



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Efecto de la variabilidad atmosférica en la cobertura vegetal del
Refugio de vida silvestre Laquipampa entre 1990-2020**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

De La Cruz Ancajima, Fátima Del Rosario (ORCID: 0000-0001-6275-8763)

Gamarra Bustamante, Ronald Jesús (ORCID: 0000-0001-7023-840X)

ASESOR:

Dr. Munive Cerrón, Rubén (ORCID: 0000-0001-8951-2499)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

CHICLAYO — PERÚ

2021

Dedicatoria

A nuestros padres, por habernos apoyado incondicionalmente y formado con buenos sentimientos y valores, lo cual nos ha llevado a ser las personas que somos en la actualidad, muchos de nuestros logros y éxitos se los debemos a ustedes, que siempre nos apoyaron.

Fátima y Ronald

Agradecimiento

Agradecer a Dios por permitirnos llegar a este momento tan anhelado para nuestro desarrollo profesional. A la Universidad César Vallejo por darnos la oportunidad de poder culminar nuestra formación profesional como ingenieros ambientales. Al equipo del Refugio de Vida Silvestre Laquipampa y SENAMHI por lo información brindada. Así mismo, al Dr. Rubén Víctor Munive Cerrón por la orientación y asesoramiento.

Fátima y Ronald

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras.....	vii
Resumen	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. MÉTODOLÓGÍA	20
3.1 Tipo y Diseño de Investigación.....	20
3.2 Variable y Operacionalización	20
3.3 Población, muestra y muestreo	21
3.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos	22
3.5 Procedimientos	23
3.6 Método de análisis de datos	39
3.7 Aspectos éticos.....	39
IV. RESULTADOS.....	40
V. DISCUSIÓN.....	67
VI. CONCLUSIONES.....	71
VII. RECOMENDACIONES	72
REFERENCIAS.....	73
ANEXOS	90

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Especialistas consultados</i>	22
Tabla 2. <i>Datos de la estación meteorológica Puchaca</i>	25
Tabla 3. <i>Datos de las Imágenes satelitales tomadas</i>	27
Tabla 4. <i>Cálculo de la Evapotranspiración</i>	30
Tabla 5. <i>Puntos de Control</i>	33
Tabla 6. <i>Matriz de levantamiento de datos de campo</i>	38
Tabla 7: <i>Valoración del índice de Kappa</i>	38
Tabla 8. <i>Pruebas de Normalidad del Efecto de la Variabilidad Atmosférica en la Cobertura Vegetal</i>	40
Tabla 9. <i>Correlación de Spearman sobre el índice de vegetación NDVI (vegetación densa) en el periodo 1990 a 2020</i>	41
Tabla 10. <i>Correlación de Spearman sobre el índice de vegetación NDVI (vegetación semidensa) en el periodo 1990 a 2020</i>	41
Tabla 11. <i>Correlación de Spearman sobre el índice de vegetación NDVI (vegetación dispersa) en el periodo 1990 a 2020</i>	42
Tabla 12. <i>Correlación de Spearman sobre el índice de vegetación NDVI (sin vegetación) en el periodo 1990 a 2020</i>	42
Tabla 13. <i>Correlación de Spearman sobre el tipo de cobertura (Bosque subhúmedo de montaña) en el periodo 1990 a 2020</i>	45
Tabla 14. <i>Correlación de Spearman sobre el tipo de cobertura (Bosque seco de montaña) en el periodo 1990 a 2020</i>	45
Tabla 15. <i>Correlación de Spearman sobre el tipo de cobertura (Matorral arbustivo semiárido) en el periodo 1990 a 2020</i>	46
Tabla 16. <i>Correlación de Spearman sobre la superficie de cobertura vegetal (Evapotranspiración) en el periodo 1990 a 2020</i>	49
Tabla 17. <i>Correlación de Spearman sobre la superficie de cobertura vegetal (Nivel térmico) en el periodo 1990 a 2020</i>	51
Tabla 18. <i>Índice de vegetación (NDVI) del R.V.S. Laquipampa para el año 1991</i>	52
Tabla 19. <i>Índice de vegetación (NDVI) del R.V.S.L para el año 1996</i>	53
Tabla 20. <i>Índice de vegetación (NDVI) del R.V.S.L para el año 2000</i>	54
Tabla 21. <i>Índice de vegetación (NDVI) del R.V.S.L para el año 2004</i>	56

Tabla 22. <i>Índice de vegetación (NDVI) del R.V.S.L para el año 2010</i>	57
Tabla 23. <i>Índice de vegetación (NDVI) del R.V.S.L para el año 2015</i>	58
Tabla 24. <i>Índice de vegetación (NDVI) del R.V.S.L para el año 2020</i>	59
Tabla 25. <i>Clasificación del tipo de cobertura vegetal del RVSL del año 1991</i>	60
Tabla 26. <i>Clasificación del tipo de cobertura vegetal del RVSL del año 2020</i>	61
Tabla 27. <i>Tasa de cambio de cobertura vegetal del RVSL en el periodo 1990-2015 y 1990-2020</i>	66

Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Mapa de ubicación del RVSL	21
<i>Figura 2.</i> Diagrama de recolección y procesamiento de información atmosférica.	23
<i>Figura 3.</i> Diagrama de recolección y procesamiento de imágenes satelitales	26
<i>Figura 4.</i> Diagrama de procesamiento de información para determinar las incidencias en la superficie de la cobertura vegetal	29
<i>Figura 5.</i> Diagrama de procesamiento de información de campo	31
<i>Figura 6.</i> Índice de Vegetación (NDVI) en relación con la Temperatura	43
<i>Figura 7.</i> Índice de Vegetación (NDVI) en relación con la Precipitación	43
<i>Figura 8.</i> Índice de Vegetación (NDVI) en relación con el Vapor de Agua	44
<i>Figura 9.</i> Índice de Vegetación en relación con el Dióxido de Carbono	44
<i>Figura 10.</i> Cobertura Vegetal en relación con la Precipitación.....	46
<i>Figura 11.</i> Cobertura Vegetal en relación con la Temperatura.....	47
<i>Figura 12.</i> Cobertura Vegetal en relación con el Vapor de Agua	48
<i>Figura 13.</i> Cobertura Vegetal en relación con el Dióxido de Carbono (CO ₂)	48
<i>Figura 14.</i> Evapotranspiración en relación con Factores Atmosféricos (Temperatura y Precipitación).....	49
<i>Figura 15.</i> Evapotranspiración en relación con Componente Atmosférico: Vapor de Agua en porcentaje (%).....	50
<i>Figura 16.</i> Evapotranspiración en relación con Componente Atmosférico: Dióxido de Carbono (Kt).....	50
<i>Figura 17.</i> Mapa del índice de vegetación del RVS Laquipampa del año 1991	52
<i>Figura 18.</i> Mapa del índice de vegetación del RVS Laquipampa del año 1996	53
<i>Figura 19.</i> Mapa del índice de vegetación del RVS Laquipampa del año 2000	54
<i>Figura 20.</i> Mapa del índice de vegetación del RVS Laquipampa del año 2004	55
<i>Figura 21.</i> Mapa del índice de vegetación del RVS Laquipampa del año 2010	57
<i>Figura 22.</i> Mapa del índice de vegetación del RVS Laquipampa del año 2015	58
<i>Figura 23.</i> Mapa del índice de vegetación del RVS Laquipampa del año 2020	59
<i>Figura 24.</i> Mapa de los tipos de cobertura vegetal del RVSL en el año 1991	60
<i>Figura 25.</i> Mapa de los tipos de cobertura vegetal del RVSL en el año 2020	62
<i>Figura 26.</i> Mapa de la variación del nivel térmico en el RVSL entre 1991 a 2020.	63

<i>Figura 27. Variación de la evapotranspiración en el RVSL entre los años 1990-2020</i>	63
<i>Figura 28. Climograma precipitación – temperatura en el periodo de estudio 1990-2020 en el RVSL</i>	64
<i>Figura 29. Variación temporal del vapor de agua entre el periodo 1990-2020 en el RVSL</i>	65
<i>Figura 30. Variación temporal del CO₂ entre el periodo 1990-2020 en el RVSL</i>	65

Resumen

En la actualidad existen estudios referidos a indicios de variaciones en la cobertura vegetal en ecosistemas frágiles al desequilibrio en las condiciones atmosféricas y el aumento de CO₂, es por ello que el presente estudio se plantea el objetivo de determinar el efecto de la variabilidad atmosférica en la cobertura vegetal del Refugio de Vida Silvestre Laquipampa entre 1990-2020, para lo cual fue necesario realizar el análisis de imágenes satelitales mediante el cálculo de NDVI, clasificación supervisada para ser correlacionados mediante RHO de Spearman con datos de las condiciones atmosféricas en el área de estudio de los últimos 30 años, obteniéndose un aumento de 0.05° C/año en la temperatura, 0.6 mm/año en precipitación y un aumento de 30 mil kt de CO₂, además se registró la disminución de matorral arbustivo y suelo sin vegetación con tasas de cambio de -0.32 y -0.31. La correlación RHO Spearman se mostró significativa entre la categoría vegetación dispersa/CO₂ (0.607), vegetación dispersa/ vapor de agua (0.593) y fuerte entre bosque subhúmedo de montaña/ precipitación (0.786), matorral arbustivo semiárido/ vapor de agua (-0.778), entre otros, lo cual indicó que la variabilidad atmosférica tiene efecto en la cobertura vegetal de manera puntual y discriminada.

Palabras clave: Variabilidad atmosférica, Cobertura vegetal, Imágenes satelitales, NDVI.

Abstract

Currently there are studies referring to indications of variations in vegetation cover in fragile ecosystems due to the imbalance in atmospheric conditions and the increase in CO₂, which is why this study sets out the objective of determining the effect of atmospheric variability on the vegetation cover of the Laquipampa Wildlife Refuge between 1990-2020, for which it was necessary to perform the analysis of satellite images by calculating NDVI, a supervised classification to be correlated by Spearman's RHO with data on atmospheric conditions in the study area of the last 30 years, obtaining an increase of 0.05 ° C / year in temperature, 0.6 mm / year in precipitation and an increase of 30 thousand kt of CO₂, in addition, there was a decrease in shrubby scrub and soil without vegetation with rates of change of -0.32 and -0.31. The RHO Spearman correlation was significant between the category scattered vegetation / CO₂ (0.607), scattered vegetation / water vapor (0.593) and strong between sub-humid mountain forest / precipitation (0.786), semi-arid shrubland / water vapor (-0.778), among others, which indicated that atmospheric variability has an effect on vegetation cover in a specific and discriminated manner.

Keywords: Atmospheric variability, Vegetation cover, Satellite images, NDVI.

I. INTRODUCCIÓN

La variabilidad atmosférica producida por el desequilibrio de los componentes atmosféricos y los factores atmosféricos, ha ocasionado en las últimas décadas alteraciones en la cobertura vegetal en zonas de climas extremos alrededor del planeta, es así como en la reunión 48 del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) los expertos alertaron sobre la proliferación y desarrollo de especies arbustivas leñosas en ecosistemas de bosques boreales y tundra cercanas a los polos, más aún prevén que estas especies aumenten conforme incrementa el calentamiento global (Moufouma-Okia et al., 2019).

Lo anterior tendría relación con lo expuesto en el 4° informe evaluativo del IPCC y la reunión 50 del IPCC donde anuncian que de aumentarse en más de 1.5°C la temperatura mundial ocasionaría variaciones en la temperatura y precipitación, y que en conjunto con el aumento de las concentraciones de CO₂ afectarán la distribución geográfica de especies y con ello la estructura e interacciones ecológicas (Almut et al., 2020; Locatelli et al., 2009). De esta forma se ha visto la predominancia de distintas especies vegetales ante las fluctuaciones atmosféricas, incluyendo adaptación de plantas mesófilas a xerófilas por ausencia de lluvias y aumento de temperatura (Zhi Li et al., 2016).

En el Perú, se ha mostrado la preocupación sobre el tema, sobre todo por ser un país con diversos ecosistemas donde el 60% de su territorio pertenece a bosques y que en el 2019 registró pérdidas de alrededor de 150 mil hectáreas por deforestación según el Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático del MINAM, además de ser un país susceptible al cambio climático, lo cual puede agravar las heladas y los fenómenos climatológicos del El Niño y La Niña, según los escenarios previstos para cambio climático en el 2030 del SENAMHI (Rosas et al., 2009).

Diversos estudios han demostrado los efectos que pueden desarrollarse por la variabilidad atmosférica en el desarrollo de la vegetación del país, ejemplo de ello es la reducción de bosques densos ante temporadas secas en los Cerros de Amotape (Campos y Guerrero, 2018), el cambio de superficie de pajonales, bofedales y arbustales ante un incremento de 1.3°C de temperatura en los andes

centrales (Flores, 2019), y la reducción del 70% de superficie de 11 especies del género Asteraceae para el 2040 bajo las tendencias actuales de temperatura y precipitación (Quipuscoa, 2019).

Dentro de los ecosistemas más afectados estarían los bosques secos, cuya extensión en el 2018 fue de 2 millones 300 mil hectáreas de las cuales el 21.2% se encuentran en la región Lambayeque (MINAM, 2021), sin embargo, su amplitud se ha visto disminuida según el Geo portal del MINAM en más de 1000 hectáreas de bosque seco de colina y montaña en los últimos 15 años, a esto se suman las variaciones atmosféricas que señalan un ligero aumento de la temperatura y disminución de precipitación.

La problemática de la reducción de cobertura vegetal en los bosques secos de Lambayeque, conlleva a la realización de este estudio, donde el problema general se define en ¿Cuál será el efecto de la variabilidad atmosférica en la cobertura vegetal en el periodo 1990-2020 en el Refugio de Vida Silvestre Laquipampa? y los problemas específicos en ¿Cuál será el efecto de la variabilidad atmosférica en el índice de vegetación en el RVSL entre 1990-2020?, ¿Cuál será el efecto de la variabilidad atmosférica en la distribución de los tipos de cobertura vegetal en el RVSL entre 1990-2020? y ¿Cuál será el efecto de la variabilidad atmosférica en la superficie de la cobertura vegetal en el RVSL entre 1990-2020?.

Como parte de la justificación técnica, la presente investigación se realiza debido a la problemática de pérdida de cobertura vegetal en los bosques secos y a la ardua labor que supone monitorear los bosques in situ. Por ello, se busca analizar las variaciones de cobertura vegetal mediante tecnología que permita cubrir la extensión del territorio con imágenes captadas desde satélite y documentos que permitan entender el problema planteado. Además, este documento pretende mostrar los efectos de la variabilidad atmosférica en la cobertura vegetal, por lo que puede servir de partida para la creación de documentos técnicos que busquen dar solución a esta problemática.

La justificación social, se fundamenta en el papel principal que cumplen los bosques secos en el mantenimiento de los medios de vida de miles de personas, ya que proveen bienes y servicios a las poblaciones rurales, si bien es cierto todas las

personas tienen un beneficio de estos bosques como servicio ecosistémico son las personas de menos recursos los que se benefician directamente de los recursos forestales, debido a esto es fundamental entender las variaciones que pueden sufrir los bosques secos, puesto que sirven para combatir la pobreza y la incertidumbre alimentaria en situaciones de crisis.

El presente trabajo debe su justificación ambiental a la variabilidad atmosférica que ocasiona impactos negativos en la cobertura vegetal y en especies de fauna de las áreas naturales (IPCC, 2019), es así que el presente estudio busca determinar el efecto de la variabilidad atmosférica en la cobertura vegetal de manera que aporte en la gestión, conservación y protección de áreas naturales y vida silvestre, así también a reforzar las medidas para la adaptación y mitigación al cambio climático.

Además, la justificación económica se basa en que el estudio usa imágenes satelitales las cuales sirven como textos visuales que de acuerdo al contexto pueden ser usados de manera práctica para visualizar y analizar el estado de la vegetación, crecimiento agrícola, cambios en el clima, advertir sobre desastres naturales y monitorear. Las imágenes remotas son en su mayoría de libre acceso, lo que permite a los investigadores dar soporte técnico de bajo costo a sus estudios.

Con el fin de desarrollar este estudio se plantea cumplir el objetivo de determinar el efecto de la variabilidad atmosférica en la cobertura vegetal del Refugio de Vida Silvestre Laquipampa (RVSL) entre 1990-2020, esto se pretende lograr mediante los objetivos específicos determinar el efecto producido por la variabilidad atmosférica en el índice de vegetación en el RVSL entre 1990-2020, determinar el efecto producido por la variabilidad atmosférica en la distribución de los tipos de cobertura vegetal en el RVSL entre 1990-2020 y determinar el efecto producido por la variabilidad atmosférica en la superficie de la cobertura vegetal del RVSL entre 1990-2020.

Así mismo, se plantean las siguientes hipótesis H.G: La variabilidad atmosférica tiene un efecto significativo en la cobertura vegetal en el periodo de tiempo 1990 – 2020 en el RVSL, H.E.1: La variabilidad atmosférica tiene un efecto significativo en el índice de vegetación en el periodo de tiempo 1990 – 2020 en el RVSL, H.E.2: La variabilidad atmosférica tiene un efecto significativo en la distribución de los tipos

de cobertura vegetal en el periodo de tiempo 1990 – 2020 en el RVSL. H.E.3: La variabilidad atmosférica tiene un efecto significativo en la superficie de cobertura vegetal en el periodo de tiempo 1990 – 2020 en el RVSL.

II. MARCO TEÓRICO

Distintas investigaciones se han realizado sobre los efectos de la variabilidad atmosférica en el desarrollo de la cobertura vegetal, como parte de la elaboración de la investigación se ve necesario citar algunos trabajos internacionales y nacionales.

En el país también se muestran investigaciones al respecto las cuales forman parte de los antecedentes nacionales, es así que tenemos a Pauca-Tanco et al. (2020), quienes tuvieron como objetivo determinar las variaciones efectuadas en el humedal altoandino Chalhuanca entre 1986-2016 producto de los factores atmosféricos. El tipo de diseño de investigación fue correlacional, por lo cual la investigación tomó como muestra un área de 12 km de largo por 300 m de ancho, conjuntamente se obtuvo información de temperatura y precipitación diaria, las cuales fueron agrupadas por década y correlacionadas mediante la biviada de Pearson con el NDVI obtenido. Los resultados determinaron que la precipitación aumento 32 milímetros/década y la temperatura en 0.3 y 0.6 °C/década para máxima y mínima respectivamente, lo que conllevó a un aumento del área de bofedal en 12 ha/año, demostrando que existe una relación significativa entre los factores atmosféricos de precipitación y temperatura y los humedales alto andinos.

Por su parte, Quispe (2020), tuvo como objetivo determinar las variaciones en la cobertura terrestre (vegetación y suelo rocoso) a través del análisis y modelado multitemporales. La investigación tuvo como muestra la totalidad de la cuenca Zapatilla, 31374.34 ha, para el análisis de la investigación los autores hicieron uso del índice espectral NDVI y de clasificación supervisada en imágenes tomadas por sensores remotos, obteniendo como resultados reducciones significativas de 497.10 ha en pastos naturales y 24.10 ha en bofedales, y un aumento en pajonales/arbustos, suelo desnudo y área rocosa en 1500.10 ha, 16.59 ha y 1.38 ha entre 1987-2015 respectivamente; además, la temperatura y la evaporación aumentaron en 0.80°C y 0.30 mm/año a diferencia de la precipitación la cual tuvo un descenso de 56 mm/año durante el periodo de estudio. El investigador no estableció correlaciones, sin embargo, en sus conclusiones asocia la modificación de cobertura vegetal a las variaciones atmosféricas.

A diferencia de la investigación anterior Luna y Naquiche (2020), correlacionaron la variabilidad atmosférica con los componentes ecológicos con el fin de determinar el impacto del primero. La investigación supuso el diseño aplicativo bajo un enfoque descriptivo cuantificado a nivel correlacional, con una muestra de 263 ha correspondiente a la totalidad del área de estudio. Los resultados demostraron variaciones temporales de NDVI con mayor presencia en 2020 (0.548) y menor en 2005 (0.23); la correlación entre vegetación/precipitación y vegetación/insolación, fue de 0.313 y -0.171 respectivamente, además, las unidades vegetativas aumentaron de 2000 a 2020 de 4 a 7 según las observaciones de las imágenes satelitales. Los autores concluyeron que la variabilidad de los elementos atmosféricos tiene impacto en los componentes ecológicos.

A su vez, Oblitas (2019), empleó imágenes satelitales multitemporales con el fin de determinar los cambios en la cobertura terrestre en la cuenca de Amojú, Jaén. La muestra usada para el estudio fue de 42,733.2656 ha. El autor realizó un estudio no experimental descriptivo, para la determinación de cambios hace uso de múltiples índices espectrales en el software SIG. Los resultados determinaron 3 tipos de cobertura bosque abierto bajo (10.68%), arbustal (0.76%) y vegetación arbustiva/herbácea (27.33%) y una disminución de cobertura de 2,152.7483 dentro del periodo 2001-2013, dentro de las cuales 179.3956 ha fueron producto de la deforestación. El investigador concluye que la falta de medidas de conservación y el avance de la zona urbana son los causantes de los cambios de la cobertura terrestre.

Quipuscoa (2019), tuvo como finalidad determinar el comportamiento de las especies de los géneros endémicos de Asteraceae del Perú debido a la influencia del cambio climático, para ello utiliza un diseño de investigación descriptivo correlacional. Se tomó como muestra el registro de 17 especies del género *Asteraceae* con su respectiva ubicación geográfica. Los datos se obtuvieron de los registros herbarios del Perú y se correlacionaron con los datos bioclimáticos mediante el método de Modelamiento de Especies en el software MaxEnt 4.3.1. Los investigadores indicaron como resultados que el área ocupada actualmente por 11 especies sufriría una reducción del 70% de su superficie para el 2040 y que sólo 6 especies aumentarían su superficie.

Campos y Guerrero (2018), pretendieron evaluar la variación temporal de la cobertura vegetal a través de un análisis de NDVI entre los años 2000 -2015 en los bosques secos de 2 reservas en Tumbes. Teniendo como muestra 171281.27 hectáreas lo que representa la totalidad de la extensión de las áreas naturales protegidas. Además, emplearon un diseño de investigación descriptivo, usando instrumentos de observación directa, compilación de información, imágenes satelitales y datos atmosféricos; los cuales fueron procesados en software GIS aplicando NDVI. Los resultados del estudio demostraron evidencia de relación directa entre cobertura vegetal densa y precipitación pues de 2002 al 2005 ante un periodo seco (0.2 mm/a) la vegetación de este tipo disminuyó 89 124.75 ha además el índice de tendencia hacia el 2025 prevé una reducción de 43 607.53 ha comparadas con el año base, debido principalmente al aumento de cobertura mixta, poco densa y suelo desnudo favorecida por la variabilidad atmosférica de precipitación y temperatura.

A Continuación, se presentan antecedentes internacionales que permitirán entender y dar sustento al desarrollo de la investigación, así pues, otra investigación que estudió la cobertura vegetal y los factores atmosféricos de temperatura y precipitación fue la de Luzón (2020), quien buscó determinar la correlación entre las variables mencionadas mediante el análisis de NDVI, para esto tuvo en cuenta una metodología no experimental descriptiva. Los resultados mostraron poca variación en la temperatura en el área de estudio, pero si variación moderadamente significativa de la precipitación, además mostraron disminución de cobertura vegetal de 8.59% entre 1990 y 2008, y un aumento de 2.03% entre el 2008 y 2016. El investigador concluyó que los factores atmosféricos se mantuvieron estables por lo tanto la reducción de la cobertura vegetal estuvo relacionada directamente a las actividades agrícolas, sin embargo, ante un abandono de las actividades antrópicas la estabilidad del bosque y el clima favorecen al resurgimiento de la cobertura vegetal.

Así mismo, Chhabra y Gohel (2020) determinaron la correlación existente entre el carbono atmosférico y los tipos de cobertura vegetal en la India, para esto recopiló información del observatorio orbital de carbono OCO-2, NDVI y precipitación de los compuestos MODIS. El estudio obtuvo una tasa de crecimiento de CO₂ de 2.19

ppmv entre 2009-2015 y de 3.2 ppm en 2016 que coincidió con la presencia del evento El niño, además el análisis de correlación entre CO₂ y NDVI fue negativo para bosques de hoja perenne, bosque de hoja ancha caducifolio y bosque mixto. El autor concluye que los tipos de cobertura vegetal tienen un impacto significativo en el control de las concentraciones atmosféricas de CO₂.

De la misma manera, Loh et al. (2020) tuvieron como objetivo determinar el grado de afectación en la cobertura vegetal por consecuencia del cambio climático Sudán entre 1985-2015, para ello compararon los datos de temperatura y precipitación con la cobertura vegetal obtenida mediante clasificación no supervisada de imágenes satelitales. Los autores observaron un aumento de 0.08 °C, 0.03 °C y 0.06 °C por año para las temperaturas máximas, mínimas y medias, así mismo, la disminución de la precipitación en una tendencia de 0.12 mm por año; además lograron registrar que la superficie de bosques y agua aumentó en 2,9% y 5,2% de 1990 a 1995, en 6,38% y 9,97% de 2000 a 2003 y en 15,66% y 7,81% de 2003 a 2013, no obstante, registraron a la vez disminuciones de 18.5% y 13.8%, en arbustos y agua, de 1995 a 2000, y en 8.23% y 13.41%, de 2013 a 2015. Los autores concluyeron que la variabilidad atmosférica tuvo un impacto significativo en la reducción de la vegetación en la zona estudiada.

Nega et al. (2019), evaluaron el cambio de cobertura vegetal y los impactos que han tenido en las precipitaciones y la temperatura de la superficie terrestre (LST), en un área altamente deforestada y poblada de Etiopía, esto fue evaluado mediante el análisis de NDVI y relacionado con las variables atmosféricas mencionadas. Los autores observaron como resultados alteraciones en el clima y LST de 1981 a 2017, especialmente en la temporada seca de 2000 a 2017 donde aumentó la precipitación y LST, además la zona de estudio redujo su cobertura vegetal de 210,177 ha en 1981 a 116,387 en el 2017, observaron también que la cubierta vegetal disminuyó en conjunto con la precipitación y que LST aumentó con la reducción de la cubierta vegetal, sin embargo las pruebas estadísticas no mostraron una tendencia significativa para demostrarlo, es por ello que concluyeron que la reducción de 2.1% de la vegetación en el periodo de estudio se debió principalmente al aumento poblacional y la actividad agrícola.

MA et al. (2019) exploraron la variación de evapotranspiración de revegetación entre los años 2000-2015 en la meseta de Loess, China, para ello estudiaron las fluctuaciones de los recursos hídricos incluyendo datos climáticos-atmosféricos, para luego correlacionarse con el índice de vegetación fraccional y Evapotranspiración. Obteniendo como resultados que la evapotranspiración presentó tendencia creciente (pb 0,1) durante 2000-2010, la temperatura tiene poco efecto sobre la evapotranspiración. De acuerdo al balance hídrico en relación con la precipitación, evapotranspiración y cambios en el flujo del río señalan que el déficit de consumo de agua es fuerte en relación con los cambios en la vegetación y muestran que el volumen de evapotranspiración se correlaciona con los tipos de cobertura.

Albarakat et al. (2018), estudiaron el impacto de la variabilidad atmosférica y los cambios antropogénicos en el desarrollo de las marismas mesopotámicas de Irak mediante el uso de teledetección. El área de estudio comprendió la totalidad de los pantanos de Irak, que varió de 10,500 a 20,000 km². Para la evaluación de la evolución de biomasa vegetal y extensión de agua los investigadores emplearon imágenes satelitales de alta resolución a las cuales les aplicaron NDVI y clasificación supervisada, además correlacionaron los datos obtenidos con las variables climáticas de temperatura, precipitación y variables ambientales de la red hídrica de la zona. Los resultados mostraron tendencias negativas moderada entre la precipitación y el NDVI obtenido, y tendencias negativas significativas entre el NDVI y la descarga anual de los ríos. Se determinó además que los aumentos de NDVI fueron de 13.22%,1.27% y 16.29% y las disminuciones representaron 86.78%,98.73% y 83.71%, para las marismas de Al-hammar, Central y Al-Huwaiza respectivamente, concluyendo que, las condiciones ambientales de las marismas estudiadas responden al abastecimiento de agua, el cual fue modificado principalmente por acción humana y en menor proporción por las temporadas de sequía en las zonas altas.

Así mismo, Li et al. (2016), buscaron identificar la respuesta de la cobertura vegetal a las variaciones hidroclimáticas en Asia central en el periodo de tiempo 1982-2013, para ello aplicaron un diseño correlacional de estudio, teniendo como muestra 400 mil hectáreas lo que representa toda la extensión de Asia central. Los datos fueron

recolectados con técnicas documentales como el análisis documental y se compararon mediante un análisis correlacional. Los resultados del estudio expresaron que la temperatura de 1997 a 2013 aumentó aceleradamente mientras que las precipitaciones presentaron un ligero aumento a 7,8 mm/a desde 1987, reduciéndose ligeramente a partir del 2000, esto ocasionó que el 8% de cobertura de pastizales y el 9.9% de las tierras forestales se conviertan en matorrales, con lo que concluyen que la dinámica vegetal es sensible a los efectos de las variables atmosféricas.

Con el fin de sustentar la relación entre la cobertura vegetal y las variabilidad atmosférica se agrupan diversas teorías desarrolladas por distintos autores, estos expresan que la cobertura vegetal se ve influenciada por los factores fisiográficos y climáticos, tales como la humedad del suelo, el índice de área foliar, la evapotranspiración, la precipitación y especialmente la temperatura que aporta energía para los procesos internos de la planta garantizando su salud, distribución y productividad. (Zhao et al., 2019, p.2).

Del este modo, la variabilidad de la temperatura óptima del aire puede afectar al proceso de fotosíntesis, por lo que conocer la relación entre la temperatura específica del bioma, dependiendo del sitio y del año específico puede ayudar en la agricultura, el medio ambiente y la salud, (Chang et al., 2020), por su parte, los árboles también se ven influenciados por los cambios de temperatura, pues pueden provocar un adelanto en el inicio de la temporada de crecimiento y un retraso en el fin de temporada, además pequeñas variaciones de 1°C de temperatura pueden alargar la formación de anillos en los árboles (Yang et al., 2017). Además, Bagherzadeh, et al. (2021) mencionan que la cobertura vegetal limita su crecimiento en temperaturas bajas y prolifera en regiones cálidas, puesto que, la temperatura se encuentra por encima de lo necesario por las plantas lo cual genera un efecto en su crecimiento.

Así mismo, Hao-Jie y Xin- Ping (2016), mencionan que la precipitación se correlaciona de manera positiva con la cobertura vegetal en las áreas secas, por el contrario, las lluvias intensas afectan de manera negativa a los ecosistemas húmedos. Además, Moulton et al. (2018), expresa que los ecosistemas dunícolas

se ven afectados por las variaciones de las precipitaciones, por los cambios de patrones de viento, tormentas y los grados de actividad ciclónica. La pérdida de cobertura vegetal también influye en las variaciones climáticas, puesto que una disminución de cobertura vegetal trae consigo una disminución de las cantidades de precipitación media anual y una elevación de la temperatura a nivel del suelo (Wang et al., 2015). Otro factor atmosférico que influye en la tasa de expansión forestal es la humedad, ya que los bosques se expanden a una tasa más alta en áreas con mayor pendiente y con abundante humedad (Gaisin, et al, 2020).

Además, los cambios de estructura de la cobertura vegetal generados por el clima y la distribución de bosques, tienen un efecto retroalimentador en el clima por medio del balance energético de la superficie, el ciclo hidrológico, la presión superficial y la circulación atmosférica del territorio (Wu et al., 2016, p 629). Por ejemplo, las especies herbáceas se desarrollan mejor en ambientes cálidos mientras algunas especies de arbustos reaccionan positivamente al aumento de temperatura (Per-Ola. et al, 2021), por su lado el crecimiento de las especies arbóreas se relaciona directamente a la temperatura a excepción del abeto común que tiende a desarrollarse de mejor manera ante déficit de presión de vapor (Forrester, et al.,2021).

La temperatura superficial de la tierra determina al igual que los factores atmosféricos las condiciones de crecimiento y desarrollo de la cobertura vegetal (Quispe y Révolo, 2020; Shiflett et al., 2017) a diferencia que el primero altera sus parámetros como consecuencia de las condiciones atmosféricas que se presentan en un lugar (Marshall y Thompson, 2016). Punto clave en el proceso es el Dióxido de Carbono (CO₂) que tiene influencia en las variaciones atmosféricas, además tiene relación con los cambios de cobertura vegetal de las zonas tropicales y altitudes bajas, a diferencia del clima que es el principal factor de variación de cobertura vegetal en latitudes altas, así mismo, los bajos niveles de precipitaciones y los altos niveles de CO₂ en regiones semihúmedas y semiáridas ocasionan un aumento de cobertura de árboles (Chen et al, 2019, p 303).

La cobertura vegetal puede ser medida mediante dos métodos, los destructivos basados en la extracción de biomasa para su pesado y los métodos no destructivos

como las ecuaciones alométricas que usan las dimensiones de los árboles para estimar su volumen en bosques homogéneos y los datos de percepción remota óptica que a pesar de no ser tan exacta como los datos de campo facilitan las evaluaciones a grandes escalas y a zonas inaccesibles (Kumar y Mutanga, 2017).

Los datos tomados por los satélites o por las imágenes de percepción remota sobre un objeto en la superficie se expresan en forma de cuencas o números digitales los cuales necesitan ser procesados para obtener una magnitud de carácter físico llamada radiancia (Gupta, 2017, p 14) esta se expresa como la radiación de la superficie captada por los sensores del satélite, sin embargo esta magnitud no sólo expresa la radiación emitida por el objeto sino que incluye datos tomados por las condiciones de la atmósfera y la incidencia del sol (Chuvieco, 2016).

Ante esto las imágenes se deben procesar nuevamente a través de ecuaciones estandarizadas de forma que se pueda obtener la firma espectral que es la reflectancia en función de la longitud de onda, propia de los distintos objetos de la superficie como el agua, nieve, suelo, pistas, concreto, materiales varios y cobertura vegetal (Elachi y Van-Zyl, 2021, p 19). De esta manera, la teledetección se convierte en un indicador para entender los cambios en el ambiente, sobre todo para cartografiar las variaciones en la cobertura del suelo y vegetación (Misra et al., 2020).

Los análisis mediante teledetección pueden realizarse para diferentes periodos de tiempo a través de procesamientos multitemporales y algoritmos de detección de cambios, permitiendo determinar las variaciones en la superficie por la interrelación entre dos variables principalmente la cobertura vegetal y la variabilidad atmosférica (Deng et al., 2021; Park et al., 2016).

La relación mencionada se evalúa mediante el cálculo de índices espectrales, puesto que permite tener una visión del efecto producido en la cobertura vegetal, sin embargo, su correcta interpretación se logra con el entendimiento de la función espectral de los índices (Ariza et al., 2018; Zhiminaicela-Cabrera et al., 2020).

Dentro de los índices más utilizados para determinar las variaciones de la cobertura vegetal se encuentra el índice de vegetación diferencia normalizada (NDVI), el cual

sirve para estimar el estado de la vegetación, además de caracterizar los tipos de confluencia forestal y rodales de árboles, diferenciando los bosques, secos, frescos y húmedos (Bochenek et al., 2017). Además, la determinación del NDVI puede servir como un buen sustituto para el estudio de la variabilidad climática interanual, puesto que las correlaciones entre las anomalías del NDVI y los valores de lluvia son por lo general positivas, lo que indica una respuesta positiva de la actividad fotosintética al exceso de lluvia (Hao-Jie y Xin-Ping, 2016; Mokhtar, et al.,2020)

Las alteraciones en la cobertura vegetal detectados por el NDVI responden entre otros a las variaciones en la atmósfera y estas se visualizan a raíz del aumento de gases de efecto invernadero (Welp et al., 2016). Siendo, el Dióxido de Carbono uno de estos gases, ya que actúa como termostato que impide la fuga de la radiación solar regulando así la temperatura de la tierra, además forma parte del proceso de fotosíntesis, sin embargo, en exceso conduce al calentamiento global, puesto que, el mecanismo estabilizador del ciclo del carbono es muy lento en relación con la escala temporal de la vida humana, por lo que mientras no se adopten procesos, los efectos del calentamiento global continuarán (Arroyo y Ramírez-Monroy, 2020).

El aumento de las concentraciones de CO₂ atmosférico en conjunto con las distorsiones de precipitación y temperatura, afectan a los balances de carbono y agua, siendo estos los que definen si la cobertura vegetal es tomada como fuente de recursos (flujo positivo) o como sumideros de carbono (flujo negativo) de acuerdo a su capacidad de absorción (Umair, et al., 2020).

Deng, Y, et al., 2021, mencionan que la variabilidad climática podría reducir la cobertura vegetal y retrasar el inicio de la temporada de crecimiento, provocando así emisiones de carbono. No obstante, algunos ecosistemas como los bosques secos tropicales presentan mayor resiliencia a la variabilidad climática, debido a que estos tienen una larga estación seca que se ve influenciada directamente por las variaciones en temperatura, precipitación y sequía (Siyum, 2020). Sin embargo, escenarios futuros señalan que tanto la precipitación como la temperatura serán limitantes para la germinación de semillas en bosques secos haciendo de estos zonas más áridas y salinas, lo que hará insuficiente los esfuerzos de adaptación de la capacidad de absorción hídrica de las plantas (Dantas, et al.,2019).

El cambio climático es una variación del clima normal de un determinado lugar, se expresa mediante las variaciones en las cantidades de precipitaciones recibidas por año, o por el incremento o descenso de la temperatura en una determinada temporada o mes. Este cambio está asociado tanto a eventos naturales, tales como la interacción del sol con la tierra, la rotación de los océanos, erupciones volcánicas u otros, y a eventos antropogénicos que permiten el aumento de gases de invernadero que calientan el aire terrestre (NASA, 2017).

Variabilidad atmosférica, hace referencia al aumento de gases de los componentes atmosféricos y a la alteración de los factores atmosféricos, los cuales tienen un fuerte impacto en la meteorología (Garreaud y Rutllant, 2006).

El ambiente exterior se encuentra expuesto a la incidencia de las variables atmosféricas de temperatura, precipitación, movimiento de aire, humedad relativa entre otras. La precipitación es uno de los procesos meteorológicos más importantes ya que forma parte del ciclo hidrológico, se refiere a la cantidad de agua ya sea en estado líquido (lluvia o llovizna), así como en estado sólido en forma de nieve o granizo, esta se mide en milímetros mientras que la intensidad de precipitación, en mm/h (milímetros por hora) (Sánchez, 2017).

La temperatura es una magnitud física que mide el grado de calor, esta noción se expresa intuitivamente a través de sensaciones de frío o caliente, es por ello, que se inventaron instrumentos confiables, dando unidades de medidas a nivel universal como grados Celsius (°C), Kelvin (°K) y Fahrenheit (°F). Los valores de temperatura varían con la topografía de un determinado lugar, debido a que la temperatura del aire va disminuyendo a razón que aumenta la altura (Picquart y Carrasco, 2017).

El nivel térmico se refiere al calor que emiten los cuerpos de la superficie debido a su baja reflectividad de la energía solar, mientras más capacidad de absorber radiación solar presente un cuerpo mayor es el nivel térmico (CONACYT, 2018).

La evapotranspiración es la pérdida total de agua en forma de vapor, por evaporación y transpiración, en un determinado tiempo. Así mismo, se subdivide

en Evapotranspiración Potencial, para expresar la evapotranspiración máxima de la cubierta vegetal, independientemente del tipo de especie vegetal y la Evapotranspiración Real viene a ser el volumen de agua que va hacia la atmosfera bajo ciertas condiciones de humedad y vegetación (Fernández, et al., 2020)

El Dióxido de Carbono (CO₂) es uno de los principales gases que ocasionan el efecto invernadero incoloro e inodoro en condiciones ambientales, constituido por 01 átomo de carbono y 02 átomos de oxígeno unidos por enlaces covalentes. Este compuesto forma parte del ciclo del carbono, en el que interactúa con la biosfera global. Es producido a través de procesos naturales como: fermentación, respiración y combustión. Así también, regula su concentración a través de la fotosíntesis y de la degradación de materia orgánica (Arroyo y Ramírez-Monroy, 2020).

La cobertura vegetal es definida como los atributos biofísicos de la superficie terrestre o como la capa de vegetación que se encuentra sobre la tierra y contiene características variadas que se diferencian desde pastizales hasta bosques naturales, incluyendo también los cultivos humanos.

Los bosques a su vez son estructuras dinámicas que permiten la confluencia de biodiversidad y proveen servicios ecosistémicos (Chazdon et al., 2016). Los bosques secos son áreas que contienen cobertura vegetal propia de zonas áridas y subhúmedas, se caracterizan por presentar un ecosistema particular con especies endémicas y alta diversidad, que desarrolla en condiciones extremas con temperaturas altas y cortos periodos de lluvias, se dividen en bosque estacionalmente seco de llanura, dotado por un ecosistema subárido caducifolio que se extiende hasta los 500 m.s.n.m dominado principalmente por especies de algarrobo, y bosques estacionalmente secos de colina y montañas, caracterizados por un clima semiárido con lluvias estacionales y zonas con pendiente pronunciadas entre los 400 y 2000 msnm (MINAM, 2019).

Los refugios de vida silvestre resguardan zonas donde existe una interacción armoniosa de las personas con el ambiente, además salvaguardan notables valores naturales, estéticos y culturales. En estas áreas protegidas está permitido bajo

autorización la caza deportiva, la extracción de recursos naturales y los asentamientos humanos (D.S. N° 038-2001-AG. MINAGRI, 2001).

El Refugio de Vida Silvestre Laquipampa (RVSL), se encuentra ubicado en el departamento de Lambayeque, provincia de Ferreñafe específicamente en el distrito de Incahuasi, esta área natural fue creada por D.S. N° 045-2006-AG en julio del 2006, contando con 8,328.64 hectáreas. Está influenciada por el clima de la costa y sierra, además, su extensión abarca una secuencia desde el bosque seco hasta el bosque húmedo empezando en el valle del río La Leche en los 200 msnm hasta los 2,500 msnm

La teledetección es el método usado para visualizar y analizar las condiciones estructurales de un área de la superficie terrestre desde el espacio, a través de la medición de la radiancia reflejada y emitida por cada uno de los objetos que lo componen, se realiza a través de sensores espaciales como los drones y satélites, los cuales son capaces de captar y diferenciar distintas longitudes de onda de acuerdo con la radiancia recibida de los objetos.

Estos sensores contienen particularidades que determinan las características de los datos obtenidos, entre estas se diferencia a) el origen de la energía que ilumina al objeto y genera las longitudes de onda, b) los efectos atmosféricos que influyen en la energía espectral a ser captada por el sensor, c) las características de los objetos de la tierra conforme a la firma espectral emitida, d) la forma de actuar de los sensores si son pasivos (captan la radiación de los objetos a partir de la energía solar) o activos (emiten su propia energía) (USGS, 2017; Soria y Matar de Saquis, 2016).

Se consideran imágenes satelitales aquellas que contienen información sobre el estado de los objetos superficiales y que son captadas por los sensores remotos espaciales. Estas necesitan procedimientos de corrección para expresar la información captada, como la corrección geométrica que es el proceso de hacer coincidir con precisión la proyección de la imagen con una superficie o forma de proyección específica pasando del sistema de coordenadas Universal Transverse Mercator (UTM) al datum World Geodetic System (WGS) 1984 (Hyypa et al., 2000).

La atmósfera, puede tener una interacción crítica con la energía electromagnética detectada por los detectores del sistema de imágenes (Chávez, 1996), cambiando su distribución espectral e introduciendo un tragaluz en el campo de visión del sensor, es por ello que las imágenes utilizadas para la evaluación de cobertura vegetal deben ser corregidas atmosféricamente para convertir los valores numéricos digitales en reflectancia superficial utilizando el flujo de trabajo de reflectancia terrestre (Gilabert et al., 1994; Al-Auf et al., 2020).

Los sensores satelitales son usados para el estudio terrestre en grandes dimensiones, estos presentan dos tipos de imágenes de acuerdo al instrumento que tienen a bordo, los sensores ópticos que están a bordo de los satélites de observación y los cuales brindan información en base a una representación de píxeles, se caracterizan por las bandas de colores Rojo, Verde, Azul y en otras bandas como el infrarrojo de onda corta e infrarrojo de onda media, entre otras que puedan tener según su finalidad, además presentan un nivel de detalle de acuerdo a su resolución especial, puede ser métrica y submétrica, presentando como desventaja la presencia de nubosidad en la imagen.

Existe otro grupo de sensores remotos que funcionan mediante ondas electromagnéticas que emite el satélite en el espacio y mide el rebote que ejerce sobre la tierra, este tipo de satélites se denominan satélites de apertura sintética, o radar satélite (SAR), el satélite no refleja nubosidad y se expresa en escala de grises de 16 bits (Auccahuasi, et al., 2020).

Para ello se utiliza la técnica de interferometría SAR, en la que dos imágenes SAR son tomadas en momentos separados de una órbita que se repite casi exactamente, por lo que debe haber una coherencia de las dos imágenes con una precisión de subpíxeles y se define por la magnitud de la correlación, sin embargo, la dispersión del volumen en la capa de vegetación es la causa principal para la descorrelación, por eso la coherencia es baja en áreas boscosas y alta en campos abiertos (Hyypä, et al., 2000).

Entre los satélites más importantes y de mayor accesibilidad se encuentran la colección Landsat. El satélite Landsat 5, trabajó durante 3 años adicionales a lo calculado de su vida útil, fue desarrollado por la NASA y lanzado en 1984, este ha

orbitado el planeta más de 150.000 veces y transmite más de 2,5 millones de imágenes de las condiciones de la superficie terrestre, a una altitud de 705 km (438 millas), con una inclinación de 98.2°.

Su periodo de revisita fue de 16 días. Los datos de Landsat 5 presentan una superposición lateral que varía al 7 % en el Ecuador hasta un 85% aproximadamente en latitudes extremas. Posee productos de datos como Landsat 5 Multispectral Scanner (MSS) y Landsat 5 Thematic Mapper (TM) los cuales están disponibles en: EarthExplorer, GloVis y LandLook Viewer (USGS, 2021). La misión Landsat 7, lanzada con éxito el 15 de abril de 1999, continúa esas observaciones y demuestra un progreso significativo en radiometría numérica precisa, diferenciación espectral y monitoreo estacional repetitivo. También se han realizado mejoras en los procedimientos de calibración, tanto antes del lanzamiento como durante las operaciones normales, para garantizar la estabilidad a largo plazo en la radiometría espectral.

El satélite Landsat 7, lleva el sensor Mapeador temático mejorado Plus (ETM+) por sus siglas en inglés, esta es una versión mejorada de los instrumentos Mapeador temático de Landsat 4 y Landsat 5. Los productos Landsat 7 proporcionan imágenes de 8 bits con 256 niveles de gris (USGS, 2021; Goward, et al., 2001).

Landsat 8 orbita a una altitud de 705 km (438), tiene un periodo de revisita de 16 días. Este adquiere alrededor de 740 escenas por día. El tamaño de una escena o imagen de Landsat 8 es de 185 km por 180 km. El satélite Landsat 8, carga con dos sensores de observación terrestre: el sensor Imagen de tierra operativa (OLI), que captura datos con precisión radiométrica de 12 bits y mejoran la relación de señal y ruido, además incluye 2 nuevas bandas espectrales, una se adapta al estudio de zonas costeras y la otra para la identificación de nubes cirrus. Así también, lleva el sensor infrarrojo térmico (TIRS) que se adquiere imágenes a una resolución de 100m, sin embargo, se remuestrea a 30 m para que pueda coincidir con OLI. Los productos están escalados a 55.000 niveles de grises y se puede calcular la reflectancia o resplandor del techo de la atmósfera (TOA) utilizando coeficientes de cambio de escala radiométricos los cuales vienen incluidos en el archivo de metadatos del producto (archivo MTL) (USGS, 2021; NASA, 2021).

El índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) deriva de las imágenes satelitales recopilando información útil sobre la vegetación, como la salud de la vegetación, la abundancia de la vegetación, el tipo de vegetación y las condiciones de crecimiento en varios entornos. Se puede hallar mediante la diferencia entre los valores de reflectancia visible y del infrarrojo cercano normalizados, sobre la suma de los dos y varía de -1 a +1 para un píxel dado. Debido a la alta reflectancia en la espectrometría infrarroja cercana (NIR) del Espectro Electromagnético (EMS), la vegetación saludable está representada por valores NDVI entre 0.1 y 1. Por el contrario, las superficies no vegetadas como cuerpos de agua producen valores negativos.

Las áreas de suelo desnudo representan valores cercanos a 0 debido a la alta reflectancia en las porciones visibles y NIR del EMS. Un valor NDVI de cero significa que no hay vegetación y un valor cercano a +1 que va entre los 0.8 hasta los 0.9, lo que indica mayor concentración de hojas verdes (Dagnachew et al., 2020; Al-Auf et al., 2020). Se calcula mediante la siguiente fórmula: $NDVI = (NIR-RED) / (NIR+RED)$, donde NIR está representada por la longitud de onda cercana y RED por la longitud de onda de luz visible.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y Diseño de Investigación

El presente trabajo de investigación tuvo un diseño no experimental correlacional transversal además este tipo de investigación es aplicado y con un enfoque cuantitativo. De acuerdo a (Hernández- Sampieri et al., 2014), la investigación es no experimental cuantitativa aplicada porque pretende originar conocimiento a partir del análisis y cuantificación de los fenómenos suscitados sin la manipulación de las variables independientes, además, es una investigación transeccional o transversal correlacional porque describen la relación entre dos variables en un momento determinado o específico ya que las causas y efectos del fenómeno ya ocurrieron en la realidad por lo que el investigador las observa y reporta.

3.2 Variable y Operacionalización

3.2.1 Variables

- **Variable Dependiente:** Cobertura vegetal. De acuerdo con (Stadtmüller., 1994), la cobertura vegetal puede variar y ser influenciada según su naturaleza (altura, estructura, densidad, disposición por estratos, composición por especies, color, propiedades fisiológicas) por los elementos microclimáticos dentro de la vegetación misma y en la superficie del suelo, así como por los procesos meteorológicos mayores.
- **Variable Independiente:** La variabilidad atmosférica hace referencia al cambio repentino en los fenómenos atmosféricos como el aumento y disminución de la inversión térmica, intensidad y dirección del viento, presión atmosférica, entre otras, las cuales tienen un fuerte impacto en la meteorología (Garreaud, y Rutllant, 2006).

3.2.2. Operacionalización de las Variables

En el anexo 1 se presenta la matriz de operacionalización de las variables, mostrando las dimensiones e indicadores para el desarrollo de trabajo.

3.3 Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población

La población en estadística se refiere al conjunto de objetos o personas que cumplen ciertos requisitos, y se definen bajo ciertas cualidades las cuales sirven para reconocer y establecer los elementos representativos (López, 2004). La población del presente estudio corresponde a la extensión territorial del Refugio de vida silvestre Laquipampa con una extensión de 8,328.64 hectáreas (D.S. N° 045-2006-AG).

3.3.2 Muestra

Es el subconjunto de la población donde se desarrolla el estudio (López, 2004). En la presente investigación la muestra es de tipo censal porque abarca la totalidad de la población, es decir, la cantidad de 8 328,64 hectáreas del Refugio de Vida Silvestre Laquipampa.

3.3.3 Muestreo

El tipo de muestreo elegido para la selección de datos fue el muestreo no probabilístico por conveniencia, debido a que los procesos de selección se dan de acuerdo al juicio y conveniencia de los investigadores (Scheaffer et al., 2006).

El área de estudio se ubicó en el distrito de Incahuasi, provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque, se escoge como muestra la totalidad del área como se observa en la figura 1.

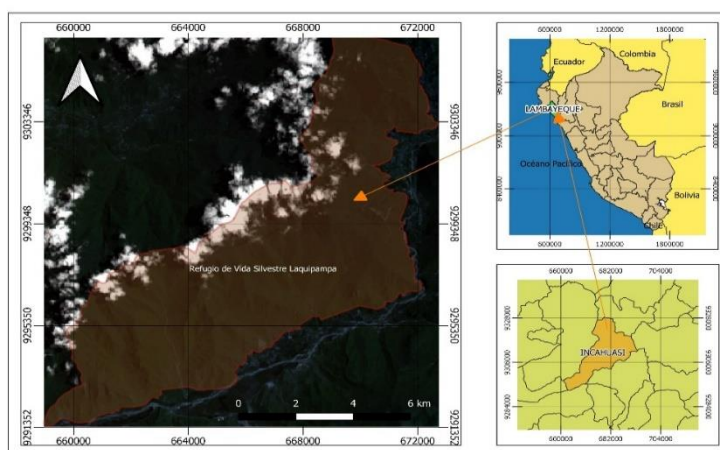


Figura 1. Mapa de ubicación del RVSL

Fuente: Elaboración propia

3.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnica

La observación fue la técnica usada para la presente investigación, esta se basa en describir los sucesos y factores que intervienen en las modificaciones del objeto de estudio. La observación es un método selectivo, sistemático, estructurado y que debe desarrollarse de modo controlado de tal forma que sea fácil de interpretar por otras personas (Martínez Mediano, 2014, p 244)

3.4.2 Instrumento

Los instrumentos usados fueron fichas de observación como se expresa en los anexos 3 y 4. En el anexo 3 se empleó una ficha para obtener información del rango de NDVI, evapotranspiración, temperatura superficial y distribución del tipo de cobertura vegetal; en el anexo 4 se obtuvieron los datos de los factores y componentes atmosféricos en el periodo de estudio.

3.4.3 Validez y Confiabilidad del instrumento

La validez y confiabilidad de la presente investigación se realizó a través de formatos de observación los cuales fueron validados por profesionales y expertos con conocimientos y experiencia en el tema de investigación propuesto (Ver anexo 2, 3 y 4). En la tabla 1 se muestran los especialistas y los porcentajes con los que validaron los instrumentos de observación.

Tabla 1. Especialistas consultados

Profesional	Especialidad	Porcentaje de validación
Dr. Oscar Benites Alfaro	Especialista Ambiental	90%
Mgtr. Marco Herrera Díaz	Tecnologías de Información geográfica	95%
Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez	Manejo Forestal y Recursos Hídricos	90%
Msc. Fiorella Güere Salazar	Gestión Ambiental	90%
Mgtr. Luis Holguín Aranda	Cambio Climático y Desarrollo Sostenible	85%
Alfa de Cron Bach		0.97
Índice de Kappa NDVI		0.876
Índice de Kappa Clasificación		0.862
Confiabilidad del Instrumento		0.869

Fuente: Elaboración propia

3.5 Procedimientos

3.5.1 Fase de Gabinete

3.5.1.1 Procesamiento de información atmosférica.

En la figura 2 se presenta el diagrama de procedimiento que se llevó a cabo para la recolección y procesamiento de la información atmosférica, empezando por la recopilación de los datos provistos por el SENAMHI y otros entes internacionales y terminando con las pruebas de normalidad y tendencia.

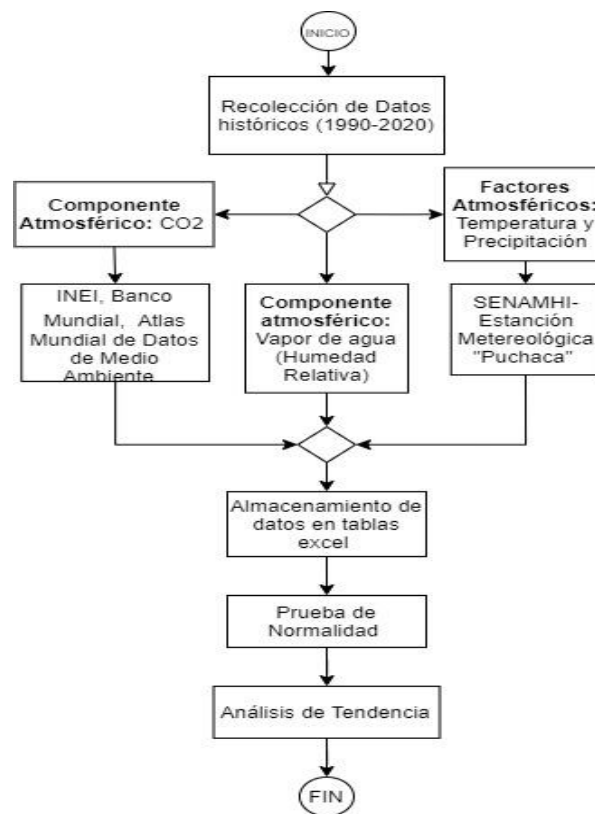


Figura 2. Diagrama de recolección y procesamiento de información atmosférica

Fuente: Elaboración propia

La información para el presente estudio de tesis se recolecto por los medios y organizaciones oficiales del gobierno peruano (MINAM, SERNANP, SENAMHI, RVSL, SERFOR, INEI) y otras organizaciones internacionales para datos geospaciales, meteorológicos y data de interés del estudio. Los datos se recolectaron bajo criterios de confiabilidad, tiempo, localización,

etcétera, con el fin de que la información sea verídica y sirva de acuerdo a los fines de la investigación.

Los datos fueron clasificados en dos grupos para la variable 1 se determinó índice de vegetación, tipos de cobertura vegetal e indicadores de superficie de cobertura vegetal; en el caso de la variable dos se clasificó en factores atmosféricos (temperatura y precipitación) y componentes atmosféricos (CO₂ y Vapor de agua)

Área de estudio

El área se delimitó con la ayuda de las cartas nacionales del IGN 13-d y 13-e, el mapa nacional de cobertura vegetal y el mapa de áreas naturales protegidas del Ministerio del Ambiente con escala de 1:1.000 000 de donde se exporta un shapefile del RVSL. La delimitación y georreferenciación del área de estudio se realizó en el software Qgis.

Distribución del Clima en la zona de estudio

Se solicitó al SENAMHI los datos de precipitación, temperatura y humedad correspondiente a los años 1990-2020 de la estación meteorológica convencional: Puchaca de la RVSL, ubicado en la provincia de Ferreñafe, específicamente en el Distrito de Incahuasi, los vacíos en los datos climáticos fueron reemplazados por la información del software Word Clime y por los datos procesados del software Soil & Water Assessment tool (SWAT).

Además, SENAMHI cuenta con un mapa climático del Perú con escala 1:1.000 000 actualizado al 2020 este se usó para determinar las zonas climáticas del área de estudio. El procedimiento y delimitación se realizó en base al shapefile de ANP en el software Qgis mediante la herramienta Raster>extracción>Clipper>Cut Raster by Layer Mask. En la tabla 2 se observa los datos de la estación meteorológica a la cual se acudió para la obtención de información.

Tabla 2. Datos de la estación meteorológica Puchaca

Estación	Código	Lugar	Coordenadas		Alt.	Tipo de estación
			Lat.	Long.		
Puchaca	106120	Incahuasi/ Ferreñafe/ Lambayeque	6°22'25"	79°28'10.25"	336 m.s.n.m	Convencional meteorológica

Fuente: Elaboración propia

Datos de CO₂

Se recopilaron datos de Dióxido de Carbono nacional entre los años 1990-2020 a través de la data disponible del INEI, Banco Mundial a través del Centro de Análisis de Información sobre Dióxido de Carbono (CO₂), División de Ciencias Ambientales de Laboratorio Nacional de Oak Ridge en Tennessee, Estados Unidos) y el Atlas Mundial de Datos de Medio Ambiente de KNOEMA los cuales ponen a disposición datos de emisiones de CO₂ anual en kilotoneladas. A pesar de que los datos de CO₂ son a nivel nacional se pretende evaluar la relación del aumento de este gas en la variación del clima y de cobertura vegetal del RVS Laquipampa.

3.5.1.2 Procesamiento de datos satelitales

El procesamiento de información satelital consistió en la obtención de las imágenes satelitales Landsat 5, 7 y 8 en EarthExplorer, la corrección atmosférica, radiométrica y gapfill, procedimientos para determinar el NDVI, y culmina con la discriminación de los tipos de cobertura a través de la clasificación supervisada, como se muestra en la figura 3.

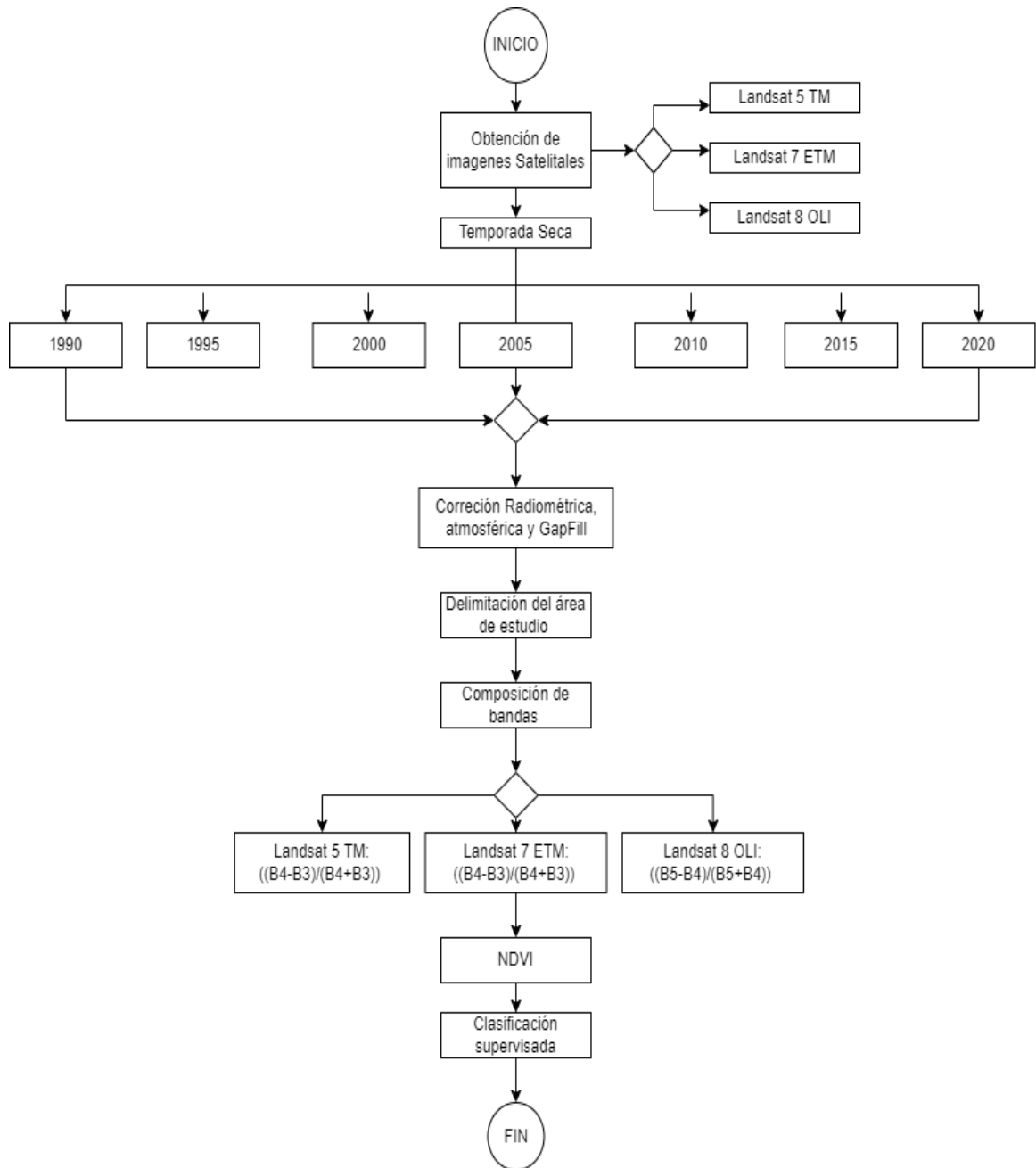


Figura 3. Diagrama de recolección y procesamiento de imágenes satelitales

Fuente: Elaboración propia

La presente investigación se llevó a cabo en softwares que permiten procesar información geográfica de satélites y analizar los cambios ocurridos en la superficie terrestre; estos son Envi 5.3, ArcGis 10.5, Qgis 3.10. Se desarrollará la investigación en 4 fases.

Fase 1: Descarga de imágenes satelitales

Se descargaron imágenes Landsat 5TM, 7^{ETM+} y 8^{OLI} entre los meses de julio y agosto, puesto que coincidía con la verificación in-situ, además se podrá observar la influencia de las precipitaciones, así como la del déficit hídrico, el período de años de estudio fue de 1990-2020 y se realizó el análisis de imágenes cada 5 años. La ubicación del área de interés se encuentra en las cuadrillas (Path 10 - row 64), estas fueron descargadas del Servicio geológico de los EE.UU (USGS) <https://earthexplorer.usgs.gov/> (Pauca-Tanco et al. 2020, p 108) En la tabla 3 se observan las características de las imágenes usadas.

Tabla 3. Datos de las Imágenes satelitales tomadas

Fuente	Sistema geodésico	Zona	Misión	Resolución	Path/Row
USGS	WGS 84	17 S	Landsat 5	30 m	10/64
			Landsat 7		
			Landsat 8		

Fuente: Elaboración propia

Fase 2: Corrección de Imágenes Satelitales

Las imágenes Landsat presentan un nivel de corrección geométrica (L1T).

Se realizó la corrección radiométrica, con el fin de convertir de cuentas digitales a radiancia, usando el método de escala de radiancia espectral para Landsat 5 y 7, para ello se utilizó la herramienta calculadora ráster. Para Landsat 8 se convirtió a valores de reflectancia TOA, (Ariza, 2013, p. 38) a través del software Qgis. Luego se realizó la corrección atmosférica, para eliminar las perturbaciones atmosféricas, activando la función de corrección atmosférica DOS1 (Chávez, 1988), seguido se realizó la composición de bandas espectrales en Qgis con el fin de obtener imágenes multiespectrales. Las imágenes Landsat 7 presentaron líneas de datos inválidos (gaps) representados como bandas oscuras, para su corrección se hizo uso de la herramienta landsat_gapfill proporcionada por la USGS, bajo el método de ajuste lineal local del histograma basado en múltiples imágenes.

Por último, se delimitó el área de estudio con el shapefile del Refugio de Vida Silvestre Laquipampa, mediante la herramienta Raster, posteriormente extracción, Clipper, y finalmente Cut Raster by Layer Mask.

Fase 3: Cálculo del índice de Vegetación y Proceso de Clasificación de los tipos de Cobertura Vegetal

Se realizó el cálculo del NDVI en el software Qgis, se usó la herramienta calculadora ráster en donde se inserta la fórmula y se cargan las bandas para cada Landsat. Para el caso de Landsat 5 y 7 se utilizaron las bandas 3 y 4, para Landsat 8 se utilizaron las bandas 4 y 5. Después se clasificó por colores para identificar con facilidad la cobertura vegetal siguiendo los rangos (-1 a 0.1) sin vegetación, (0.1 a 0.25) vegetación dispersa y (0.25 a 0.5) vegetación semidensa y (0.5 a 1) vegetación densa (Luna y Naquiche, 2020; Campos y Guerrero, 2018; Sobrino et al., 2004), seguido se procedió determinar las hectáreas y porcentajes.

La determinación de los tipos de cobertura vegetal se realizó mediante clasificación supervisada (Pauca-Tanco et al. 2020, p. 108; Quispe, 2020, p.46) teniendo en cuenta los rangos espectrales previstos luego de la superposición del mapa de cobertura vegetal del MINAM y además se tuvo en cuenta los rangos de NDVI correspondientes para cada tipo de vegetación, de forma que se clasifique en (Bosque subhúmedo de montaña, bosque seco de montaña, matorral arbustivo semiárido). Posteriormente se calculó el área para cada tipo de cobertura vegetal mediante el producto del número de píxeles por el área que abarca cada píxel (900 m²).

Fase 4: Proceso de datos para la determinación de la superficie de la Cobertura Vegetal

En la fase 4 fue necesario trabajar con la información prevista con anterioridad de esta manera se logró obtener los datos necesarios para determinar las variaciones en la superficie de la cobertura vegetal (evapotranspiración y temperatura superficial), como muestra la figura 4.

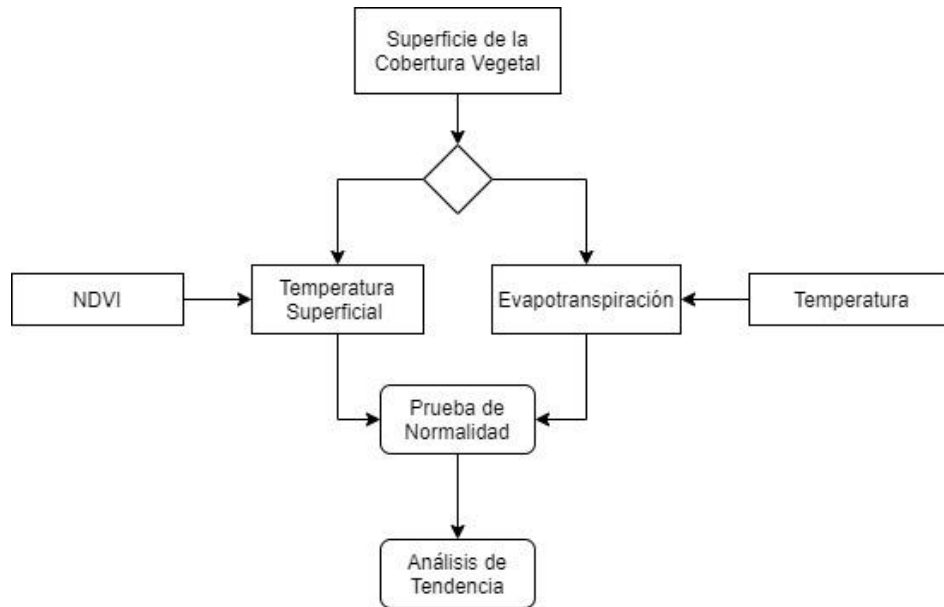


Figura 4. Diagrama de procesamiento de información para determinar las incidencias en la superficie de la cobertura vegetal

Fuente: Elaboración propia

La superficie de la cobertura vegetal se evaluó teniendo en cuenta el análisis de la evapotranspiración y el nivel térmico.

Para determinar la evapotranspiración se hizo uso de la temperatura siguiendo el método de Thornthwaite (Luna y Naquiche, 2020, p. 58). El procesamiento consistió en seguir una serie sucesivas de procedimientos los que se detallan en la tabla 4.

Tabla 4. Cálculo de la Evapotranspiración

Método de Thornthwaite	
Valor a calcular	Fórmula
1) Índice-de-calor-mensual	$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$ $I = \sum i$
2) Índice-de-calor-anual	
3) ETP-sin-corregir	$ETP_{Sin\ corregir} = 16 \left(\frac{10I}{I}\right)^a$ $a = 6.75 * 10^{-7} * I^3 - 7.71 * 10^{-5} * I^2 + 0.01792 * I + 0.49239$
4) ETP-corregido	$ETP = ETP_{Sin\ corregir} * \frac{N}{30} * \frac{d}{30}$ $d = \text{días del mes}, N = \text{número max de hrs de sol}$

Fuente: Adaptada de “Impacto de la variabilidad climática en los componentes ecológicos de los Pantanos de Villa mediante el Sistema de Información Geográfica, 2000-2020”, Luna, K. y Naquiche, D. 2020.

Dónde: $t = \text{temperatura media mensual}$

La determinación del nivel térmico de la cobertura vegetal se realizó mediante el cálculo de la temperatura superficial (Dioses, 2017, p.60)

Para determinar la temperatura superficial (LST) fue necesario emplear las bandas térmicas de las imágenes obtenidas anteriormente siendo la banda 6 para Landsat 5 y 7, y la banda 10 para Landsat 8. Para el cálculo de LST se tuvo que realizar una serie de procedimientos que se detallan a continuación.

Para el caso de la temperatura de brillo (Tb) y el NDVI se usaron los datos obtenidos de los procesos anteriores.

Proporción de vegetación, se obtiene teniendo en cuenta el NDVI máximo y mínimo, con la formula siguiente.

$$1) \quad P_v = \left(\frac{(NDVI - NDVI_{min})^2}{(NDVI_{max} - NDVI_{min})^2} \right)$$

Emisividad de la superficie, en el cálculo de la emisividad se tiene en cuenta los valores de emisividad del suelo (E_s) y la emisividad de la vegetación (E_v),

siendo diferenciado para Landsat 5 -7 y Landsat 8, las formula empleadas fueron.

2) Landsat 5 y 7: $E = 0.004P_v + 0.986$

Landsat 8: $E = 0.9668(1 - P_v) + 0.9863(P_v)$

LST, finalmente se obtiene la temperatura de superficie mediante la fórmula.

3)
$$LST = \frac{Tb}{1 + \left(\lambda * \frac{Tb}{1.438}\right) \ln E}$$

Donde λ , es la longitud de onda de cada banda.

3.5.2 Fase de Campo

En la figura 5 se muestra a través de un diagrama los pasos que se siguieron en el recojo de información en el RVSL, siendo como primer requisito la autorización del SERNANP para el ingreso al área.

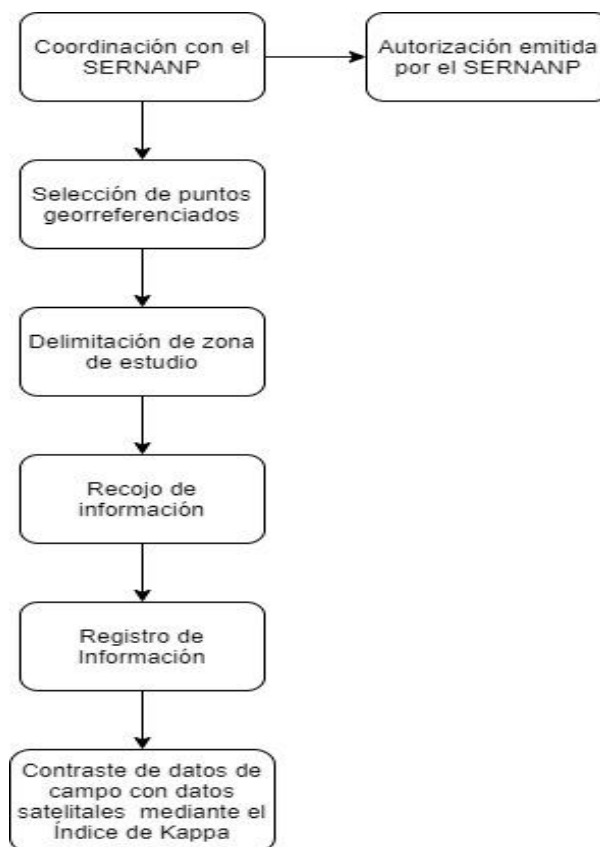


Figura 5. Diagrama de procesamiento de información de campo

Fuente: Elaboración propia

Con el fin de obtener datos representativos en la fase de campo se tuvo en cuenta la Guía de Inventario de la Flora y Vegetación del MINAM (GIFV), 2015 y la Guía de Evaluación de la Flora Silvestre (GEFS) del MINAM 2011.

De acuerdo con la guía 2015 las unidades mínimas de muestreo son determinadas por el área total del proyecto (ha), la superficie total del área (ha) y el tamaño muestral mínimo para cada tipo de cobertura vegetal, para determinar las unidades de muestreo se emplea la siguiente fórmula.

$$1) U.M = \frac{a+b(S)}{TM}$$

Donde:

U.M = unidad mínima de muestreo

TM = tamaño muestral mínimo (0.5 ha para bosques de la región costa)

a = 5

b = 0.001

S = Superficie total del área de estudio (8, 328.64 ha, área de RVSL)

Siguiendo la fórmula adaptada de la Guía de Inventario de la Flora y Vegetación del MINAM, fue necesario tomar 26 unidades muestrales o parcelas, cada una de ellas debe tuvo un área mínima de 0.5 ha, una distancia de 500 metros entre ellas y por lo menos 2 sub parcelas con una distancia de al menos 100 metros una de la otra. Las imágenes satelitales a usarse fueron de la colección Landsat con resolución espacial de 30 m, esto indica que cada pixel tiene un área de 900 m², de acuerdo con lo anterior se tomó por conveniente que cada sub parcela tenga un área de 30 m x 30 m. Para la elección del tipo de muestreo se optó por el muestreo aleatorio estratificado, puesto que el RVSL presenta 5 zonificaciones distintas y se pretende que el estudio refleje la situación de la cobertura vegetal en cada espacio.

Mencionado lo anterior se tomaron 52 puntos de control o sub parcelas de 30 m x 30m, 2 por cada parcela, los puntos a evaluar, en conjunto con sus coordenadas de ubicación y zonificación se expresan en la tabla 5.

Tabla 5. Puntos de Control

N°	ANP	Este	Norte	Zona	Zonificación
1	RVS	671095.58	9300461.41	17M	Zona de Recuperación
	Laquipampa	7	9		
2	RVS	670892.02	9300459.93	17M	Zona de Recuperación
	Laquipampa		8		
3	RVS	670542.75	9299569.18	17M	Zona de Aprovechamiento Directo
	Laquipampa	8	5		
4	RVS	669822.57	9299850.76	17M	Zona de Aprovechamiento Directo
	Laquipampa	4			
5	RVS	671337.11	9299955.35	17M	Zona de Uso Turístico y Recreativo
	Laquipampa	4			
6	RVS	671287.30	9299758.70	17M	Zona de Uso Turístico y Recreativo
	Laquipampa	8	7		
7	RVS	669814.45	9299688.31	17M	Zona de Aprovechamiento Directo
	Laquipampa	1	3		
8	RVS	670370.66	9299369.97	17M	Zona de Aprovechamiento Directo
	Laquipampa	5	5		
9	RVS	670947.86	9298808.72	17M	Zona de Recuperación
	Laquipampa	1	8		
10	RVS	671130.61	9298628.68	17M	Zona de Recuperación
	Laquipampa	4	2		
11	RVS	671773.91	9297110.71	17M	Zona de Uso Turístico y Recreativo
	Laquipampa	8	4		
12	RVS	671752.25	9296944.65	17M	Zona de Uso Turístico y Recreativo
	Laquipampa	8	7		
13	RVS	671023.04	9297233.45	17M	Zona Silvestre
	Laquipampa	9	3		
14	RVS	671044.70	9297392.29	17M	Zona Silvestre
	Laquipampa	9			
15	RVS	670997.78	9296432.04	17M	Zona de Aprovechamiento Directo
	Laquipampa		5		
16	RVS	670817.28	9296345.40	17M	Zona de Aprovechamiento Directo
	Laquipampa	2	6		
17	RVS	670167.49	9296482.58	17M	Zona de Recuperación
	Laquipampa	3	4		
18	RVS	670261.35	9296634.20	17M	Zona de Recuperación
	Laquipampa	1	2		

19	RVS Laquipampa	667984.21	9295713.76 5	17M	Zona de Recuperación
20	RVS Laquipampa	667840.71	9295784.15 5	17M	Zona de Recuperación
21	RVS Laquipampa	668422.81	9296490.80 8	17M	Zona de Uso Turístico y Recreativo
22	RVS Laquipampa	668225.34	9296511.46 3	17M	Zona de Uso Turístico y Recreativo
23	RVS Laquipampa	667301.19	9296410.38 7	17M	Zona de Recuperación
24	RVS Laquipampa	667556.43	9296256.27 2	17M	Zona de Recuperación
25	RVS Laquipampa	666818.64	9297067.15 9	17M	Zona de Recuperación
26	RVS Laquipampa	666694.10	9296976.45 6	17M	Zona de Recuperación
27	RVS Laquipampa	666568.13	9294642.15	17M	Zona de Aprovechamiento Directo
28	RVS Laquipampa	666752.17	9294554.98 2	17M	Zona de Uso Especial
29	RVS Laquipampa	666600.02	9295660.29 2	17M	Zona de Recuperación
30	RVS Laquipampa	666690.72	9295538.45 2	17M	Zona de Recuperación
31	RVS Laquipampa	665818.24	9295235.89 4	17M	Zona de Recuperación
32	RVS Laquipampa	665667.98	9295182.42 6	17M	Zona Silvestre
33	RVS Laquipampa	665620.23	9293277.24 3	17M	Zona de Uso Especial
34	RVS Laquipampa	665510.96	9293100.08 2	17M	Zona de Uso Especial
35	RVS Laquipampa	664875.31	9294013.38 5	17M	Zona de Recuperación
36	RVS Laquipampa	664654.71	9293882.50 4	17M	Zona de Recuperación
37	RVS Laquipampa	668976.21	9298157.59 1	17M	Zona Silvestre

38	RVS	668716.29	9297839.92	17M	Zona Silvestre
	Laquipampa	5	3		
39	RVS	662191.94	9292873.98	17M	Zona de Aprovechamiento Directo
	Laquipampa	3			
40	RVS	662248.79	9292718.30	17M	Zona de Aprovechamiento Directo
	Laquipampa	9	1		
41	RVS	663431.33	9293450.23	17M	Zona de Aprovechamiento Directo
	Laquipampa	8	2		
42	RVS	663229.18	9293854.54	17M	Zona de Recuperación
	Laquipampa	1	5		
43	RVS	661836.58	9293525.12	17M	Zona de Recuperación
	Laquipampa	9	4		
44	RVS	661941.50	9293648.31	17M	Zona de Recuperación
	Laquipampa	3	3		
45	RVS	660874.42	9294270.69	17M	Zona Silvestre
	Laquipampa	6			
46	RVS	661044.65	9294069.32	17M	Zona Silvestre
	Laquipampa	7	3		
47	RVS	664050.61	9294872.76	17M	Zona Silvestre
	Laquipampa	2	1		
48	RVS	664006.61	9295060.92	17M	Zona Silvestre
	Laquipampa	6	9		
49	RVS	662976.42	9294643.30	17M	Zona Silvestre
	Laquipampa	8	4		
50	RVS	663002.14	9294758.37	17M	Zona Silvestre
	Laquipampa	9	1		
51	RVS	670112.61	9298035.74	17M	Zona Silvestre
	Laquipampa		8		
52	RVS	670136.97	9297843.51	17M	Zona Silvestre
	Laquipampa	7	9		

Fuente: Elaboración propia

El levantamiento de información de la cobertura vegetal se hizo de acuerdo a criterio fisonómico, las vegetación se agrupa conforme a su formación en bosque, matorral, herbazal, palmeral, cañaveral, etc. Para este estudio se usarón los tipos de cobertura Boque sub húmedo de montaña, bosque seco de montaña y matorral arbustivo semiárido ya que son las formaciones

vegetales del norte del país clasificadas en el mapa de cobertura vegetal del 2016.

La guía establece que es posible identificar los tipos de cobertura vegetal mencionados de acuerdo a sus patrones de tonalidad y color en imágenes satelitales, de igual forma la GIFV establece que el NDVI facilita la clasificación de las formaciones vegetales, siendo las tonalidades oscuras y de color intenso propios de bosques, tonos y colores claros para matorrales y colores más claros para herbazales, esto es de acuerdo a la cantidad de clorofila que contienen estas formaciones vegetales. Además se establece que los bosques están compuestos por árboles con una altura mayor de 2 m, cobertura de copa por encima de 10% y superficie de mínimo 0.5 ha; matorral compuesto por arbusto de menos de 2 m de altura y herbazal, por hierbas en su mayoría.

Siguiendo lo mencionado, en campo se validaron las características in situ para lo cual fue necesario delimitar 2 sub parcelas de 30 x 30 por cada parcela establecida, dentro de cada una de ellas se evaluó la vegetación predominante, considerándose para matorral arbustivo, 70% arbustos y 30 % árboles

Fue necesario determinar la cobertura de copa y densidad poblacional por sub parcela, para validarla con los datos del índice de vegetación (bosque denso, bosque semidenso, bosque disperso y sin vegetación) y los tipos de cobertura vegetal (bosque sub húmedo de montaña, bosque seco de montaña, matorral arbustivo semiárido) la cual se determinaron mediante las siguientes formulas.

$$2) AC = 3.1416 \left(\frac{DC}{2}\right)^2$$

Donde:

AC= área de copa

DC= diámetro promedio de copa.

Diámetro de copa (DC)

$$3) DC = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

Donde:

d_1 = diámetro mayor

d_2 = diámetro menor

Densidad Poblacional

$$4) D = \frac{N}{A}$$

Donde:

N = número de individuos por especie (árbol/arbusto)

A= superficie de la unidad muestral.

Estos valores se extrapolaron para el total de la muestra.

El criterio de evaluación empleado fue: subparcelas con mas de 40% de cobertura de copa (vegetación densa), de 10 a 40 % (vegetación semidensa), de 2 a 10% (vegetación dispersa) y menor a 2 % fue considerado como suelo desnudo puesto que el porcentaje es muy bajo y no fue captado en su totalidad por los píxeles de las imágenes satelitales (FRA2000, 2001), esto se empleó para la verificación del índice de vegetación (NDVI).

La cobertura de copa tambien fue usado en el caso de la identificación de los tipos de cobertura (bosque, matorral arbustivo y herbazal), bajo los siguientes criterios

- Bosque: mayor a 10% de cobertura de copa, altura mayor de 2 metros y extensión mínima de 0.5 ha.
- Matorral arbustivo: altura de formaciones vegetales por debajo de 2 metros, 70 % del total de individuos arbustos y 30% árboles.
- Herbazales: predominancia de hierbas en más del 70% de la superficie.

Para la recopilación de la información de campo se usó la matriz expresada en la tabla 06 siendo el apartado de observaciones para registrar cualquier incidencia ocurrida en el bosque que influya en la investigación.

Tabla 6. Matriz de levantamiento de datos de campo

Verificación de cobertura vegetal			
Responsable			Fecha
			Código
Coordenadas UTM	X:	Imagen	Fecha
	Y:		Zona
Características Fisionómicas			
Zonificación según RVSL			
Vegetación dominante			
Características resaltantes			
Área de la copa			
Diametro de la copa			
Densidad Poblacional		Arbustos:	
		Árboles:	
% Cobertura de copa			
Observaciones			

Fuente: Elaboración propia

Para la correlación de datos gabinete/campo se aplicó el índice de kappa, el cual indicó la fiabilidad y concordancia de los datos observados, siendo los valores de k mayores a 0.81 los que indican que la concordancia es muy buena por tanto la información es aceptable (López de Ulibarri y Pita Fernández, 1999), como se muestra en la tabla 07.

Tabla 7: Valoración del índice de Kappa

Valor de K	Fuerza de la concordancia
< 0.20	Pobre
0.21 – 0.40	Débil
0.41 – 0.60	Moderada
0.61 – 0.80	Buena
0.81 – 1.00	Muy buena

Fuente: Medidas de Concordancia: El índice de kappa. López G. y Pita S. 1999.

3.6 Método de análisis de datos

El análisis de datos se realizó en software estadísticos SPSS y Excel. Para determinar la relación entre las variables primero se evaluó su normalidad (Luna y Naquiche, 2020, p.61) para posteriormente aplicar pruebas paramétricas o no paramétricas (coeficiente de Pearson o Spearman). Sumado a lo anterior se evaluó el comportamiento de los indicadores de variabilidad atmosférica mediante climogramas y pruebas de tendencia (Li, et al., 2015; Luzón, 2020) donde se hizo uso de la totalidad de los datos de los últimos 30 años. En el caso de los indicadores de cobertura vegetal se evaluó la tasa de cambio de los tipos de cobertura vegetal del periodo estudiado 1990-2020, para esto se tuvo en cuenta la ecuación propuesta por la FAO. $T = 1 - (CV1 - CV2)^{1/n}$. Donde "T" será la tasa de cambio; CV1, el tipo de cobertura en la fecha 1; CV2, el mismo tipo de cobertura de la fecha 2 y n, el número de años transcurridos

3.7 Aspectos éticos

En el presente estudio se toma en cuenta en todo momento los procedimientos dictaminados por el centro de estudios superiores, además se citó de manera correcta de forma que se respete la autoría y derecho de los investigadores, de esta forma la investigación fue sometida al Turnitin para comprobar el grado de parentesco con otros trabajos. El trabajo se realiza con fin de aportar a la sociedad sin buscar en ningún momento causar daños o prejuicios, por lo cual toda información expuesta es verídica sin alteración para propósitos personales, cumpliendo además en todo momento con el código de ética de la universidad R.C.U N° 0262-2020/UCV. Para el trabajo in situ, se tuvo en cuenta las recomendaciones del RVSL, así como la Guía de Inventario de la Flora y Vegetación elaborada por el MINAM.

IV. RESULTADOS

Con el fin de determinar la distribución paramétrica o no paramétrica de las variables de estudio fue necesario aplicar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, puesto que los datos fueron agrupados en 7 periodos, por lo tanto, la cantidad de datos por variable es menor a 30.

Tabla 8. *Pruebas de Normalidad del Efecto de la Variabilidad Atmosférica en la Cobertura Vegetal*

	Prueba de Normalidad					
	Kolmogorov_Smirnov			Shapiro_Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
V_DENSO	0,400	7	0,001	0,694	7	0,003
V_SEMIDENSO	0,218	7	0,200*	0,922	7	0,483
S_DISPERSO	0,203	7	0,200*	0,919	7	0,464
SIN_VEGETACIÓN	0,319	7	0,030	0,720	7	0,006
B_SUB_MONTAÑA	0,199	7	0,200*	0,900	7	0,332
B_SECO_MONTAÑA	0,173	7	0,200*	0,885	7	0,249
M_A_SEMIARIDO	0,287	7	0,085	0,848	7	0,117
TEMPERATURA	0,198	7	0,200*	0,904	7	0,356
PRECIPITACIÓN	0,160	7	0,200*	0,957	7	0,792
VAPOR_DE_AGUA	0,287	7	0,083	0,768	7	0,020
EVAPOTRANSPIRACIÓN	0,198	7	0,200*	0,902	7	0,342
CO₂	0,257	7	0,177	0,879	7	0,224
TEMPERATURA_SUPERFICIAL	0,212	7	0,200*	0,887	7	0,259

*Este es un límite inferior de la significancia verdadera

Fuente: Software SPSS 21

Los resultados de la prueba de Shapiro-Wilk presentados en la tabla 08 muestran que las variables de cobertura vegetal (Vegetación densa y sin vegetación), además de la variable atmosférica vapor de agua presentan valores de significancia por debajo de 0.05 lo que indica una distribución no normal a diferencia de las otras variables que cumplen una distribución normal (valor de significancia mayor 0.05). Debido a que no existe una similitud de distribución todas las variables se consideran no paramétricas, por lo cual se aplica la correlación RHO de Spearman para determinar la relación entre las variables atmosféricas y la cobertura vegetal.

4.1. Determinación del efecto producido por la variabilidad atmosférica en el índice de vegetación del RVSL entre 1990-2020

Tabla 9. *Correlación de Spearman sobre el índice de vegetación NDVI (vegetación densa) en el periodo 1990 a 2020*

		Temperatura	Precipitación	Vapor_de_Agua	CO ₂
V_Denso	Coficiente_Spearman	0,072	0,144	-0,224	-0,036
	Sig. (bilateral)	0,878	0,758	0,629	0,939
	N	7	7	7	7

Fuente: Software SPSS 21

De acuerdo a los datos obtenidos con la prueba de Spearman en la Tabla 9, señalan que la Correlación de Spearman sobre el índice de vegetación NDVI (vegetación densa) en el periodo 1990 a 2020 muestra una correlación directa, positiva y débil con la Precipitación que data un valor de 0.144 y mientras que para Temperatura se muestra una correlación directa escasa con un valor de 0.072. Así mismo, se evidenció una correlación directa, negativa y débil con el Vapor de Agua mostrando un valor de -0.224, para el Dióxido de Carbono (CO₂) muestra una correlación directa, negativa y escasa con un valor de -0.036

Tabla 10. *Correlación de Spearman sobre el índice de vegetación NDVI (vegetación semidensa) en el periodo 1990 a 2020*

		Temperatura	Precipitación	Vapor_de_Agua	CO ₂
V_Semidenso	Coficiente_Spearman	0,321	0,214	-0,259	0,214
	Sig. (bilateral)	0,482	0,645	0,574	0,645
	N	7	7	7	7

Fuente: Software SPSS 21

De acuerdo a la Tabla 10 se señala que la vegetación semidensa muestra una correlación directa, positiva y débil con la temperatura considerando un valor de 0.321, mientras que tanto la Precipitación y el Dióxido de Carbono (CO₂) muestran una correlación directa, positiva y escasa o nula con un valor de 0.214 para ambos casos, mientras el vapor de agua presenta una correlación negativa y escasa con un valor de -0.259.

Tabla 11. *Correlación de Spearman sobre el índice de vegetación NDVI (vegetación dispersa) en el periodo 1990 a 2020*

		Temperatura	Precipitación	Vapor_de_Agua	CO ₂
V_Disperso	Coeficiente_Spearman	0,464	0,179	0,593	0,607
	Sig. (bilateral)	0,294	0,702	0,161	0,148
	N	7	7	7	7

Fuente: Software SPSS 21

En la tabla 11 se muestra la correlación de vegetación dispersa con las variables atmosféricas, por lo que en base a ello se señala que el Dióxido de Carbono (CO₂) se correlaciona de manera positiva, moderada fuerte con un valor de 0.607, al igual que el vapor de agua con un valor de 0.593 a diferencia de la temperatura que presenta una correlación positiva considerable con un valor de 0.464 y la precipitación que se correlaciona de manera positiva, escasa o nula con un valor de 0.179

Tabla 12. *Correlación de Spearman sobre el índice de vegetación NDVI (sin vegetación) en el periodo 1990 a 2020*

		Temperatura	Precipitación	Vapor_de_Agua	CO ₂
Sin_Vegetación	Coeficiente_Spearman	-0,321	-0,214	0,259	-0,214
	Sig. (bilateral)	0,482	0,645	0,574	0,645
	N	7	7	7	7

Fuente: Software SPSS 21

En la tabla 12 se muestra el NDVI sin vegetación en correlación con las variables atmosféricas, en base a ello se señala que el Vapor de Agua presenta una correlación positiva y débil mientras que las variables Dióxido de Carbono y Precipitación se correlacionan de manera negativa y escasa o nula, del mismo modo la temperatura se correlaciona de manera negativa y débil.

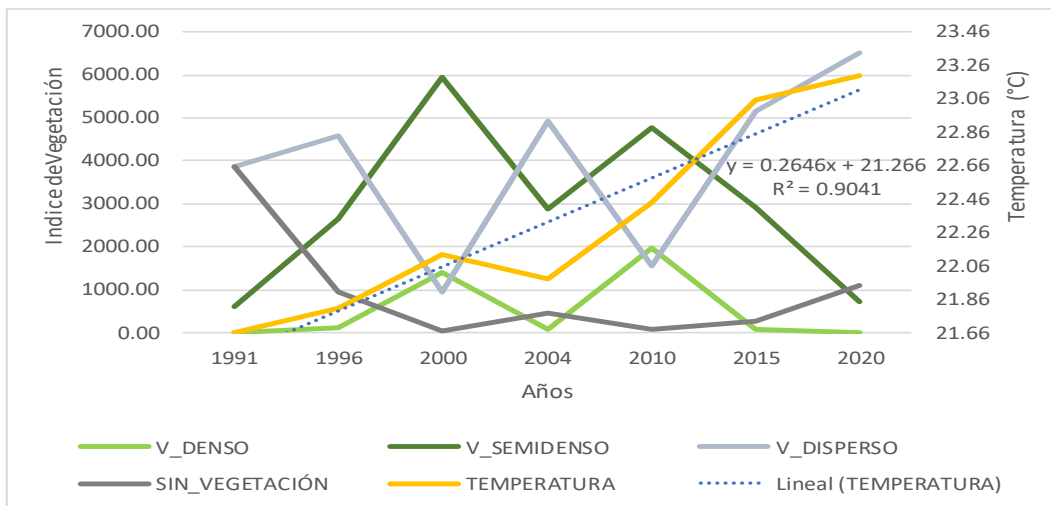


Figura 6. Índice de Vegetación (NDVI) en relación con la Temperatura

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 6 se observa la relación de los tipos de vegetación según NDVI con la temperatura, se puede observar que la categoría “Sin Vegetación” presenta una relación negativa con respecto a la temperatura, a diferencia de la categoría “Vegetación semidensa” que posee mayor relación con la temperatura entre 1991 a 2010 y “Vegetación dispersa” entre 2010 al 2020. Además, se observa que la temperatura cumple una tendencia lineal creciente con un factor $r^2 = 0.904$.

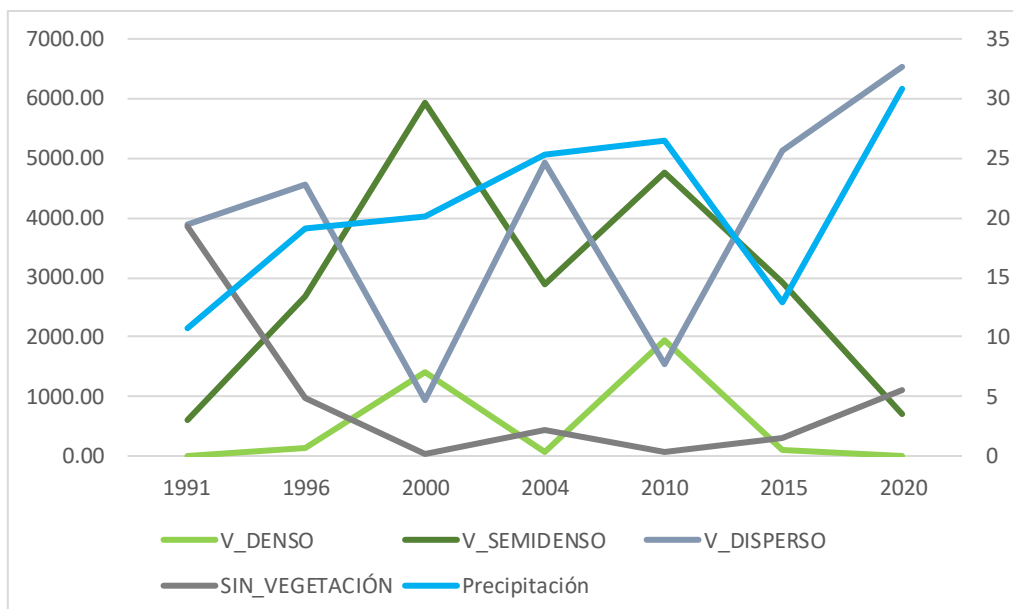


Figura 7. Índice de Vegetación (NDVI) en relación con la Precipitación

Fuente: Elaboración propia

A diferencia de la temperatura la precipitación no lleva una relación significativa con las categorías de tipos de vegetación como se muestra en la figura 7.

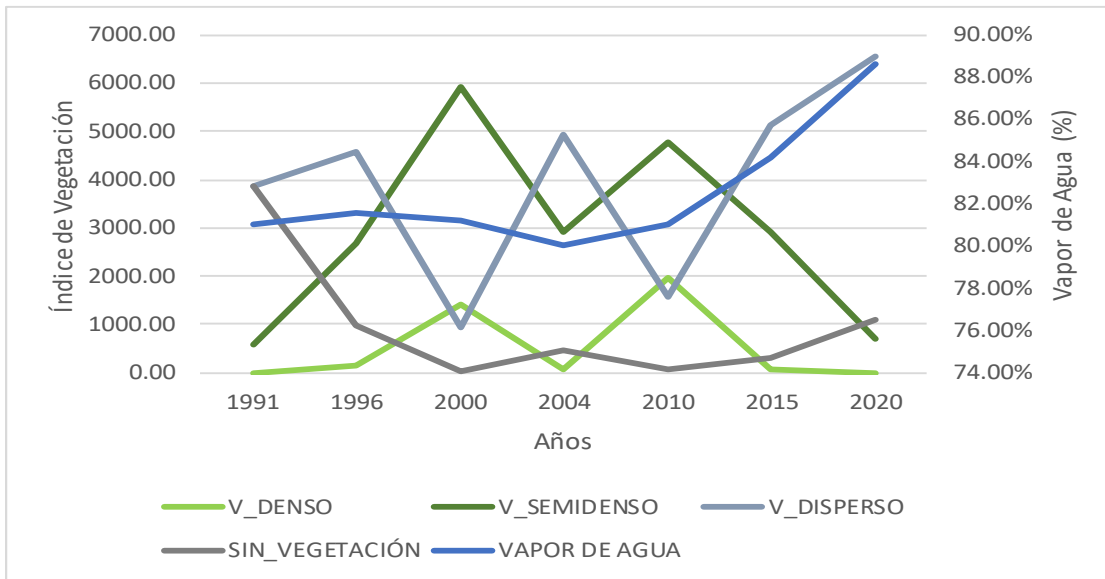


Figura 8. Índice de Vegetación (NDVI) en relación con el Vapor de Agua

Fuente: Elaboración propia

En la figura 8 se muestra la relación a través del tiempo del vapor de agua con los tipos de vegetación, se puede observar que la categoría “Vegetación Dispersa” se relaciona moderadamente con el vapor de agua, a diferencia de las otras categorías que no se relacionan significativamente con dicha variable.

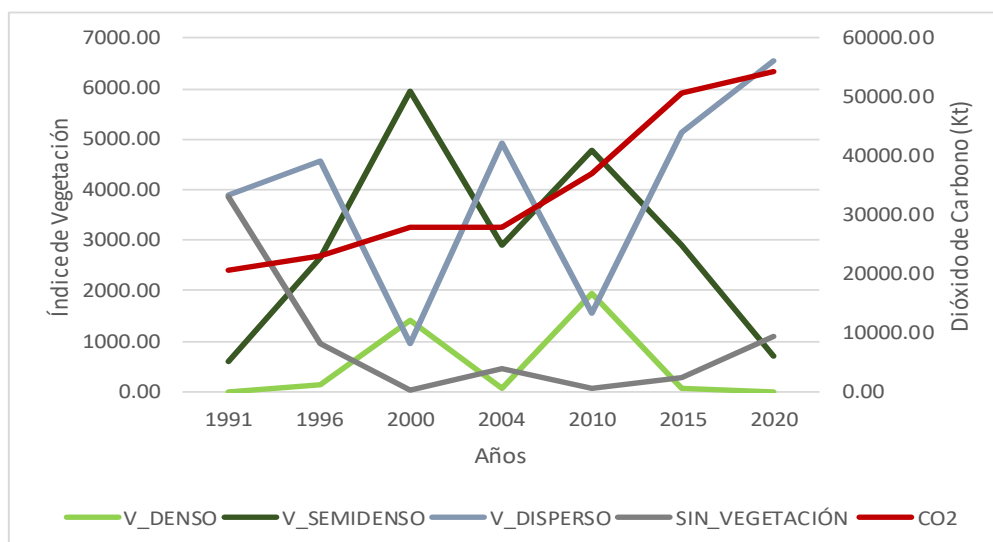


Figura 9. Índice de Vegetación en relación con el Dióxido de Carbono

Fuente: Elaboración propia

En la figura 9 se puede observar que la categoría “Vegetación Dispersa” sigue una tendencia similar a la categoría CO₂ a diferencia que la categoría “Sin Vegetación” que sigue una relación inversa.

4.2. Determinación del efecto producido por la variabilidad atmosférica en la distribución de los tipos de cobertura vegetal del RVSL entre 1990-2020.

Tabla 13. *Correlación de Spearman sobre el tipo de cobertura (Bosque subhúmedo de montaña) en el periodo 1990 a 2020*

		Temperatura	Precipitación	Vapor_de_Agua	CO ₂
B_Seco_Montaña	Coeficiente de Spearman	0,500	0,786*	-0.334	0.571
	Sig.(bilateral)	0,253	0.036	0.465	0.180
	N	7	7	7	7

*La correlación es significativa al nivel 0.05 (bilateral)

Fuente: Software SPSS 21

De acuerdo a la tabla 13 señala que el Bosque subhúmedo de montaña presenta una correlación positiva fuerte y perfecta con la Precipitación tomando un valor de 0.786, de la misma manera el Dióxido de carbono muestra una correlación positiva moderada y fuerte con un valor de 0.571, mientras que la Temperatura presenta una correlación positiva considerable con un valor de 0.500 y el Vapor de Agua presenta una correlación negativa débil con un valor de -0.334

Tabla 14. *Correlación de Spearman sobre el tipo de cobertura (Bosque seco de montaña) en el periodo 1990 a 2020*

		Temperatura	Precipitación	Vapor_de_Agua	CO ₂
B_Seco_Montaña	Coeficiente_Spearman	0,571	-0,036	0,482	0,607
	Sig.(bilateral)	0,180	0,939	0,274	0,148
	N	7	7	7	7

Fuente: Software SPSS 21

En la Tabla 14 se correlaciona el Bosque seco de montaña con las variables atmosféricas mostrando que el Dióxido de Carbono y la Temperatura presentan una correlación positiva moderada y fuerte con valores de 0.607 y 0.571

respectivamente, mientras que el vapor de agua presenta una correlación positiva débil con un valor de 0.482 y la precipitación presenta una correlación negativa escasa o nula con un valor de -0.036

Tabla 15. Correlación de Spearman sobre el tipo de cobertura (Matorral arbustivo semiárido) en el periodo 1990 a 2020

	Temperatura	Precipitación	Vapor_de_Agua	CO ₂	
	Coeficiente_Spearman	-0,536	-0,107	0,778*	-0.357
M_A_Semiárido	Sig. (bilateral)	0,215	0,819	0,039	0,432
	N	7	7	7	7

*La correlación es significativa al nivel 0.05 (bilateral)

Fuente: Software SPSS 21

De acuerdo a la tabla 15 se muestra la correlación de matorral arbustivo semiárido con las variables atmosféricas, resultando que el Dióxido de Carbono presenta una correlación negativa débil con valor de -0.357, así mismo, la precipitación muestra una correlación negativa escasa o nula con un valor de -0.107, a diferencia de la temperatura que presenta una correlación negativa moderada y fuerte con un valor de -0.536 y el vapor de agua que presenta una relación negativa fuerte y perfecta con un valor de -0.778.

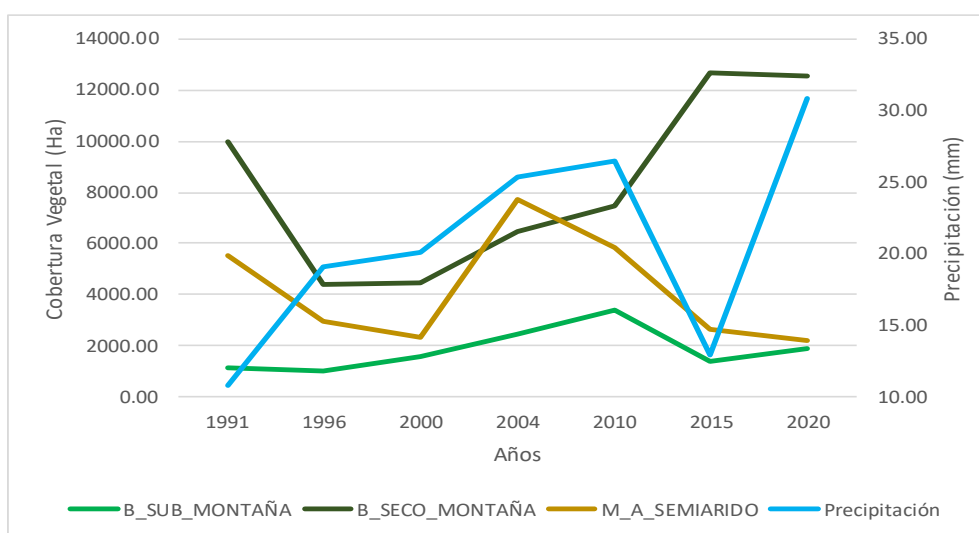


Figura 10. Cobertura Vegetal en relación con la Precipitación.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 10 se observa la relación entre los tipos de cobertura vegetal y la precipitación a través de los años. Se puede diferenciar que el “Bosque subhúmedo de montaña” tiene la mayor similitud en el tiempo con la precipitación ya que entre los años 1991 al 2010 y 2015 al 2020 se visualiza un aumento de precipitación y un aumento de bosque subhúmedo, mientras que entre los años 2010 al 2015 hay una disminución de precipitación y una disminución de bosque subhúmedo, a diferencia de los otros tipos de cobertura que no tienen una relación significativa.

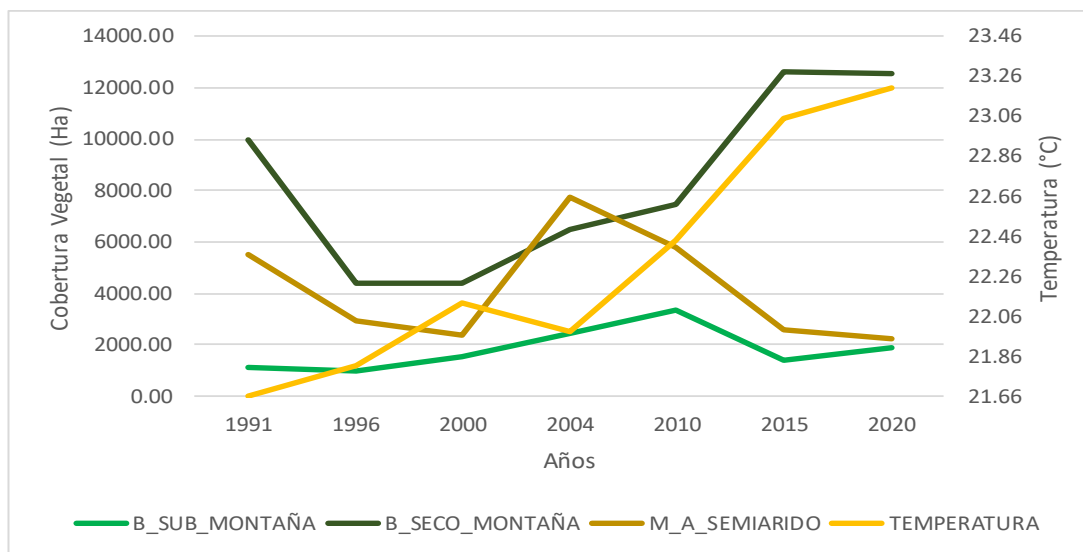


Figura 11. Cobertura Vegetal en relación con la Temperatura.

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la variable Temperatura en la figura 11 se logra observar que tanto el gráfico de tipo de cobertura “Bosque subhúmedo de montaña” y “Bosque seco de montaña” se relacionan directamente con la temperatura a diferencia del “Matorral arbustivo semiárido” que presenta una relación inversa desde 2004 al 2020.

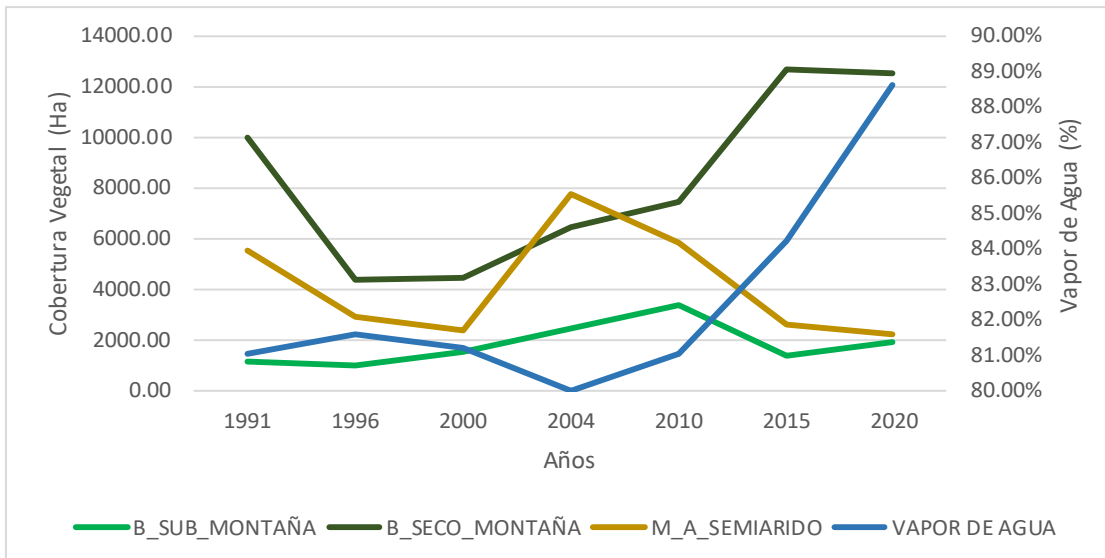


Figura 12. Cobertura Vegetal en relación con el Vapor de Agua

Fuente: Elaboración propia

En la figura 12 se observa la relación inversa fuerte entre “Matorral arbustivo semiárido” y vapor de agua entre los años 1991 a 1996 y desde el 2000 al 2020, a diferencia de la relación indirecta débil con el “Bosque subhúmedo de montaña” y la relación directa moderada con el “Bosque seco de montaña”.

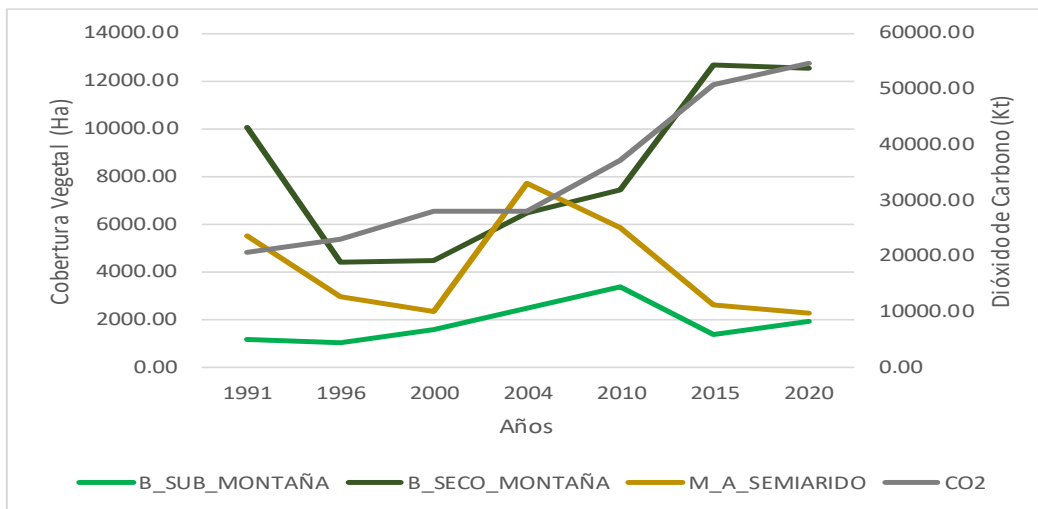


Figura 13. Cobertura Vegetal en relación con el Dióxido de Carbono (CO2)

Fuente: Elaboración propia

En la figura 13 se puede observar la relación directa fuerte a través del tiempo entre el CO₂, “Bosque seco de montaña” (1996 al 2020) y “Bosque subhúmedo de

montaña” (1996 al 2010) ya que la curva sigue una misma dirección, a diferencia del “Matorral arbustivo semiárido” que tiene una relación inversa débil con el CO₂.

4.3. Determinación del efecto producido por la variabilidad atmosférica en la superficie de cobertura vegetal del RVSL entre 1990-2020.

Tabla 16. *Correlación de Spearman sobre la superficie de cobertura vegetal (Evapotranspiración) en el periodo 1990 a 2020*

		Temperatura	Precipitación	Vapor_de_Agua	CO ₂
Evapotranspiración	Coeficiente	-1,000**	-0,607	-0,593	-0,964**
	Spearman				
	Sig. (bilateral)		0,148	0,161	0,000
	N	7	7	7	7

** La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral)

Fuente: Software SPSS 21

En la Tabla 16 se presenta la correlación de Evapotranspiración con los factores atmosféricos, obteniendo como resultado que el Vapor de Agua y la Precipitación presentan una correlación negativa moderada y fuerte con valores de -0.593 y -0.607 respectivamente. Así mismo, el dióxido de carbono se correlaciona de manera negativa y fuerte con un valor de -0.964 y la Temperatura se correlaciona de manera negativa perfecta con un valor de -1.000.

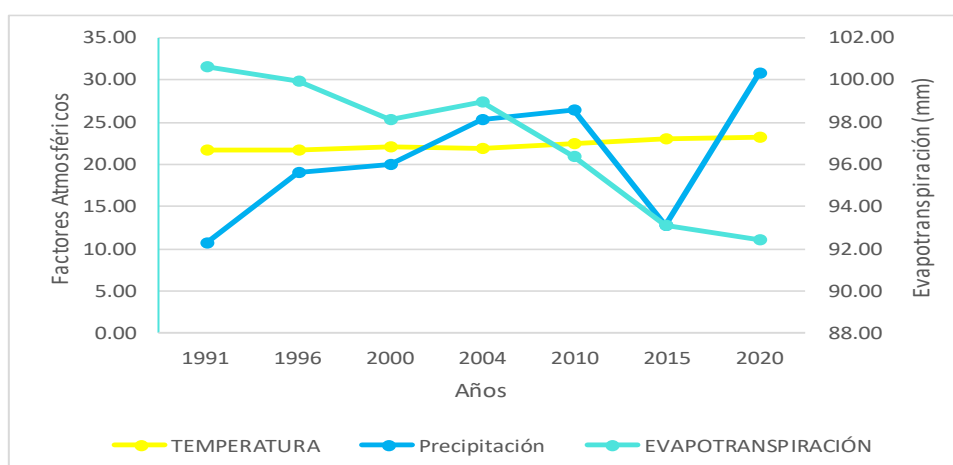


Figura 14. Evapotranspiración en relación con Factores Atmosféricos (Temperatura y Precipitación)

Fuente: Elaboración propia

En la figura 14 se observa la relación inversa entre la temperatura y la evapotranspiración entre los años 1991 al 2020, además, se observa una relación inversa fuerte entre la precipitación y la evapotranspiración entre los años 1991 al 2000, 2004 al 2010 y 2015 al 2020.

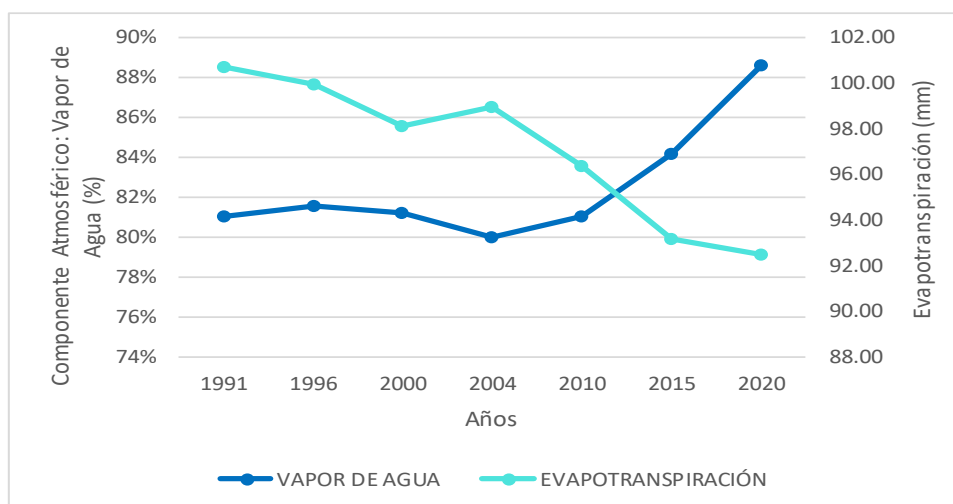


Figura 15. Evapotranspiración en relación con Componente Atmosférico: Vapor de Agua en porcentaje (%)

Fuente: Elaboración propia

La relación entre el vapor de agua y la evapotranspiración se expresa en la figura 15, como se observa en las líneas de tiempo de 1991 al 2000 y de 2004 a 2020 la relación que existe es inversa fuerte en el periodo de estudio.

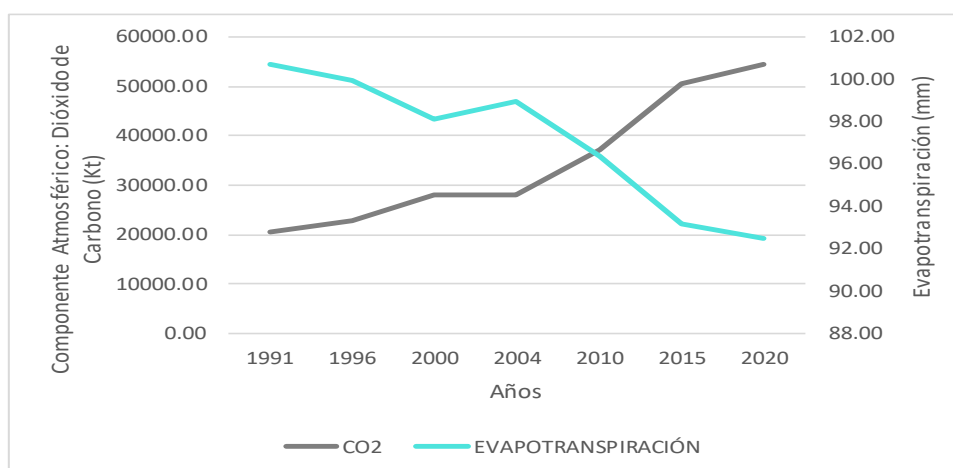


Figura 16. Evapotranspiración en relación con Componente Atmosférico: Dióxido de Carbono (Kt)

Fuente: Elaboración propia

En la figura 16 se observa que la relación en el periodo de estudio entre el CO₂ y la evapotranspiración es indirecta perfecta, lo que expresa que la cantidad de evapotranspiración disminuye a raíz que aumenta el CO₂.

Tabla 17. *Correlación de Spearman sobre la superficie de cobertura vegetal (Nivel térmico) en el periodo 1990 a 2020*

		Temperatura	Precipitación	Vapor_de_Agua	CO ₂
Temperatura Superficial	Coeficiente Spearman	0,571	0,393	0,222	0,393
	Sig. (bilateral)	0,180	0,383	0,632	0,383
	N	7	7	7	7

Fuente: Software SPSS 21

De acuerdo a lo que se presenta en la tabla 17 la superficie de la cobertura vegetal (nivel térmico) presenta una correlación positiva, moderada y fuerte con la Temperatura con un valor de 0.571, mientras que la Precipitación y Dióxido de carbono presentan una correlación positiva débil con un valor de 0.393 para ambos casos. En el caso de Vapor de Agua presenta una correlación positiva escasa o nula con un valor de 0.222

4.4. Comportamiento de las variables en el periodo de estudio 1990-2020

Variación del NDVI en el RVS Laquipampa

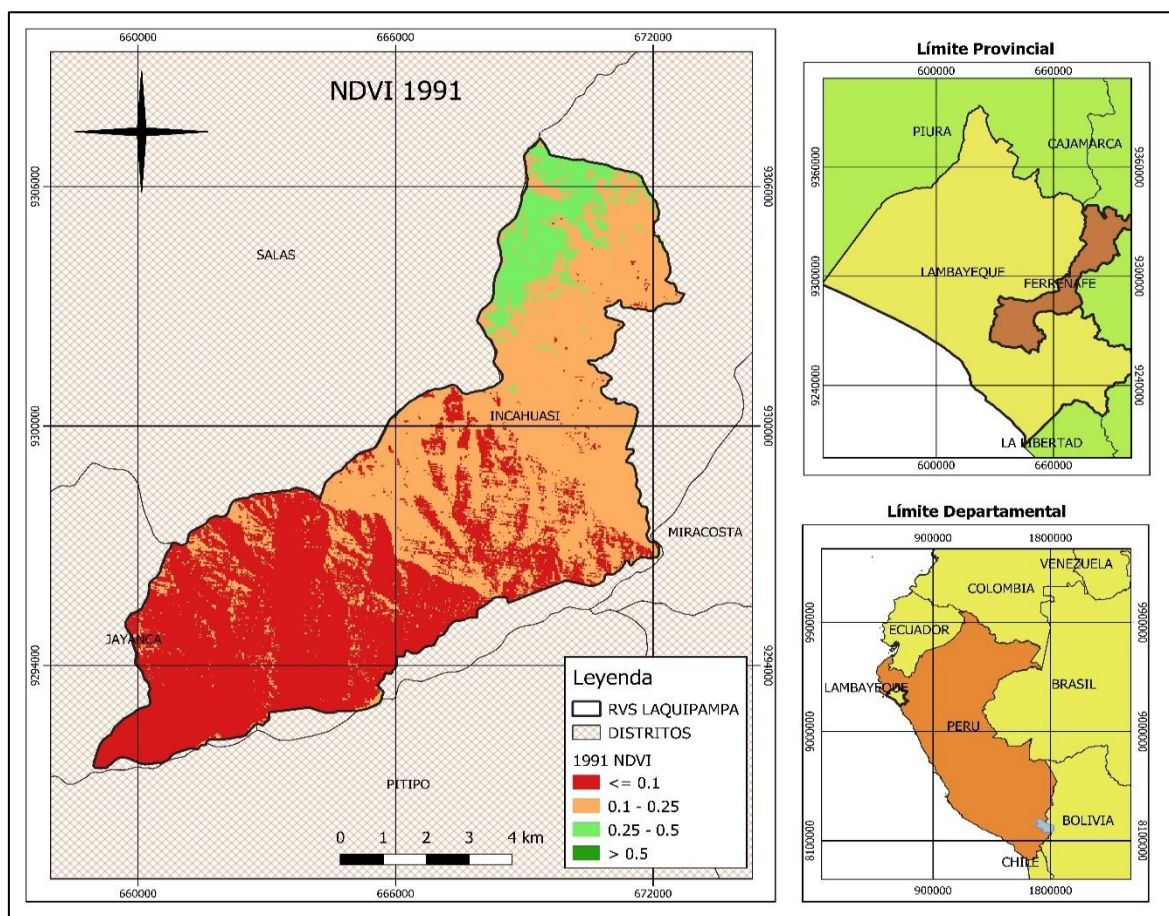


Figura 17: Mapa del índice de vegetación del RVS Laquipampa del año 1991

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Índice de vegetación (NDVI) del R.V.S. Laquipampa para el año 1991

AÑO 1991			
Rango de NDVI	Indicador	Área (ha)	Porcentaje (%)
(-1 - 0.1)	Sin Vegetación	3861.18	46.36
(0.1 - 0.25)	Vegetación Dispersa	3877.11	46.55
(0.25 - 0.5)	Vegetación Semidensa	590.76	7.09
(0.5 - 1)	Vegetación Densa	0	0.00

Fuente: Elaboración propia a partir de las imágenes Landsat

En la figura 17 se observa que el índice de vegetación para el año 1991 obtuvo valores desde -1 hasta 0.5, sin registrar datos para vegetación densa que representaba un rango mayor a 0.5. Además, de acuerdo a la tabla 18 el mayor

porcentaje fue de la categoría “Vegetación dispersa” con 46.55% y 3877.11 ha, seguido de “Sin vegetación” con 46.36% y 3861.18 ha, y finalmente “Vegetación semidensa” con solo el 7.09% y 590.76 ha del total del área de estudio.

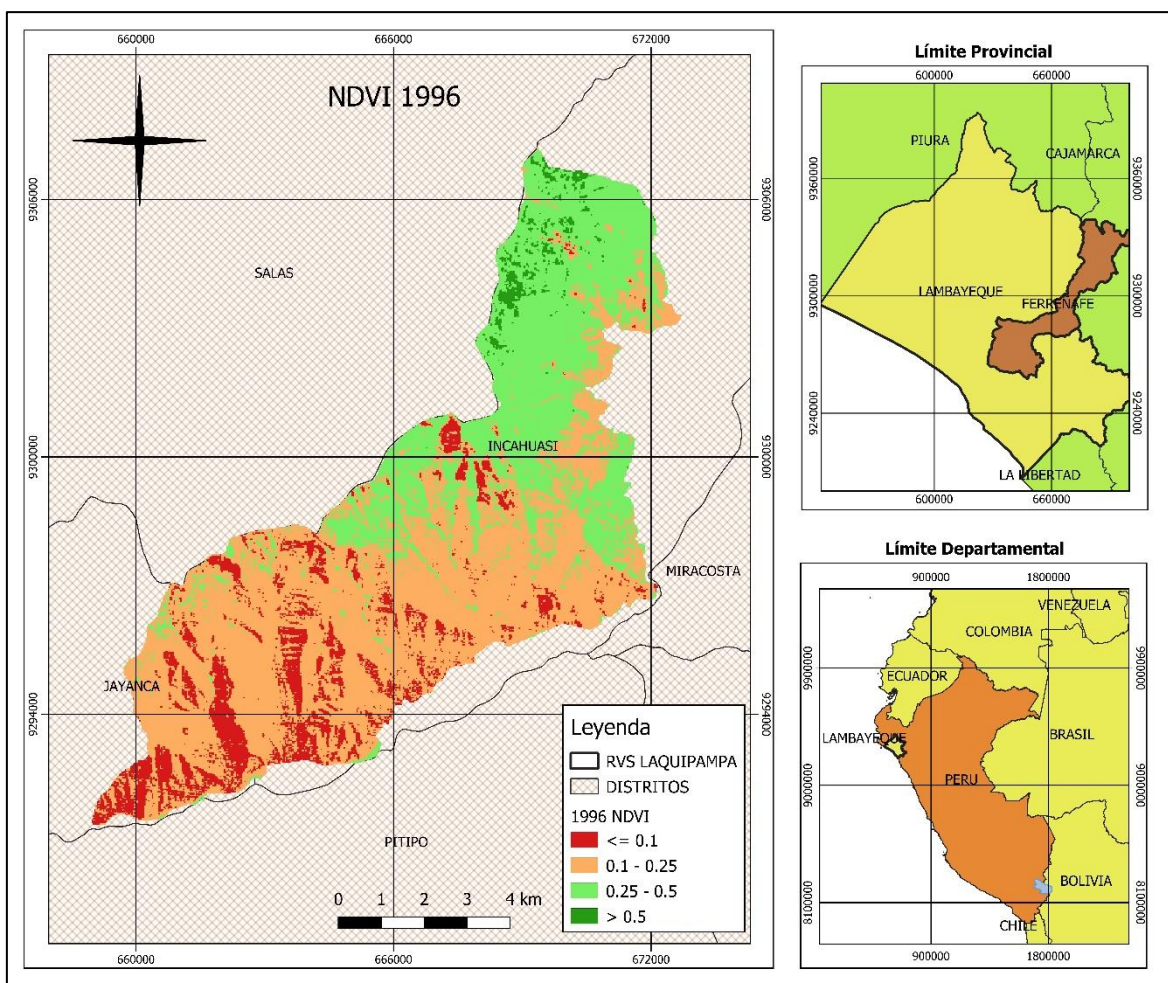


Figura 18. Mapa del índice de vegetación del RVS Laquipampa del año 1996

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Índice de vegetación (NDVI) del R.V.S.L para el año 1996

AÑO 1996			
Rango de NDVI	Indicador	Área (ha)	Porcentaje (%)
(-1 - 0.1)	Sin Vegetación	958.77	11.51
(0.1 - 0.25)	Vegetación Dispersa	4573.17	54.91
(0.25 - 0.5)	Vegetación Semidensa	2669.22	32.05
(0.5 - 1)	Vegetación Densa	127.89	1.54

Fuente: Elaboración propia a partir de las imágenes Landsat

La figura 18 representa la distribución de las categorías del NDVI en el RVSL del año 1996, este año presento los 4 índices estudiados siendo el rango 0.1 a 0.25 el tuvo mayor distribución. Además, en la tabla 19 se observa que la categoría “Vegetación dispersa” representó el 54.91 % o 4573.17 ha del total del RVSL siendo la de mayor extensión, por el contrario, la categoría “Vegetación densa solo alcanzo el 1.54% o 127.89% del total del área de estudio.

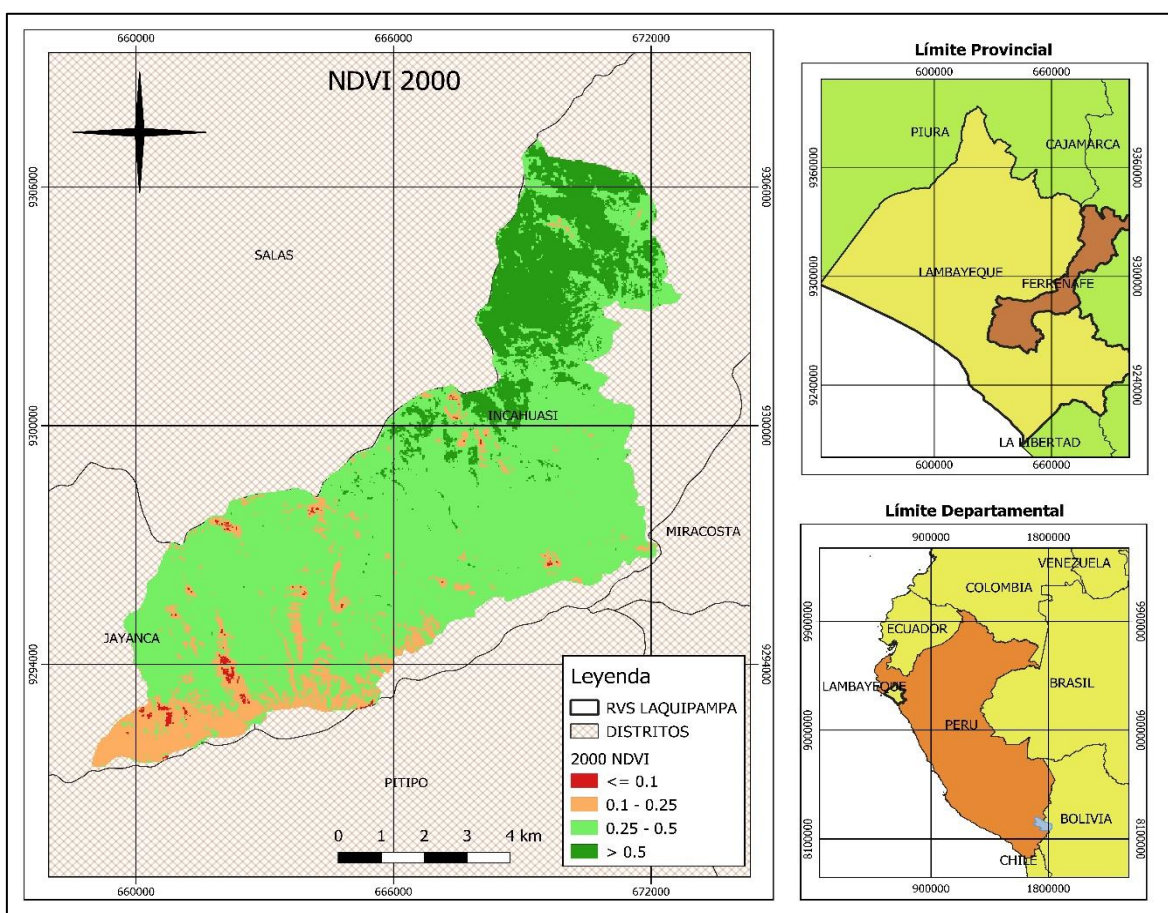


Figura 19. Mapa del índice de vegetación del RVS Laquipampa del año 2000

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Índice de vegetación (NDVI) del R.V.S.L para el año 2000

AÑO 2000			
Rango de NDVI	Indicador	Área (ha)	Porcentaje (%)
(-1 - 0.1)	Sin Vegetación	35.55	0.43
(0.1 - 0.25)	Vegetación Dispersa	947.61	11.38
(0.25 - 0.5)	Vegetación Semidensa	5939.91	71.32
(0.5 - 1)	Vegetación Densa	1405.98	16.88

Fuente: Elaboración propia a partir de las imágenes Landsat

La figura 19 muestra que el índice de vegetación de 0.25 a 0.5 tiene una mayor extensión que las otras categorías. Así mismo, en la tabla 20 se muestra que la categoría “Vegetación semidensa” presenta 71.32% o 5939.91 ha, seguida del índice “Vegetación densa” con 16.88% o 1405.98 ha, por último, la menor representación corresponde a “Sin vegetación” con 0.43% o 35.55 ha.

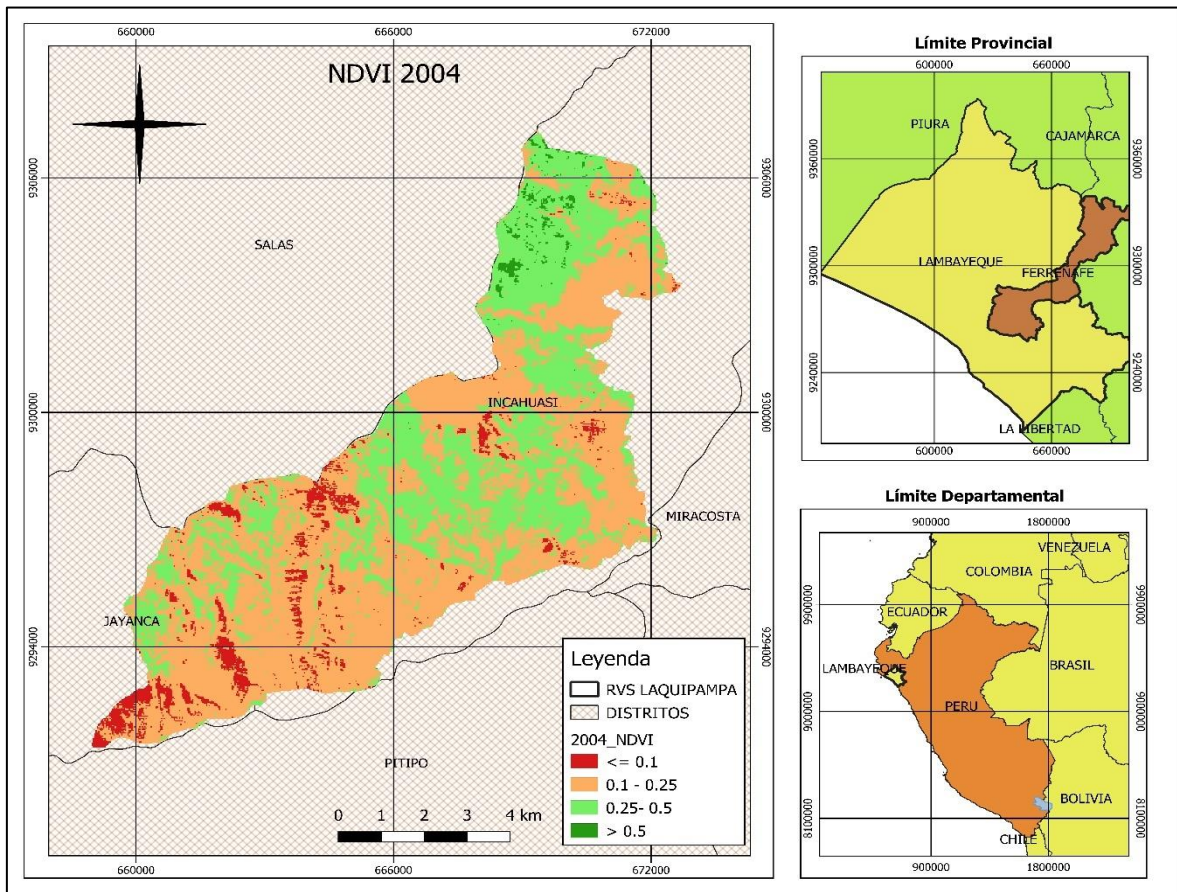


Figura 20. Mapa del índice de vegetación del RVS Laquipampa del año 2004

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21. Índice de vegetación (NDVI) del R.V.S.L para el año 2004

AÑO 2004			
Rango de NDVI	Indicador	Área (ha)	Porcentaje (%)
(-1 - 0.1)	Sin Vegetación	443.61	5.33
(0.1 - 0.25)	Vegetación Dispersa	4919.76	59.07
(0.25 - 0.5)	Vegetación Semidensa	2897.55	34.79
(0.5 - 1)	Vegetación Densa	68.13	0.82

Fuente: Elaboración propia a partir de las imágenes Landsat

En la figura 20 se observa la representación del índice de vegetación para el año 2004, la imagen muestra una distribución de todas las categorías, siendo el rango 0.1 a 0.25 el que presenta mayor proporción. Así mismo, en la tabla 21 se puede observar que la categoría “Vegetación dispersa” tiene una representación del 59.07% o 4919.76 ha de la totalidad del área de estudio, seguido por la categoría “Vegetación semidensa” con 34.79% o 2897.55 ha, por otra parte, las categorías sobrantes representan alrededor de 500 ha del RVSL.

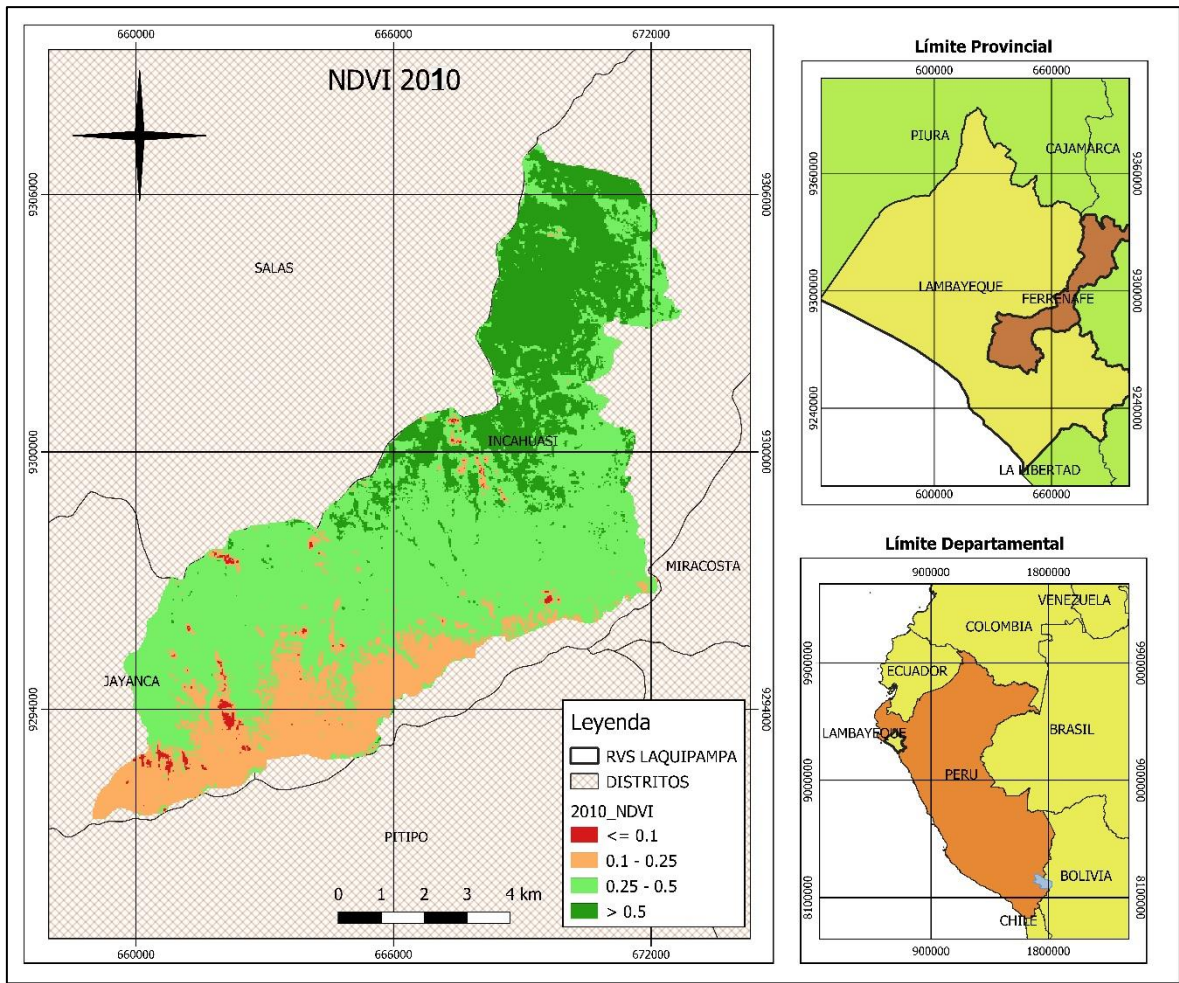


Figura 21. Mapa del índice de vegetación del RVS Laquipampa del año 2010

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Índice de vegetación (NDVI) del R.V.S.L para el año 2010

AÑO 2010			
Rango de NDVI	Indicador	Área (ha)	Porcentaje (%)
(-1 - 0.1)	Sin Vegetación	56.61	0.68
(0.1 - 0.25)	Vegetación Dispersa	1552.77	18.64
(0.25 - 0.5)	Vegetación Semidensa	4764.6	57.21
(0.5 - 1)	Vegetación Densa	1954.62	23.47

Fuente: Elaboración propia a partir de las imágenes Landsat

La figura 21 muestra el aumento en proporción a través del área del índice de vegetación densa con valores mayores a 0.5 por detrás de vegetación semidensa con valores de 0.25 a 0.5. Así mismo, la tabla 22 representa el porcentaje para cada indicador de NDVI, siendo el más bajo el valor de “Sin vegetación” con 0.68% o

56.61ha; la mayor extensión la tiene la categoría de “Vegetación semidensa” con 57.21% o 4764.6 ha.

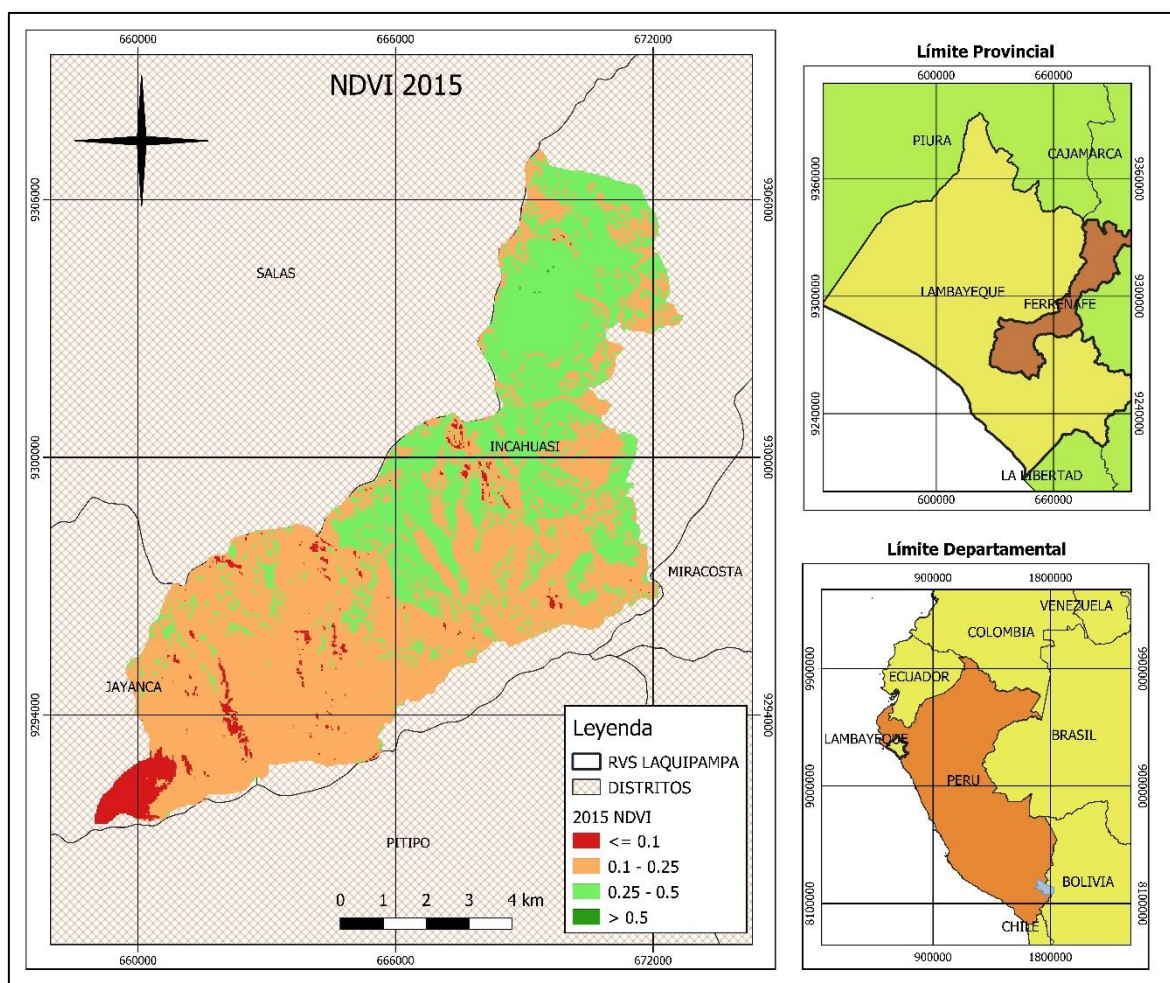


Figura 22. Mapa del índice de vegetación del RVS Laquipampa del año 2015

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Índice de vegetación (NDVI) del R.V.S.L para el año 2015

AÑO 2015			
Rango de NDVI	Indicador	Área (ha)	Porcentaje (%)
(-1 - 0.1)	Sin Vegetación	282.6	3.39
(0.1 - 0.25)	Vegetación Dispersa	5142.69	61.73
(0.25 - 0.5)	Vegetación Semidensa	2904.39	34.86
(0.5 - 1)	Vegetación Densa	0.81	0.01

Fuente: Elaboración propia a partir de las imágenes Landsat

La figura 22 muestra una distribución mayor del índice entre los rangos 0.1 a 0.25 de color melón, seguida de los rangos de 0.25 a 0.5 de color verde claro, la

representación es similar a los años anteriores, esto se ve plasmado en la tabla 23 que presenta valores de 61.73% para la categoría “Vegetación dispersa” y 34.86% para “Vegetación semidensa” con valores de 5142.69 ha y 2904.39 ha respectivamente. A pesar de que no se puede diferenciar en la imagen, la tabla muestra que la categoría “Vegetación densa” presenta 0.81 ha del total del área.

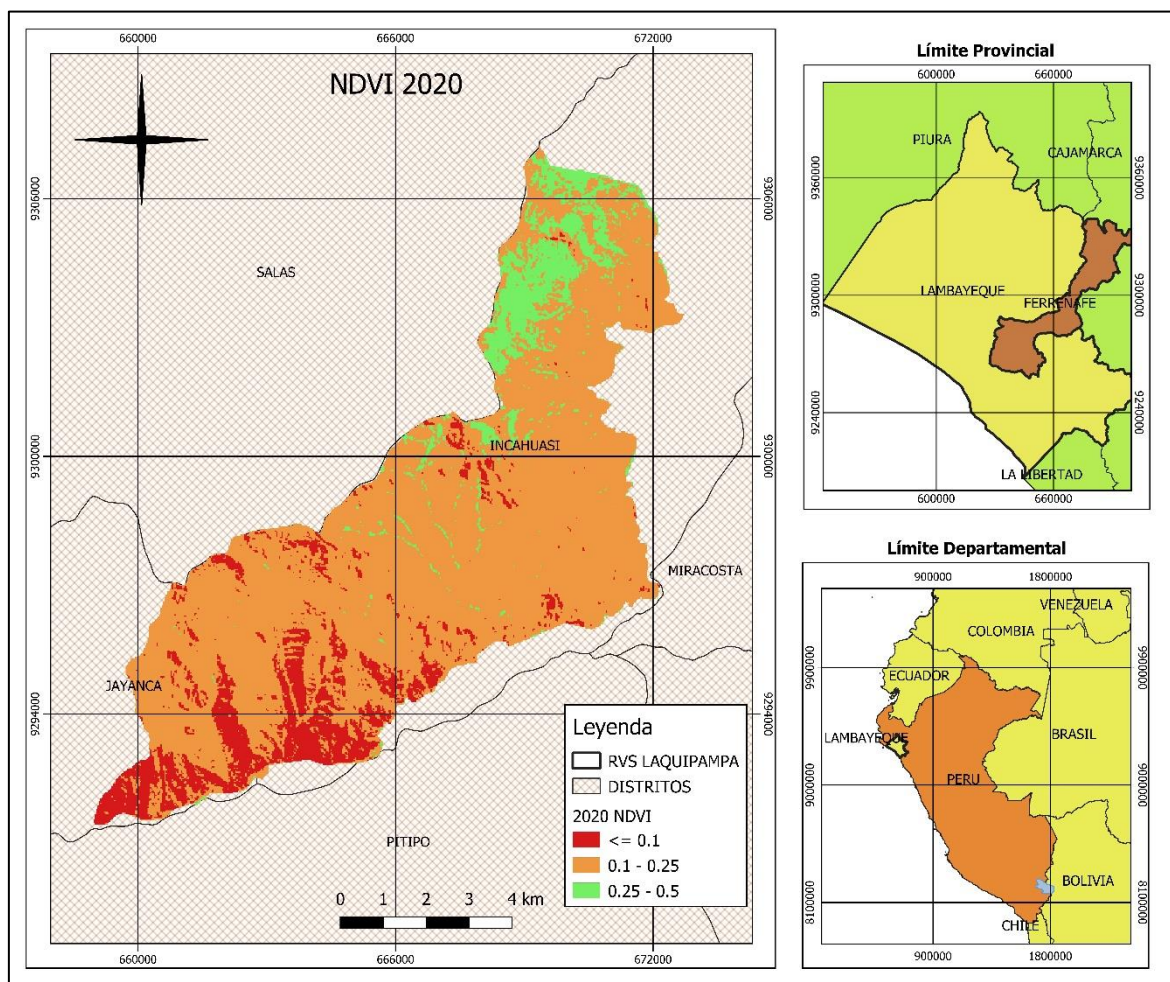


Figura 23. Mapa del índice de vegetación del RVS Laquipampa del año 2020

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Índice de vegetación (NDVI) del R.V.S.L para el año 2020

AÑO 2020			
Rango de NDVI	Indicador	Área (ha)	Porcentaje (%)
(-1 - 0.1)	Sin Vegetación	1091.07	13.10
(0.1 - 0.25)	Vegetación Dispersa	6535.17	78.46
(0.25 - 0.5)	Vegetación Semidensa	702.81	8.44
(0.5 - 1)	Vegetación Densa	0	0.00

Fuente: Elaboración propia a partir de las imágenes Landsat

La figura 23 del año 2020, muestra que el índice de rango entre 0.1 a 0.25 abarca casi la totalidad del mapa del RVSL, siendo el segundo más representativo el de los rangos menores a 1 hasta 0.1. Así mismo, en la tabla 24 muestra que la categoría “Vegetación dispersa” ocupa el 78.46% del área lo cual se expresa en 6535.17 ha, seguido de “Sin vegetación” con 13.10% o 1091.07 ha y “Vegetación semidensa” con 8.44% o 702.81 ha, finalmente la categoría “Vegetación densa” no ocupa área en el mapa del año 2020.

Variación de los tipos de cobertura vegetal en el RVS Laquipampa.

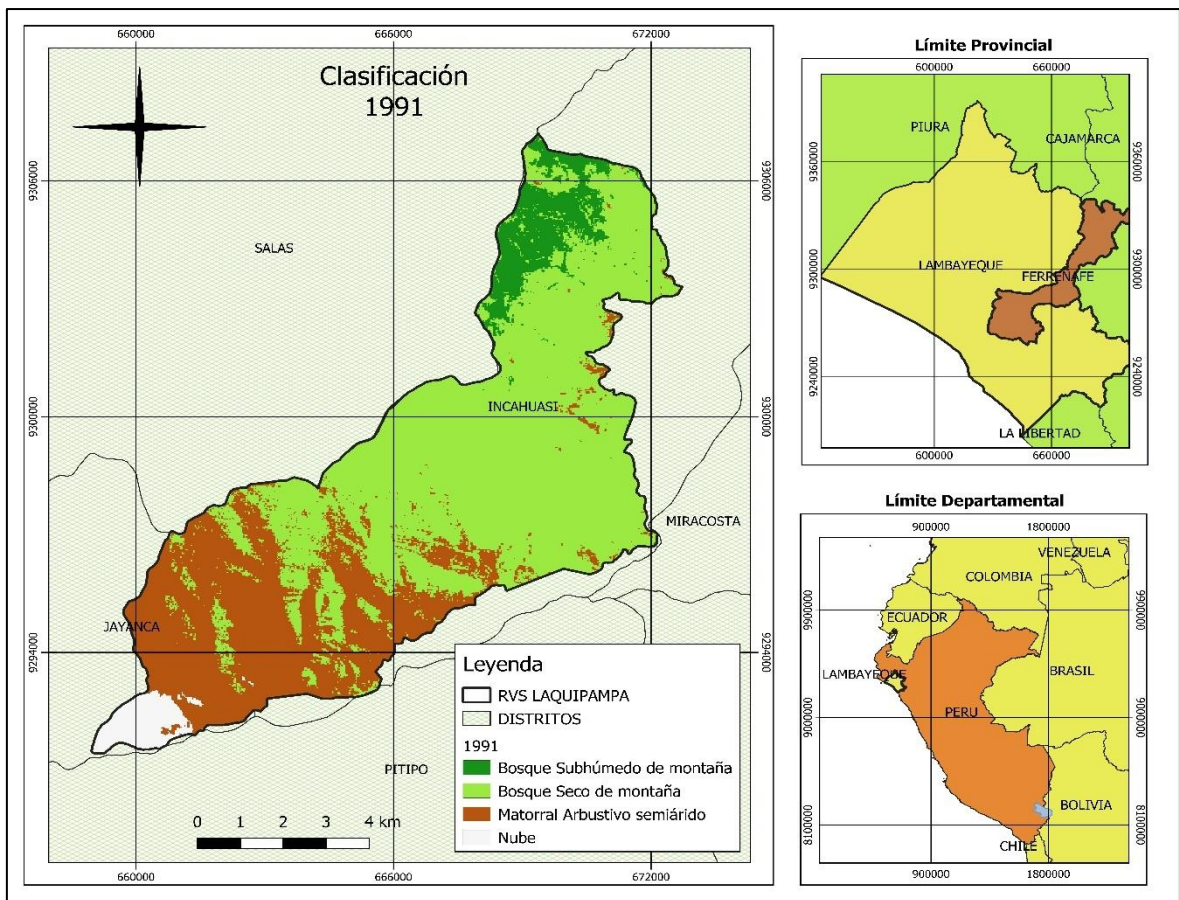


Figura 24. Mapa de los tipos de cobertura vegetal del RVSL en el año 1991

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Clasificación del tipo de cobertura vegetal del RVSL del año 1991

CLASIFICACIÓN 1991		
Cobertura	Área (ha)	Porcentaje (%)
Bosque subhúmedo de montaña	1119.37	6.720930297
Bosque seco de montaña	10016.24	60.13958823
Matorral Arbustivo Semiárido	5519.38	33.13948147

Fuente: Elaboración propia a partir de las imágenes Landsat

La figura 24 muestra la distribución de los tipos de cobertura vegetal registrados a través de clasificación supervisada en el software QGIS para el año 1991, tal como se muestra el tipo de cobertura “Bosque seco de montaña” representa la mayor extensión en el área de estudio, así mismo, en la tabla 25 se puede verificar que dicha cobertura ocupó un área de 10016.24 ha o 60.13%, seguido de la cobertura “Matorral Arbustivo semiárido” con 33.13% y “Bosque subhúmedo de montaña” con 6.72%. El porcentaje de nube fue atribuido a “Matorral arbustivo semiárido”.

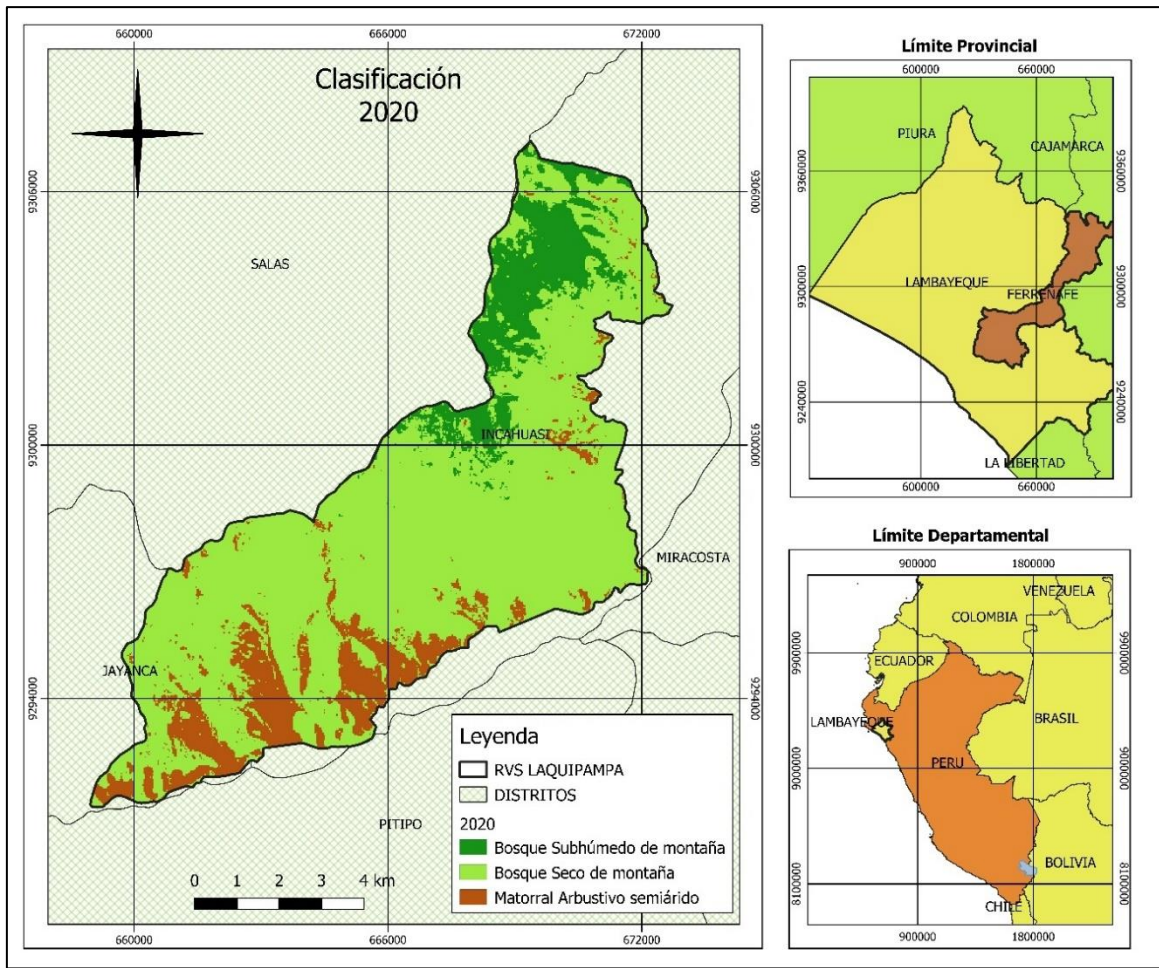


Figura 25. Mapa de los tipos de cobertura vegetal del RVSL en el año 2020

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Clasificación del tipo de cobertura vegetal del RVSL del año 2020

CLASIFICACIÓN 2020		
Cobertura	Área (ha)	Porcentaje (%)
Bosque subhúmedo de montaña	1877.55	11.27
Bosque seco de montaña	12556.56	75.39
Matorral Arbustivo Semiárido	2220.85	13.33

Fuente: Elaboración propia a partir de las imágenes Landsat

La figura 25 muestra el aumento de la categoría “Bosque seco de montaña” y la reducción de “Matorral arbustivo semiárido”, de la misma forma, la tabla 26 muestra que “Bosque subhúmedo de montaña” aumentó a 11.27% su distribución en el área de estudio con 1877.55 ha, 758 ha más que en 1991.

Variación de la superficie de cobertura vegetal en el RVS Laquipampa

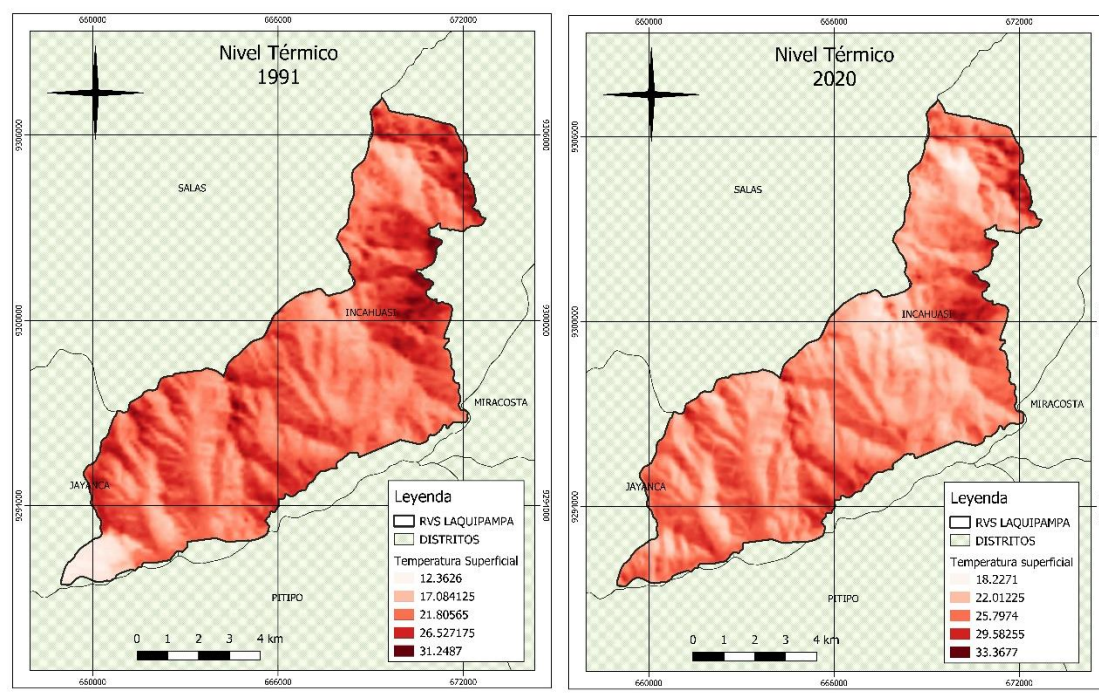


Figura 26. Mapa de la variación del nivel térmico en el RVSL entre 1991 a 2020.

Fuente: Elaboración propia

La figura 26 muestra la variación del nivel térmico o temperatura superficial en el área de estudio. Como se puede observar, la temperatura mínima y máxima aumentó en 6° C y 2 ° C respectivamente, además en el año 1991 la superficie obtuvo temperaturas cercanas a los 22°C en su mayoría similares al año 2020, no obstante, la extensión de las zonas de mayor temperatura presentadas en el año 1991 disminuyó para el 2020.

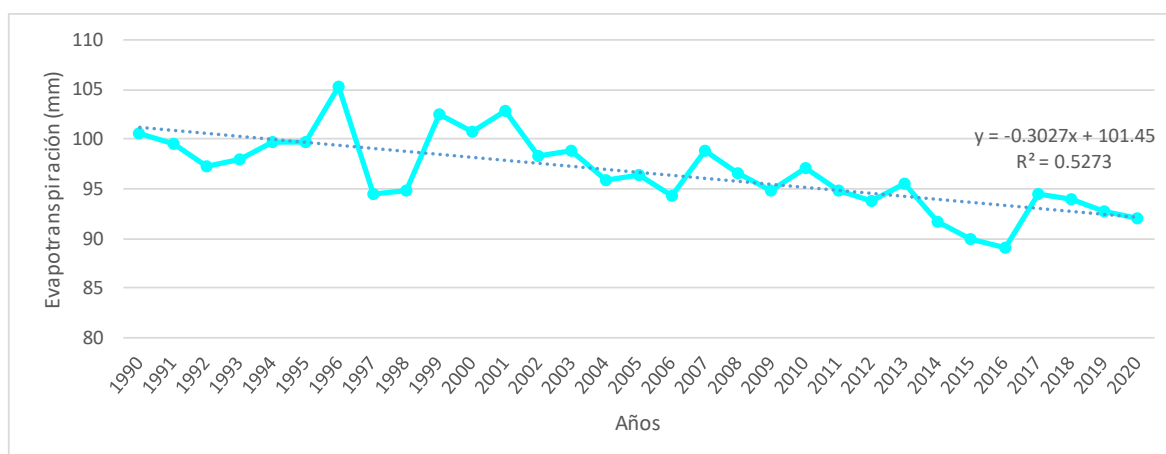


Figura 27. Variación de la evapotranspiración en el RVSL entre los años 1990-2020

Fuente: Elaboración propia

La figura 27 muestra la cantidad de agua perdida por las plantas a causa de la evapotranspiración en el periodo de estudio, siendo la cantidad perdida del 2020 menor a la de 1991 por 10 mm. El pico más alto se dio en 1996 con alrededor de 105 mm y el más bajo se alcanzó en el 2016 con menos de 90 mm. Además, se visualiza que la evapotranspiración cumple una tendencia negativa con un valor de relación moderado $r^2= 0.527$.

Variación de las variables atmosféricas

Se realizaron gráficas de tiempo de las variables atmosféricas con el fin de mostrar las variaciones ocurridas durante el periodo de estudio. De tal forma en la figura 28 se evidencia el comportamiento de la precipitación y temperatura durante 1990 a 2020, la gráfica muestra que ambas variables atmosféricas aumentaron progresivamente, sin embargo, durante el 2015 se observa que la precipitación fue baja en relación a la temperatura que alcanzó cerca de 23 °C, lo que indica un déficit de 10 mm.

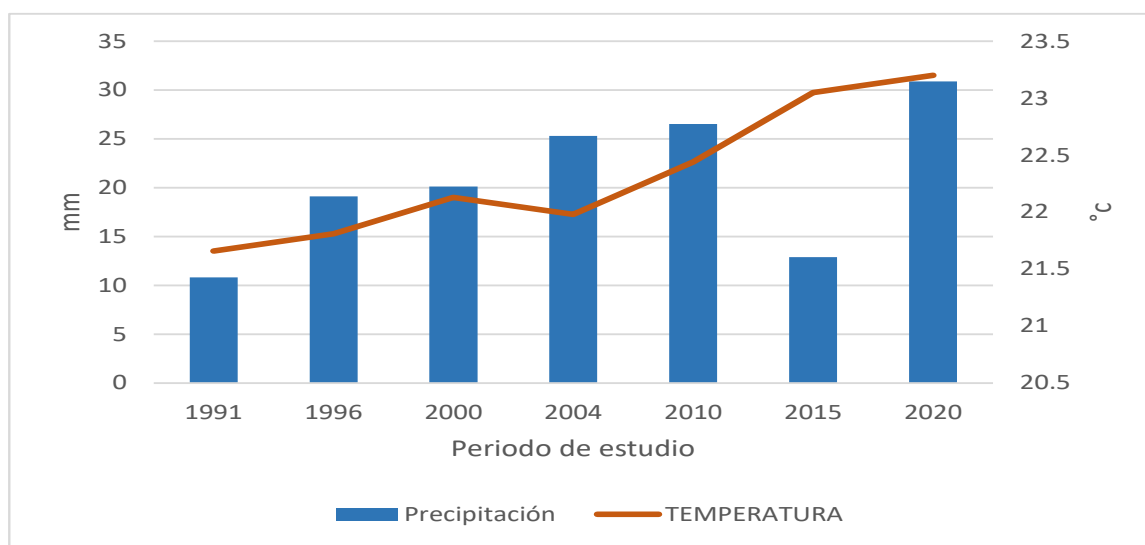


Figura 28. Climograma precipitación – temperatura en el periodo de estudio 1990-2020 en el RVSL

Fuente: Elaboración propia

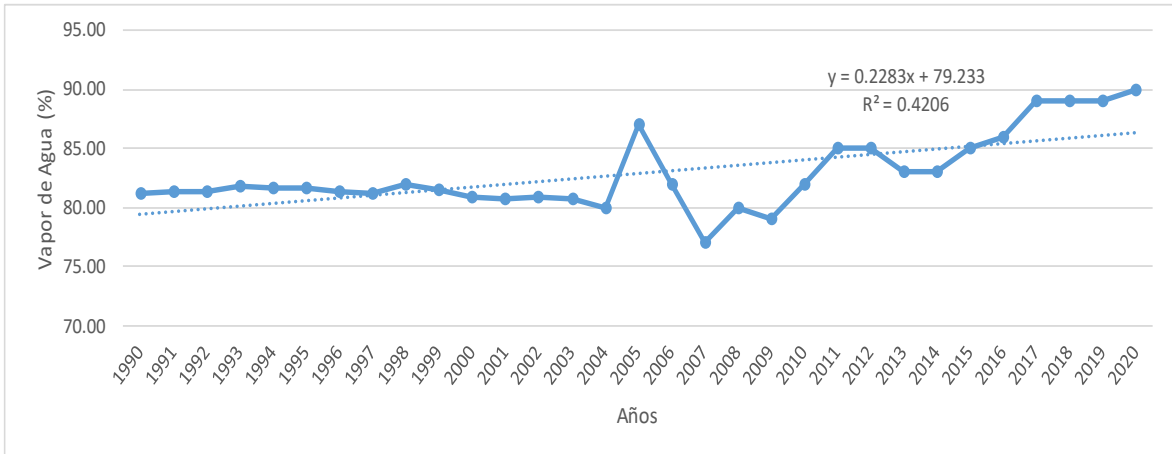


Figura 29. Variación temporal del vapor de agua entre el periodo 1990-2020 en el RVSL

Fuente: Elaboración propia

La figura 29 muestra los datos de vapor de agua que fueron obtenidos a través de la humedad relativa, la gráfica muestra valores entre 80 a 83 % de 1990 al 2004 los cuales fueron obtenidos del software SWAT y adaptados a la curva de datos de SENAMHI; después del 2004 se observan picos de valores en 2005 con 87 %, 2007 con 76 % y aumento gradual a partir de 2010 hasta el 2020 donde se obtuvo 89% de vapor de agua dentro del RVS Laquipampa. La línea de tendencia indica una relación media de los datos con un valor $r^2= 0.4206$

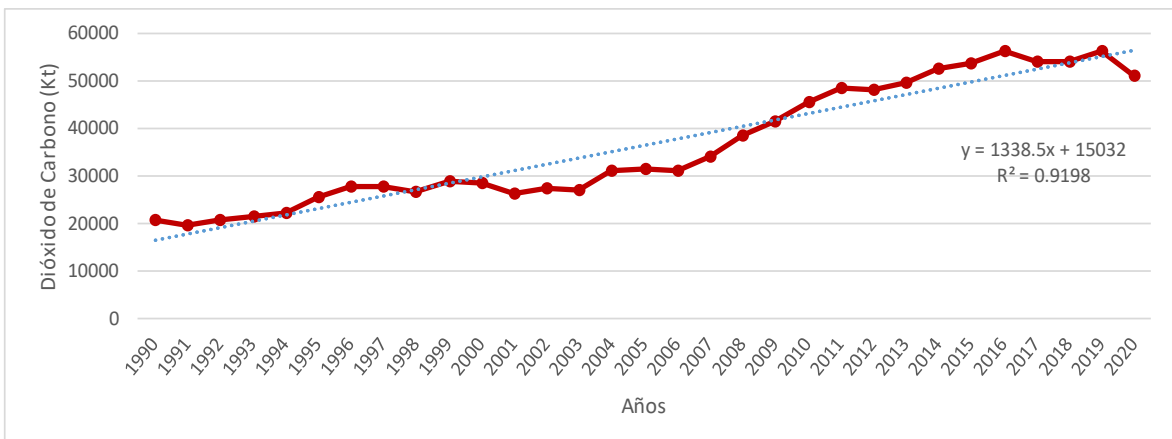


Figura 30. Variación temporal del CO₂ entre el periodo 1990-2020 en el RVSL

Fuente: Elaboración propia

La figura 30 muestra los datos de CO₂ nacionales obtenidos del Banco Mundial a través del Centro de Análisis de Información sobre Dióxido de Carbono (CO₂), se observa un aumento progresivo de CO₂ a través del tiempo con un ligero descenso

en el 2020, además, se observa que de 1990 al 2020 hubo un aumento de 30000 kt de CO₂ aproximadamente. Además, la línea de tendencia indica la variación casi total de los datos en el periodo de estudio con el valor de $r^2 = 0.9198$.

Tasa de cambio

La fórmula de tasa de cambio aplicada fue obtenida a través de estudios de la FAO sobre reducción de bosques por incendios, esta fue aplicada con el fin de obtener la variación porcentual entre el NDVI y los tipos de cobertura en el periodo de estudio. $T = 1 - (CV1 - CV2)^{1/n}$

Tabla 27. Tasa de cambio de cobertura vegetal del RVSL en el periodo 1990-2015 y 1990-2020

T. cambio	V. Densa	V. Semidensa	V. Dispersa	Sin vegetación	B. Sub. Montaña	B. s. montaña	M. A. semiárido
1991-2015	2.16	2.31	2.28	-0.33	2.21	2.31	-0.32
1991-2020	0.00	2.18	2.31	-0.31	2.26	2.31	-0.32

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 27 se muestra la tasa de cambio de las categorías de NDVI y tipos de cobertura vegetal en el periodo de estudio. Se creyó oportuno realizar la tasa de cambio (T.C) tanto para 2015 como para 2020 para una mayor representación de los resultados. Se puede observar que los valores de la (T.C) solo varían en relación del 2015 al 2020 de 2.16 a 0.00. en "Vegetación densa" lo que indica que para el 2015 la extensión de esta cobertura creció, al igual que "Vegetación semidensa", "Vegetación dispersa", "Bosque subhúmedo de montaña" y "Bosque seco de montaña", no obstante, las categorías "Sin vegetación" y "Matorral arbustivo semiárido" disminuyeron su extensión en -0.31 y 0.32 respectivamente.

V. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la investigación fueron comparados con otros estudios.

Los datos obtenidos muestran la expansión en la categoría de NDVI “Vegetación densa” para los años 2000 y 2010, logrando una expansión 16.88% y 23.47% del total del área de estudio, esto concuerda con el aumento gradual de la precipitación que logró sus valores más elevados durante el periodo 1996-2000 con un promedio de 20 mm y 2004-2010 con promedio de 26.52 mm, además, en el año 1998 se llevó a cabo precipitaciones abundantes por el fenómeno “ El Niño” (ENOS), no obstante la correlación RHO de Spearman no muestra valores significativos (0.144) para la categoría “Vegetación densa”, ni para las demás categorías, la falta de correlación se podría deber a los bajos niveles de precipitación según, Albarakat et al. (2018), que menciona que los valores menores a 200 mm son insignificantes para realizar una correlación con la cobertura vegetal, además, Moulton et al. (2021) menciona que la precipitación media presenta una correlación no significativa con la cobertura vegetal ($r=-0.086$). Otro de los factores que determinaría la no relación significativa se debería a la fecha de toma de datos, puesto que, Luna y Naquiche (2020) obtuvieron un valor de correlación máximo de 0.313 entre la precipitación y las categorías de cobertura vegetal durante temporada seca.

No obstante, el tipo de cobertura vegetal “Bosque subhúmedo de montaña” mostro una correlación elevada fuerte con la precipitación 0.786 ($p<0.05$) y un aumento en su extensión del 6.7 % en 1991 a 11.27% en 2020 esto indicaría que la precipitación es el principal factor influyente en el “Bosque subhúmedo de montaña”. Esto tendría relación con el estudio de Gaisin et al. (2020) en el que la correlación entre precipitación y bosques en laderas escalonadas alcanzo 0.65 además estos bosques se extendieron en 17.6%

De acuerdo con el presente estudio la temperatura aumento gradualmente entre 1990 al 2020 en un promedio de 0.05 °C por año, obteniendo una correlación moderada directa con las categorías de NDVI “Vegetación semidensa” y “Vegetación Dispersa” en 0.321 y 0.464 y una correlación inversa modera con la categoría “Sin vegetación” -0.321. Además, la temperatura presenta una correlación directa modera fuerte con los tipos de cobertura “Bosque subhúmedo

de montaña” y “Bosque seco de montaña” en 0.5 y 0.571 respectivamente y una correlación inversa con “Matorral arbustivo” -0.536 que redujo su extensión de 33.13% en 1991 a 13.33% en el 2020. Esto tiene relación con la investigación de Wang et al. (2015) que obtuvo un aumento de 3°C de temperatura del 2000 al 2010, obteniendo correlaciones fuertes con el NDVI y una correlación negativa con bosques que carecen de agua superficial. Otros estudios como Zhi Li et al. (2015) y Zhao et al. (2019) muestran correlaciones de 0.27 Y 0.38 lo cual se considera estadísticamente poco significativo. Adicionalmente, Bagherzadeh et al. (2021) expresa una mayor correlación (0.805) a nivel mensual entre temperatura y NDVI, y una correlación no significativa (0.003) a nivel anual. Sin embargo, la totalidad de las investigaciones revisadas muestran un aumento de temperatura entre 1. 5°C a 3 °C.

Los valores de vapor de agua se mantuvieron estables entre 1990 a 2004 y obtuvieron un crecimiento gradual hasta el 2020 obteniendo un valor mínimo de 77 % y máximo de 90% en el rango de la investigación, además muestra una tendencia lineal moderada. Las correlaciones entre el vapor de agua y los tipos de cobertura vegetal muestran valores moderado directo para “Bosque seco de montaña” (0.482), moderado inverso para “Bosque subhúmedo de montaña” (-0.334) y correlación inversa fuerte con “Matorral arbustivo semiárido” -0.778 ($p < 0.05$), lo cual tendría relación con la investigación de Forrester, et al. (2021) en donde determino que algunas especies como A. Alba se ven influenciadas por el déficit de presión de vapor de agua. En cuanto a los valores de NDVI el vapor de agua se relacionó significativamente con la categoría “Vegetación Dispersa” (0.593), no obstante, las demás categorías no presentan valores significativos, estos datos no coinciden con la investigación de Luna y Naquiche (2020) quienes obtuvieron valores de correlación de 0.594 entre el vapor de agua y la categoría “Sin vegetación” a diferencia de los resultados obtenidos en esta investigación donde se alcanzó (0.259), sin embargo, se podría deber a los periodos de estudio y a la adaptación de los datos entre 1990 al 2004.

Los valores de dióxido de carbono (CO₂) mostraron una tendencia de crecimiento lineal fuerte en el periodo de estudio ($r^2 = 0.9198$) y un aumento de 30000 kt. A pesar de que los datos tomados de CO₂ muestran la realidad a nivel nacional

servieron para correlacionarse con la cobertura vegetal siendo la variable atmosférica que mayor relación guardo. La categoría de NDVI “Vegetación dispersa” alcanzo una correlación significativa moderada con el CO₂ con un valor de 0.607, las demás categorías no obtuvieron valores significativos, además de esta los tipos de cobertura “Bosque subhúmedo de montaña” y “Bosque seco de montaña” tuvieron una correlación moderada fuerte con 0.571 y 0.607 respectivamente, lo cual se justifica con la investigación de Chen et al. (2019) el cual menciona que los bosques tienden a crecer 36% ante un aumento de 100 ppm de CO₂ hasta un límite de 285 ppm y que un aumento mayor a este solo lograría una expansión del 10%. No obstante, el tipo de cobertura vegetal “Matorral Arbustivo semiárido” presento una correlación inversa de -0.357 que de acuerdo con la investigación de Chhabra y Gohel (2020), sostienen que esta correlación se da en bosques caducifolios (-0.86) y bosques mixtos (-0.76) ($p < 0.01$).

Otra variable representable de la cobertura vegetal es la evapotranspiración que según los resultados obtenidos tuvo una tendencia lineal negativa ($r^2 = 0.527$) disminuyendo 7 mm en los últimos 30 años y obteniendo picos de 105 mm en 1996 y 89 mm en 2016, lo cual coincide con la investigación de Quispe (2020) que obtuvo reducciones de 0.30 mm anuales. La evapotranspiración (ETO) presento correlaciones inversas moderadas a fuertes con todas las variables atmosféricas de este estudio; se descartado la correlación con temperatura -1.00 ($p < 0.01$) puesto que los valores de ETO fueron obtenidos con los datos de temperatura. De acuerdo a lo mencionado el componente atmosférico CO₂ fue el que mayor correlación alcanzo con ETO con un valor de -0.964 lo que indica que un aumento de CO₂ con lleva a la disminución de ETO, además presenta un valor de -0.607 con la precipitación, tal como Albarakat et al. (2018) quienes obtuvieron una correlación negativa entre ETO y la precipitación indicando que los días lluviosos impiden el paso de los rayos del sol y con ello disminuye la ETO. Con el vapor de agua se logró una correlación inversa moderada fuerte de -0.593 que de acuerdo a la investigación de Mokhtar et al. (2020) la ETO tiende a relacionarse significativamente con el déficit de presión de vapor de agua, además, Ma et al. (2019) obtienen una relación del 11% entre la ETO y el vapor de agua.

El nivel térmico o temperatura superficial (LST) tuvo un aumento en su temperatura mínima en 6 °C y en la máxima en 2 °C durante los últimos 30 años dentro del RVSL, al igual que Nega et al. (2019) que obtuvieron un aumento de los valores de LST en bosques de Etiopía ante una disminución de la cobertura vegetal. Los resultados de correlación fueron moderados con la precipitación (0.393) y el CO₂ (0.393), además, se obtuvo una correlación moderada fuerte con la temperatura (0.571) que según Shiflett et al. (2017) esta relación disminuye mientras más alejado se encuentra de la costa. Otros autores como Quispe y Révalo (2020), mencionan que la correlación existente entre LST y el NDVI tiende a hacer poco significativa $r=0.11$, sin embargo, presentan una tendencia lineal similar $r= 0.90$.

Las variaciones totales de cobertura vegetal se presentaron en tasas de cambio, según los resultados obtenidos para NDVI mostraron que entre 1991 al 2020 la categoría "Vegetación densa" no varió y que la categoría "Sin vegetación" varió en -0.31, a diferencia de "Vegetación Semidensa" y "Vegetación Dispersa" que variaron en 2.18 y 2.31 respectivamente. Además, los tipos de cobertura vegetal "Bosque subhúmedo de montaña", "Bosque seco de montaña" y "Matorral arbustivo semiárido", tuvieron una tasa de cambio de 2.26, 2.31 y -0.32 lo que indica que la extensión de cobertura boscosa ha aumentado en los últimos 30 años en el RVS Laquipampa, estos datos se relacionan con el estudio de Campos y Guerrero (2017) donde obtuvieron reducción del suelo desnudo entre el 2000 al 2015 y un aumento de la cobertura mixta y poco en bosque secos de Tumbes. Así mismo, Oblitas (2017) en su investigación de bosques en Jaén obtiene un aumento de bosque arbustales y una disminución de bosque abierto bajo que ocupan rangos similares de NDVI que esta investigación.

VI. CONCLUSIONES

1. La investigación arrojó resultados de correlación significativa al 0.05 y 0.01 entre las variables atmosféricas y la cobertura vegetal lo cual indica que existe relación y/o efecto entre los cambios suscitados entre ambos durante los 30 años de estudio en el RVS Laquipampa.
2. De acuerdo a la investigación las variables atmosférica temperatura aumento $0.05\text{ }^{\circ}\text{C/año}$ lo cual habría originado la variación de las categorías de NDVI “Vegetación semidensa” y “Vegetación Dispersa según la correlación moderada de 0.321 y 0.464 respectivamente. Así mismo, el Vapor de Agua se correlacionó moderadamente fuerte con “Vegetación Dispersa” (0.593) al igual que el Dióxido de Carbono que obtuvo una correlación de 0.607. Por el contrario, la precipitación no registro correlación significativa con el NDVI.
3. De acuerdo a los valores de correlación se mostró que las variables atmosféricas tienen efecto en la cobertura vegetal en especial la temperatura y el CO_2 que obtuvieron valores moderados fuertes entre los 0.35 y 0.67, con cada uno de ellos, por su parte la precipitación se relacionó fuertemente con la categoría “Bosque subhúmedo de montaña” (0.786), sin embargo, no tuvo relación significativa con los demás. Así mismo, el vapor de agua obtuvo una relación inversa fuerte con “Matorral arbustivo semiárido” (-0.778) y valores medios poco significativos con las otras dos categorías indicando que existe un efecto de las variables atmosféricas sobre los tipos de cobertura vegetal en el RVSL, pero este es puntual y discriminatorio.
4. Finalmente, se mostró correlaciones fuertes entre la evapotranspiración y las variables atmosféricas CO_2 (-0.964), precipitación (-0.607) y vapor de agua (-0.593), además, el nivel térmico presento correlaciones de (0.393) con CO_2 y precipitación y de (0.571) con la temperatura del aire; las correlaciones indican que en los últimos 30 años las variables atmosféricas ocasionaron variaciones en la superficie de la cobertura vegetal.

VII. RECOMENDACIONES

1. La investigación abarco las correlaciones solo a través del coeficiente de RHO Spearman, a pesar de que se logró resultados eficientes se recomienda hacer uso de otros métodos de correlación con el fin de dar mayor soporte a la investigación.
2. La investigación abordo el uso del índice espectral NDVI para determinar las variaciones del comportamiento vegetal, sin embargo, se recomienda aplicar el índice SAVI para una mejor interpretación e incluso determinar la recuperación y respuesta de la vegetación ante cambios bruscos en las variables atmosféricas, así mismo, se recomienda abordar las condiciones topográficas para una mejor discriminación de las relaciones existentes, puesto que, la bibliografía muestra que estas también forman parte de la respuesta fisiológica de la vegetación.
3. Se recomienda realizar la evaluación in-situ de las agrupaciones vegetales existentes para determinar la respuesta de cada familia o especie a las variaciones en las condiciones atmosféricas, además, debido a que estas tienen rangos de expansión cortos sería óptimo una evaluación con sensores remotos de alta resolución como el satélite PERUSAT-1 de 0.70 m de resolución o los satélites brasileños CBERS-2 con 2 metros de resolución. Por otra parte, a pesar de que los valores tomados de CO₂ fueron nacionales tuvieron altos valores de correlación, por lo cual sería recomendable adicionar el monitoreo de CO₂ en el RVS Laquipampa y en las estaciones cercanas a un área natural protegida con el fin de evaluar de mejor manera su incidencia en la vegetación.
4. Los cambios en la superficie de la cobertura vegetal fueron evaluados en base a fuentes secundarias y ecuaciones estandarizadas, no obstante, para una mejor evaluación debe ser necesario monitorear in-situ tanto la evapotranspiración y el nivel térmico ya que existen zonas con distintos tipo de vegetación que tienen reacciones diferentes ante el aumento de las variables atmosféricas, además, la presente investigación no evaluó la relación entre la temperatura superficial y la respuesta de la vegetación, por lo cual sería recomendable analizarlo en trabajos posteriores puesto que se registró un aumento en el nivel térmico o temperatura superficial en los últimos 30 años.

REFERENCIAS

Abiotic disturbances affect forest short-term vegetation cover and phenology in Southwest China por DENG, Ying, et al. *Ecological Indicators* [en línea], n° 124, mayo 2021. [Fecha de consulta: 10 de mayo 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107393>

ISSN: 1470-160X

Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA). Landsat Science. 2021.[Fecha de consulta: 24 de abril 2021]. Disponible en: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/>

ALBARAKAT, R., LAKSHMI, V., & TUCKER, C. Using Satellite Remote Sensing to Study the Impact of Climate and Anthropogenic Changes in the Mesopotamian Marshlands, Iraq. *Remote Sensing* [en línea]. n° 10, 22, septiembre 2018. [Fecha de consulta: 23 de abril 2021] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/rs10101524>

ISSN: 2072-4292

Analysis of the chromatic characteristics, on land cover types using synthetic aperture images [en línea] por AUCCAHUASI, Wilver [et al]. *Procedia Computer Science*, vol.167, n°2, 2020. [Fecha de consulta: 22 de abril de 2021]. Disponible en: [tps://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.305](https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.305)

ISSN: 1877-0509

Ante un futuro incierto como se pueden adaptar los bosques y las comunidades al cambio climático, LOCATELLI, Bruno, et al. Indonesia, CIFOR, 2009, 95 pp. ISBN: 9789791412919

ARIZA, Alexander. Descripción y Corrección de Productos Landsat 8. Instituto Geográfico Agustín Codazzi [en línea]. Bogotá, Colombia, 2013. [Fecha de consulta: 17 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.unspider.org/sites/default/files/LDCM-L8.R1.pdf>

ARROYO, Maribel y RAMÍREZ, Armando. Dióxido de carbono, sus dos caras. *Anales de Química de la RSEQ*. [en línea], n° 116, 2, 19 de junio de 2020. [Fecha de consulta: 29 de abril 2020]. Disponible en: <https://analesdequimica.es/index.php/AnalesQuimica/article/view/1316>
ISSN: 1130-2283

Assessing variability of optimum air temperature for photosynthesis across site-years, sites and biomes and their effects on photosynthesis estimation por CHANG, Qing, et al. *Agricultural and Forest Meteorology* [en línea], n° 289-299, 15 de marzo 2021. [Fecha de consulta: 26 de abril 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108277>
ISSN: 0168-1923

BAGHERZADEH, Ali., VOSUGH, Abdollah y HOMAMI, Leila. The effects of climate change on normalized difference vegetation index (NDVI) in the Northeast of Iran. *Modeling Earth Systems and Environment* [en línea]. 6, 24 de febrero del 2020. [Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2021]. Disponibilidad y acceso: <https://doi.org/10.1007/s40808-020-00724-x>
ISSN: 2363-6211

CAMPOS, Adan, GUERRERO, Edwin, GINES, Eber. Evolución de la cobertura vegetal en el Parque Nacional Cerros de Amotape de Tumbes utilizando el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI): 2000 – 2014. *Revista de investigación Científica Universidad Nacional de Tumbes*. [en línea], n° 15, (1), 47-56, 02 de abril 2018. [Fecha de consulta: 12 de abril de 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17268/manqlar.2018.006>
ISSN: 2414-1046

Causas y Tendencias de la Deforestación en América Latina [en línea]. Roma, Italia. FRAA 2001. [Fecha de Consulta: 15 de mayo de 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/ad680s/ad680s00.htm#TopOfPage42>

Changes in growing season duration and productivity of northern vegetation inferred from long-term remote sensing data por PARK, Taejin [et al]. *Environmental Research* [en línea] ,11 (8), 27 de julio de 2016. [Fecha de consulta: 22 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/8/084001>

ISSN: 1748-9326

Changes in vegetation cover on the Younghusband Peninsula transgressive dunefields (Australia) 1949–2017 por MOULTON, Martim, et al. *Earth Surface Processes and Landforms* [en línea], n° 44, 2, 459-470 14 de septiembre 2018. [Fecha de consulta: 16 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/esp.4508>

ISSN: 1096-9837

CHAVEZ, Pat. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. *Remote Sensing of Environment* [en línea] n°3, 24, 459-479, 1988 [fecha de consulta: 17 de junio de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0034425788900193>

ISSN: 0034-4257

Chhabra, A., Gohel, A. Dynamics of atmospheric carbon dioxide over different land cover types in India. *Environ Monit Assessment* [en línea] n° 191,799, 27 de enero de 2020. [Fecha de consulta: 27 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7681z>

ISSN: 1573 – 2959

CHUVIECO, Emilio. *Fundamentals of Satellite Remote Sensing: An Environmental Approach* [en línea]. 2° ed. CRC Press, 24 de febrero de 2016. [Fecha de consulta: 28 de abril de 2021]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=-nCmCwAAQBAJ>

ISBN: 9781498728072

Copula-Based Abrupt Variations Detection in the Relationship of Seasonal Vegetation-Climate in the Jing River Basin, China por ZHAO, Jing, et al. *Remote sensing* [en línea], n°11, 13, 9 de julio 2019. [Fecha de consulta: 23 de abril 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/rs11131628>
ISSN: 2072-4292 43

DILE, YT, SRINIVASAN, R. Evaluación de datos climáticos CFSR para la predicción hidrológica en cuencas hidrográficas con escasez de datos: una aplicación en la cuenca del río Nilo Azul. *Revista de la Asociación Estadounidense de Recursos Hídricos (JAWRA)* [en línea] 1-16. DOI: 10.1111 / jawr.12182

DIOSES, Alexander. Dinámica de la cobertura glaciaria del nevado Huacharán y de las lagunas glaciares adyacentes entre 1990 y el 2017 mediante la teledetección. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Lima, Perú. Universidad César Vallejo, 2017.

Effects of climate on the growth of Swiss uneven-aged forests: Combining >100 years of observations with the 3-PG model por FORRESTER [et al]. *Forest Ecology and Management* [en línea], 494, 15 de agosto de 2021. [Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119271>
ISSN: 0378-1127

Effects of Climate Variability on Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in the Gojeb River Catchment, OmoGibe Basin, Ethiopia por DAGNACHEW, Melku [et al]. *Hindawi* [en línea], 2020, 10 de junio de 2020. [Fecha de consulta: 19 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2020/8263246>

ISSN: 1687-9309

ELACHI, Charles y ZYL, Jakob. Introduction to the Physics and Techniques of Remote Sensing [en línea]. 3° ed. Hoboken, John Wiley & Sons, 2021, 20 de abril de 2021. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2021]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=6T0oEAAAQBAJ>

ISBN: 9781119523017

Escenarios Climáticos en el Perú para el año 2030, por ROSAS, Gabriela [et al]. Resumen técnico segunda comunicación nacional de cambio climático. [en línea], Lima, Perú. SENAMHI. 2010. [Fecha de consulta: 20 de abril 2021]. Disponible en: https://www.senamhi.gob.pe/usr/cmn/pdf/Resumen_Nacional.pdf

Evaluation of atmospheric and terrestrial effects in the carbon cycle for forest and grassland ecosystems using a remote sensing and modeling approach por UMAIR, M [et al]. *Agricultural and Forest Meteorology* [en línea], 295, 15 de diciembre del 2020. [Fecha de Consulta: 25 de septiembre de 2021]. Disponibilidad y acceso: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108187>

ISSN: 0168-1923

Evapotranspiration as a response to climate variability and ecosystem changes in southwest, China por MOKHTAR, A [et al]. *Environmental Earth Sciences* [en línea], 79, n°.12. 19 de junio del 2020 [Fecha de Consulta: 25 de setiembre de 2021]. Disponibilidad y acceso: <https://doi.org/10.1007/s12665-020-09007-1>

ISSN: 1866-6299

Expansion of Tree Vegetation in the Forest–Mountain Steppe Ecotone on the Southern Urals in Relation to Changes in Climate and Habitat Moisture por GAISIN, I [et al]. *Russian Journal of Ecology* [en línea]. 51, n° 4, 31 de enero del 2020. [Fecha de consulta: 26 de septiembre del 2021]. Disponibilidad y acceso: <https://doi.org/10.1134/S1067413620040074>

ISSN: 1608-3334

FAO y PNUMA. The State of the World's Forests (SOFO) [en línea]. Italia, Roma. FAO, 2020. [Fecha de consulta: 12 de abril de 2021]. Disponible en <https://www.unep.org/resources/state-worlds-forests-forests-biodiversity-and-people>

ISBN: 9789251324196

FAO. Los bosques y el cambio climático en el Perú. [en línea]. Roma, Italia, 2016. [Fecha de consulta: 13 de abril 2021]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i5184s/i5184s.pdf>
ISBN: 9789253092086

FICK, SE y HIJMANS, RJ. WorldClim 2: nuevas superficies climáticas de resolución espacial de 1 km para áreas terrestres globales. *Revista Internacional de Climatología* [en línea], vol.37, n°12, 2017. [Fecha de consulta: 28 de agosto del 2021]. Disponible en: <https://www.worldclim.org/data/monthlywth.html>

FLORES, Enrique. Cambio climático: Pastizales altoandinos y seguridad alimentaria. *Revista INAIGEM*, [en línea], n° 1, 73-80, 8 de julio 2019. [Fecha de consulta: 13 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.36580/rgem.i1.73-80>
ISSN: 2519-7649

GARREAUD, René y RUTLLANT, José. Variabilidad Atmosférica de alta frecuencia en el borde oriental del Anticiclón del Pacífico Sureste. *Revista de Ciencia y tecnología* [en línea] vol.29, n.1, 2006. [Fecha de consulta: 03 de junio de 2021]. Disponible en: http://dgf.uchile.cl/rene/PUBS/cla_cimar6_final.pdf

Geografía y Medio Ambiente por FERNÁNDEZ, Antonio [et al]. Universidad Nacional de Educación a distancia, UNED [en línea], Madrid 2020. [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=d8QXEAAAQBAJ>
ISBN: 9788436276503

GILABERT, M.A, CONESE, C. y MASELLI, F. An atmospheric correction method for the automatic retrieval of surface reflectances from TM images. *International Journal of Remote Sensing* [en línea]. Vol.15 n°10, 10 Julio de 1994. [Fecha de consulta: 17 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/01431169408954228>

ISSN: 0143-1161

Guía de Evaluación de la Flora Silvestre [en línea]. Lima, Perú. Ministerio del Ambiente, 2011. [Fecha de Consulta: 17 de junio de 2021]. Disponible en: https://www.minam.gob.pe/direccion/wpcontent/uploads/sites/6/2013/09/guia_a_evaluacion_flora.pdf

Guía de inventario de la flora y vegetación [en línea], Lima, Perú, Ministerio del Ambiental. 2015. [Fecha de consulta: 18 de mayo del 2021]. Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/12082/07_guia-a-de-flora-y-vegetacion.pdf

GUPTA, Ravi. *Remote Sensing Geology* [en línea]. 3° ed. Alemania: Springer, 2017, Julio de 2017. [Fecha de consulta: 22 de abril de 2021]. Disponibilidad y acceso: <https://books.google.com.pe/books?id=IERADwAAQBAJ>

ISBN: 978662558768

HAO-JIE y XIN-PING. Effects of altered precipitation regimes on plant productivity in the arid region of northern China. *Ecological Informatics* [en línea]. 31, 137-146, enero 2016. [Fecha de consulta 24 de abril 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2015.12.003>

ISSN: 1574-9541

HERNÁNDEZ-SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y BAPTISTA LUCIO, María. *Metodología de la Investigación* [en línea]. 6° ed. México: McGRAW-HILL, abril del 2014, [fecha de consulta: 22 de mayo de 2021]. Disponibilidad y acceso: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

ISBN:978-1-4562-2396-0

HYYPPA J, HYYPPÄ H, INKINEN M, ENGDAHL M, LINKO S, ZHU YH. Accuracy comparison of various remote sensing data sources in the retrieval of forest stand attributes. *Forest Ecology and Management* [en línea]. n° 128, 1–2, 15 marzo 2000.

[Fecha de consulta 24 de abril 2021]. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00278-9](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00278-9)

ISSN: 0378-1127

Impacts of climate change and human activities on vegetation cover in hilly southern China por WANG, Jing, et al. *Ecological Engineering* [en línea], n° 81, 451-461, agosto 2015. [Fecha de consulta: 15 de abril 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.04.022>

ISSN: 0925-8574

Increasing summer net CO₂ uptake in high northern ecosystems inferred from atmospheric inversions and comparisons to remote-sensing NDVI por WELP, Lisa [et al]. *Atmospheric Chemistry and Physics* [en línea], 16,14, 25 de julio de 2016. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2021]. Disponible en: <https://acp.copernicus.org/articles/16/9047/2016/>

ISSN: 1680-7375

Interactions between local and global drivers determine long-term trends in boreal forest understorey vegetation por PER-OLA, Hedwall [et al]. *Global Ecology and Biogeography* [en línea], 30, (9) , 04 de julio de 2021. [Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/geb.13324>

ISSN:1466-8238

IPCC. An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems [en línea] por ALMUT, Arneth [et al]. Suiza, Ginebra, IPPC, 2019, [Fecha de consulta: 15 de abril 2020]. Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/06/SRCCL_SPM_es.pdf

ISBN: 9789291693542

IPCC. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change,

sustainable development, and efforts to eradicate poverty [en línea], por MOUFOUMA-OKIA [et al]. Suiza, Ginebra, IPCC, 2019. [Fecha de consulta: 15 de abril 2020]. Disponible en: <https://www.ipcc.ch/sr15/>
ISBN: 9789291693511

KUMAR, Lalit y MUTANGA, Onesimo. Remote Sensing of Above-Ground Biomass. *Remote Sensing* [en línea], 9 (9), 10 de septiembre de 2017. [Fecha de consulta: 23 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/rs9090935>
ISSN: 2072-4292

LOH, Pei Sun, MOHAMMED, Hussien and HE, Shuangyan. Impact of Climate Change on Vegetation Cover at South Port Sudan Area. *Climate* [en línea]. 10 octubre 2020. n° 8, 10, p. 114. [Fecha de consulta: 15 abril 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/cli8100114>
ISSN: 2225-1154

LOPEZ DE ULIBARRI y PITA FERNANDEZ. Medidas de concordancia: el índice de Kappa. *Complejo Hospitalario-Universitario Juan Canalejo* [en línea]. A Coruña (España) *Cad Aten Primaria* 1999; 6: 169-171. [Fecha de consulta: 17 de junio de 21]. Disponible en: <https://www.fisterra.com/mbe/investiga/kappa/kappa2.pdf>

LÓPEZ, Pedro. Población muestra y muestreo. *Punto cero* [en línea], n° 9, 8, 2004. [Fecha de consulta: 30 de abril de 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S181502762004000100012
ISSN: 1815-0276

LUNA Ayala, Kenia y NAQUICHE Yesquen, Dagnert. Impacto de la variabilidad climática en los componentes ecológicos de los Pantanos de Villa mediante el Sistema de Información Geográfica, 2000-2020. Tesis (Título en Ingeniería Ambiental). Lima, Perú. Universidad César Vallejo. 2020. 125 pp.

LUZÓN Cerna, Jessica. Correlación de variables climáticas (temperatura y precipitación) con el índice de cobertura vegetal con el método NDVI en la zona noroccidental de la provincia de Cotopaxi en el piso bioclimático, bosque siempre verde montano bajo de la cordillera Occidental de los Andes (BsBn04) entre 1400 Y 2000 m.s.n.m. Tesis (Ingeniera en Medio Ambiente). Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi, febrero 2020, 1-41 pp.

Mapa de la cobertura y pérdida de bosque húmedo amazónico al 2019 [en línea], Perú, Lima, Ministerio del Ambiente. Diciembre 2020. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2021]. Disponible en: <http://www.bosques.gob.pe/archivo/Infografias-datos-al-2019.pdf>

MARSHALL Gareth y THOMPSON David, The signatures of large-scale patterns of atmospheric variability in Antarctic surface temperatures. *Journal of Geophysical Research: Atmosferas* [en línea], n°121, 7, 27 de marzo de 2016. [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/2015JD024665>

ISSN: 2169-8996

MARTÍNEZ, Catalina y GALÁN, Arturo. Técnicas e Instrumentos de Recogida y análisis de datos [en línea], Madrid, 2014, 505 pp. Disponibilidad y acceso: <https://books.google.com.pe/books?id=iiTHAwAAQBAJ>

ISBN: 9788436268225

MISRA, G., CAWKWELL, F. y WINGLER, A. (2020). Status of Phenological Research Using Sentinel-2 Data: A Review. *Remote Sensing* [en línea]. n° 12, 17. [Fecha de consulta: 23 de abril 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/rs1217276048>

ISSN: 2072-4292

Monitoring forest biodiversity and the impact of climate on forest environment using high-resolution satellite images por BOCHENEK, Zbigniew, et al. *European Journal*

of *Remote Sensing* [en línea], n° 51, 1, 26 de diciembre 2017. [Fecha de consulta: 16 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/22797254.2017.1414573>

ISSN: 2279-7254

MORALES Mira, Gladis. Tendencias de la investigación en ingeniería ambiental [en línea] Medellín, Colombia, Universidad de Medellín, agosto 2008. [Fecha de consulta: 10 de mayo 2021]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=5JbGDwAAQBAJ>

ISBN: 9789588348339

NEGA, Worku; HAILU, Binyam and FETENE, Aramde. An assessment of the vegetation cover change impact on rainfall and land surface temperature using remote sensing in a subtropical climate, Ethiopia. *Remote Sensing Applications: Society and Environment* [en línea]. n° 16, noviembre 2019. [Fecha de consulta: 16 abril 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2019.100266> ISSN: 2352-9385

New perspective on spring vegetation phenology and global climate change based on Tibetan Plateau tree-ring data por YANG, Bao [et al]. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America* [en línea], 114 (27), 03 de julio de 2017. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1073/pnas.1616608114>

ISSN: 0027-8424

OBLITAS Vásquez, Cinthia. Determinación de cambio de cobertura 2001 – 2013 del bosque tropical estacionalmente seco de la cuenca Amojú- Jaén, utilizando imágenes satelitales. Tesis (Título de Bachiller). Jaen, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 2017. 86 pp

ORTIZ, Monica. Análisis de los efectos de la erupción del volcán Tungurahua a través del Procesamiento e interpretación de imágenes Satelitales, para tomar

medidas de Protección Civil (tesis para titulación). Riobamba, Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2019.

ORUSA, Tommaso y BORGOGNO, Enrico. Exploring Short-Term Climate Change Effects on Rangelands and Broad-Leaved Forests by Free Satellite Data in Aosta Valley (Northwest Italy). *Climate* [en línea], n° 9, 3, 15 de marzo 2021. [Fecha de consulta: 28 de abril 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/cli9030047>
ISSN: 2225-1154

Perú cuenta con más de 2 millones 300 mil hectáreas de bosques secos al 2018, según mapeo oficial. [en línea], Lima, Perú. MINAM. 10 de mayo 2021. [Fecha de consulta: 12 de mayo 2021]. Disponible en: <http://www.bosques.gob.pe/notasdeprensa/Per%C3%BA-cuenta-conm%C3%A1s-de-2-millones-300-mil-hect%C3%A1reas-de-bosques-secos-al-2018seg%C3%BAn-mapeo-oficial>

PICQUART, Michael y CARRASCO, Izayana. De la temperatura y su medición. *Latin-American Journal of Physics Education* [en línea], n° 11, 1, marzo 2017. [Fecha de consulta: 26 de abril 2021]. Disponible en: http://www.lajpe.org/mar17/1310_Picquart_2017.pdf
ISSN: 1870-9095

Potential impacts of climate change on vegetation dynamics in Central Asia por LI, Zhi [et al]. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* [en línea]. n° 120, 12, 23 noviembre 2015 [Fecha de consulta: 15 de abril 2021]. Disponible en: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2015JD023618>
ISSN: 2169-8996

Quantitative contribution of climate change and human activities to vegetation cover variations based on GA-SVM model por HUANG, Shengzhi, et al. *Journal of Hydrology* [en línea], n° 584, 124687, mayo 2020. [Fecha de consulta: 15 de abril 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124687>

ISSN: 0022-1694 51

QUIPUSCOA SILVESTRE, Víctor et al. Impacto de los cambios climáticos y uso de suelo, en la distribución de las especies de géneros endémicos de Asteraceae de Arequipa. *Arnaldoa* [en línea]. 2019, vol.26, n.1 [Fecha de Consulta: 03 de junio de 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.261.26105>.

ISSN: 1815-8242

QUISPE Mamani, Ilde. Cambio de cobertura vegetal en la cuenca del Rio Zapatilla llave –Juli. Tesis (Título de Ingeniero Agrónomo). Puno, Perú. Universidad Nacional del Altiplano. 2019. 103 pp.

QUISPE, Bimael y RÉVOLO, Ronald. Temperatura Superficial y estado de la vegetación del bosque de *Polylepis* spp, distrito de San Marcos de Rocchac, Huancavelica – Perú. *Enfoque UTE* [En línea]. Vol.11, n.3, 2020 [fecha de consulta: 03 de junio de 2021]. Disponible en: https://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/public/journals/1/html_v11n3/art00_7.html

ISSN:1390-6542

Rainfall, not soil temperature, will limit the seed germination of dry forest species with Climate change por DANTAS, Bárbara [et al]. *Oecologia* [en línea]. 192, n° 2, 21 de diciembre de 2019. [Fecha de Consulta: 26 de septiembre de 2021]. Disponibilidad y acceso: <https://doi.org/10.1007/s00442-019-04575-x>

ISSN: 1432-1939

Response of vegetation cover to CO₂ and climate changes between Last Glacial Maximum and pre-industrial period in a dynamic global vegetation model por CHEN, Weizhe, et al. *Quaternary Science Reviews* [en línea], n° 218, 293-305, 15 agosto 2019. [Fecha de consulta: 17 de abril 2021].Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2019.06.003>

ISSN: 0277-3791

RIIHIMAKI, Henry, LUOTO, Miska, HEISKANEN, Janne. Estimating fractional cover of tundra vegetation at multiple scales using unmanned aerial systems and optical satellite data. *Remote sensing of Environment* [en línea]. n° 224, 119-132, abril 2019. [Fecha de consulta: 15 de abril 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.01.030>

ISSN: 0034-4257

SÁNCHEZ, F. Javier. Hidrología Superficial y Subterránea [en línea]. España, Universidad Salamanca, 10 de septiembre de 2017. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2021]. Precipitaciones. Disponible en: <https://hidrologia.usal.es/temas/Precipitaciones.pdf>

ISBN: 9781975606602

SCHEAFFER, Richard; MENDENHALL, William y LYMAN, R. Elementos de Muestreo [en línea], 6° ed. Madrid, España: Paraninfo, 2006. [Fecha de consulta: 09 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=o50wIT7hceoC>

ISBN: 9788497324939

Servicio Geológico de EE. UU. (USGS). Landsat 7 [Sitio Web]. 2021.[Fecha de consulta: 24 de abril 2021]. Disponible en: <https://www.usgs.gov/>

SIYUM, Zenebe. Tropical dry forest dynamics in the context of climate change: syntheses of drivers, gaps, and management perspectives. *Ecological Processes* [en línea]. 9, n°1, 30 de mayo de 2020. [Fecha de Consulta: 26 de septiembre de 2021]. Disponibilidad y acceso: <https://doi.org/10.1186/s13717-020-00229-6>

ISSN: 2192-1709

SOBRINO, José, JIMÉNEZ-MUÑOZ, Juan y PAOLINI, Leonardo. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment* [en línea] Vol. 90, n° 4, 30 de abril del 2004. [Fecha de consulta: 22 de mayo del 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.02.003>

ISSN: 0034-4257

SORIA, María Valentina y MATAR DE SAQUIS, María Angélica. Laboratorio de Procesamiento de Imágenes y SIG. Universidad Nacional de San Juan [en línea], 2016. [Fecha de consulta: 22 de abril del 2021]. Disponible en: <http://www.unsj.edu.ar/unsjVirtual/cartografiaaplicadaminas/wpcontent/uploads/2016/10/Apuntes-de-c%C3%A1tedra-para-Cartograf%C3%ADa-Aplicada.pdf>

Spatial and Temporal Assessment of Vegetation Cover in Al-Suwaiq Using Satellite Images Analysis por AL-AUFI Kathiya [et al]. Journal of Agricultural and Marine Sciences [en línea], 21, 1, 17 de noviembre de 2020. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2021]. Disponible en: 10.24200/jams.vol26iss1pp1- 12

Spatial temporal and climatic analysis of the high Andean wetland of Chalhuanca (Peru) during the period 1986-2016 por PAUCA-TANCO, A. Spanish Association of Remote Sensing [en línea], n°55, 2020. [Fecha de consulta: 21 de abril 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.4995/raet.2020.13325>

ISSN: 1988-8740

STADTMÜLLER, Thomas. Impacto hidrológico del manejo forestal de bosques naturales tropicales, medidas para mitigarlo: una revisión bibliográfica [en línea]. Turrialba, Costa Rica, 1994. [fecha de consulta: 25 de julio del 2021]. Disponibilidad y acceso: <https://books.google.com.co/books?id=ICAOAQAIAAJ> ISBN: 9977-57-196-1

Temperatura superficial [en línea], México, CONACYT, 2019. [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://centroconacyt.mx/objeto/temperatura-superficial/>

The Landsat 7 mission: Terrestrial research and applications for the 21st century, por GOWARD, Samuel [et al]. Remote Sensing of Environment [en línea]. Vol. 78,

n° 1–2, octubre del 2001. [Fecha de consulta: 15 de abril del 2021]. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00262-0](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00262-0)

ISSN: 0034-4257

Uso de índices espectrales derivados de sensores remotos para la caracterización geomorfológica en zonas insulares del Caribe colombiano por ARIZA, A, [et al]. *Perspectiva Geográfica* [en línea], n° 23, 1, 2018. [Fecha de consulta: 22 de abril 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.19053/01233769.5863>

ISSN: 0123-3769

Variation in actual evapotranspiration following changes in climate and vegetation cover during an ecological restoration period (2000–2015) in the Loess Plateau, China por MA, Zonghan [et al]. *Science of The Total Environment* [en línea], 689, 2019. [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.155>

ISSN: 0048-9697

Variation in the urban vegetation, surface temperature, air temperature nexus por SHIFLETT, Sheri [et al]. *Science of the Total Environment* [en línea], Vol. 579, 1 de febrero de 2017. [Fecha de consulta: 03 de junio de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.069>

ISSN: 0048-9697

Vegetation–climate feedbacks modulate rainfall patterns in Africa under future climate change por WU, Michango, et al. *Earth System Dynamics* [en línea], n° 7, 3, 627-647, 26 de julio 2016. [Fecha de consulta: 25 de abril]. Disponible en: <https://doi.org/10.5194/esd-7-627-2016>

ISSN: 2190-4987

What is remote sensing and what is it used for? USGS: Science for a changing world. Disponible en: https://www.usgs.gov/faqs/what-remote-sensing-and-what-it-used?qt-news_science_products=7#qt-news_science_products

When is a forest a forest? Forest concepts and definitions in the era of forest and landscape restoration por CHAZDON, Robin [et al]. Springer Link [en línea], 45, 9 de marzo de 2016. [Fecha de consulta: 28 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0772-y>

ISSN 1654-7209

ZHIMINAICELA, Jonathan, QUEVEDO, José, MOROCHO, Anthony. Deforestación y cambios en la cobertura vegetal del archipiélago de Jambelí, mediante el uso de imágenes satelitales Landsat-8. *Manglar* [en línea], n°17, 2, 2020. [Fecha de consulta: 26 de abril de 2021]. Disponible: <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2020.023>

ISSN: 2414-1046

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Unidad
Variable Dependiente	Cobertura vegetal	La cobertura vegetal puede variar y ser influenciada según su naturaleza (altura, estructura, densidad, disposición por estratos, composición por especies, color, propiedades fisiológicas) por los elementos microclimáticos dentro de la vegetación misma y en la superficie del suelo, así como por los procesos meteorológicos mayores. (Stadtmüller, T., 1994)	índice de vegetación (NDVI)	Sin vegetación	-1 a 0.1
				Vegetación Dispersa	0.1 a 0.25
				Vegetación semidensa	0.25 a 0.5
				Vegetación densa	0.5 a 1
			tipos de cobertura vegetal	Bosque subhúmedo de montaña	ha
				Bosque seco de montaña	ha
				Matorral arbustivo semiárido	ha
			Superficie de la cobertura vegetal	Nivel térmico en la cobertura vegetal	°C
Evapotranspiración	mm/año				
Variable Independiente	Variabilidad atmosférica	Hace referencia al aumento de gases de los componentes atmosféricos y a la alteración de los factores atmosféricos, los cuales tienen un fuerte impacto en la meteorología (Garreaud y Rutllant, 2006).	Factores atmosféricos	Precipitación	mm/mes
				Temperatura	°C
			Componentes atmosféricos	Dióxido de Carbono (CO ₂)	kt/año
				vapor de agua (HR)	%

Anexo 2. Validación de Instrumentos

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. BENITES ALFARO ELMER GONZALES**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la UCV**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Docente investigador**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de observación de cobertura vegetal**
 1.5. Autores del Instrumento: **De la Cruz Ancajima, Fátima del Rosario y Gamarra Bustamante Ronald Jesús**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

II. OPINIÓN DE APLICABILIDA

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

X
.....

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

98%

Chiclaño, 25 de Mayo 2021

Dr. Elmer Benites Alfaro
 CIP 71998

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. BENITES ALFARO ELMER GONZALES**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la UCV**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Docente investigador**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de observación de Variabilidad atmosférica**
 1.5. Autores del Instrumento: **De la Cruz Ancajima, Fátima del Rosario y Gamarra Bustamante Ronald Jesús**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDA

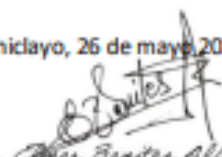
- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

X
.....

V. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Chiclayo, 26 de mayo 2021


 Dr. Elmer Benites Alfaro
 CIP 71998

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Mgtr. HERRERA DÍAZ MARCO ANTONIO**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la UCV**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Especialista en Tecnologías de Información geográfica y Teledetección**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de observación de cobertura vegetal**
 1.5. Autores del Instrumento: **De la Cruz Ancajima Fátima del Rosario y Gamarra Bustamante Ronald Jesús**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

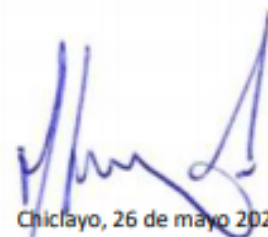
II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X
.....

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95


 Chiclayo, 26 de mayo 2021

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Mgtr. HERRERA DÍAZ MARCO ANTONIO**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la UCV**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Especialista en Tecnologías de Información geográfica**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de observación de variabilidad atmosférica**
 1.5. Autores del Instrumento: **De la Cruz Ancajima Fátima del Rosario y Gamarra Bustamante Ronald Jesús**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDA

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

X
.....

V. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

96



Chiclayo, 26 de mayo 2021

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. ORDOÑEZ GALVEZ JUAN JULIO**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la UCV**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Especialista en manejo forestal y recursos hídricos.**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de observación de cobertura vegetal**
 1.5. Autores del Instrumento: **De la Cruz Ancajima, Fátima del Rosario y Gamarra Bustamante Ronald Jesús**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

II. OPINIÓN DE APLICABILIDA

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

SI
.....

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Chiclayo, 01 de junio 2021

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. ORDOÑEZ GALVEZ JUAN JULIO**

1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la UCV**

1.3. Especialidad o línea de investigación: **Especialista en manejo forestal y recursos hídricos.**

1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de observación de Variabilidad atmosférica**

1.5. Autores del Instrumento: **De la Cruz Ancajima, Fátima del Rosario y Gamarra Bustamante Ronald Jesús**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI
.....

V. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%


 Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

Chiclayo, 01 de junio 2021

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Mgtr. LUIS HOLGUIN ARANDA**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la UCV**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Especialista en Cambio Climático y Desarrollo Sostenible.**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de observación de cobertura vegetal**
 1.5. Autores del Instrumento: **De la Cruz Ancajima, Fátima del Rosario y Gamarra Bustamante Ronald Jesús**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

II. OPINIÓN DE APLICABILIDA

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

X
.....

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%



**LUIS FERMÍN
HOLGUIN ARANDA
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CIP. N° 1111711**

Chiclayo, 24 de junio 2021

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Mgtr. LUIS HOLGUIN ARANDA**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la UCV**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Especialista en Cambio Climático y Desarrollo Sostenible.**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de observación de Variabilidad atmosférica**
 1.5. Autores del Instrumento: **De la Cruz Ancajima, Fátima del Rosario y Gamarra Bustamante Ronald Jesús**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X
.....

V. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%



**LUIS FERMÍN
HOLGUÍN ARANDA
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CIP. N° 111211**

Chiclayo, 24 de junio 2021

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **MSc. FIORELLA VANESSA GÜERE SALAZAR**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la UCV**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Especialista en Gestión Ambiental**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de observación de cobertura vegetal**
 1.5. Autores del Instrumento: **De la Cruz Ancajima, Fátima del Rosario y Gamarra Bustamante Ronald Jesús**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

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

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD
SI

.....

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%



Chiclayo, 24 de junio 2021

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **MSc. FIORELLA VANESSA GÜERE SALAZAR**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente de la UCV**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Especialista en Gestión Ambiental**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Ficha de observación de Variabilidad atmosférica**
 1.5. Autores del Instrumento: **De la Cruz Ancajima, Fátima del Rosario y Gamarra Bustamante Ronald Jesús**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI
.....

V. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%



Chiclayo, 24 de junio 2021

Anexo 3. Instrumento de observación de Cobertura Vegetal aprobado.

FICHA 01: Ficha de observación de cobertura vegetal

INFORMACIÓN DE LOS OBSERVADORES								
APELLIDOS /NOMBRES		De la Cruz Ancajima, Fátima del Rosario Gamarrá Bustamante, Ronald Jesús						
ESCUELA PROFESIONAL		Ingeniería Ambiental.						
CICLO		IX						
CORREO ELECTRÓNICO		dcruzan5@uovirtual.edu.pe rgamarrabu1398@uovirtual.edu.pe						
DATOS DE LA INVESTIGACIÓN								
OBJETIVO		Determinar el efecto de la variabilidad atmosférica en la cobertura vegetal del Refugio de Vida Silvestre Laquipampa (RVSL) entre 1990-2020.						
ÁMBITO		Refugio de Vida Silvestre Laquipampa						
UBICACIÓN		Incahuasi/Ferreñafe/Lambayeque						
IMÁGENES SATELITALES		Landsat 5, 7, 8						
RESOLUCIÓN		30 m						
COBERTURA VEGETAL								
Indicador	Unidad	Periodo de estudio						
		1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Bosque Subhúmedo de montaña	Ha							
	%							
Bosque seco de montaña	Ha							
	%							
Matorral arbustivo semiárido	Ha							
	%							
NDVI	Intervalo							
Nivel térmico en la cobertura vegetal	°C							
Evapotranspiración	mm/año							


Dr. Oscar Fernando Alfaro
CIP 71998




Dir. Observatorio


LUIS FIGUEROA
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CIP. Nº 11211



Anexo 4. Instrumento de observación de variabilidad atmosférica aprobado.

FICHA 02: Ficha de Variabilidad atmosférica entre 1990 - 2020

DATOS GENERALES				
INVESTIGACIÓN	Efecto de la variabilidad atmosférica en la cobertura vegetal del Refugio de Vida Silvestre Laquipampa entre 1990 -2020			
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Calidad y gestión de los recursos naturales			
ESCUELA PROFESIONAL	Ingeniería Ambiental			
OBSERVADORES	De la Cruz Ancajima, Fátima Del Rosario Gamarra Bustamante, Ronald Jesús			
ASESOR	Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez			
NOMBRE DE LA FICHA	Variabilidad atmosférica entre 1990 -2020			
AÑO	Precipitación (mm/año)	Temperatura (°C/año)	Vapor de agua (%)	CO2 (Kt/año)
1990				
1995				
2000				
2005				
2010				
2015				
2020				


CIP 71998



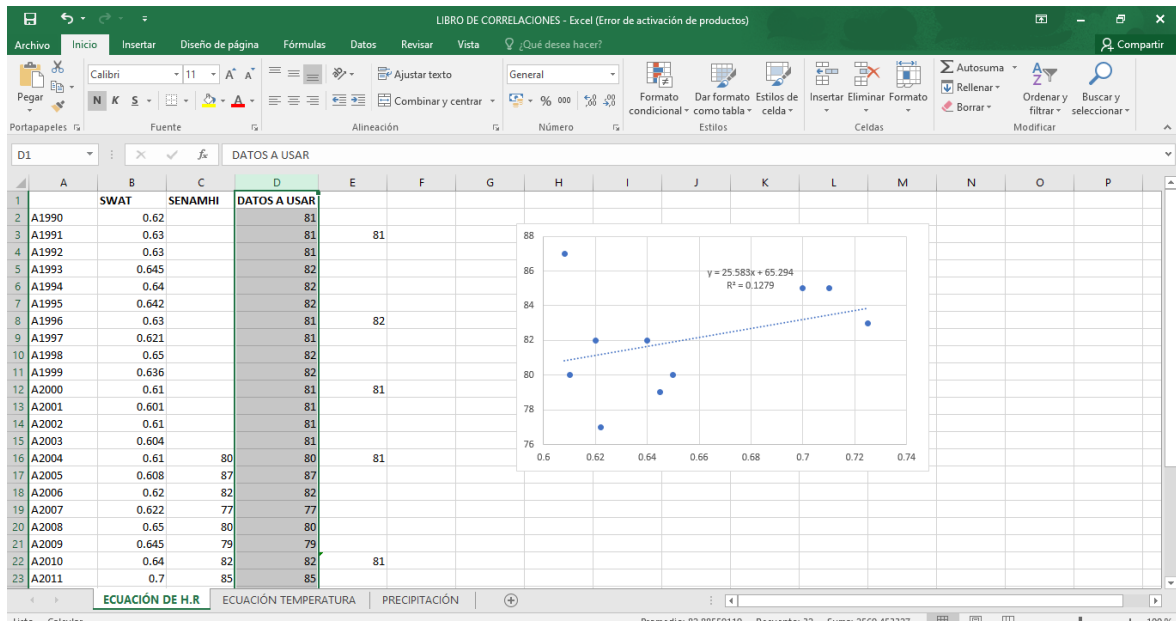
Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Gálvez
DNI: 08447308


LUIS FERRER
HOLGUIN ARANDA
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CIP. N° 111711



Anexo 5. Adaptación de Datos



Anexo 6. Plataforma de descarga de Imágenes Satelitales

The screenshot shows the USGS EarthExplorer interface. The search results are for Landsat 4-5 TM C2 L2 imagery. The search criteria are:

- Search Criteria: Landsat 4-5 TM C2 L2
- Path: 010
- Row: 054

The map shows the search area in the Andes region, with a red box indicating the search area. The search results list includes the following data sets:

- ID: LT05_L3SP_010004_20111107_20200820_02_T1
Date Acquired: 2011/11/07
Path: 010
Row: 054
- ID: LT05_L3SP_010004_20080709_20200820_02_T1
Date Acquired: 2008/07/09
Path: 010
Row: 054
- ID: LT05_L3SP_010004_20080509_20200820_02_T1
Date Acquired: 2008/05/09
Path: 010
Row: 054
- ID: LT05_L3SP_010004_20080404_20200820_02_T1
Date Acquired: 2008/04/04
Path: 010
Row: 054

Anexo 7. Tablas de Contingencia

Resumen del procesamiento de los casos

	Casos				
	Válidos		Perdidos		Total
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N
CAMPO_CLS * GABINETE_CLS	52	100,0%	0	0,0%	52

Resumen del procesamiento de los casos

	Casos
	Total
	Porcentaje
CAMPO_CLS * GABINETE_CLS	100,0%

Tabla de contingencia CAMPO_CLS * GABINETE_CLS

			GABINETE_CLS	
			Bosque seco de montaña	Matorral arbustivo semiárido
CAMPO_CLS	Bosque seco de montaña	Recuento	13	0
		% del total	25,0%	0,0%
	Matorral arbustivo semiárido	Recuento	0	36
		% del total	0,0%	69,2%
	Sin vegetación	Recuento	0	3
		% del total	0,0%	5,8%
Total		Recuento	13	39
		% del total	25,0%	75,0%

Tabla de contingencia CAMPO_CLS * GABINETE_CLS

			Total
CAMPO_CLS	Bosque seco de montaña	Recuento	13
		% del total	25,0%
	Matorral arbustivo semiárido	Recuento	36
		% del total	69,2%
	Sin vegetación	Recuento	3
		% del total	5,8%
Total		Recuento	52
		% del total	100,0%

Medidas simétricas

		Valor	Error típ. asint. ^a	T aproximada ^b	Sig. aproximada
Medida de acuerdo	Kappa	,862	,074	6,949	,000
N de casos válidos		52			

a. Asumiendo la hipótesis alternativa.

b. Empleando el error típico asintótico basado en la hipótesis nula.

Anexo 8. Emisión de datos por parte de SENAMHI

----- Forwarded message -----

De: Luis Felipe Gamarra Chávarry (UACGD) <lgamarra@senamhi.gob.pe>

Date: mié, 22 de sep. de 2021 a la(s) 13:34

Subject: TESISISTA RONALD JESUS GAMARRA BUSTAMANTE

To: Manuel Jesus Valverde Bocanegra (UACGD) <mvalverde@senamhi.gob.pe>, Milagros Del Pilar Martinez Tabraj (UACGD) <mmartinez@senamhi.gob.pe>, gamarraronald156@gmail.com <gamarraronald156@gmail.com>

TESISTA RONALD JESUS GAMARRA BUSTAMANTE:

Reciba el cordial saludo del SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGIA DEL PERU - SENAMHI, a fin de remitirle los datos disponibles de la estación PUCHACA comprendida en el expediente N° 5588, escala MENSUAL, periodo (1999 - 2020); cabe indicar que **bajo la modalidad de servicio gratuito es por única vez**. A la espera de su confirmación en cuanto a la recepción del presente y hacerle recordar que una vez concluida y aprobada su TESIS hacer llegar un ejemplar para nuestra biblioteca especializada, saludos.

Nota: solo se dispone el periodo 1999 -2020

Expediente: 5588



Luis Felipe Gamarra Chavarry
DIRECTOR DE PLANEAMIENTO, COORDINACION Y
CONTROL
GERENCIA GENERAL
SENAMHI - PERÚ

D: Jr. Cahuide 785, Jesús María
- Lima
T:01 6141414 Anexo -
C: -
E: lgamarra@senamhi.gob.pe
W: www.senamhi.gob.pe

SENAMHI es una institución responsable con el medio ambiente. Le pedimos no imprimir este correo a menos que sea absolutamente necesario. Reduzca - Reuse - Recicle

Anexo 9. Resolución Jefatural de aprobación para realizar investigación en el Refugio de Vida Silvestre Laquipampa



RESOLUCION JEFATURAL DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE LAQUIPAMPA N° 001-2021-SERNANP-JEF

Chiclayo, 02 de agosto del 2021

VISTO:

El Informe N°037-2021-SERNANP-DGANP-RVSL-E/EFCA de fecha 02 de agosto de 2021, que evalúa la solicitud presentado por el señor Señor Ronald Jesús Gamarra Bustamante, identificado con D.N.I N° 74453313 y la Srta. Fátima De la Cruz Ancajima, identificada con DNI N° 75917627, para realizar la investigación científica que incluye el ingreso a la zona silvestre ámbitos de acceso restringido y Uso de equipo o infraestructura de ANP de administración nacional en el marco del proyecto denominado: *"Efecto de la variabilidad atmosférica en la cobertura vegetal del Refugio de Vida Silvestre Laquipampa entre 1990-2020"*, en el ámbito del Refugio de Vida Silvestre Laquipampa, por el periodo de 05 meses.

CONSIDERANDO:

Que, según lo previsto en los incisos g) e i) del artículo 2° de la Ley N° 26834, Ley de Áreas Naturales Protegidas, unos de sus principales objetivos de protección es servir de sustento y proporcionar medios y oportunidades para el desarrollo de la investigación científica;

Que, en concordancia con ello, en el artículo 29° de la precitada Ley, se establece que el Estado reconoce la importancia de las Áreas Naturales Protegidas para el desarrollo de la investigación científica básica y aplicada, siempre que no afecte los objetivos de conservación, se respete la zonificación y las condiciones establecidas en el Plan Maestro;

Que, la actualización del Plan Director de las Áreas Naturales Protegidas, aprobada por Decreto Supremo N° 016-2009-MINAM, refiere que la investigación científica constituye una herramienta básica para la generación de información que permita mejorar el conocimiento sobre la diversidad biológica, así como para el manejo de recursos naturales y la gestión de riesgos y amenazas;

Anexo 10. Verificación en Campo



Matorral arbustivo semiárido/ Vegetación Semidensa



Bosque Seco de Montaña / Vegetación Dispersa



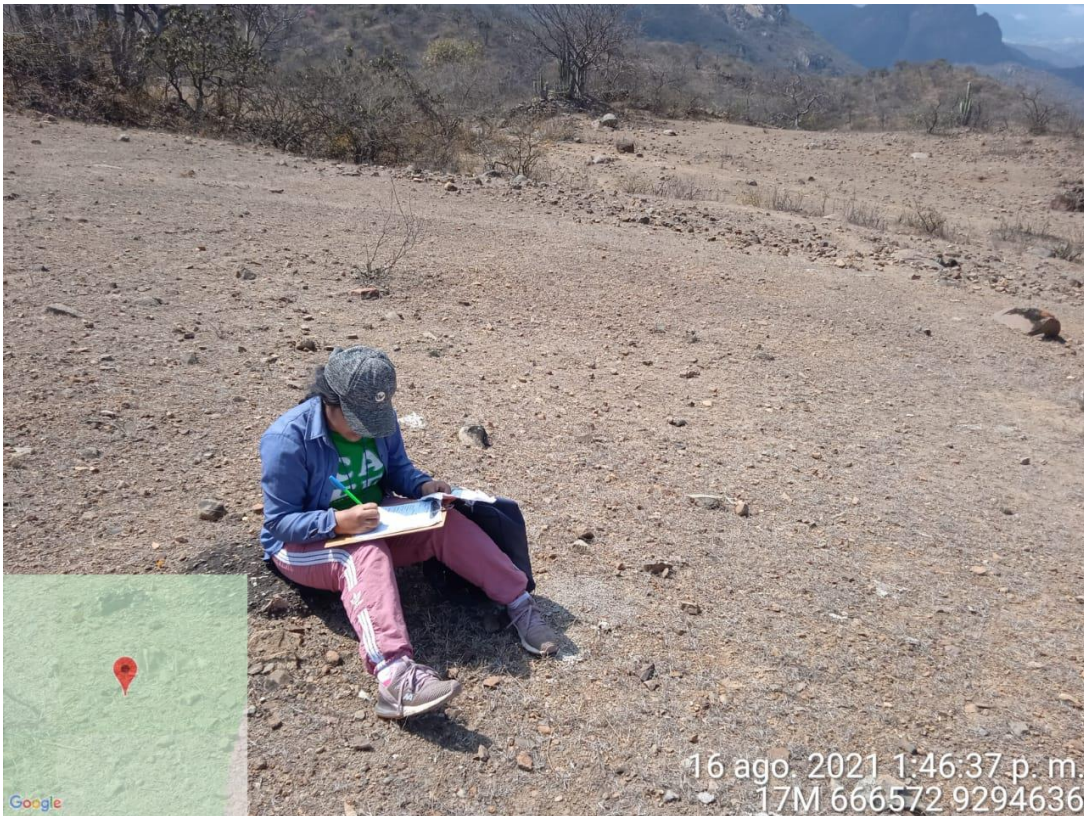
Bosque subhúmedo de montaña / Vegetación Densa



Matorral arbustivo semiárido / Vegetación Semidensa



Matorral arbustivo semiárido/ Vegetación Densa



Bosque seco de montaña/ Sin Vegetación



Bosque subhúmedo de montaña/ Vegetación Densa