón durante el periodo 2003 - 2019* [De grado, Universidad Privada del Norte].
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23922/Ugaz%20Su%C3%A1rez%2c%20Emi%20Carito.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Zuloaga, J. L., & Gabriel, E. N. (2023). Cambio de uso de tierra y su impacto en la cobertura vegetal del Parque Nacional Tingo María entre los años 2006-2021. *Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente*, 12.
<https://doi.org/10.18800/KAWSAYPACHA.202302.A009>