

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Comportamiento del nivel de espejo de agua de la
laguna Lasuntay durante el fenómeno de La Niña
(2020-2021) en el Área de Conservación Regional
Huaytapallana**

Yuliana Yacira Eraso Tiza

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Dra. Elizabeth Guisella Machuca Manrique
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 30 de Noviembre de 2024

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

Título:

COMPORTAMIENTO DEL NIVEL DE ESPEJO DE AGUA DE LA LAGUNA LASUNTAY DURANTE EL FENÓMENO DE LA NIÑA 2020-2021 EN EL ÁREA DE CONSERVACIÓN REGIONAL HUAYTAPALLANA

Autora:

Yuliana Yacira Eraso Tiza – EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 18 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

Filtro de exclusión de bibliografía SI NO

Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"): 25 SI NO

Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

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

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

Atentamente,

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

AGRADECIMIENTOS

En especial a la Universidad, por otorgarme la posibilidad de conocer a nuevos profesionales captando así sus nuevas enseñanzas, en memoria al ingeniero Jacinto Arroyo por dar el primer paso a esta investigación.

DEDICATORIA

A mis padres Elias Eraso Ricse y Maribel Tiza Espinoza quienes me brindaron sus consejos y el apoyo incondicional en todo momento, por otro lado a mis hermanos Samir y Anais quienes siguen mis pasos de superación.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA.....	II
ÍNDICE.....	III
ÍNDICE DE TABLA.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
RESUMEN	IX
INTRODUCCIÓN	X
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	13
1.1. Planteamiento del problema	13
1.2. Formulación del problema.....	14
1.2.1. Problema general.....	14
1.2.2. Problemas específicos	14
1.3. Objetivos	14
1.3.1. Objetivo general	14
1.3.2. Objetivos específicos.....	15
1.4. Justificación e importación.....	15
1.4.1. Social.....	15
1.4.2. Económico	15
1.4.3. Ambiental.....	15
1.5. Hipótesis y descripción de variables.....	16
1.5.1. Variables y operacionalización	17
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Antecedentes de la investigación.....	18
2.2. Bases teóricas	21
2.2.1. Precipitación.....	21
2.2.2. ENSO	22
2.2.3. Observación y predicción del fenómeno	24
2.2.4. Alteración.....	25
2.2.5. Índice Oceánico El Niño (ONI).....	25
2.3. Laguna.....	26
2.3.2. Aluviones	34
2.3.3. Avalanchas	34
2.3.4. Tipos de imágenes satelitales.....	35
2.3.5. Definición de términos básicos.....	38
CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....	40

3.1. Método, tipo o alcances de la investigación.	40
3.1.1. Método de la investigación.....	40
3.1.2. Diseño de la investigación.....	40
3.1.3. Población y muestra	40
3.1.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	41
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	46
4.1. Determinar el comportamiento del nivel de espejo de agua de la laguna Lasuntay durante el fenómeno de El Niño y de La Niña en el Área de Conservación Regional Huaytapallana. .	46
4.2. Características de la precipitación y T° en el periodo 2015-2021	46
4.3. Características del fenómeno ENSO del año 2015 y del año 2021.	53
4.4. Relación del fenómeno El Niño del año 2015 con el nivel de espejo de agua de la laguna Lasuntay.....	57
4.5. Relación del fenómeno La Niña del año 2020 con el espejo de agua de la laguna Lasuntay	62
4.6. Discusión de resultados	68
CONCLUSIONES	71
RECOMENDACIONES.....	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
ANEXOS	79
Anexo 1: Datos de entrada para el estudio de comportamiento del nivel de espejo de agua de la laguna Lasuntay durante el fenómeno de la niña 2020-2021 en el área de conservación regional Huaytapallana	79
Anexo 2: Script de descarga de las imágenes de Landsat de GEE	83
Anexo 3: Script de descarga de las imágenes de Sentinel 2	87
Anexo 04. Solitud para el acceso a los datos de SENAMHI	89

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Operacionalización de las variables.....	17
Tabla 2. Umbrales para identificar la magnitud de El Niño/La Niña, en la región del Pacífico, elaborado por Arroyo (20).....	26
Tabla 3. Avifauna silvestre del ACR Huaytapallana elaborado por GORE JUNÍN (40).....	30
Tabla 4. Avifauna silvestre del ACR Huaytapallana elaborado por GORE JUNÍN (40).....	31
Tabla 5. Especies de flora silvestre en el ACR Huaytapallana elaborado por GORE JUNÍN (40).	33
Tabla 6. Principales factores que causan las avalanchas elaborado por Zamrodah (45).	35
Tabla 7. Estación Meteorológica Automática del Nevado Huaytapallana.	47
Tabla 8. Temperatura promedio mensual en grados Celsius, de la estación meteorológica de Huaytapallana para los periodos del 2015 al 2021.	50
Tabla 9. Datos de ONI, SOI y TSM34 como datos continentales del fenómeno de El niño, y los datos de Temperatura y Precipitación de la estación de Huaytapallana de manera mensual... ..	79
Tabla 10. Los datos de la superficie de agua (área) para el fenómeno de El niño del 2015 para la laguna Lasuntay	81
Tabla 11. Los datos de la superficie de agua (área) para el fenómeno de La niña del 2020 para la laguna Lasuntay	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. ENSO, elaborado por NOAA. (26).....	23
Figura 2. La Niña impacts (december – February), elaborado por NOAA (26).....	24
Figura 3. Mapa de localización de los flotadores, elaborado por Lavado (19)	25
Figura 4. Variación mensual del ONI 1950-2020, elaborado por la organización NOAA (29)	26
Figura 5. Principales características de las lagunas costeras de Yucatán, elaborado por Salazar (27)	29
Figura 6. Formación de la laguna Atolón, elaborado por Capel (28).....	29
Figura 7. Avifauna silvestre del ACR Huaytapallana elaborado por GORE JUNÍN (40).	31
Figura 8. Imagen pancromática de 0.5 mts, de resolución elaborado por Sánchez (48)	36
Figura 9. Imagen multiespectral de 10 mts. De resolución (Fuerza aérea de Chile, elaborado por Sánchez (48)	37
Figura 10. Hiperespectral de 5 mts de resolución (INFRAECO) elaborado por Sánchez (48).....	38
Figura 11. Estación Meteorológica Automática del Nevado Huaytapallana	41
Figura 12. Correlación de variables macroclimáticas asociadas al ENSO, Precipitación y Temperatura de la estación meteorológica de Huaytapallana del 2015 al 2021.....	43
Figura 13. Test de normalidad en donde a) SOI, b) ONI, c) La Temperatura Superficial del Mar en la región 3.4 (TSM34), d) precipitación (Prec) y e) temperatura (Temp).	44
Figura 14. Comportamiento del nivel de espejo de agua de la laguna Lasuntay durante el fenómeno de El Niño y de La Niña en el Área de Conservación Regional Huaytapallana.....	46
Figura 15. Precipitación mensual de la estación meteorológica de Huaytapallana para los periodos de 2015 al 2021	48
Figura 16. Promedios mensuales de precipitación del 2015 al 2021 de la estación meteorológica de Huaytapallana, y le promedio anual de precipitación	49
Figura 17. Serie de tiempo (enero 2015 -diciembre 2021) de la precipitación de la estación meteorológica de Huaytapallana	49
Figura 18. Anomalías de precipitación anual de la estación meteorológica de Huaytapallana entre los años 2015 y 2021(propio).....	50
Figura 19. Temperatura mensual promedio de la estación meteorológica de Huaytapallana para los periodos de 2015 al 2021 (propio).....	51

Figura 20. Temperatura promedio mensual para el periodo del 2015 al 2021 de la estación meteorológica de Huaytapallana.	52
Figura 21. Serie de tiempo (enero 2015 -diciembre 2021) de la temperatura de la estación meteorológica de Huaytapallana.	52
Figura 22. Anomalías de temperatura de la estación meteorológica de Huaytapallana entre los años 2015 y 2021.	53
Figura 23. Serie de tiempo de ONI entre los periodos de 2015 al 2021 de la región niño 3.4.53	
Figura 24. Serie de tiempo de ONI y SOI entre los años 2015 al 2021.	54
Figura 25. Temperatura superficial del mar en la región del niño 3.4 para los periodos de 2015 al 2021.	55
Figura 26. Tendencia (enero 2015 -diciembre 2021) de la TSM34.	55
Figura 27. Superficie de la laguna Lasuntay durante el fenómeno de El niño del 2015	57
Figura 28. Diagrama de cajas y bigotes, distribución de los datos de la superficie de espejo de agua de la laguna Lasuntay para el 2015.	58
Figura 29. Test de normalidad de los datos de áreas y ENSO durante el fenómeno de El niño del 2015 en donde: a) área del espejo de agua de la laguna Lasuntay (Área), b) Índice Niño Oceánico (ONI), c) Índice de Oscilación del Sur (SOI), d) La Temperatura Superficial del Mar en la región 3.4 (TSM34), e) precipitación (Prec) y f) temperatura (Temp), los datos presentan una distribución normal.	59
Figura 30. Correlación Pearson de las variables macroclimáticas con la superficie de espejo de agua de la laguna Lasuntay para el periodo del fenómeno del niño del 2015.	60
Figura 31. Correlación de Pearson, entre el ONI y la superficie del espejo de agua de la laguna Lasuntay para los meses de el fenómeno del niño de 2015.	61
Figura 32. Correlación de Pearson, entre la temperatura superficial del mar (TSM en la región 3.4) y la superficie del espejo de agua de la laguna Lasuntay para los meses de el fenómeno del Niño de 2015.	62
Figura 33. Superficie de la laguna Lasuntay para los meses del fenómeno de la niña del 2020.	63
Figura 34. Es el diagrama de cajas y bigotes, que presentan la distribución de los datos de la superficie de espejo de agua de la laguna Lasuntay para el 2020.	64
Figura 35. Test de normalidad de los datos de áreas y ENSO durante el fenómeno de La niña del 2020 en donde: a) área del espejo de agua de la laguna Lasuntay (Área), b) Índice Niño	

Oceánico (ONI), c) Índice de Oscilación del Sur (SOI), d) La Temperatura Superficial del Mar en la región 3.4 (TSM34), e) precipitación (Prec) y f) temperatura (Temp) (propio), en donde los datos presentan una distribución normal.....	65
Figura 36. Correlación de las variables macroclimáticas con la superficie de espejo de agua de la laguna Lasuntay para el periodo del fenómeno de la niña del 2020.	66
Figura 37. Correlación de Pearson, entre el ONI y la superficie del espejo de agua de la laguna Lasuntay para los meses de el fenómeno de la niña de 2020.....	67
Figura 38. Correlación de Pearson, entre la temperatura superficial del mar (TSM en la región 3.4) y la superficie del espejo de agua de la laguna Lasuntay para los meses de el fenómeno de la Niña de 2020.	67

RESUMEN

El Niño y La Niña son fases opuestas de la Oscilación del Sur, donde El Niño corresponde a la fase cálida y La Niña a la fase fría. Durante El Niño, el océano transfiere energía a la atmósfera, lo que incrementa las temperaturas. Los cambios climáticos asociados a El Niño impactan la economía y diversas actividades productivas, como la pesca, la agricultura y la ganadería. Además, influyen en el nivel del espejo de agua en ecosistemas lacustres. En este contexto, la investigación analizó el comportamiento del nivel del espejo de agua de la laguna Lasuntay durante El Niño (2015) y La Niña (2020) en el Área de Conservación Regional Huaytapallana. Para ello utilicé las imágenes de Sentinel2, en donde se hizo una clasificación supervisada utilizando el método de Randomforest, para determinar la superficie del espejo de agua para los diferentes meses en estudio. Finalmente, se realizó la correlación de Pearson entre las variables macroclimáticas asociadas al fenómeno ENOS y el nivel del espejo de agua de la laguna Lasuntay, considerando los eventos de El Niño y La Niña del año 2020. Los resultados indicaron que el fenómeno de El Niño no impacta el nivel de agua de la laguna Lasuntay, mientras que La Niña sí genera efectos significativos en el ACR Huaytapallana. Durante La Niña, se observó un incremento en la extensión de la laguna, alcanzando un promedio de 21.34 hectáreas, con variaciones entre 20.91 y 21.88 hectáreas. Estos resultados apuntan a una correlación importante entre el fenómeno de La Niña y las fluctuaciones en el nivel de agua de la laguna Lasuntay.

PALABRAS CLAVE: Precipitación, espejo de agua, la niña, Huaytapallana, ONI, ENSO, Sentinel 2.

INTRODUCCIÓN

El retroceso glaciar a niveles más altos es evidente debido a la pérdida masiva de hielo, causada por el cambio climático antrópico (1, 4). Los glaciares representan los mayores almacenes de agua dulce en la tierra. Perú, un país andino con majestuosas montañas y glaciares, alberga el 71 % de las áreas glaciales de las regiones tropicales del mundo. En sus 20 cordilleras se encuentran 3,044 glaciares que abarcan aproximadamente 1,958 km² de superficie (5). Las ciudades como Lima, Arequipa, Huaraz, Cusco y Huancayo dependen directamente de los recursos hídricos del deshielo de los nevados, en la cuenca del Mantaro, uno de los nevados más importantes es el Huaytapallana, debido a la contribución a la seguridad hídrica y alimentaria. La provisión de agua limpia proveniente de esta cordillera se emplea tanto en actividades agrícolas como urbanas (6). Asimismo, cumple un papel fundamental en el sistema de energía hídrica de las subcuencas de los ríos Pariahuanca y Shullcas, destacando la relevancia esencial de la cordillera de Huaytapallana para la región central del país (7). Además Lasuntay es una de las lagunas más destacadas del nevado Huaytapallana; este ecosistema acuático es de gran relevancia, ya que forma una de las importantes fuentes de agua dulce para la población del valle del Mantaro, especialmente para la ciudad de Huancayo (6).

Por otra parte, el fenómeno de El Niño es un ciclo climático clave que es parte de la variabilidad anual del clima, generando oscilaciones en la temperatura de la superficie del mar en el Pacífico ecuatorial y variaciones en la presión atmosférica entre Australia (Darwin) y Tahití (Pacífico tropical centro-oriental). El Niño y La Niña representan fases opuestas de la Oscilación del Sur: El Niño es la fase cálida, mientras que La Niña es la fase fría. Durante El Niño, el océano libera energía hacia la atmósfera, aumentando las temperaturas. Las alteraciones climáticas derivadas de El Niño afectan la economía y diversas actividades productivas, en particular la pesca, la agricultura y la ganadería (8).

Hoy en día, las imágenes satelitales son una valiosa fuente de información para recopilar datos sobre la superficie terrestre mediante diversos sensores. Estos sensores capturan información reflejada desde la superficie. En combinación con los Sistemas de Información Geográfica (GIS), estas imágenes facilitan el análisis y proporcionan datos que, en muchos casos, son esenciales para estudios ambientales (9). Con la información que provee una imagen satelital, es posible obtener la data de la zona terrestre sin estar en contacto directo, lo cual facilitaría tener un control constante sobre la dinámica, no solo del cuerpo de agua propiamente sino también de sus alrededores (10). En este sentido la investigación estudia la variación del espejo de agua de la laguna Lasuntay, con el fin de conocer los cambios a los que se ha sido sometido la laguna a causa de la Temperatura, Precipitación, el fenómeno de El Niño. Para ello se planteó el siguiente objetivo, determinar el comportamiento del nivel de espejo de agua de la laguna

Lasuntay durante el fenómeno de El Niño pico y La Niña entre el 2015 y el 2021. La estructura del proyecto se organiza en seis capítulos claramente definidos.

En el Capítulo I, se determina el planteamiento de problema, establece el contexto y la justificación de la investigación sobre cómo los fenómenos climáticos El Niño y La Niña afectan el nivel de agua de la laguna Lasuntay, ubicada en el ACR Huaytapallana. Se exponen el problema de la reducción del nivel hídrico en la laguna, lo que ha generado una crisis en el suministro de agua en Huancayo y sectores aledaños, destacando la necesidad de comprender estos fenómenos para una mejor gestión del líquido elemento. Se formulan preguntas y objetivos que guiarán el estudio, y se justifica la importancia del tema en los ámbitos social, económico y ambiental. Finalmente, se presentan hipótesis y variables que vinculan la precipitación y los fenómenos climáticos con el nivel de agua en la laguna.

El Capítulo II, se desarrolló el marco teórico lo cual proporciona un análisis de antecedentes y bases teóricas fundamentales para la investigación sobre las oscilaciones de las precipitaciones y su huella en los cuerpos de agua, en particular las lagunas altoandinas. Se citan investigaciones previas que evalúan la reducción del espejo de agua mediante análisis satelitales y se resalta la importancia de las lagunas como fuentes de agua dulce. Se describe las oscilaciones de las precipitaciones y la huella de fenómenos climáticos como ENSO (El Niño y La Niña), además, las características de las precipitaciones y los efectos ambientales asociados. Además, se detallan las amenazas a las lagunas, como avalanchas, y el uso de imágenes satelitales para monitorear estos fenómenos.

En el Capítulo III, narra la metodología empleada en el presente trabajo, la cual utiliza un enfoque hipotético-deductivo y métodos analíticos para estudiar los cambios en la precipitación asociados al fenómeno ENSO en el ACR Huaytapallana, durante el período 2015-2021. El diseño no es experimental longitudinal ex post facto, basado en datos históricos obtenidos de la estación meteorológica de Huaytapallana y bases de datos climáticos como SENAMHI y NOAA. Se analizaron imágenes satelitales para estudiar la correlación entre el ENSO y el nivel de agua en la laguna Lasuntay, utilizando técnicas como la clasificación supervisada y correlaciones de Pearson para determinar la influencia del clima en el espejo de agua.

El Capítulo IV, muestra los resultados y discusiones del presente trabajo de investigación, centrándose en las características de la precipitación y la temperatura en el curso de 2015 a 2021. Se analizan datos de la estación meteorológica de Huaytapallana, revelando que la temperatura promedio fue de 3.15 °C , con julio como el mes más frío y noviembre el más cálido. Se examina la relación entre el fenómeno de El Niño en 2015 y el nivel del espejo de agua de la laguna Lasuntay, observando una disminución del espejo de agua en épocas secas y una elevación inversa entre el Índice Niño Oceánico (ONI) y la superficie de la laguna.

Asimismo, se estudia el fenómeno de La Niña en 2020, destacando similitudes en el descenso del espejo de agua y una elevación positiva entre la temperatura superficial del mar (TSM) y la superficie de la laguna. Los resultados de la prueba de normalidad y sugieren que ambos fenómenos climáticos influyen significativamente en las variaciones de agua en la laguna, afectando potencialmente la estabilidad de las capas de nieve en las regiones montañosas y aumentando el riesgo de avalanchas.

El Capítulo V, aborda las conclusiones de la investigación sobre la variabilidad climática en el ACR Huaytapallana entre 2015 y 2021. Se observó una recepción promedio de 979.39 mm y temperaturas de 3.15 °C, con patrones estacionales claros. Aunque no se encontró una valoración significativa entre El Niño de 2015 y el nivel del espejo de agua en la laguna Lasuntay ($p = 0.38$), se identificó una valoración positiva significativa entre La Niña de 2020 y el nivel del agua ($p < 0.05$, $R = 0.9$), lo que indica un aumento en la superficie del espejo de agua. Estos hallazgos subrayan la importancia de monitorear los fenómenos climáticos para la gestión de recursos hídricos.

Capítulo VI, ofrece las recomendaciones sobre el trabajo realizado, el uso de software como R Project que es fundamental para procesar y analizar datos en este tipo de estudios, mejorando la interpretación de los resultados asimismo sobre calidad de las imágenes satelitales es crucial para obtener resultados confiables, y aunque las imágenes de Planet Scope ofrecen una resolución espacial más detallada, no se pudieron utilizar para el año 2015 durante el fenómeno de El Niño debido a su indisponibilidad.

Capítulo VII, se hace mención a los trabajos de investigación, tesis, artículos científicos usados para la investigación y anexos de la laguna Lasuntay durante el fenómeno de El Niño pico y La Niña entre el 2015 y el 2021.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento del problema

El nivel hídrico de ríos, lagos y lagunas está condicionado principalmente por la intensidad de las precipitaciones que se dan en cada época del año. La variabilidad de esta, causa inundaciones o sequías severas; pero también influye en la configuración del medio natural, puede afectar a la población y sus actividades económicas(9). La variabilidad climática se presenta de forma natural en diversos grados de tiempo y espacio. Dentro de estas fluctuaciones transitorios se encuentra la variabilidad interanual, que está asociada a cambios en el equilibrio global de radiación. Un ejemplo representativo de este tipo de variabilidad es el ciclo de El Niño, La Niña y Oscilación del Sur (ENOS) (11).

El ENOS consta de dos períodos: un periodo o fase cálida (El Niño) y una fase fría (La Niña). La Niña es un fenómeno de variabilidad climática que ocurre de manera temporal en intervalos regulares; es parte de la oscilación del sur o ENOS, y su manifestación depende de factores como la presión, temperatura del mar, vientos y otros factores oceánicas y atmosféricas en el Pacífico sur. Este fenómeno se presenta cada dos a siete años. Los efectos de las variaciones de La Niña no son muy claros, aunque algunos suelen caracterizarlo por abundantes precipitaciones en zonas tropicales, pero déficit de precipitación para zonas sub tropicales (12).

Existen pruebas sólidas de que las condiciones frías en el Pacífico Tropical, relacionadas con el fenómeno de La Niña de 1988-1989, desataron una intensa sequía en el Medio Oeste y las Grandes Planicies de Norteamérica durante el verano de 1988, lo que causó pérdidas de aproximadamente 40 mil millones de dólares. De igual forma, la Niña de 1999-2001 ocasionó en Bangladesh una prolongada inundación que cubrió el 51% del territorio y afectó a más de un cuarto de la población (31 millones de personas). En el Sudeste Asiático (Vietnam, Laos, Myanmar, Malasia y Camboya), La Niña está relacionada con lluvias intensas e inundaciones. Además, en este contexto de La Niña, aumentan los fenómenos extremos, como huracanes en el Caribe y el Golfo de México, que impactan a los países de la cuenca del Caribe, Centroamérica y Estados Unidos. Ejemplos de huracanes ocurridos en condiciones de La Niña incluyen el huracán Joan en 1988, el huracán Mitch en 1999 y el huracán Katrina en 2005 (13).

Según nos indica, el fenómeno de La Niña se presenta entre dos a siete años; según lo informado de la Comisión Multisectorial del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN), indicó que hay un 89% de probabilidad de que se suscite un evento de La Niña de categoría moderada en el Pacífico ecuatorial-central durante el verano de 2020-2021, lo que podría provocar lluvias superiores a lo normal en las regiones andinas del sur del país (14) . Así mismo, según la Organización Meteorológica Mundial (OMM), señaló que La Niña puede forjar lluvias por

arriba de lo habitual en el norte de América del Sur, mientras que en la parte sur podrían registrarse precipitaciones por debajo de lo habitual tanto en la costa oriental como en la occidental. (15).

La laguna Lasuntay se encuentra en el Área de Conservación Huaytapallana, está ha sufrido un desembalse en 1993 por tener frentes de glaciares colgantes que estaban propensas al desprendimiento de bloques de hielo, que podrían generar aluviones o avalanchas. Hasta ese entonces el agua de la laguna era alimentada por la desglaciación del nevado y las precipitaciones, pero a la fecha el nevado ha retrocedido y es muy poco la alimentación de agua hacia la laguna, originando así una disminución del espejo de agua.

La laguna Lasuntay, con una capacidad de almacenamiento de 520,000 metros cúbicos de agua, actualmente solo contiene 294,000. El nivel del espejo de agua en la laguna depende principalmente de las precipitaciones y, en menor medida, de la desglaciación. En julio de 2021, la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento en Huancayo (SEDAM) declaró la situación de emergencia en el abastecimiento de agua dulce, a causa del déficit de este recurso en las reservas naturales disponibles, lo que ha generado problemas significativos en el régimen hídrico proveniente de la laguna y ha provocado un importante desabastecimiento (16), en los diferentes estudios se ha ido utilizando el método de balance de masa del glaciar con la finalidad de determinar el equilibrio de agua.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el comportamiento del nivel de espejo de agua de la laguna Lasuntay durante el fenómeno de El Niño y de La Niña en el Área de Conservación Regional Huaytapallana?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características de la precipitación y temperatura en el periodo 2015-2021 en el Área de Conservación Regional Huaytapallana?
- ¿Cuáles son las características del fenómeno ENSO del año 2015 al 2021?
- ¿Cómo se relaciona el fenómeno El Niño del año 2015 con el nivel de espejo de agua de la laguna Lasuntay en el Área de Conservación Regional Huaytapallana?
- ¿Cómo se relaciona el fenómeno La Niña del año 2020 con el espejo de agua de la laguna Lasuntay en el Área de Conservación Regional Huaytapallana?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Determinar el comportamiento del nivel de espejo de agua de la laguna Lasuntay durante el fenómeno de El Niño y de La Niña en el Área de Conservación Regional Huaytapallana.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las características de la precipitación y temperatura en el periodo 2015-2021 en el Área de Conservación Regional Huaytapallana.
- Determinar las características del fenómeno ENSO del año 2015 al 2021.
- Determinar la relación del fenómeno El Niño del año 2015 con el nivel de espejo de agua de la laguna Lasuntay en el Área de Conservación Regional Huaytapallana
- Determinar la relación del fenómeno La Niña del año 2020 con el espejo de agua de la laguna Lasuntay en el Área de Conservación Regional Huaytapallana.

1.4. Justificación e importación

1.4.1. Social

La investigación es de importancia social ya que la laguna Lasuntay es la fuente del recurso hídrico para la ciudad de Huancayo. Determinar su comportamiento debido al fenómeno de La Niña contribuiría a entender y concientizar al ciudadano para conseguir una actitud responsable frente a este líquido elemento. Así mismo el agua proveniente de la laguna Lasuntay es utilizada también por los usuarios agrarios, electricidad y los piscicultores; su entendimiento contribuirá con los tomadores de decisiones para una mejor planificación y evitar conflictos sectoriales para su uso.

1.4.2. Económico

En la parte económica se genera una desigualdad a causa de los problemas hídricos un país que viene desarrollando, al igual que en otros países afectaría un 6% por ello es importante para no afectar en la tasa de crecimiento económico, ya que en lugares donde no puedan contar con recursos hídricos se tienen que generar otros usos como los gastos de energía debido que en distintos lugares de Huancayo se tiene que almacenar agua del subsuelo por otro lado la migración de las poblaciones a causa de la deficiencia hídrica.

1.4.3. Ambiental

Una de las principales razones de la deficiencia hídrica es la contaminación de agua dulce, en este caso a través de la filtración contaminando los subsuelos las cuales se verán afectadas a la flora y fauna existente en el Nevado Huaytapallana y las áreas que son dependientes de este

tipo de riego , por otro lado la sequía que a causa de una incógnita o emergencia climática causara la extinción de la flora de este lugar como es el caso de las *liliopsida* las cuales son plantas de total importancia para la alimentación de los mamíferos a causa de la escasez de agua , debido a que no se contara con lluvia, por esta razón, la presente investigación nos será útil para anticiparnos y alcanzar un almacenamiento preventivo de agua dulce durante los períodos de escasez, especialmente para el consumo humano, la actividades económicas en el valle del Mantaro.

1.5. Hipótesis y descripción de variables

Ho: Hipótesis nula

El nivel de espejo de agua de la laguna Lasuntay no es influenciada durante el fenómeno de La Niña.

Ha: Hipótesis alternativa

El nivel de espejo de agua de la laguna Lasuntay es influenciado durante el fenómeno de La Niña 2020-2021 en el ACR Huaytapallana.

1.5.1. Variables y operacionalización

Tabla 1. Operacionalización de las variables

Variable		Definición conceptual	Dimensiones	Índice	Indicador
1.- Independiente	Precipitación	Agua meteórica que se acumula en la superficie terrestre, pudiendo presentarse en forma de lluvia, nieve o granizo.	Precipitación mensual	-	mm
2.- Dependiente	Espejo de agua	Está referida a la cobertura que se obtiene estimando el área para diferentes periodos de estudio.	Área	-	km ²
3.- Interviniente	La Niña	Es un fenómeno climático que pertenece a un ciclo natural global llamado El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). Este ciclo tiene dos fases opuestas: una fase cálida denominada El Niño y otra fase fría llamada La Niña. Cuando predominan fuertes vientos alisios desde el oeste, las temperaturas en la región ecuatorial descienden, dando empieza la fase fría o llamada también La Niña. Se mide a través del índice INO.	Neutro	Mayor que -0.5 y menor que +0.5	-
			Frío débil	Menor que -0.5 y menor que -0.9	
			Frío moderado	Menor que -0.1 y menor que -1.5	
			Frío fuerte	Menor o igual que -1.5	

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

La tesis titulada “Variabilidad de las precipitaciones y sus efectos sobre la respuesta espaciotemporal de cuerpos de agua en la región Pampeana, Argentina” tuvo como propósito analizar la respuesta espacial de cuerpos de agua en función de los eventos extremos de pluviometría durante el período. 1960-2010. Se utilizó el análisis de conglomerados en los datos mensuales de 33 estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN, Argentina) y se aplicó el Índice de Precipitación Estandarizada (SPI) para identificar eventos extremos de precipitación. Asimismo, se procesaron 45 imágenes satelitales, de las cuales 18 fueron LANDSAT 5 TM, 12 LANDSAT 8 OLI - TIRS y 15 SPOT 5, utilizando el Sistema de Información Geográfica (SIG) para observar las variaciones de los cuerpos de agua. Los resultados identifican seis regiones: Extremadamente Húmeda, Muy Húmeda, Moderadamente Húmeda, Húmeda, Seca y Muy Seca. La valoración del SPI con el comportamiento morfométrico permitió inferir los efectos de la variabilidad de las precipitaciones en la región Pampeana de Argentina (9).

La tesis titulada “Cambio climático y efectos en el nevado Huaytapallana” tuvo como propósito estimar la cobertura glaciaria en los nevados de la cordillera Huaytapallana entre los años 1985 y 2010. Para ello, empleó la técnica de Teledetección y el Sistema de Información Geográfica (SIG), con el fin de evaluar la variación del área glaciaria, a partir de imágenes capturadas por los sensores TM del satélite Landsat-5, con una resolución de píxel de 30 m. Los resultados indicaron una reducción de 13,52 km² (48,4%) de la masa glaciaria en los últimos 26 años, con una tasa de retroceso de 0,52 km² por año. La investigación concluyó que el Índice de Nieve de Diferencia Normalizada (NDSI) y el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) obtenidos de las imágenes Landsat-5 permiten delimitar la cobertura glaciaria, diferenciándola de otras superficies como agua, suelo y vegetación (6).

La tesis titulada “Evaluación de la pérdida del espejo de agua en la laguna de Suesca a través de imágenes satelitales” tuvo como propósito analizar la disminución del espejo de agua en la Laguna de Suesca, utilizaron el análisis multitemporal de imágenes que fueron de los años de 1987, 2001 y 2016, ya que en estos años se presentaban condiciones similares, lo que permitió aplicar la metodología Corine Land Cover adoptada en Colombia. A través de las imágenes, se realizó una firma espectral del agua de la laguna para compararla con las firmas teóricas de agua clara y turbia. Finalmente, se llevó a cabo un equilibrio hidroclimático para analizar lo observado en las imágenes, obteniendo como resultado el comportamiento de la evaporación y precipitación en la cuenca de la laguna y su impacto en los cambios del espejo de agua. Los

resultados mostraron una pérdida significativa del 48,51% entre 1987 y 2001, seguida de una ganancia del 10,10% entre 2001 y 2016, atribuida al aumento de la reducción en ese período (10).

La tesis titulada “Evaluación de la pérdida del espejo de agua de las lagunas Caricocha, Chiriyacu y Huarimacocha mediante el análisis multitemporal de imágenes satelitales en el periodo de 2000 a 2020 y propiedades físico - químicas de aguas y sedimentos para el manejo adecuado del recurso hídrico” tuvo como objetivo analizar la reducción del espejo de agua en estas lagunas a través de un análisis multitemporal de imágenes satelitales desde el año 2000 hasta 2020. Este análisis buscó evaluar el estado del área para implementar un manejo adecuado del recurso hídrico y prevenir futuras pérdidas. También se analizaron las características físico - químicas de las aguas y sedimentos para evaluar la calidad del agua en las lagunas. Se utilizó la metodología de un modelo predictivo basado en Cadenas de Márkov para proyectar la pérdida futura del área de estas lagunas. Los resultados mostraron una disminución en las superficies de las lagunas durante veinte años: un 2.62% en Caricocha, 21.97% en Huarimacocha y 36.21% en Chiriyacu. Se predijo que para el año 2030 el espejo de agua disminuirá en Caricocha a un 1.03% y en Chiriyacu a un 0.60%, mientras que en Huarimacocha se proyecta un aumento del 15.72%. Además, se comprobó que las lagunas se encuentran dentro de los niveles adecuados de agua para riego y consumo humano. Concluyeron que el uso de imágenes satelitales en estudios de pequeña y mediana escala permite diferenciar claramente las lagunas y sus umbrales mediante el Índice Diferencial Normalizado de Agua (NDWI), facilitando un análisis estadístico completo (17).

La tesis titulada “Evaluar la pérdida del espejo de agua y la biomasa en la Bahía interior de Puno durante el periodo de 1984 al 2019” tuvo como propósito caracterizar y delimitar el área del espejo de agua en esta bahía. La metodología empleada consistió en el análisis de imágenes satelitales Landsat 5, 6 y 7 mediante el software ArcGis 10.4, evaluando la tendencia del espejo de agua y la biomasa a lo largo de estos años. Se observará que, a medida que aumentaba la biomasa de lentejas de agua, el área del espejo de agua disminuía, mostrando una relación significativa ($p < 5\%$) con el suelo y la totora, con coeficientes de -0.719 y -0.622, respectivamente. Por otro lado, la laguna de estabilización no mostró una relación significativa, lo que indica que no influye en la disminución del espejo de agua. En conclusión, el incremento de la biomasa, particularmente de lentejas de agua y totora, se asocia significativamente con la reducción del espejo de agua en la Bahía Interior de Puno (BIP), ubicada en la ciudad de Puno, reflejando una tendencia notable (18).

El artículo científico titulado “Impactos de El Niño y La Niña en las lluvias del Perú (1965-2007)” se enfoca en analizar cómo la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en el Pacífico ecuatorial influye en los patrones de precipitaciones en Perú, tanto a nivel anual (año

hidrológico) como estacional, empleando una extensa red de 155 estaciones distribuidas en distintas vertientes hidrológicas del país. Los resultados muestran que las variaciones en las lluvias están relacionadas con la variabilidad de la TSM y con los índices de Oscilación del Sur (IOS), así como con los índices E y C del Pacífico ecuatorial. El estudio encontró que el principal modo de variabilidad de las precipitaciones representa el 37% y está asociado con eventos extremos de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) ocurridos en 1983 y 1998. Además, aporta una metodología para analizar la relación entre el ENOS. y las anomalías en la precipitación, permitiendo identificar los principales modos de variabilidad pluviométrica vinculados a la TSM del Pacífico ecuatorial (19).

El artículo científico titulado “Cambios en el régimen hídrico de la laguna Lasuntay y Chuspicocha por variaciones en el Nevado Huaytapallana” tiene como propósito evaluar los efectos de los cambios en los caudales de agua provenientes de los glaciares del Nevado Huaytapallana sobre el sistema hídrico de las Lagunas Lasuntay y Chuspicocha. Para esto, se empleó una metodología teórico-deductiva de nivel explicativo y un diseño no experimental de tipo transversal en el procesamiento de la información. Como método específico, se utiliza la balanza de masa glaciar para calcular los volúmenes de agua de los torrentes, apoyada en una red de balizas instalada en gran parte del glaciar. En las áreas de acumulación y ablación, se excavaron pozos mediante perforaciones para medir la nieve acumulada al inicio y final del año hidrológico. Los resultados estimaron que el caudal de agua que el Nevado Huaytapallana aporta a las lagunas de Lasuntay y Chuspicocha es de 1 226 700 m³ en verano y 245 340 m³ en primavera (20).

El artículo científico titulado “Trends and ENSO/AAO Driven Variability in NDVI Derived Productivity and Phenology alongside the Andes Mountains” (Tendencias y variabilidad impulsada por ENOS/AAO en la productividad y fenología derivadas del NDVI (Índice de vegetación de Diferencia Normalizada) junto a la cordillera de los Andes) la cual tuvo como objetivo caracterizar y examinar la variabilidad, la tendencia y los cambios interanuales de la productividad y la fenología de la superficie terrestre en respuesta a la variabilidad y el cambio climático utilizaron los datos de series temporales del índice de vegetación de diferencia normalizada continua (NDVI3g) para ello se utilizaron la metodologías con la finalidad de monitorear y evaluar los servicios de los ecosistemas es la producción primaria anual sobre el suelo, la productividad de la vegetación se estimó utilizando datos de series temporales del NDVI [2-4] además, se han manejado series temporales de NDVI a largo plazo para analizar tendencias [5-9] y respuesta de la vegetación a variables ambientales como el clima [6,10-13] y el uso de la tierra [14-18] Algunos de los datos de referencia del NDVI estacional y anual y las variables fenológicas se ven afectados de forma variable por las nubes y los aerosoles. Se debe tener cierta precaución para no sobre interpretar los resultados de las áreas más tropicales.

De manera similar, para las áreas desérticas donde las ligeras disminuciones en las tendencias de NDVI probablemente estén más relacionadas con las características de continuidad de múltiples sensores del conjunto de datos de NDVI3g que con los cambios reales en el paisaje. Esta investigación destacó de primera mano las tendencias a largo plazo de 30 años y la variabilidad espacial en la productividad y la fenología y su respuesta a los indicadores MEI y AAO, proporcionando información crítica sobre la dinámica y las funciones del ecosistema de América del Sur para así poder observar tendencia tantas positivas como negativas para el Chaco y la Patagonia, el uso de la tierra y la variabilidad y el cambio climático se realizaron con las tendencias y el patrón de productividad y fenología (21).

El artículo titulado “Dinámica multitemporal de las coberturas y el espejo de agua en la laguna de Fúquene” analiza cómo la laguna, situada en los valles de Ubaté y Chiquinquirá, un ecosistema vital en Colombia ha sido afectada por la contaminación debido al uso intensivo de sus aguas por la población, generando graves impactos ambientales. Para estudiar esta dinámica, se emplearon herramientas de teledetección y sistemas de información geográfica, mediante el análisis multitemporal de imágenes satelitales de los años 1984 y 2003, revelando una disminución del 78.17% en el área de la laguna. Los resultados muestran que las plantas acuáticas han crecido y se han expandido desde las orillas norte y sur. Sin embargo, la falta de imágenes satelitales recientes impidió evaluar la tendencia actual del espejo de agua y la cobertura vegetal. A pesar de esto, la aplicación de estas herramientas permitió una cuantificación precisa de los cambios espaciales y temporales en las coberturas de la laguna durante el período estudiado, aunque el proceso de desecación y pérdida del espejo de agua es ya un fenómeno bien conocido en Fúquene (22).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Precipitación

Agua meteórica recogida sobre la superficie terrestre en las que encontramos: lluvia, nieve y granizo en la que su mayoría es la precipitación total esto se origina a través de los siguientes tipos:

- Las ciclónicas: Esta es producida por el aumento de la masa de aire producida encima de una masa de aire frío, es decir las masas húmedas y caluroso tendrán una elevación a las zonas frías logrando ver una condensación y originar este tipo de precipitación, por otro lado, las borrascas o ciclón debido a este tipo se da un mayor recojo de precipitación en la cuenca.
- La convección o convectivas: Esta genera por el aumento convectivo del aire debido al calentamiento a causa de la radiación solar produciéndose la condensación alcanzando

las zonas frías a la vez se produce por el ascenso de las bolsas de aire caliente conocidas comúnmente como las tormentas de verano por lo general suele ir acompañada por descargas eléctricas.

- Las precipitaciones orográficas: Es el aumento de aire a causa de una cadena montañosa, el aire originado del océano está cargado de un aire húmedo lo que produce posibles precipitaciones esto sucede cuando las masas de agua son obligadas al subir hasta lograr encontrarse con las barreras montañosas (23).

a. Variabilidad de la precipitación.

La variación espacial de las precipitaciones implica que ciertas áreas sean más lluviosas que otras. Asimismo, la variación temporal, influenciada por las estaciones, hace que haya periodos del año con mayor volumen de lluvias y otros con menor cantidad (24).

b. Formas de precipitaciones entre ellas tenemos:

- Lluvia: Es una precipitación de agua líquida que tiende a llegar al suelo que tiene un diámetro que va de 0.5 y 5 milímetros.
- Llovizna: Esta se presenta en riego tenue de pequeñas gotas que su diámetro es de 0.5 milímetros estas pueden presentarse de manera densa o compacta según comparaciones estas se pueden considerar débiles, forma moderada o fuerte esto a través de la visibilidad.
- Neblina: es una precipitación que es más tenue que la llovizna.
- Nieve: tiene forma de cristales de hielo cuando el vapor de agua se congela en pequeñas partículas sólidas que va por niveles donde la temperatura es menor a 0 °C, estas se unirán para formar copos de nieve estas caerán cuando alcanzan su peso máximo, esto dependerá de la temperatura las cuales le darán sus distintas formas estas son transparentes, aunque dependerá de cada lugar ya que algunas reflexiones generan que tienda hacer de color blanca (25).

2.2.2. ENSO

Oscilación del Sur, o ENSO, llamado también El Niño y La Niña son las fases cálida y fría de un patrón climático recurrente en el Pacífico tropical (Figura 1). Este evento que viene siendo natural la cual provoca una variabilidad climática ya que se encuentran interrelacionadas en el Océano y la atmósfera en la regiones tropicales del Océano Pacífico esta variabilidad se da a conocer a través de tormentas, inundaciones deslizamientos de tierra, las altas temperaturas y los incendios forestales suelen alternarse de un lugar a otro de forma irregular cada dos a siete años, y cada fase desencadena variaciones predecibles en la temperatura, precipitación y patrones de viento. Estos cambios interrumpen los movimientos de aire a gran escala en las zonas tropicales, generando una serie de efectos secundarios (26).

El ENSO viene siendo un fenómeno natural caracterizado principalmente por el cambio de temperatura del océano en la región central y oriental del Pacífico ecuatorial, vinculado con variaciones en la atmósfera. Este fenómeno influye en las condiciones climáticas de distintas regiones del mundo. Por un lado, El Niño y La Niña representan sus componentes oceánicos, mientras que la Oscilación del Sur corresponde al componente atmosférico, y juntos conforman el fenómeno conocido como El Niño/Oscilación del Sur (ENOS). Este fenómeno incluye diferentes fases: El Niño, La Niña y una fase neutra. El término fue empleado en el siglo XIX por pescadores de Perú y Ecuador para describir el calentamiento de las aguas observadas (12).

El fenómeno de El Niño comienza a mediados del año con un calentamiento de gran magnitud, El Niño tiende a alcanzar su intensidad elevada durante los meses de noviembre a enero para después de declinar a la primera mitad del año siguiente este fenómeno puede durar de cada dos a siete años y tiende una duración hasta dieciocho meses, el fenómeno contrario, conocido como La Niña, implica un enfriamiento a gran escala de la temperatura superficial del océano en la misma zona del Pacífico ecuatorial. En otras regiones, como los trópicos, suelen provocar variaciones climáticas opuestas a las causadas por El Niño (11, 27).

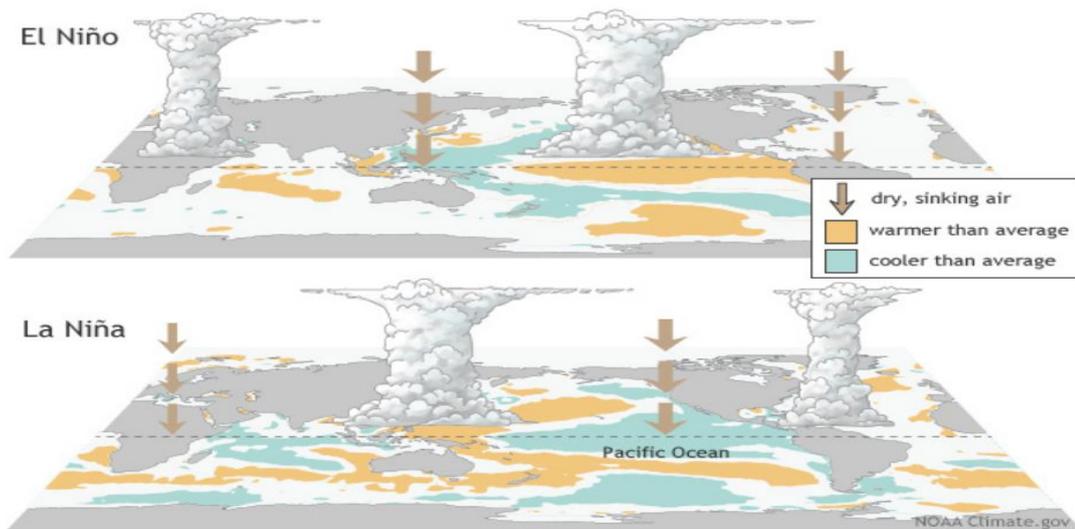


Figura 1. ENSO, elaborado por NOAA. (26)

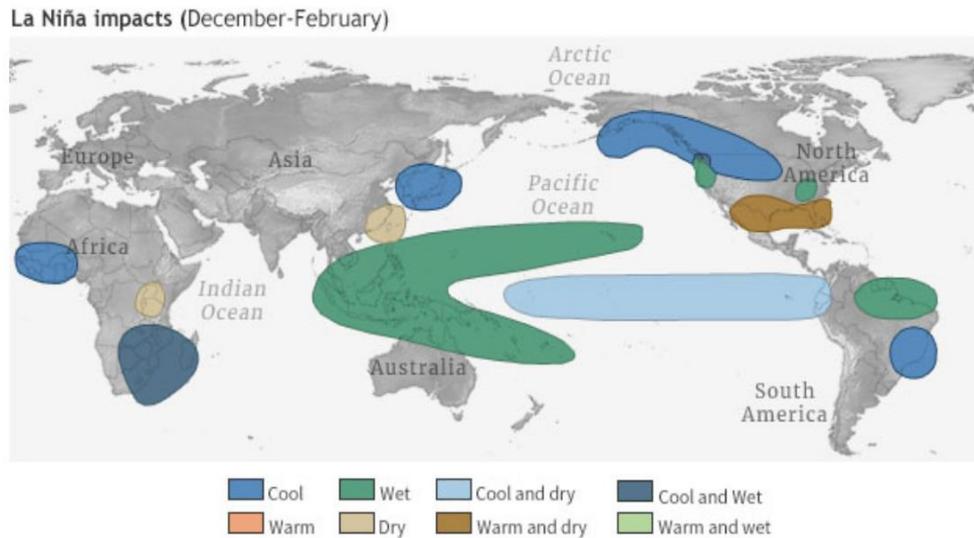


Figura 2. La Niña impacts (december – February), elaborado por NOAA (26)

2.2.3. Observación y predicción del fenómeno

El Niño/ Oscilación del Sur es el balanceo ya sea Inter estacional e interanual previsible del sistema climático esto se va dando de forma lenta los contenidos del calor Oceánico con la finalidad de producir episodios de calor o frio, pero a medida que va pasando los años se es necesario mejorar la capacidad predictiva y entender mejor la dinámica de las relaciones entre la atmosfera y el océano los fenómenos del Niño y La Niña estas se recopilan mediante diferentes sistemas de observación el encargado de dicho funcionamiento es por parte del servicio meteorológico e hidrológico nacional, para esto se incluyó el sistema satelital la cual nos brinda información de la precipitación tropical, el viento y la temperatura oceánicas en la imagen (Fig.3) podemos observar el mapa de localización de los flotadores Argo en julio del 2014 estos flotadores miden la temperatura y la salinidad de la capa superior de 2000 metros del océano (28).

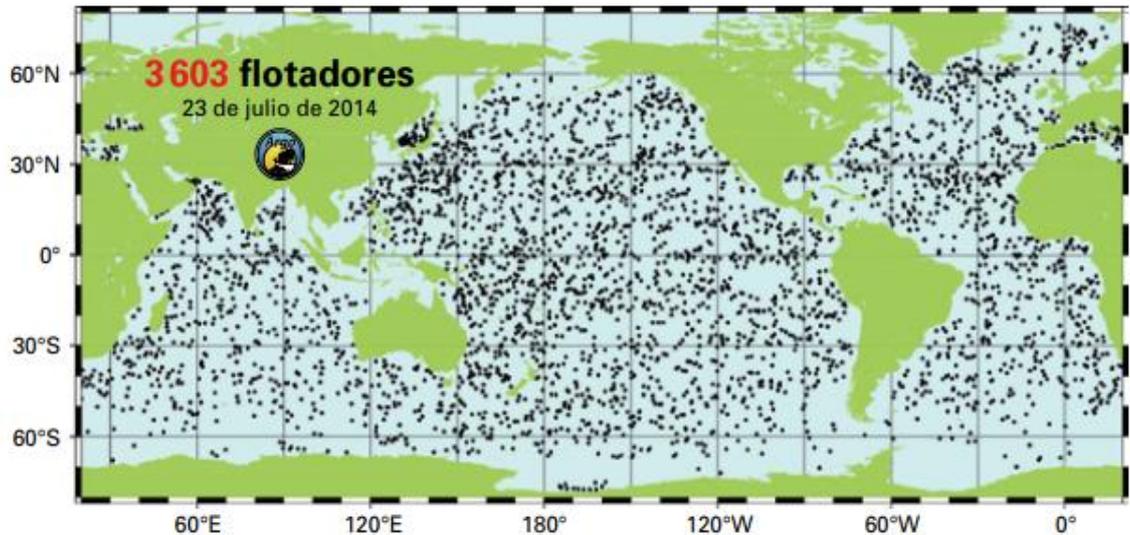


Figura 3. Mapa de localización de los flotadores, elaborado por Lavado (19)

2.2.4. Alteración

El incremento de precipitación sobre el Pacífico Oriental y Central se comporta necesariamente frente a una alteración pluviométrica donde también se verán afectadas en otros lugares y en todo el planeta donde, frente a ello entra a jugar un papel muy importante el mecanismo atmosférico que tiende a generar un auto equilibrio para lograr mostrar una variación, para ello, es fundamental analizar en profundidad otras regiones donde también ocurren estos fenómenos y comprender las distintas alteraciones que provocan El Niño y La Niña, para ello, es fundamental analizar en profundidad otras regiones donde también ocurren estos fenómenos y comprender las distintas alteraciones que provocan El Niño y La Niña.

2.2.5. Índice Oceánico El Niño (ONI)

El índice refleja las variaciones en el comportamiento del ENOS y sirve como un indicador de las condiciones de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). Este se calcula como el promedio de tres meses de anomalías en el temperatura superficial del mar , los eventos de mayor amplitud (figura 3). Se promedia los índices de 3 meses consecutivos y se usa la tabla 1, para determinar su categoría.

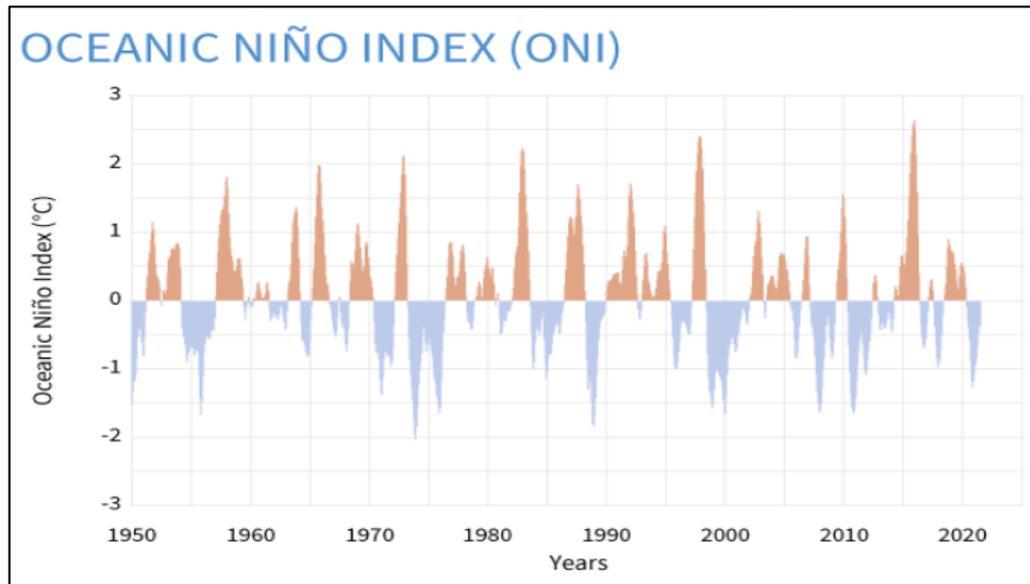


Figura 4. Variación mensual del ONI 1950-2020, elaborado por la organización NOAA (29)

Tabla 2. Umbrales para identificar la magnitud de El Niño/La Niña, en la región del Pacífico, elaborado por Arroyo (20)

Categoría	Índice Oceánico El Niño (ONI)
Cálido fuerte	Mayor o igual a +1.4
Cálido moderado	Mayor que +0.9 y menor que +1.4
Cálido débil	Mayor que +0.5 y menor que +0.1
Neutro	Mayor que -0.5 y menor que +0.5
Frio débil	Menor que -0.5 y menor que -0.9
Frio moderado	Menor que -0.1 y menor que -1.5
Frio fuerte	Menor o igual que -1.5

2.3. Laguna

Las lagunas son cuerpos de agua superficiales que contienen agua dulce y son de menor tamaño que los lagos. A diferencia de los cuerpos de agua profunda, las lagunas están menos influenciadas por condiciones climáticas pasadas y responden más a las condiciones meteorológicas actuales. Sin embargo, la morfometría de un cuerpo de agua y sus características del entorno determinan el efecto específico del clima en las variables ambientales. Las lagunas ambientales actúan como integradoras de los cambios que ocurren en el paisaje terrestre.

Además de proporcionar agua potable y espacios recreativos, se utilizan en la industria y la agricultura, entre otros usos (30).

2.3.1.1. Características

Las lagunas por lo general presentan una pequeña profundidad y ello dependerá de las condiciones ambientales del territorio donde se encuentra situado, por otro lado, el nivel de contaminación a la que puede estar expuesta, en la parte ambiental estas serán más productivas ya que se encuentran directamente relacionado con los sedimentos de la superficie del agua debido a que cuenta con una escasa profundidad (31).

Veremos una alteración de en los ciclos secos y húmedos esta se verá influenciado por el tema de precipitaciones ya que en tiempo de lluvia el nivel de agua aumentará, por otro lado, la temperatura también influye ya que cuando llega a 25°C acelera el proceso de biodegradación esto se verá afectado siempre en cuando las temperaturas tienden a bajar, en el ámbito de la sociedad las lagunas vienen siendo esenciales ya que este mantiene los caudales hídricos generando así que grandes poblaciones que se encuentran aledañas a la laguna utilicen como proveedor de consumo humano (32).

2.3.1.2. Clasificación

a) **Lagunas alto andinas:** Estas tienen el mismo nivel que las lagunas aeróbicas que se verán determinadas por diferentes características geoquímicas que estas son propias de las cuencas cabe recalcar que en los periodos de sequía o lluvias y existe una fuerte evaporación, pero estas responderán dependiendo los cambios de clima estas tienen una clasificación como las polimícticas frías por su continua circulación a temperaturas que por lo general se encuentran entre de 12 a 15°C, durante la noche debido al enfriamiento externo que se genera pierden calor produciendo una mezcla de aguas en las cuales el nivel de temperatura tendrá una varianza muchas veces puede formar una pequeña capa de hielo que se encuentran en las orillas que a media que pasa el día se descongelara debido a las altas temperaturas de medio día a causa de la permanente radiación solar, este tipo de área son sistemas complejos y fundamentales para la dinámica de las microcuencas en las altas montañas, ya que sus aguas fluyen hacia las vertientes de la Amazonía. Los humedales son reconocidos por la Convención Ramsar, que señala su vinculación con los cambios climáticos (33).

Muchas de estas lagunas de están perdiendo de manera acelerada, sobre todo, por el mal manejo y desconocimiento de su importancia ecológica. Algunas de las amenazas de estas lagunas es el sobrepastoreo de en los bofedales ya que estas han sido de total importancia para la ganadería ello se verá afectado a partir del aumento de la ganadería, por otro la

extracción de la turba o como mucho conocemos como champa que estas son esenciales y usados como combustibles para la cocción de los alimentos esto generara un gran impacto en tan poco tiempo, por otro lado otro gran contaminante es la minería ya que esta actividad es de alto impacto ambiental este tipo de actividad afecta directamente un gran porcentaje de bofedales que a la vez se verá una alteración del régimen hídrico (34).

Los principales servicios ecosistémicos de las lagunas altoandinas es la provisión de agua la cual nos sirve para abastecer a las comunidades humanas que se encuentran alrededor de los humedales por otro lado también son indispensables para el riego de terrenos agrícolas, la producción de energía hidroeléctrica y el consumo de agua para grandes distritos como es la laguna Lasuntay que ofrece agua potable para el Valle del Mantaro, estos lugares también almacenan y regulan los caudales ,captura de carbono estos lugares son de total importancia de espacios de vida y de la riqueza cultural cabe señalar que los servicios que brindan estas lagunas no son limitadas y la degradación o pérdida del ecosistema acarrea la pérdida no solo de la fuente esencial del agua sino también su posibilidad para la recreación y el ecoturismo para ello necesario el cuidado de su deterioro evitando la contaminación de sus áreas por parte de la humanidad (35).

b) Lagunas aérobicas:

Está laguna se caracteriza por presentar un ambiente un gran porcentaje de presencia de oxígeno sobre el volumen de agua, por ende, son moderadamente profundas la gran ventaja que tienen este tipo de lagunas es que favorecen la aireación y la acción de la luz solar éstas vienen siendo necesario para la fotosíntesis que estas realizaran o se llevara a cabo por las algas (31).

c) Lagunas costeras

Estas se encuentran ubicado alrededor de otros cuerpos de agua que por lo general están separados mediante arrecifes, islas que son usadas como barrera o también los bancos de arena, su conformación dependerá de la relación que se da entre varios ecosistemas ya dependerá de los ríos, manantiales, en otros casos los manglares o las vegetaciones acuáticas que se encuentran en el interior por lo tanto, es fundamental preservar la biodiversidad de los ecosistemas en este caso las fuentes de agua dulce y marina. En la siguiente figura (Fig.4) se puede apreciar de cómo se recibe y acumula en gran porcentaje la materia orgánica y nutrientes para después ser transportados ya sea por el mar, ríos o las aguas subterráneas (36).



Figura 5. Principales características de las lagunas costeras de Yucatán, elaborado por Salazar (27)

d) Lagunas de atolón:

En este caso, se trata de lagunas resguardadas por arrecifes de coral, los cuales están separados por bancos de arena o islas de barrera. La formación de este tipo de lagunas ocurre a lo largo de millones de años, donde se puede observar una colonia de arrecifes de coral. Estas lagunas suelen tener zonas más profundas que las lagunas costeras, que tienden a presentar un color azul (37).



Figura 6. Formación de la laguna Atolón, elaborado por Capel (28).

2.3.1.3. Flora y fauna de las lagunas de Huaytapallana:

Las faunas en las lagunas están representadas por lo general por las aves acuáticas, donde podemos encontrar los flamencos, patos, gaviotas entre otros, entre los reptiles podemos encontrar lagarto ocelado, culebras en algunos casos dependiendo de cada lugar entre los mamíferos podemos encontrar la población de comadreja, zorro, ratón casero, liebre y conejo si nos podemos a identificar los peces que habitan podemos hablar de una gran infinidad de especies (38).

El Huaytapallana es una de las montañas ubicadas en Perú que llega a pertenecer a la Cordillera de Huaytapallana que se prolonga en la Cordillera Central esta es un Área de Conservación Regional Huaytapallana desde el 2011, esta se ve caracterizado por 6 lagunas de las cuales se darán inicio de 3 ríos en este trabajo a investigar es la laguna Lazuntay es la más representativa, ya que constituye la fuente de agua potable más significativa para la ciudad de Huancayo. Esta reserva alberga una gran diversidad de flora y fauna, las cuales se pueden clasificar en tres grupos de especies presentes en nuestra área de estudio.

- Avifauna silvestre: en el ACR Huaytapallana se llegó a reportar 42 especies de avifauna de las cuales a 12 se les considera como endémico y otras en riesgo de extinción, en la zona de trabajo se reportó que este grupo es de total importancia ya que dependerá de ello para la subsistencia de su entorno para su habita natural, sin embargo, esto se encuentra con una lucha del día a día por la administración de ACR Huaytapallana para general mayor control a los lugares que son restringidos ya que gran parte del turismo ya que muchas personas observan vienen a observar las diferentes especies de aves tanto como pasatiempo o investigación (39, 40).

Tabla 3. Avifauna silvestre del ACR Huaytapallana elaborado por GORE JUNÍN (40).

Nº	Nombre científico	Nombre común	Ficha
1	<i>Musciaticola griseus</i>	Dormilona	1
2	<i>Musciaticola flavinucha</i>	Dormilona de nuca ocrácea	2
3	<i>Chloephaga melanoptera</i>	Huallata, ganso andino	3
4	<i>Plegadis ridgwayi</i>	Yanavico, ibis de puna	4
5	<i>Theristicus melanopis</i>	Bandurria	5
6	<i>Sicalis uropygialis</i>	Jilguero cara gris	6
7	<i>Phrygilus unicolor</i>	Fringilo plomizo	7
8	<i>Chroicocephalus serranus</i>	Gaviota andina	8
9	<i>Tinamotis pentlandii</i>	Perdiz de la puna	9
10	<i>Anas flavirostris</i>	Pato sutro	10
11	<i>Anas puna (Spatula puna)</i>	Pato puna	11
12	<i>Lophonetta specularioides</i>	Pato cordillero, pato crestón	12
13	<i>Fulica ardesiaca</i>	Gallareta andina	13

14	<i>Cinclodes albiventris</i>	Cinclodes	14
15	<i>Cinclodes atacamensis</i>	Cinclodes	15
16	<i>Vanellus resplendens</i>	Lique	16
17	<i>Colaptes rupicola</i>	Pito	17
18	<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	Guaranhuau	18
19	<i>Podiceps accipitalis</i>	Zambullidor blanquillo	19

- Fauna silvestre: La única especie mamífera que se pudo observar fue la vizcacha esta especie está registrada en el Plan Maestro de ACR Huaytapallana en la siguiente imagen se puede observar el tipo de vizcacha presente en el área de trabajo.



Figura 7. Avifauna silvestre del ACR Huaytapallana elaborado por GORE JUNÍN (40).

- Fauna doméstica: Estas están consideradas las especies domésticas por el hombre y que por lo general acostumbran a vivir con los seres humanos en el ACR Huaytapallana divide a estas especies en dos las nativas las cuales constan de los camélidos sudamericanos (alpaca, llama y la vicuña) y exóticas aquí encontramos el ganado, ovino y Vacuno.

Nº	Nombre Científico	Nombre común	Ficha
1	Lama glama	Llama	21
2	Vicugna pacos	Alpaca	22
3	Vicugna	Vicuña	23
4	Ovis aries	Oveja	24
5	Bos Taurus	Vaca, toro	25

Tabla 4. Avifauna silvestre del ACR Huaytapallana elaborado por GORE JUNÍN (40).

La flora silvestre en diferentes lugares y especialmente en el Nevado Huaytapallana se encuentran asociadas por pajonales, césped de puna, bofedales u oconales y las plantas de suelos crio turbados en la tabla se puede notar que se encuentran registradas 27 especies de flora silvestre pero otra gran parte un promedio de 14 especies no se encuentran registradas en el listado de las 104 plantas la cual describe el Plan Maestro con esto cabe recalcar que el área de estudio que sean encuentra dentro del Nevado Huaytapallana demuestra una gran riqueza florística.

Nº	Nombre científico	Nombre común	Ficha
1	<i>Astragalus garbancillo</i>	Garbancillo	26
2	<i>Baccharis truneata</i>	Tola	27
3	<i>Belloa kuntiana</i>	Desconocido	28
4	<i>Calamagrostis vicunarun</i>	Crespillo, orqo paco	29
5	<i>Calamagrostis intermedia</i>	Huaylla ichu	30
6	<i>Stipa ichu</i>	Ichu	31
7	<i>Calceolaria lobata</i>	Zapatito	32
8	<i>Chuquiraga spinosa</i>	Huamanpinta	33
9	<i>Distichia muscoides</i>	Kunkuna	34
10	<i>Gentinella incurva</i>	Rimac-rimac	35
11	<i>Hypochaeris sessiliflora</i>	Pañash	36
12	<i>Krapfia sp.</i>	Desconocido	37
13	<i>Loricaria ferruginea</i>	Desconocida	38
14	<i>Lupinus pubescens</i>	Tauli	39
15	<i>Lycopodium sp.</i>	Desconocido	40
16	<i>Muehlenbeckia volcánica</i>	Desconocido	41
17	<i>Opuntia floccosa</i>	Huaracco	42
18	<i>Paronychia andina</i>	Llapa	43
19	<i>Phlegmariurus andinus</i>	Desconocido	44
20	<i>Plantago rigida</i>	Champa estrella	45

21	<i>Pyenophyllum molle</i>	Yaretilla chica	46
22	<i>Senecio canescens</i>	Wila	47
23	<i>Senecio Comosus</i>	Sumay suncho	48

Tabla 5. Especies de flora silvestre en el ACR Huaytapallana elaborado por GORE JUNÍN (40).

2.3.1.4. Amenazas de las lagunas:

Las lagunas vienen siendo fuentes indispensables de agua dulce que tiende a tener amenazas de ámbito naturales y tecnológicos en el tema de amenazas naturales están asociadas a los distintos fenómenos geológicas, hidrometeorológicos y biológicos ya que estas se presentaran de manera extrema o forma normal en dichos casos se generara amenazas cuando este tipo de fenómeno se presente o dé a conocer de forma anormal, mientras que en las amenazas antropogénicas estas van más relacionadas a los procesos de modernización, nuevas industrias, generando residuos sólidos que son perjudiciales para el medio ambiente provocando el calentamiento global cabe recalcar y tener en cuenta que una amenaza o peligro es la probabilidad que tiene de ocurrir un evento y no del evento en sí mismo (41).

2.3.1.5. Efectos del fenómeno ENSO

El fenómeno ENSO tiene efectos positivos y negativos esto dependerá en que área natural se desarrollar, los impactos positivos generados son los siguientes:

- Aumento del agua dulce en el caso de las lagunas o reservorios lo cual será primordial para la parte agrícola y el consumo humano, como sabemos gran parte de la región Junín, distrito de Huancayo tienen el consumo de agua potable a través del nevado Huaytapallana (laguna Chuspicocha).
- La regeneración de las áreas naturales en este caso los bosques, la fertilización natural de las tierras y la producción de diferentes cultivos en áreas donde durante temporadas se genera las sequías.
- En muchas zonas altoandinas se realizara el aprovechamiento de las lagunas para la crianza de peces o sembrío de truchas (42).

La inundación viene siendo un evento que a causa de la precipitación ya sea lluvia, granizo extremo o nieve o también a causa de una falla de alguna estructura hidráulica, por lo genera diferentes daños tanto en la agricultura, la ganadería y las diferentes infraestructuras. Por otro lado la inundación se da en gran parte a consecuencia de la destrucción de la vegetación, tala o

la quema de árboles, es por ello, que los ríos se convirtieron en una gran amenaza, las inundaciones se presenta en diferentes tipos (43):

- Inundaciones pluviales: esto se da a causa de la precipitación esto se va presentar cuando un área o terreno ha sido saturada con el agua de la lluvia sobrante comienza a acumularse, la cual tendrá una permanencia ya sea de hora o días hasta lograr recuperar su capacidad de infiltración.
- Inundaciones fluviales: Esto es causado por el desborde de los ríos cuando se encuentran sobre la superficie del terreno cercano de ellos esta se mide en mm(milímetros) e intensidad, para esto será muy importante el tiempo de duración de la lluvia.
- Inundaciones costeras: Se presentarán a través de los intensos vientos o los ciclones, se dan a conocer en forma de marea de tormenta permitiendo así que se logre penetrar a la profundidad del suelo en las áreas costeras, lo que provoca la cobertura de amplias extensiones de terreno. Inundaciones vinculadas al colapso de la infraestructura hidráulica.

2.3.2. Aluviones

El aluvión viene correspondiendo a un movimiento brusco que tiene la composición de la tierra mezclada con agua, sus características principales son las corrientes que se dan de forma rápida y violenta que tendrán la capacidad de arrasar con rocas y distintos materiales que decienten a través de una quebrada o el cauce del río Por lo general los aluviones se dan a causa de la llegada de las lluvias a nuestra costa, sierra y selva estas se almacenan agua en lagunas o ya sea en represas que al sobrepasar generando una fuerte corriente de agua que trae consigo las piedras y los lodos arrasando así todo lo que está a su paso (44).

2.3.3. Avalanchas

La avalancha es una capa de nieve que se encuentra en una pendiente que se llega a caer o deslizar a causa de la gravedad por otra parte también incluyen los componentes de la fuerza gravitatoria de la nieve y la resistencia de la fuerza y la resistencia friccional de la pendiente. Por lo general las avalanchas se producen cuando pierden el equilibrio o cuando las fuerzas superan la resistencia las avalanchas casi nunca se observa de cerca ya que normalmente ocurre por un periodo determinado que va en un intervalo de 1 a 2 minutos; los principales factores se pueden observar en la siguiente tabla donde se mostrara los diferentes factores(45).

Tabla 6. Principales factores que causan las avalanchas elaborado por Zamrodah (45).

ITEM	DESCRIPCIÓN	FACTOR
Primer Factor	Factor Topográfico	-Inclinación de la pendiente. -Forma de pendiente Localización Orientación de la pendiente.
	Factor Vegetativo	-Cobertura vegetal y altura de los árboles. -cobertura vegetal y su espesor.
Factores externos	Factores climáticos	-Profundidad de la capa de nieve. - Profundidad del nevado -Velocidad del viento. -Atmosfera y la temperatura de la nieve.
	Otros factores	-Aumento del peso de las cubiertas de nieve. -Vibración de los sonidos de disparo.

2.3.4. Tipos de imágenes satelitales

La teledetección es una técnica que nos permite recopilar información sobre diversos objetos sin necesidad de contacto directo. Para ello, es fundamental que exista algún tipo de interacción con el material observado, ya sea en la superficie terrestre, en el mar o en la atmósfera. Además, se requiere un sensor ubicado en la plataforma de observación, a través del cual se genera una interrelación que produce un flujo de radiación de los objetos hacia los sensores. Esta radiación puede tener diferentes orígenes: la radiación solar reflejada por los objetos, la radiación terrestre emitida por ellos, y la radiación emitida por los sensores y reflejada por los objetos. De estos tipos, los dos primeros se conocen como teledetección pasiva, mientras que el tercero se denomina teledetección activa (46). En el caso de un análisis de imágenes satelitales en un SIG para ello se cuenta normalmente que llegue a un usuario final, la cual nos muestra matrices las cuales aparecen números con rangos del 0 al 255 (0 nos indica sin radiación y 255 que se ve un alto índice de radiación) estos valores son conocidos como niveles digitales estas se transformaran cuando se observa una variable física (47). Para un previo análisis se debe incluir lo siguiente:

- Georreferenciación: Se puede notar la transición de un sistema de filas y columnas a un sistema de coordenadas estándar. Para lograr esto, es fundamental conocer las coordenadas reales de los puntos que se van a utilizar, así como las coordenadas en las imágenes. Es importante mencionar que el tamaño dependerá de la resolución de la imagen, a partir de

ello se logrará observar la regresión de luna ecuación la cual nos permitirá dar a cada fila o columna mediante las coordenadas X, Y.

- Para el paso de radiación digital la cual se obtendrá de un sensor esto se dará normalmente a través de una ecuación lineal las cuales estarán suministrada con la imagen estas aparecerán los parámetros en este caso para las 6 bandas las cuales son las más utilizadas en el sensor LANDSAT-TM, conjuntamente con la irradiancia solar extraterrestre (cantidad de energía solar que llega limitadamente a la atmosfera con la finalidad de calcular la reflectividad), también se podrá ver una corrección de la atmosférica y de luminosidad, se debe contar con la visualización y composición del color para finalmente clasificar las imágenes y hacer uso las imágenes que nos brinden mayor información (46).

Las imágenes satelitales tienden a dividirse en tres tipos (48):

- a) Imágenes pancromáticas: Estos se capturan mediante sensores digitales que miden la reflectancia de la energía en una amplia porción del espectro electromagnético, mediante estas imágenes generan información de los mapas existentes, tomando en cuenta la división entre la tierra y el agua, calcular el aumento del crecimiento urbano generando modelos digitales de elevación de mayor exactitud



Figura 8. Imagen pancromática de 0.5 mts, de resolución elaborado por Sánchez (48)

- b) Imágenes multiespectrales: Estos se registran mediante un sensor digital, que tiene la capacidad de medir la reflectancia en múltiples bandas. Además, es posible que dos series de detectores capturen la energía de distintas partes, pero en la misma longitud de onda, lo que permite crear imágenes a color. Gracias a esto, se pueden distinguir las rocas superficiales, el suelo según su

composición y su consolidación, lo que facilita la delimitación de terrenos pantanosos.



Figura 9. Imagen multiespectral de 10 mts. De resolución (Fuerza aérea de Chile, elaborado por Sánchez (48))

Imágenes

Hiperspectrales: Hace referencia a un sensor espectral que tiene la capacidad de medir la reflectancia de varias bandas con mayor frecuencia cientos o miles, determinando a su vez que las numerosas franjas estrechas permite detectar diferentes características entre ellos los rasgos de la superficie para ser más específicos se logra diferenciar la vegetación, suelo y rocas estas son similares a las fotografías.



Figura 10. Hiperespectral de 5 mts de resolución (INFRAECO) elaborado por Sánchez (48)

2.3.5. Definición de términos básicos

- a. Precipitación: Es el depósito de agua que desciende desde la atmósfera hacia la superficie terrestre y forma parte del ciclo del agua, con el propósito de mantener el equilibrio. (49).
- b. Coactividad: Resulta al uso de la fuerza o la baja presión con la finalidad de modificar la conducta (50).
- c. La desglaciación: También conocida como la reducción de la masa de hielo se viene dando a conocer a causa de la contaminación, cambios climáticos que es a nivel mundial que si hablamos de nuestro país esto afecta a Perú ya que los nevados andinos son su principal reserva de agua dulce (51).
- d. Ciclónicas: Tiene una relación con el ciclón y con determinadas características que presentan (52).
- e. Convección: Es un proceso natural en donde se podrá observar la transferencia entre dos sustancias líquidas para ello se deben encontrar, otro claro ejemplo es la transferencia de calor que esta se da o produce dentro del intermedio de un fluido con la finalidad de traspasar calor a diferentes temperaturas (53).
- f. Temperatura: Es una magnitud física que representa la energía interna de un cuerpo o del entorno, y se expresa en términos de calor y frío (54).
- g. Lluvia: Fenómeno meteorológico en el que el agua cae en forma de precipitación líquida desde las nubes; aunque adquiera tamaño y peso, no puede mantenerse en suspensión en el aire (55).

- h. Lago: Es un reservorio natural de agua situado en una depresión del terreno, que recoge aguas pluviales, subterráneas (56).
- i. Laguna: Una laguna es un reservorio natural de agua, generalmente dulce, que es de menor tamaño, especialmente en profundidad, en comparación con un lago (36).
- j. Albuferas: Laguna de agua salada ubicada en tierras bajas adyacentes al mar, que se encuentra separada de este por un cordón o banco de arena (57).
- k. Pluviómetro: El pluviómetro es un dispositivo utilizado en estaciones meteorológicas para recolectar y medir la precipitación. Su función es cuantificar la cantidad de precipitación que cae en un lugar específico durante un período determinado (58).
- l. Fluviógrafo: Instrumento similar al mareógrafo, empleado para registrar las fluctuaciones en el nivel de un río, embalse, entre otros (59).
- m. Estándar: El estándar es el criterio que sigue alguna de las variables que determinan el rendimiento de una actividad económica. Al considerar esta información, es posible evaluar si una empresa está operando de manera eficiente o no (60).
- n. Ciclo hidrológico: La naturaleza desempeña un papel fundamental en el equilibrio del ciclo del agua. El agua que se consume hoy en día ha existido en diferentes estados, ya sea sólido, líquido o gaseoso, y se recicla constantemente. Al estar en estos estados, el agua se purifica y se renueva, colaborando con el sol, la tierra y el aire para alcanzar una estabilidad en el entorno natural (61).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método, tipo o alcances de la investigación.

3.1.1. Método de la investigación

3.1.1.1. Método general o teórico de la investigación

El trabajo de investigación es de tipo hipotético-deductivo ya que pondremos a prueba la hipótesis donde la hipótesis científica será versado (62).

3.1.1.2. Método específico de la investigación

El método empleado fue analítico, ya que se fundamentó principalmente en la observación de fenómenos tal como se presentan en la naturaleza, para luego analizarlos e interpretarlos (63).

Con la finalidad de obtener las variaciones de precipitación durante la presencia de los ENSO se realizó un análisis de agrupamiento sobre la precipitación mensual para el periodo 2015-2021 la cual se sacó la precipitación acumulada tanto mensual y anual durante los distintos años de estudio (9).

3.1.2. Diseño de la investigación

3.1.2.1. Tipo de diseño de investigación.

El diseño de investigación es no experimental longitudinal ex post facto puesto que se recolectará información histórica mensual desde el periodo de 2015 al 2021.

3.1.3. Población y muestra

3.1.3.1. Población

La población estudiada fue el Área de Conservación Huaytapallana, y temporalmente se utilizaron los datos de recepción registrados en la estación meteorológica de Huaytapallana.

3.1.3.2. Muestra

La Laguna Lasuntay (Figura 11) y la precipitación mensual acumulada del 2020 al 2021 observadas en la estación Meteorológica Huaytapallana.

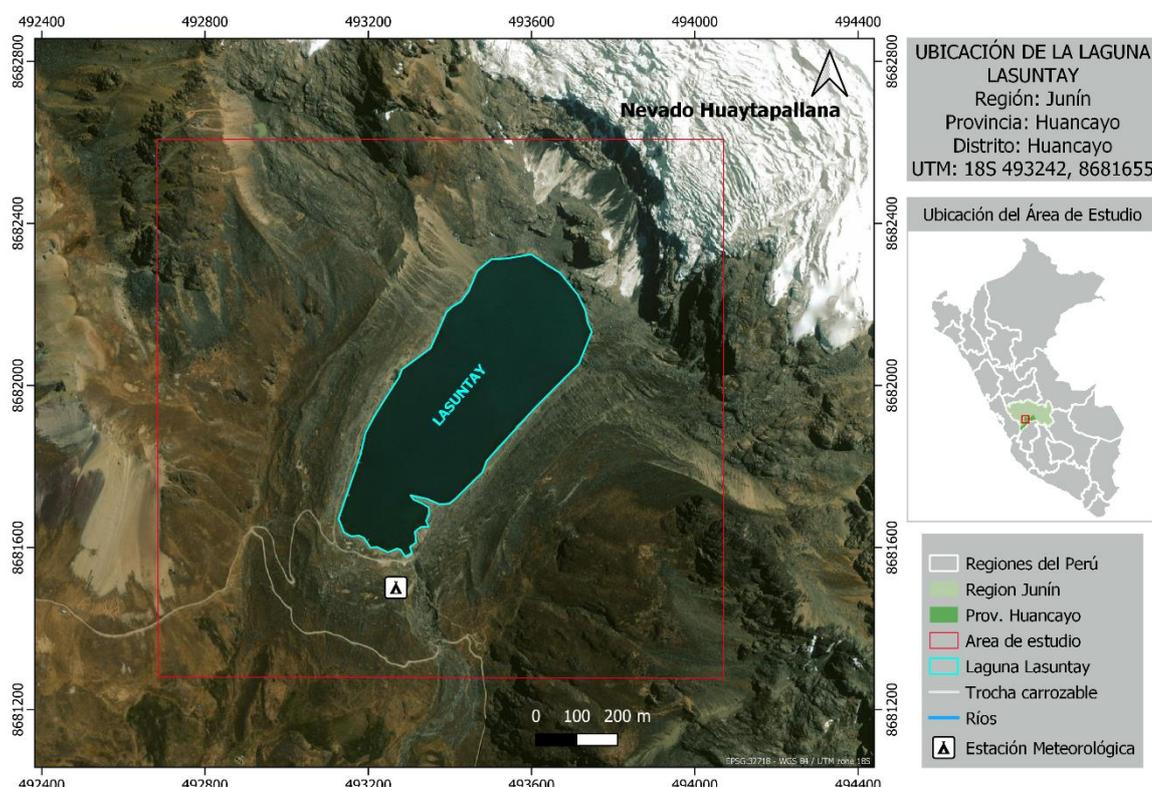


Figura 11. Estación Meteorológica Automática del Nevado Huaytapallana

Fuente: *elaboración propia en QGIS*

3.1.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Esta investigación se realizó con los datos históricos, desde el 2015 al 2021 y la colecta de datos fue mediante la técnica de la documentación de los bases de datos de SENAMHI en este caso los datos que fueron necesarios para esta investigación, fue la precipitación (precipitación acumulada, mensual y anual), esto se debe a la existencia de una estación meteorológica automática en el área de estudio. Además, se realizó un análisis de los efectos de la precipitación en el espejo de agua de la laguna Lasuntay.

3.1.4.1. Instrumentos

Los instrumentos que se utilizaron para lograr la recolección de los datos de las variables de estudio fueron:

- a. Lista de cotejo de los datos meteorológicos
- b. Datos de clima de los diferentes bases de datos como:

- Datos de precipitación y temperatura se consiguieron de la base de datos de SENAMHI (<https://www.senamhi.gob.pe/>) de la estación: Huaytapallana, ubicada en el Departamento.: Junín Prov.: Huancayo Dist.: Huancayo, UTM, 18S 493267 E, 8681413 S, Alt.: 4648 msnm, Tipo: Automática – Meteorológica, Código: 472DF5D6.
- Datos de ENSO se obtuvieron de la base de datos de Centros Nacionales de Información Ambiental de la organización NOAA (<https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/enso/sst>).
- Para determinar el espejo de agua de la laguna Lasuntay, se trabajó con imágenes de Landsat 7 – 8 y Sentinel 2, dado que estos satélites han estado registrando información durante un extenso período de tiempo acerca de los fenómenos de El Niño y La Niña, lo que facilita una mejor comprensión de sus características y direcciones. Además, ofrecen una cobertura global y capturan imágenes con una alta resolución espacial. Estos datos son fundamentales para anticipar y mitigar los efectos negativos de estos eventos climáticos extremos.

3.1.4.2. Procesamiento de datos

a. Caracterización de la precipitación acumulada mensual y T° en el periodo 2015-2021.

Se calculó el promedio multianual de precipitación y temperatura en R Project, además se obtuvo las anomalías de precipitación y temperatura con la siguiente fórmula:

$$Anomalia\ X_i\ EN_{año\ i}\ \% = \left(\frac{X_i\ El\ Niño\ @\ año\ i - X_i\ medio\ Normal\ año\ i}{X_i\ medio\ Normal\ año\ i} \right) * 100$$

b. Caracterización del fenómeno ENSO del año 2015 al 2021

Se trabajó en el entorno de R utilizando el paquete RSOI, para descargar datos del Índice de Oscilación del Sur (SOI), el Índice del Niño Oceánico (ONI) y la temperatura superficial del mar en la región Niño 3.4 (TSM34). El SOI se define como la diferencia estandarizada entre las lecturas de presión atmosférica en Darwin, Australia, y Tahití, y es uno de los índices atmosféricos utilizados para monitorear el ENSO, que se comporta de manera opuesta al ONI. La TSM34 representa la temperatura promedio de la superficie del mar en la región Niño 3.4 (120°W a 170°W), calculada mensualmente. El ONI es el índice de anomalías en la temperatura de la superficie del mar para la región Niño 3.4 (5°N a 5°S, 170°W a 120°W), donde la fase cálida de El Niño ocurre cuando la temperatura promedio de la superficie del mar durante tres meses se desvía más de 0.5 grados centígrados en positivo, la fase fría de La Niña se presenta cuando la temperatura promedio durante tres meses se desvía más de 0.5 grados centígrados en negativo, y la fase neutra se define cuando la temperatura promedio de tres meses se encuentra entre +0.5 y -0.5 °C.

En la siguiente figura 12, se puede observar la distribución los datos del Índice Niño Oceánico (ONI), Índice de Oscilación del Sur (SOI), La Temperatura Superficial del Mar en la región 3.4 (TSM34), precipitación (Prec) y temperatura (Temp). Además, se observa la distribución normal en la diagonal de la figura de color celeste, en donde el ONI, SOI, TSM34 Y Temp presentan una distribución normal, mientras que la precipitación (Prec) presentan una distribución no normal (ver Figura 13)

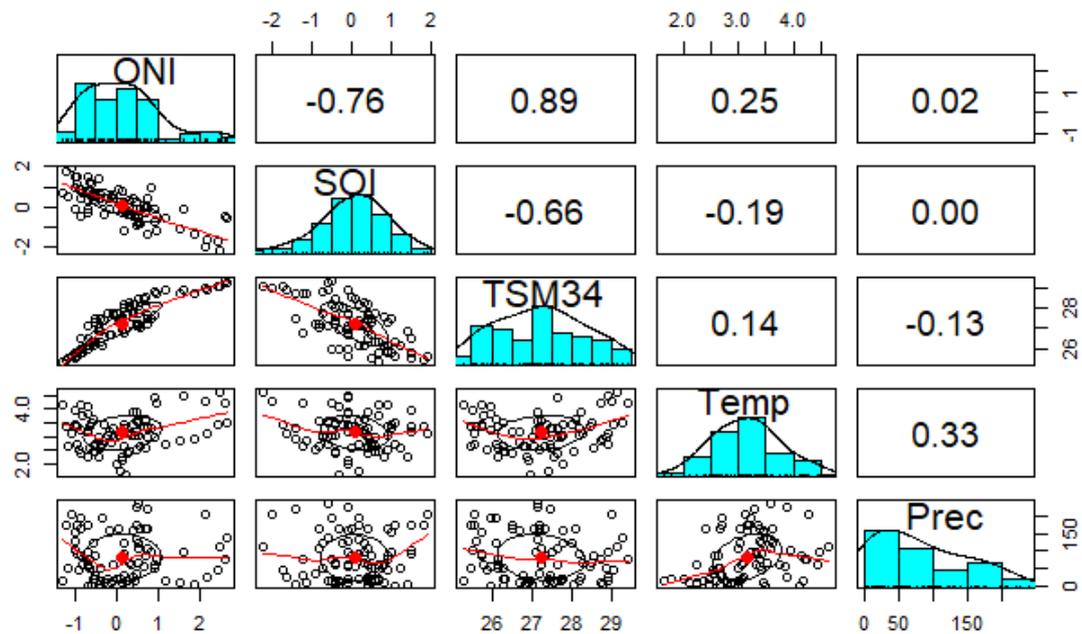


Figura 12. Correlación de variables macroclimáticas asociadas al ENSO, Precipitación y Temperatura de la estación meteorológica de Huaytapallana del 2015 al 2021

Fuente: elaboración propia

Hipótesis de la normalidad

H0: La muestra proviene de una distribución normal.

H1: La muestra no proviene de una distribución normal.

Para pruebas de normalidad siempre se plantean así las hipótesis.

Nivel de Significancia: El nivel de significancia que se trabajó es de 0.05. Alfa=0.05

Criterio de Decisión

Si $P < \text{Alfa}$: Se rechaza H0

Si $p \geq \text{Alfa}$: No se rechaza H0

Se tiene los siguientes resultados de normalidad:

```

> lillie.test(climate_change$SOI)
Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
data: climate_change$SOI
D = 0.072668, p-value = 0.3355
a)

> lillie.test(climate_change$ONI)
Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
data: climate_change$ONI
D = 0.093051, p-value = 0.06939
b)

> lillie.test(climate_change$TSM34)
Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
data: climate_change$TSM34
D = 0.084606, p-value = 0.1453
c)

> lillie.test(climate_change$Temp)
Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
data: climate_change$Temp
D = 0.067107, p-value = 0.4618
d)

> lillie.test(climate_change$Prec)
Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
data: climate_change$Prec
D = 0.1187, p-value = 0.005212
e)

```

Figura 13. Test de normalidad en donde a) SOI, b) ONI, c) La Temperatura Superficial del Mar en la región 3.4 (TSM34), d) precipitación (Prec) y e) temperatura (Temp).

Fuente: *elaboración propia*

c. Para determinar la relación del fenómeno El Niño 2015 con el nivel de espejo de agua de la laguna Lasuntay en el Área de Conservación Regional Huaytapallana

Se utilizaron imágenes satelitales de Landsat7 y 8, obtenidas de la plataforma Google Earth Engine, considerando solo aquellas sin cobertura nubosa para el área de estudio (el script de descarga de las imágenes se encuentra en el Anexo 1). Las imágenes se proyectaron a una resolución espacial de 30 × 30 metros por píxel y se ajustaron al sistema de referencia WGS 84 Zona 18S en el entorno del programa R. Se realizó una clasificación supervisada mensual utilizando el método Randomforest, en la que se determinó dos clases (con agua y sin agua) para el entrenamiento, seleccionando áreas representativas para cada clase.

Finalmente, se aplicó el algoritmo Randomforest para clasificar el espejo de agua y las áreas sin agua de la laguna Lasuntay. Luego, se cuantificaron las áreas en QGIS, poligonizando el archivo ráster de clasificación supervisada de las imágenes mensuales de 2015. Tras cuantificar la superficie de espejo de agua de la Laguna para 2015 y 2020, se realizó una medición con variables macroclimáticas asociadas al fenómeno ENSO mediante la aceleración de Pearson.

d. Y últimamente para determinar la relación del fenómeno La Niña del año 2020 con el nivel de espejo de agua de la laguna Lasuntay en el Área de Conservación Regional Huaytapallana,

se utilizó las imágenes de Sentinel 2, descargadas de los bases de datos de Google Earth Engine a resolución espacial de 10x10 m. (script de descarga de las imágenes en Anexo 2), además se realizó los filtros de nubosidad a un 20%, considerando las imágenes más representativas de los meses pico del fenómeno La Niña, asimismo se llevó al sistema de referencia WGS 84 Zona 18s en el entorno del programa R, y posteriormente se realizó una clasificación supervisada para cada mes, utilizando el método de Randomforest en donde se tomó 2 clases (Con agua y sin agua) para su entrenamiento, seleccionando áreas representativas para cada clase. Finalmente se hizo la correlación de Pearson de las variables macroclimáticas asociadas al fenómeno ENOS con la variable de espejo de agua de la alguna Lasuntay para el periodo del fenómeno la niña del 2020, además la hipótesis de correlación es la siguiente.

H0 : $r=0$. No existe asociación lineal entre las variables.

H1 : $r\neq 0$. Hay asociación lineal entre las variables.

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Determinar el comportamiento del nivel de espejo de agua de la laguna Lasuntay durante el fenómeno de El Niño y de La Niña en el Área de Conservación Regional Huaytapallana.

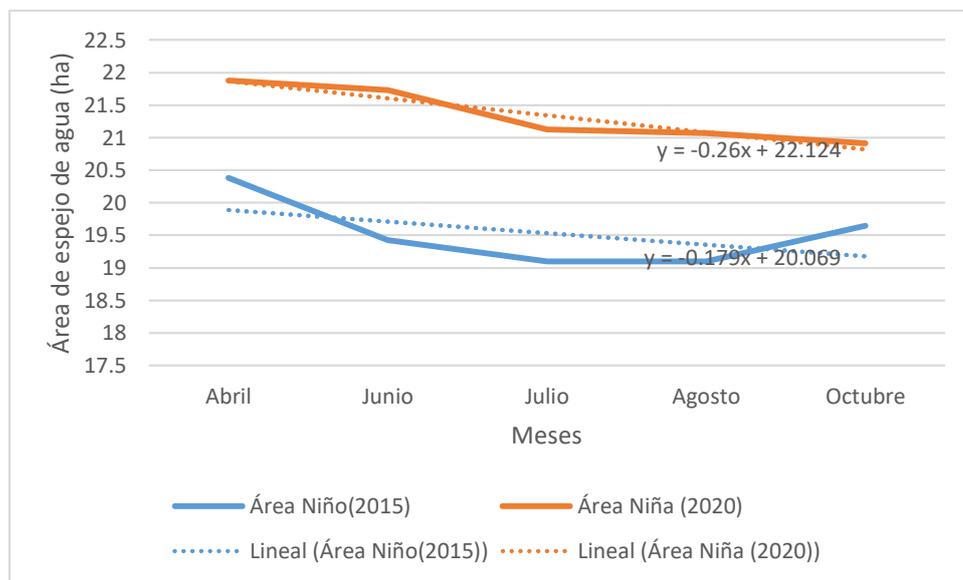


Figura 14. Comportamiento del nivel de espejo de agua de la laguna Lasuntay durante el fenómeno de El Niño y de La Niña en el Área de Conservación Regional Huaytapallana

Fuente: elaboración propia

En la Fig. 14, se observa mostró una correlación negativa no significativa para El Niño ($p=0.38$, $R=-0.51$) a pesar de una reducción en el área del espejo de agua en 19.53 hectáreas, y una correlación positiva significativa para La Niña ($p<0.05$, $R=0.9$) con un aumento del área a 21.34 hectáreas, sugiriendo que La Niña tuvo un impacto notable en el nivel del agua, mientras que El Niño no.

4.2. Características de la precipitación y T° en el periodo 2015-2021

Con los datos obtenidos de la estación meteorológica de Huaytapallana, se obtuvo las precipitaciones acumuladas que se da en el año 2015 al 2021 obteniendo datos generales por meses como se puede observar en las siguientes tablas y figuras.

Tabla 7. Estación Meteorológica Automática del Nevado Huaytapallana.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2015	162.8	174.3	120.7	86.1	51.9	15.4	10.9	5.6	25	43.9	75.9	138.7
2016	111.2	206.1	97.5	75.3	21.6	14	4.3	18.4	48	0	55.3	124
2017	196.8	160.8	164.8	124.1	67.1	1.3	9.72	10.89	49.3	75	84.9	129.2
2018	172.7	196.1	175.1	84.2	17.1	17	20.5	12.5	33.4	105.1	60.9	94.7
2019	165.5	221	165.2	53	65.1	16.2	14.8	10.3	28.7	60.8	107.5	238.2
2020	132.4	226	160.8	91	62.2	6.7	5.2	0.3	43.3	50.4	13.9	173.9
2021	205.2	90.8	162.1	97	27.3	13.9	2.6	18.2	58.2	60.5	155.1	102.3

Nota: La información se obtuvo de la Estación Meteorológica Automática del Nevado Huaytapallana 2015-2021.

Fuente: *elaboración propia*

De acuerdo a la Tabla 6, se observa las precipitaciones mensuales acumuladas entre los periodos de 2015 al 2021, de la estación Huaytapallana, ubicada en la región Junín, provincia y distrito de Huancayo, con latitud 11°55'37.81 " S y longitud 75°3'42.7" W, a una altitud de 4648 msnm, dentro del área de conservación regional del mismo nombre.

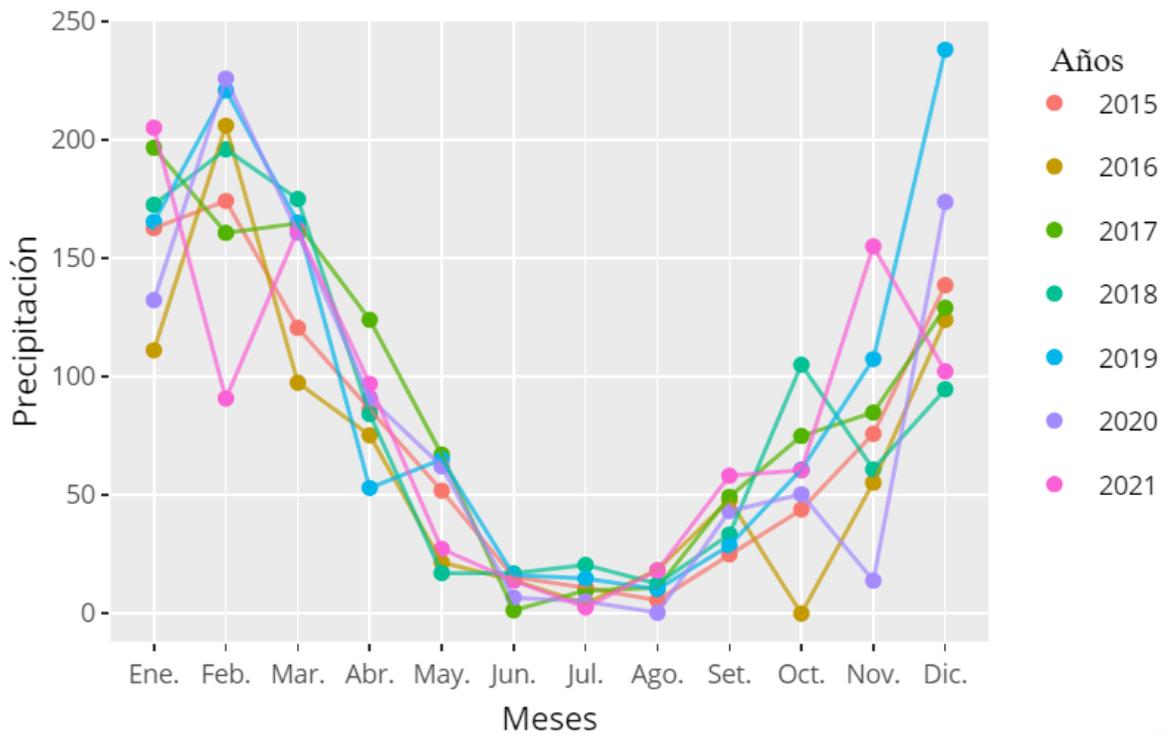


Figura 15. Precipitación mensual de la estación meteorológica de Huaytapallana para los periodos de 2015 al 2021

Fuente: *elaboración propia*

La Fig. 15. Representa las precipitaciones mensuales acumuladas de los periodos 2015 al 2021 de la estación meteorológica de Huaytapallana, se puede ver que los meses de junio, julio y agosto son los más áridos, mientras que los demás meses presentan precipitaciones moderadas y abundantes. Además, el mes con mayor cantidad de precipitación fue diciembre de 2019, y octubre de 2016 fue el mes más seco.

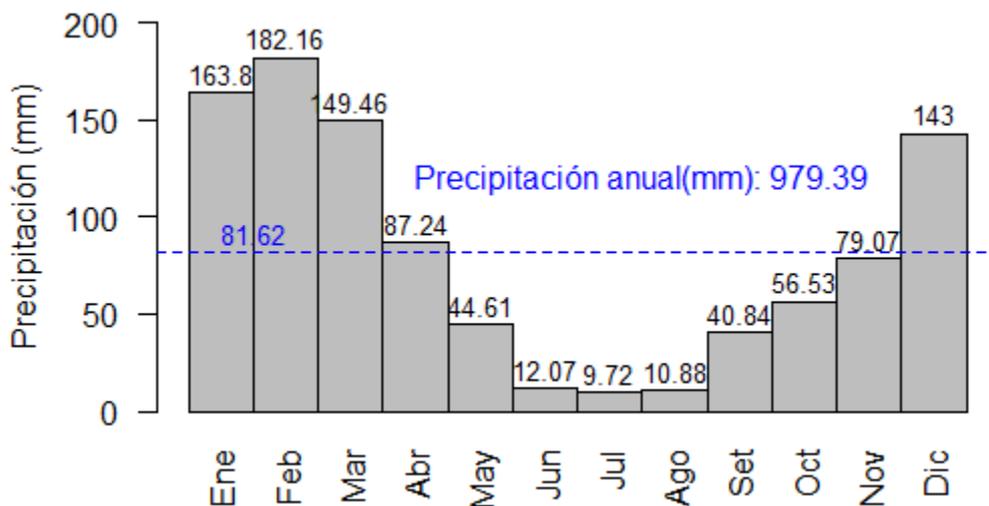


Figura 16. Promedios mensuales de precipitación del 2015 al 2021 de la estación meteorológica de Huaytapallana, y el promedio anual de precipitación

Fuente: elaboración propia

La Fig. 16, nos representa las precipitaciones promedio mensuales entre los periodos de 2015 al 2021, con una precipitación promedio de 81.62 mm/ mensuales, además el mes de febrero es la más húmeda con precipitaciones de hasta 182 mm/mensuales y el mes más seco es julio con 9.72 mm/ mensuales, también se observa que la precipitación anual de la estación meteorológica de Huaytapallana durante los 7 años en estudio fue un promedio de 979.39 mm anuales.

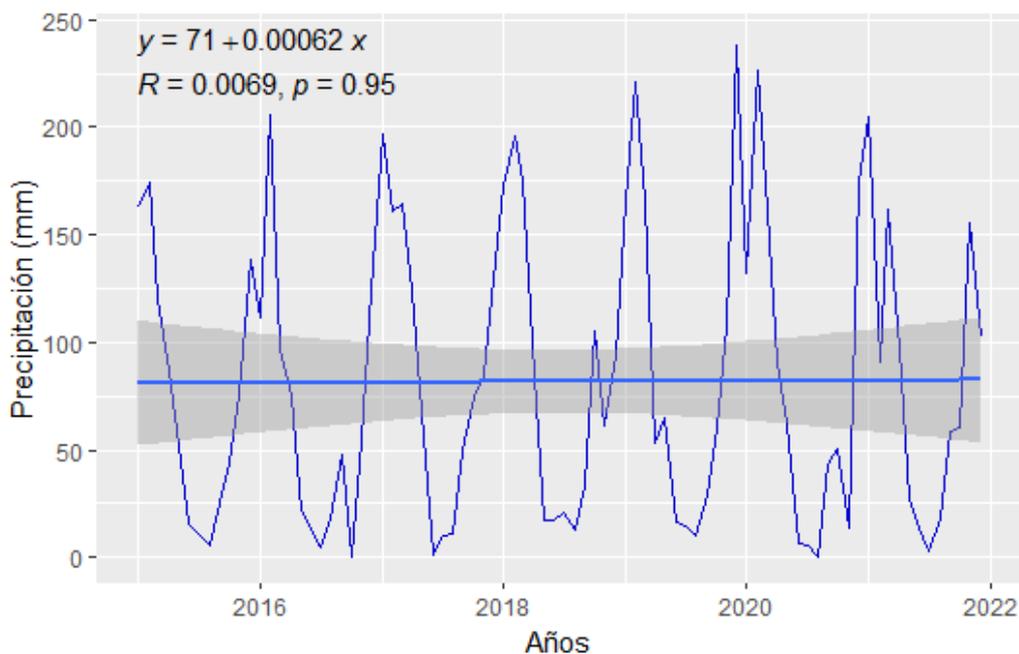


Figura 17. Serie de tiempo (enero 2015 -diciembre 2021) de la precipitación de la estación meteorológica de Huaytapallana

Fuente: elaboración propia

La Fig. 17, representa la serie de tiempo de las precipitaciones mensuales acumuladas de enero 2015 a diciembre 2021 de la estación meteorológica de Huaytapallana, además se distinguió una tendencia horizontal entre la precipitación y los años.

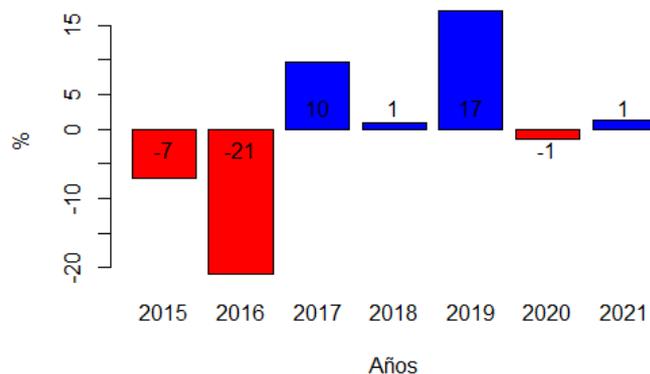


Figura 18. Anomalías de precipitación anual de la estación meteorológica de Huaytapallana entre los años 2015 y 2021(propio).

Fuente: *elaboración propia*

La Fig. 18, nos representa la anomalía % de las precipitaciones anuales entre los periodos de 2015 al 2021, en donde el 2016 fue un año con la mayor anomalía en precipitaciones, seguido por el 2019.

Tabla 8. Temperatura promedio mensual en grados Celsius, de la estación meteorológica de Huaytapallana para los periodos del 2015 al 2021.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
2015	2.68	3.16	3.03	2.58	2.98	2.75	2.87	2.92	3.09	3.42	4.20	3.52
2016	4.64	4.29	4.49	4.24	3.88	3.00	2.67	2.48	2.62	4.10	3.84	3.61
2017	2.69	3.15	3.04	3.42	3.09	2.47	2.24	2.81	2.67	3.40	4.16	3.40
2018	2.71	3.22	3.20	2.63	3.07	2.01	1.76	1.64	2.53	2.98	4.45	3.34
2019	3.40	3.28	3.61	3.40	3.51	3.03	2.37	2.12	2.68	3.05	3.59	3.59
2020	3.58	3.87	3.46	3.34	3.34	3.47	2.98	3.49	2.53	2.65	4.19	3.36
2021	3.11	3.41	2.41	3.22	2.70	2.61	2.24	2.48	2.25	3.75	3.47	3.96

Fuente: *elaboración propia*

Nota: La información se obtuvo de la Temperatura promedio mensual en grados Celsius, de la estación meteorológica de Huaytapallana para los periodos del 2015 al 2021

De acuerdo a la Tabla 7, se observa las temperaturas medias mensuales de los periodos 2015 al 2021, de la estación Huaytapallana, ubicada en la región Junín, provincia y distrito de Huancayo, con latitud 11°55'37.81 " S y longitud 75°3'42.7" W, a una altitud de 4648 msnm, dentro del área de conservación regional Huaytapallana.

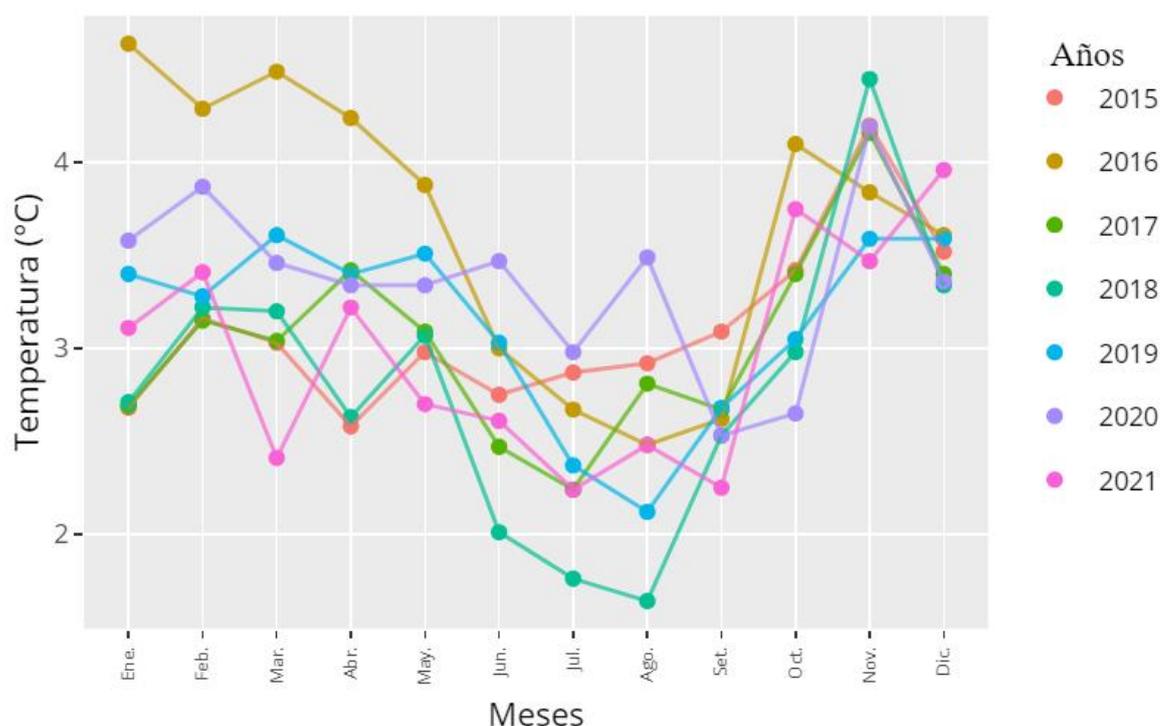


Figura 19. Temperatura mensual promedio de la estación meteorológica de Huaytapallana para los periodos de 2015 al 2021 (propio).

Fuente: *elaboración propia*

La Figura 19, representa el promedio temperaturas mensuales de los periodos 2015 al 2021 de la estación meteorológica de Huaytapallana, donde se puede apreciar que los meses de junio, julio, agosto y septiembre son los más fríos, que representa el invierno austral. Además, el invierno más frío fue en el 2018 y la más cálida fue en los veranos de 2016.

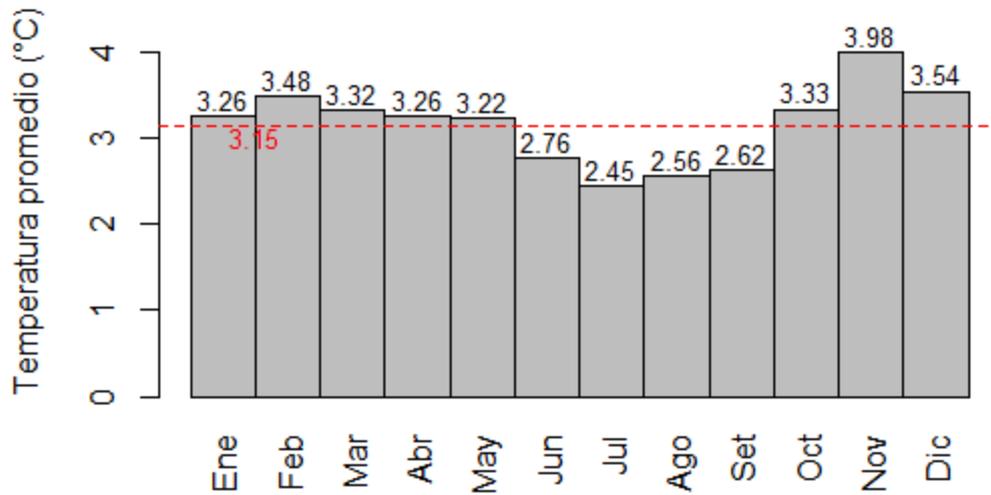


Figura 20. Temperatura promedio mensual para el periodo del 2015 al 2021 de la estación meteorológica de Huaytapallana.

Fuente: *elaboración propia*

La Fig. 20, de la temperatura promedio mensual durante el periodo de 2015 a 2021 de la estación meteorológica de Huaytapallana, nos representa un promedio de temperatura de 3.15 °C, con el mes más frío que es julio con 2.45 °C y el mes más cálido de noviembre con 3.48 °C.

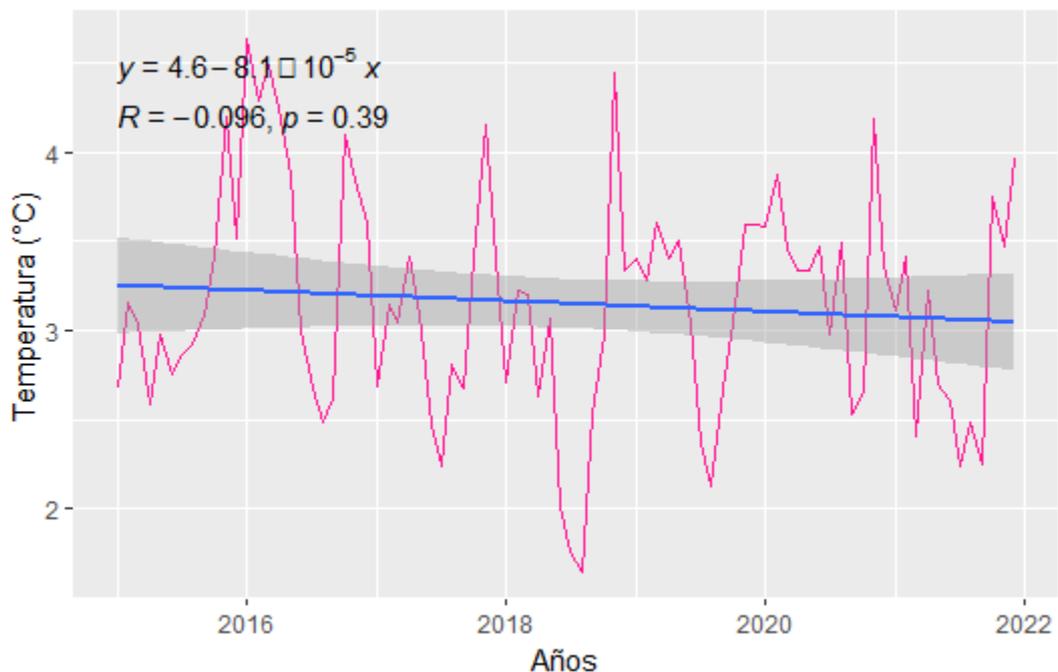


Figura 21. Serie de tiempo (enero 2015 -diciembre 2021) de la temperatura de la estación meteorológica de Huaytapallana.

Fuente: *elaboración propia*

La Fig. 21, representa la serie de tiempo del promedio mensual de temperaturas entre enero del 2015 al diciembre del 2021, de la estación meteorológica de Huaytapallana, además se observa una tendencia entre la temperatura y los años estudiados.

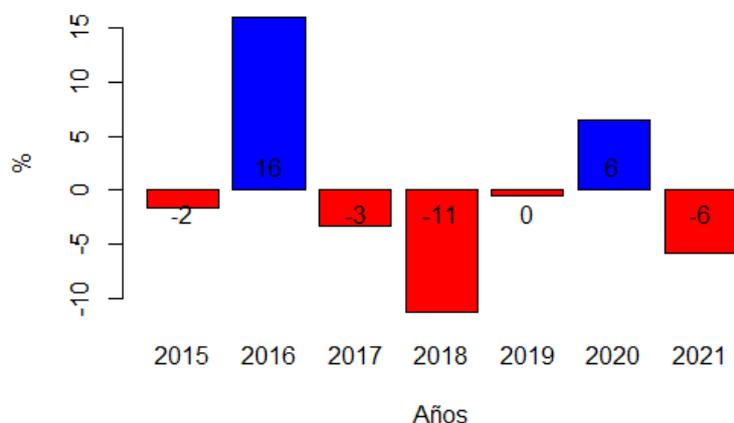


Figura 22. Anomalías de temperatura de la estación meteorológica de Huaytapallana entre los años 2015 y 2021.

Fuente: *elaboración propia*

La Fig. 22, nos representa la anomalía % del promedio de temperaturas anuales entre los periodos de 2015 al 2021, en donde el 2016 fue un año con la mayor anomalía, seguido por el 2018 para Huaytapallana.

4.3. Características del fenómeno ENSO del año 2015 y del año 2021.

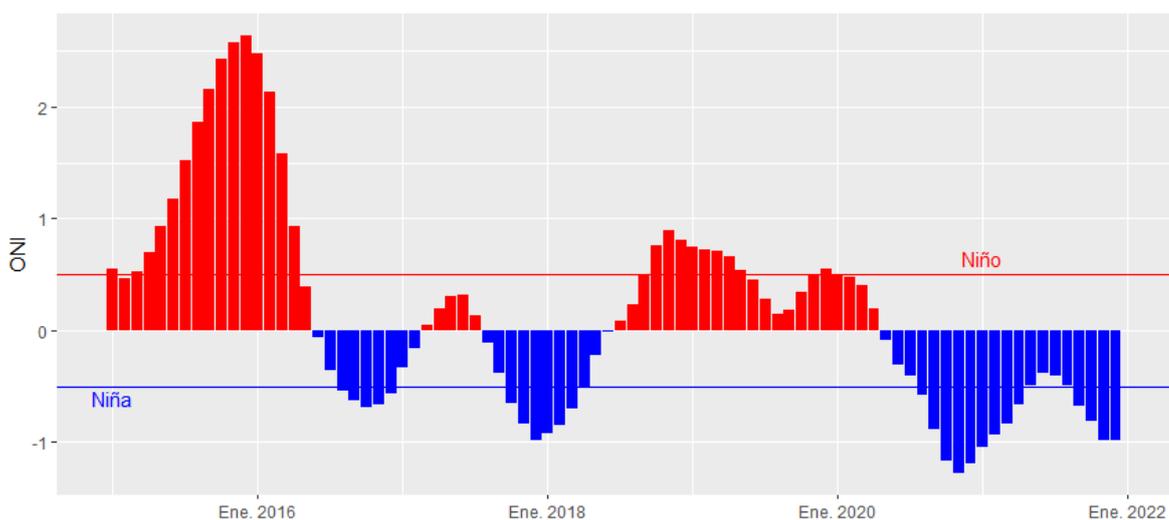


Figura 23. Serie de tiempo de ONI entre los periodos de 2015 al 2021 de la región niño 3.4.

Fuente: *elaboración propia*

La Fig. 23, representa la serie de tiempo (enero 2015 -diciembre 2021) de ONI. En los cuales los períodos cálidos (rojo) o fríos (azul) que superan el umbral de anomalías de $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ indican la presencia de El Niño o La Niña, respectivamente. Y un periodo neutro, comprende anomalías entre $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

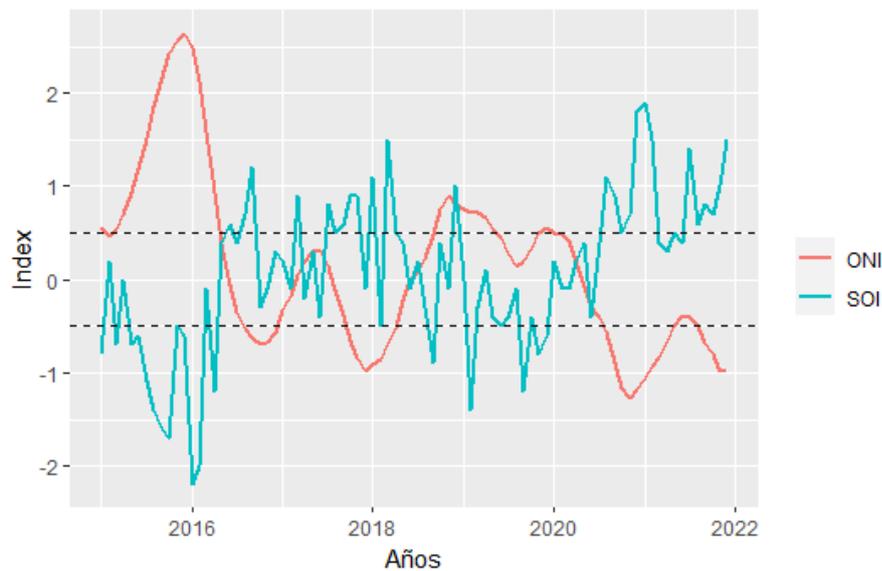


Figura 24. Serie de tiempo de ONI y SOI entre los años 2015 al 2021.

Fuente: *elaboración propia*

La Fig. 24, representa las series temporales de ONI y SOI para los años 2015 a 2021, donde se puede notar que el ONI se comporta de manera inversa al SOI. Además, se pueden observar las líneas discontinuas paralelas que indican los valores de referencia de 0.5°C y -0.5°C , que corresponden a los umbrales dentro de los cuales se consideran condiciones normales.

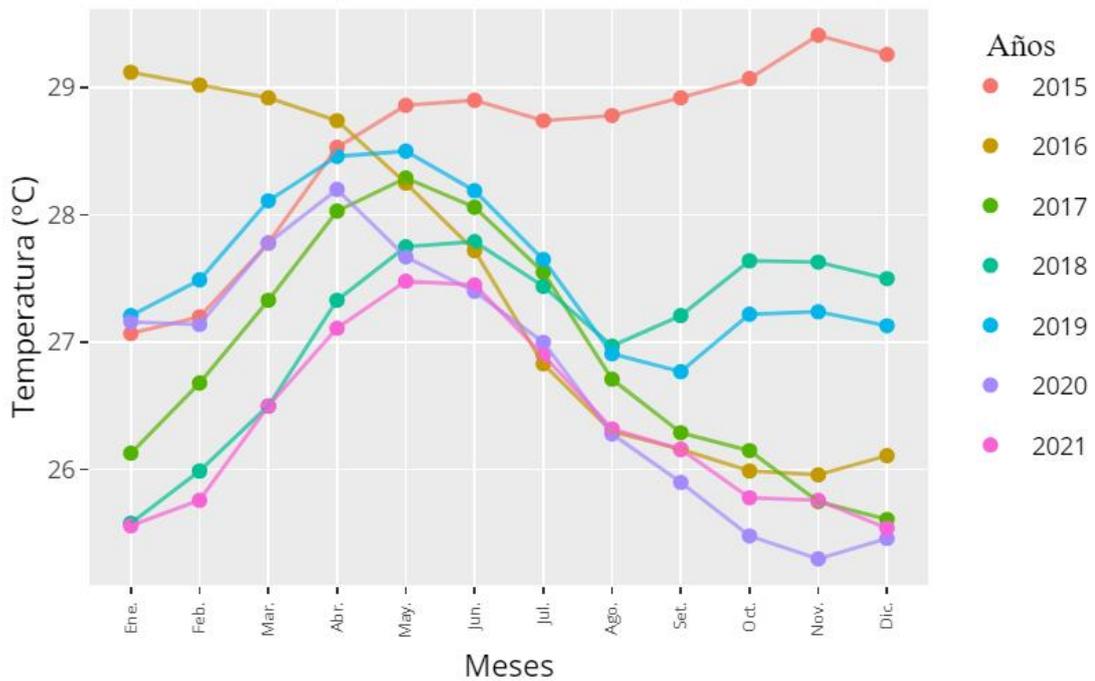


Figura 25. Temperatura superficial del mar en la región del niño 3.4 para los periodos de 2015 al 2021.

Fuente: elaboración propia

La Fig. 25, representa la TSM34, durante el periodo de 2015 a 2021, donde se observa que abril y mayo son los meses más cálidos. También se destacan los años 2015 y 2016, que registraron las temperaturas más altas, mientras que 2021 tuvo las temperaturas más bajas.

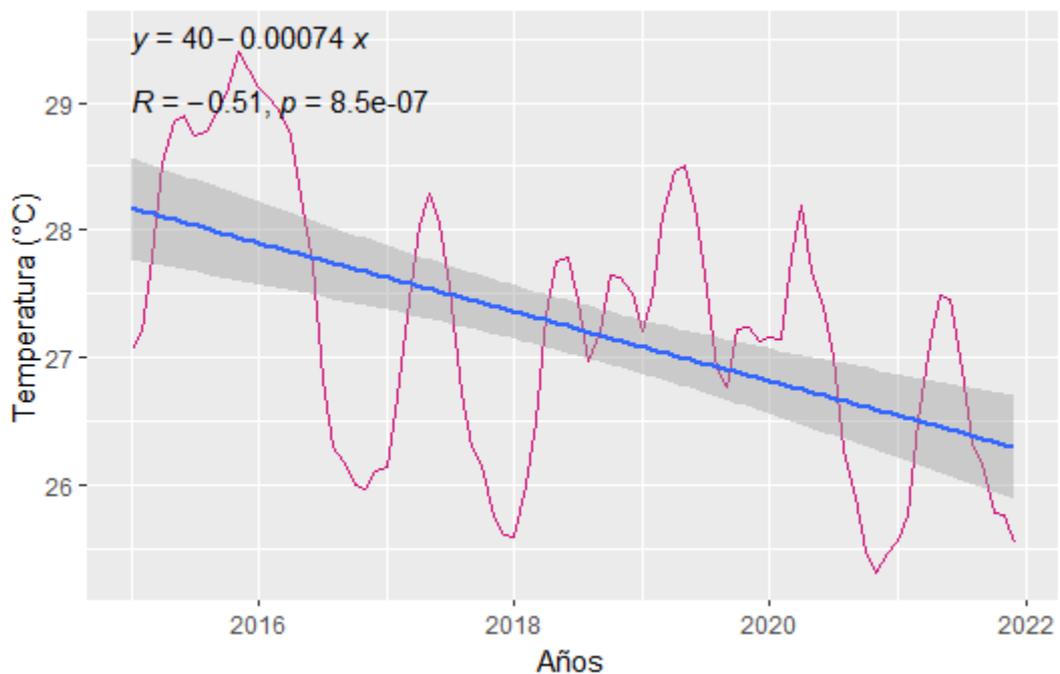


Figura 26. Tendencia (enero 2015 -diciembre 2021) de la TSM34.

Fuente: elaboración propia

La Fig. 26, representa la variabilidad de la temperatura superficial del mar en la región Niño 3.4, donde se puede apreciar la tendencia estimada en azul (tendencia negativa) y la variabilidad representada en una sombra gris.

4.4. Relación del fenómeno El Niño del año 2015 con el nivel de espejo de agua de la laguna Lasuntay

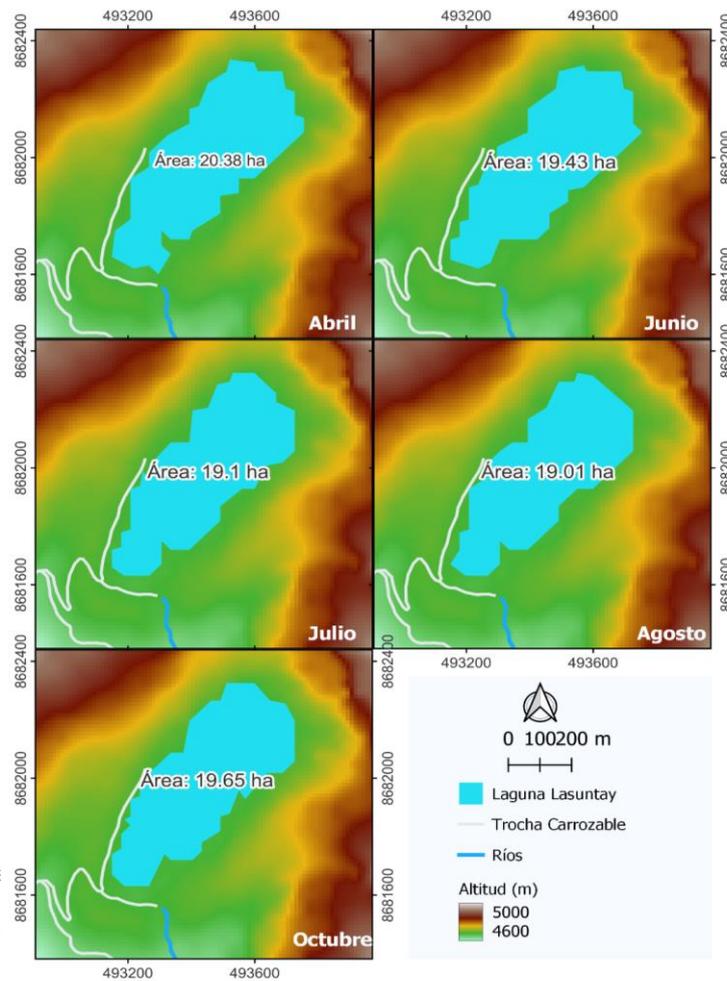


Figura 27. Superficie de

Fuente: elaboración

La Fig. 27, representa la superficie del espejo de agua de la laguna Lasuntay durante el fenómeno de El Niño 2015, en donde se observa una disminución para las épocas secas, como es habitual en la cordillera de los Andes hay dos fechas bien marcadas, en donde la estación seca con bajas precipitaciones están entre los meses de mayo a setiembre, en donde el espejo de agua de la laguna disminuye, en caso contrario sucede en la estación húmeda en donde las precipitaciones son abundantes, cargado de volúmenes de agua a la laguna.

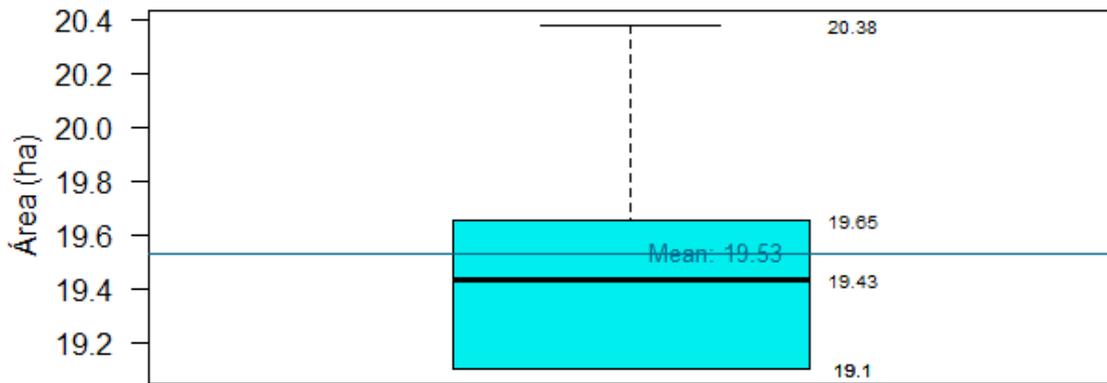


Figura 28. Diagrama de cajas y bigotes, distribución de los datos de la superficie de espejo de agua de la laguna Lasuntay para el 2015.

Fuente: elaboración propia

La Fig. 28. Es el diagrama de cajas y bigotes, que presentan la distribución de los datos de la superficie de espejo de agua de la laguna Lasuntay para el 2015, en donde el promedio del espejo de agua para el año del fenómeno del niño fue de 19.53 hectáreas, con una mínima de 19.1 y una máxima de 20.38 hectáreas de espejo de agua.

Hipótesis de la normalidad

Ho: La muestra proviene de una distribución normal.

H1: La muestra no proviene de una distribución normal.

Para pruebas de normalidad siempre se plantean así las hipótesis.

Nivel de Significancia: El nivel de significancia que se trabajó es de 0.05. Alfa=0.05

Criterio de Decisión

Si $P < \text{Alfa}$: Se rechaza Ho

Si $p \geq \text{Alfa}$: No se rechaza Ho

La siguiente Figura 29, muestra los resultados de normalidad mediante Shapiro Wilk:

```

> shapiro.test(correlaciones$Area) # ÁREA DE ESPEJO DE AGUA
Shapiro-Wilk normality test
data: correlaciones$Area
W = 0.86618, p-value = 0.2513
a)

> shapiro.test(correlaciones$ONI)# ONI
Shapiro-Wilk normality test
data: correlaciones$ONI
W = 0.9981, p-value = 0.9989
b)

```

```
> shapiro.test(correlaciones$SOI) # SOI
Shapiro-Wilk normality test
data: correlaciones$SOI
W = 0.96593, p-value = 0.8485
```

c)

```
> shapiro.test(correlaciones$TSM34) # TSM34
Shapiro-Wilk normality test
data: correlaciones$TSM34
W = 0.98938, p-value = 0.9775
```

d)

```
> shapiro.test(correlaciones$Temp) # TEMPERATURA EN HUAYTAPALLANA 2015
Shapiro-Wilk normality test
data: correlaciones$Temp
W = 0.90642, p-value = 0.4464
```

e)

```
> shapiro.test(correlaciones$Prec) # PRECIPITACIÓN EN HUAYTAPALLANA 2015
Shapiro-Wilk normality test
data: correlaciones$Prec
W = 0.84236, p-value = 0.1716
```

f)

Figura 29. Test de normalidad de los datos de áreas y ENSO durante el fenómeno de El niño del 2015 en donde: a) área del espejo de agua de la laguna Lasuntay (Área), b) Índice Niño Oceánico (ONI), c) Índice de Oscilación del Sur (SOI), d) La Temperatura Superficial del Mar en la región 3.4 (TSM34), e) precipitación (Prec) y f) temperatura (Temp), los datos presentan una distribución normal.

Fuente: elaboración propia

Hipótesis para la correlación de las variables.

$H_0 : \rho=0$ (no existe relación entre las dos o más variables).

$H_1 : \rho \neq 0$ (Existe relación entre las variables).

A un nivel de confianza del 95% y un valor crítico $\alpha < 0.05$, rechazamos la hipótesis nula H_0 , lo que nos permite afirmar que hay una correlación positiva entre las variables..

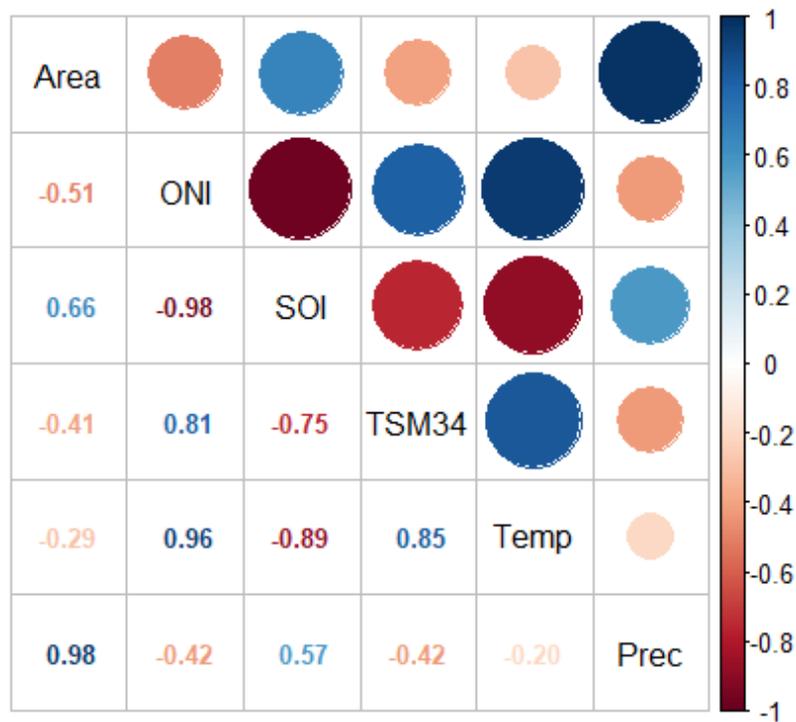


Figura 30. Correlación Pearson de las variables macroclimáticas con la superficie de espejo de agua de la laguna Lasuntay para el período del fenómeno del niño del 2015.

Fuente: elaboración propia

En la Figura 30. Presenta la matriz con los coeficientes de correlación de Pearson de las variables macroclimáticas en relación con la superficie de espejo de agua de la laguna Lasuntay (Área), durante el período del fenómeno de El Niño en 2015. En la diagonal de la Figura 29 se encuentran las variables (Área, ONI, SOI, TSM34, Temp y Prec), y encima de esto se pueden observar círculos de colores; Cuanto más intenso sea el color, ya sea azul o burdeos, mayor será la valoración, mientras que los colores más suaves indican una valoración baja. El tamaño de los círculos está relacionado con el valor absoluto de la valoración. Debajo de la diagonal de las variables, se pueden ver los valores exactos de clasificación en colores, que coinciden con

la coloración de los círculos.

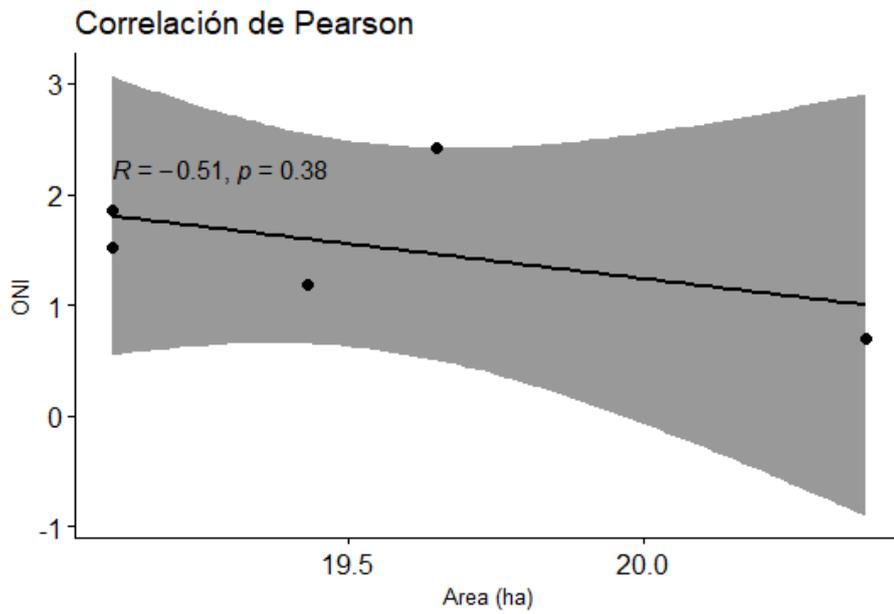


Figura 31. Correlación de Pearson, entre el ONI y la superficie del espejo de agua de la laguna Lasuntay para los meses de el fenómeno del niño de 2015.

Fuente: elaboración propia

La Fig. 31 muestra la correlación entre el ONI y la superficie del espejo de agua de la laguna Lasuntay para los meses de el fenómeno del niño de 2015; cada punto representa la superficie del lago y el ONI. La línea en la mitad del diagrama muestra la tendencia de los valores aun 95 % de intervalo de confianza. El p al ser mayor que 0.05, se concluye que existe correlación inversa entre el ONI y la superficie del espejo de agua de la laguna Lasuntay.

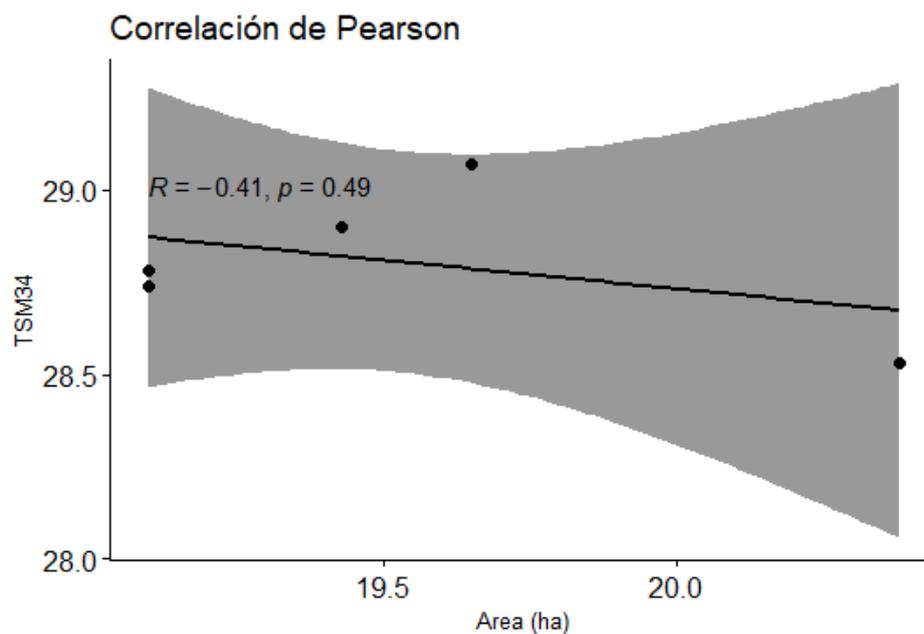


Figura 32. Correlación de Pearson, entre la temperatura superficial del mar (TSM en la región 3.4) y la superficie del espejo de agua de la laguna Lasuntay para los meses de el fenómeno del Niño de 2015.

Fuente: elaboración propia

La Fig. 32. Muestra la correlación entre la temperatura superficial del mar (TSM en la región 3.4) y la superficie del espejo de agua de la laguna Lasuntay durante los meses del fenómeno de El Niño en 2015. Cada punto en el gráfico representa la superficie del lago y la temperatura superficial del mar (TSM en la región 3.4). La línea central del diagrama indica la tendencia de los valores con un intervalo de confianza del 95%. Dado que el valor p es mayor que 0.05, se concluye que no hay una variación significativa entre la TSM34 y la superficie del espejo de agua de la laguna Lasuntay.

4.5. Relación del fenómeno La Niña del año 2020 con el espejo de agua de la laguna Lasuntay

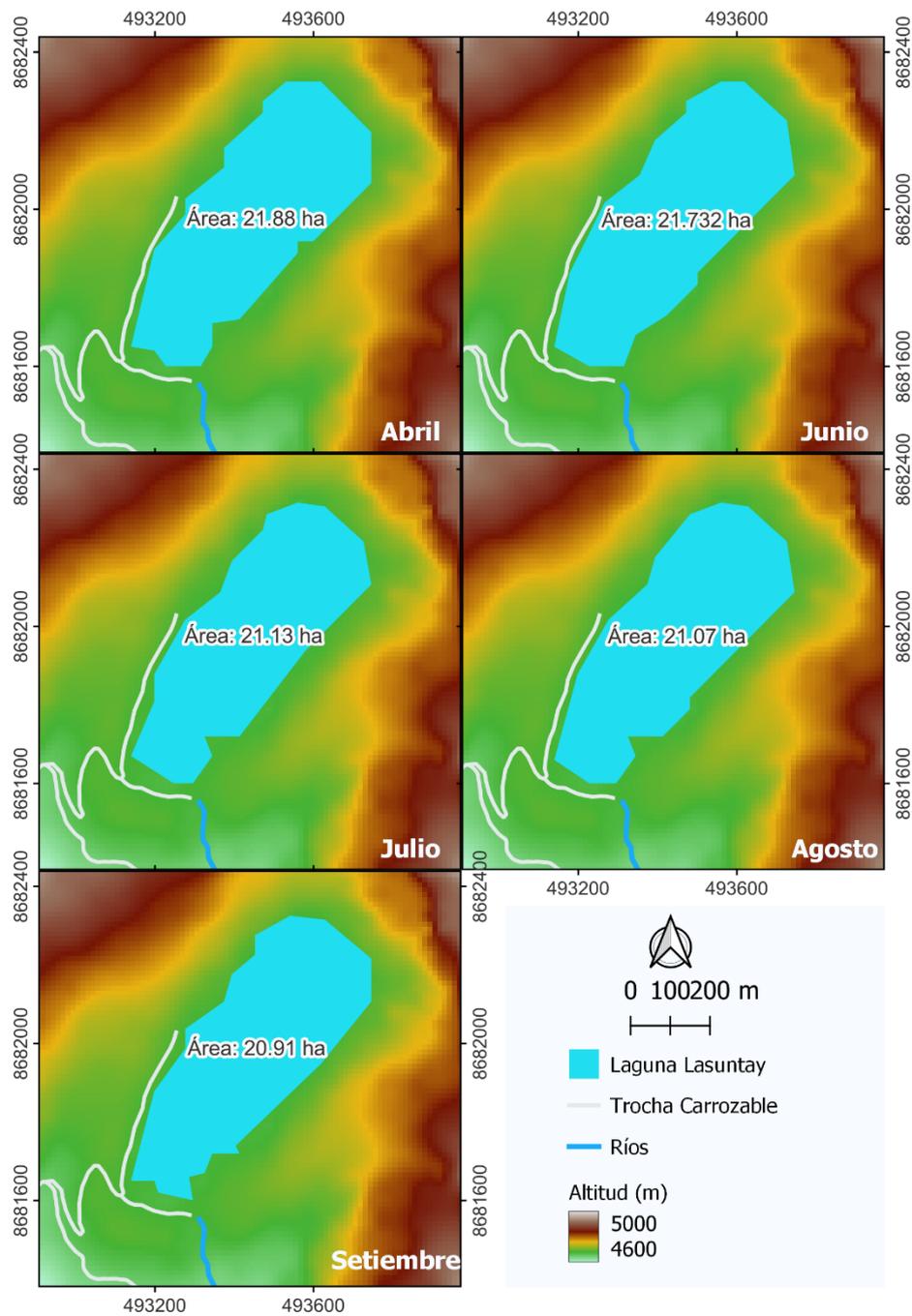


Figura 33. Superficie de la laguna Lasuntay para los meses del fenómeno de la niña del 2020.

Fuente: *elaboración propia*

La Fig. 33. Representa la superficie del espejo de agua de la laguna Lasuntay durante los meses del fenómeno de La Niña en 2020 muestra una disminución en las épocas secas. Como es típico en la cordillera de los Andes, hay dos períodos claramente definidos: la estación seca, caracterizada por bajas precipitaciones, comienza de mayo a septiembre, lo que resulta en una reducción del espejo de agua de la laguna.

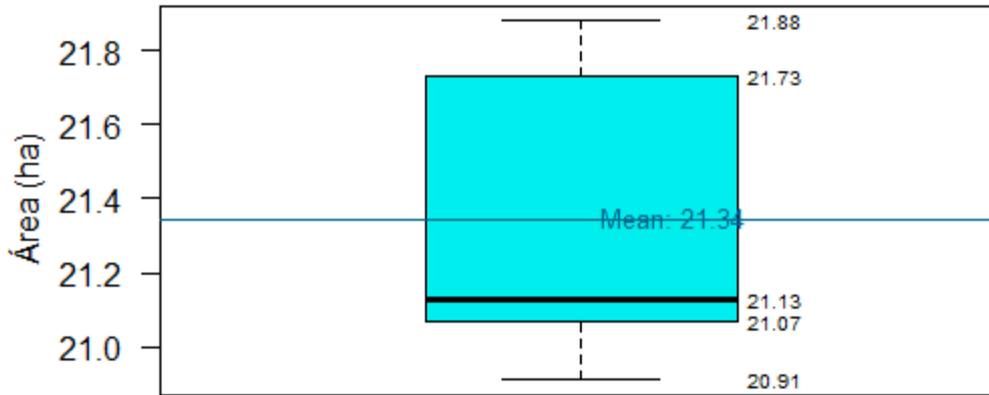


Figura 34. Es el diagrama de cajas y bigotes, que presentan la distribución de los datos de la superficie de espejo de agua de la laguna Lasuntay para el 2020.

Fuente: elaboración propia

La Fig. 34. Es el diagrama de cajas y bigotes, que presentan la distribución de los datos de la superficie de espejo de agua de la laguna Lasuntay para el 2020, en donde el promedio del espejo de agua para el año del fenómeno de la niña fue de 21.34 hectáreas, con una mínima de 20.91 y una máxima de 21.88 hectáreas de espejo de agua.

Hipótesis de la normalidad

Ho: La muestra proviene de una distribución normal.

H1: La muestra no proviene de una distribución normal.

Nivel de Significancia: El nivel de significancia que se trabajó es de 0.05. Alfa=0.05

Criterio de Decisión:

Si $P < \text{Alfa}$: Se rechaza Ho

Si $p \geq \text{Alfa}$: No se rechaza Ho

La siguiente Figura 35, muestra los resultados de normalidad mediante Shapiro Wilk:



Figura 35. Test de normalidad de los datos de áreas y ENSO durante el fenómeno de La Niña del 2020 en donde: a) área del espejo de agua de la laguna Lasuntay (Área), b) Índice Niño Oceánico (ONI), c) Índice de Oscilación del Sur (SOI), d) La Temperatura Superficial del Mar en la región 3.4 (TSM34), e) precipitación (Prec) y f) temperatura (Temp) (propio), en donde los datos presentan una distribución normal.

Fuente: *elaboración propia*

Hipótesis para la correlación de las variables.

$H_0 : \rho=0$ (no existe relación entre las dos o más variables).

$H_1 : \rho \neq 0$ (Existe una relación entre las variables).

A un nivel de confianza de un 95% y un valor crítico $\alpha < 0.05$, rechazamos la hipótesis nula H_0 y podemos decir que existe una correlación positiva entre las variables.

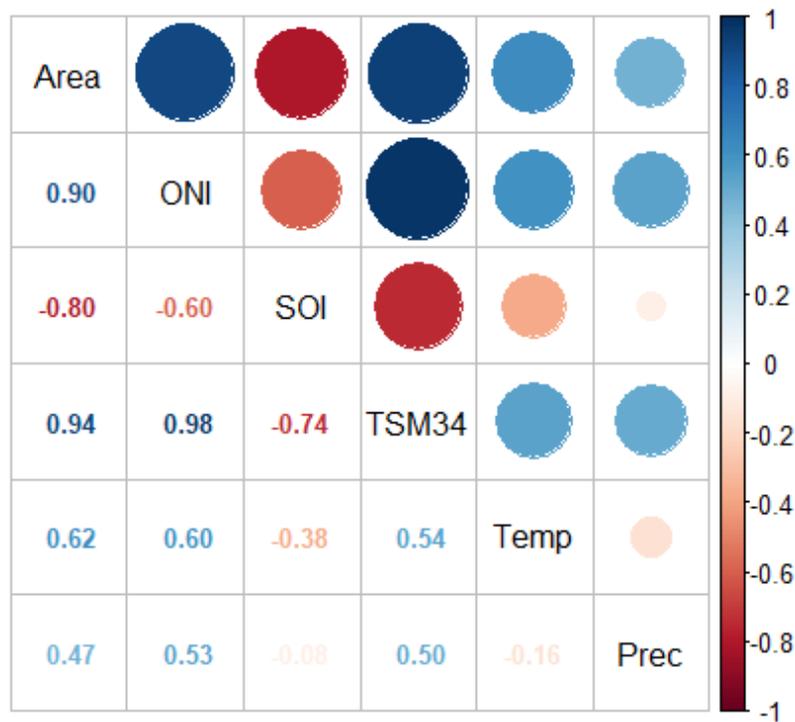


Figura 36. Correlación de las variables macroclimáticas con la superficie de espejo de agua de la laguna Lasuntay para el periodo del fenómeno de la niña del 2020.

Fuente: *elaboración propia*

En la Figura 36. la matriz con los coeficientes de cotización de Pearson entre las variables macroclimáticas y la superficie del espejo de agua de la laguna Lasuntay (Área) durante el periodo del fenómeno de La Niña en 2020. En la diagonal de la Figura 35 se encuentran las variables (Área, ONI, SOI, TSM34, Temp y Prec), y encima de esto, hay círculos de diferentes colores; Cuanto más intensa sea la tonalidad, ya sea azul o burdeos, mayor será la compensación, mientras que los colores más suaves indican una compensación baja. El tamaño de los círculos corresponde al valor absoluto de la evaluación. Debajo de la diagonal de las variables, se pueden ver los valores exactos de magnitud representados en colores que coinciden con los de los círculos.

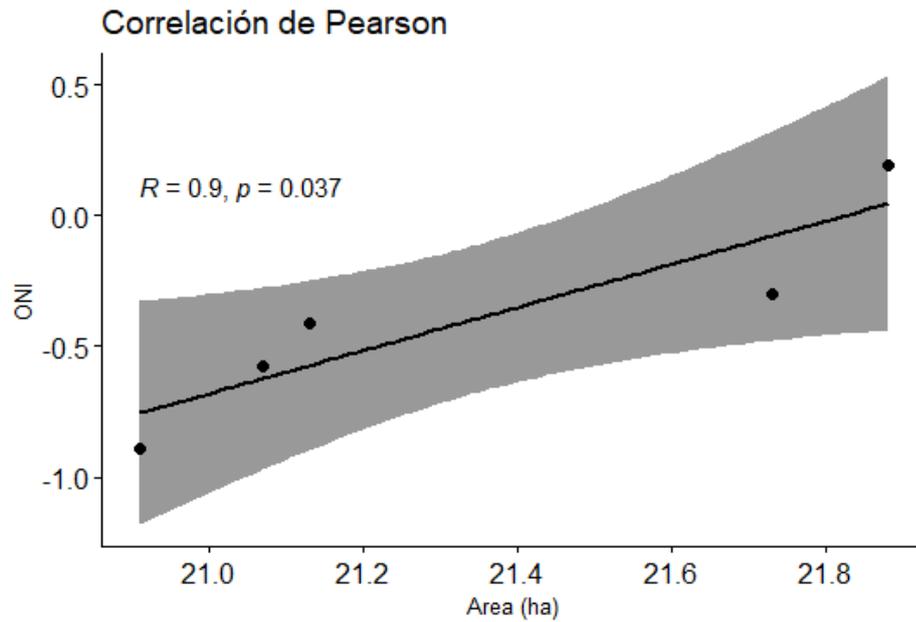


Figura 37. Correlación de Pearson, entre el ONI y la superficie del espejo de agua de la laguna Lasuntay para los meses de el fenómeno de la niña de 2020.

Fuente: elaboración propia

La Fig. 37, muestra la correlación entre el ONI y la superficie del espejo de agua de la laguna Lasuntay para los meses de el fenómeno de la niña de 2020. En donde el valor de $p=0.037$, que evidencia una correlación directa entre las dos variables.

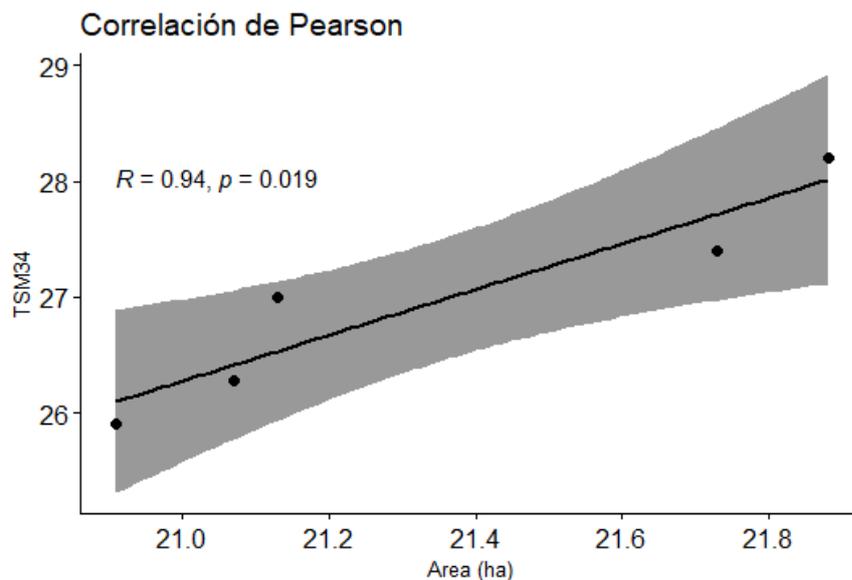


Figura 38. Correlación de Pearson, entre la temperatura superficial del mar (TSM en la región 3.4) y la superficie del espejo de agua de la laguna Lasuntay para los meses de el fenómeno de la Niña de 2020.

Fuente: elaboración propia

La Fig. 38, muestra la relación entre la temperatura superficial del mar (TSM en la región 3.4) y la superficie del espejo de agua de la laguna Lasuntay para los meses de el fenómeno de la Niña de 2020. El gráfico presenta una tendencia ascendente y una relación entre las dos variables, debido a que el valor de $p=0.019$, lo que explica que si hay una correlación entre estas dos variables.

4.6. Discusión de resultados

Características de precipitación y temperatura del nevado de Huaytapallana

Las características de la precipitación y la temperatura durante el período 2015-2021 en el ACR Huaytapallana están influenciadas por la altitud. Las anomalías pueden ser causadas por factores externos, como el fenómeno de El Niño. Se observa que 2016 fue el año con la mayor anomalía en precipitaciones, seguido por 2019. En la figura 21 se muestran las características de la anomalía de la temperatura, donde se registró el promedio más bajo en 2018 y el más alto en 2016. La temperatura promedio mensual en la estación meteorológica de Huaytapallana es de 3.15 °C, influenciada por los efectos de El Niño y La Niña. Esto concuerda con (9), quien en su investigación titulada “Variabilidad de las precipitaciones y sus efectos sobre la respuesta espacio-temporal de cuerpos de agua en la región Pampeana, Argentina”, señala que los eventos extremos de precipitación impactan la variabilidad de la lluvia.

Características del fenómeno ENSO del año 2015 y del año 2020-2021

El fenómeno de El Niño y La Niña son eventos climáticos extremos que influyen en las condiciones meteorológicas en diversas partes del mundo. Estos fenómenos forman parte del sistema conocido como ENSO, que afecta de manera considerable los patrones climáticos y las temperaturas de la superficie del océano en el Pacífico tropical. El Niño se distingue por el calentamiento anómalo de las aguas superficiales en las zonas central y oriental del océano Pacífico ecuatorial. Esto conlleva consecuencias significativas en el clima, provocando lluvias intensas en algunas regiones y sequías en otras (64). Por su parte, La Niña se refiere al enfriamiento de las aguas superficiales en la zona central y oriental del océano Pacífico ecuatorial. Este fenómeno a menudo se relaciona con patrones climáticos que son contrarios a los de El Niño, provocando sequías en ciertas regiones y lluvias intensas en otras (65).

Los fenómenos de El Niño y La Niña pueden tener efectos significativos en los nevados y las regiones montañosas. Estas condiciones climáticas extremas pueden alterar la cantidad de nieve, los patrones de precipitación y la estabilidad de las capas de nieve en estas zonas. En particular, El Niño y La Niña pueden influir en los patrones de precipitación, afectando directamente la acumulación de nieve en las áreas montañosas. Durante La Niña, algunas regiones pueden enfrentar condiciones más secas, lo que disminuye la acumulación de nieve, mientras que en el caso de El Niño, se pueden observar patrones de precipitación más intensos

y un aumento en la acumulación de nieve (66). Además, las variaciones en la cantidad y calidad de la nieve pueden influir en la estabilidad de las capas de nieve, lo que incrementa el riesgo de avalanchas. El aumento de las temperaturas asociado con El Niño puede influir en la transformación de la nieve y la formación de capas débiles, aumentando así el peligro de avalanchas(67).

Los eventos extremos de El Niño de 2015-2016 fue uno de los más fuertes registrados, con impactos significativos en todo el mundo, como en caso de la temperatura en donde, se experimentó un aumento significativo en las temperaturas superficiales del océano Pacífico ecuatorial. Este evento contribuyó al calentamiento global anual, estableciendo récords en las temperaturas promedio globales(68), así como tuvo efecto en los patrones de precipitación en donde se registraron sequías intensas en algunas áreas, como el sudeste asiático y América Central, mientras que otras experimentaron lluvias torrenciales, como en el norte de Sudamérica(69).

Las principales características del Fenómeno El Niño incluyen: el incremento de la Temperatura Superficial del Mar (TSM): Se registraron anomalías de TSM que se extendieron por todo el Pacífico ecuatorial, con temperaturas más elevadas en el hemisferio norte. También tenemos el aumento del calentamiento oceánico, en donde se observa un notable aumento del calentamiento del océano en las costas de Sudamérica, lo que influyó considerablemente en los patrones climáticos de la región. Además, los impactos climáticos a nivel mundial, se producen alteraciones climáticas globales, incluyendo sequías en Centroamérica, Venezuela, Colombia y Brasil, y precipitaciones excesivas en el noreste de Argentina, sur de Brasil, Paraguay, Uruguay, Ecuador y norte de Perú y finalmente la persistencia y disminución, reflejada en las temperaturas anómalas que se mantuvieron altas hasta principios de 2016, comenzando a disminuir gradualmente a partir de marzo de ese año.

(70), mencionan que varias instituciones han analizado y documentado estos eventos. Por ejemplo, el informe del CIIFEN detalla la evolución y los impactos del evento de 2015-2016, subrayando la importancia de monitorear y predecir estos fenómenos para mitigar sus efectos negativos en las comunidades vulnerables .

Otros autores como los que escribieron en la plataforma Redalyc, destacan las anomalías oceánicas y atmosféricas específicas que caracterizaron este evento, así como sus impactos económicos y sociales en América Latina (70).

En conclusión, el fenómeno El Niño de 2015-2016 es un claro ejemplo de cómo las anomalías climáticas pueden tener repercusiones globales significativas. La comparación con el evento de 2020-2021 resalta la variabilidad de estos fenómenos y la necesidad de continuar investigando y desarrollando estrategias de adaptación y mitigación para enfrentar sus efectos.

Relación del fenómeno El Niño del año 2015 con el nivel de espejo de agua de la laguna Lasuntay.

La superficie de espejo de agua de la laguna Lasuntay para el 2015, tuvo un promedio de 19.53 hectáreas, con una mínima de 19.1 y una máxima de 20.38 hectáreas de espejo de agua, según lo indicado en la tabla 26. Se observa la inexistencia de correlación puesto que p mayor que 0.05 y $R=-0.51$ y por ello existe disminución de espejo de agua influenciada por el fenómeno de El Niño, pero no es significativamente alta, por lo que se determinó que el fenómeno de El Niño, no tienen efectos sobre el espejo de agua de la alaguna Lasuntay (10). Discrepando en los resultados con (18), quien en su estudio “Evaluar la pérdida del espejo de agua y la biomasa en la Bahía interior de Puno durante el periodo de 1984 al 2019”, se establece que la pérdida del espejo de agua está directamente relacionada con la biomasa (totora y lenteja de agua). Sin embargo, esta afirmación coincide parcialmente con la metodología empleada, ya que la información recopilada para las imágenes se basó únicamente en los satélites Landsat 5, 6 y 7 utilizando el software ArcGis 10.4.

Relación del fenómeno La Niña del año 2020-2021 con el nivel de espejo de agua de la laguna Lasuntay.

La superficie de espejo de agua de la laguna Lasuntay para el 2020, en donde el promedio del espejo de agua para el año del fenómeno de la niña fue de 21.34 hectáreas, con una mínima de 20.91 y una máxima de 21.88 hectáreas de espejo de agua. Que de acuerdo a los resultados se observa que hay una correlación positiva y fuerte de las variables área del lago y los índices ENSO, por lo que se determina que el fenómeno de La Niña, influye significativamente en el espejo de agua de la laguna Lasuntay. Discrepando con (17) quien es su estudio “Evaluación de la pérdida del espejo de agua de las lagunas Caricocha, Chiriyacu y Huarimacocha mediante el análisis multitemporal de imágenes satelitales en el periodo de 2000 a 2020 y propiedades físico-químicas de aguas y sedimentos para el manejo adecuado del recurso hídrico”, se menciona que en la laguna Huarmicocha se está experimentando un nuevo proceso de reducción. Por otro lado, en Caricocha se habría observado una leve reducción en el pasado, mientras que en la laguna Chiriyacu se identifican tanto un proceso antiguo como uno nuevo de disminución, y al comparar con el análisis multitemporal, se evidencia una reducción notable en sus espejos de agua.

CONCLUSIONES

Conclusión general

- El estudio mostró que el fenómeno El Niño en 2015 no tuvo un impacto significativo en la laguna Lasuntay, ya que la disminución de agua fue pequeña y no se encontró una relación clara. En cambio, el fenómeno La Niña en 2020 sí afectó la laguna, aumentando su nivel de agua de forma notable, lo que muestra una conexión más fuerte entre La Niña y el comportamiento del agua en la laguna.

Conclusiones específicas

- Las características de la precipitación y temperatura en el periodo 2015 a 2021 en el ACR Huaytapallana revela una marcada variabilidad climática en la región. Se observaron promedios anuales de precipitación de 979.39 mm y temperaturas promedio de 3.15 °C. Las variaciones estacionales fueron notables, con mínimos de precipitación en julio (9.72 mm) y máximos en febrero (182.16 mm). En cuanto a la temperatura, los valores más bajos se registraron en julio (2.45 °C), mientras que los más altos ocurrieron en noviembre (3.98 °C). Estos hallazgos resaltan la importancia de comprender y adaptarse a estos patrones climáticos para una gestión efectiva de los recursos naturales y la conservación ambiental en el ACR Huaytapallana.
- Las características del fenómeno ENSO en los años 2015 y 2021, en términos de la TSM en la región 3.4, mostraron diferencias significativas. En el año 2015, se observaron temperaturas máximas, alcanzando 29.41 en el mes de noviembre. En contraste, en el año 2021, se registraron temperaturas mínimas, siendo de 25.3 en el mes de noviembre. Estos datos destacan la variabilidad en las condiciones climáticas asociadas con el fenómeno ENSO a lo largo de los años, lo que subraya la importancia de monitorear y comprender estos eventos para una gestión efectiva de riesgos y adaptación climática.
- La asociación entre el fenómeno El Niño del año 2015 y el nivel del agua en la laguna Lasuntay, dentro del ACR Huaytapallana, reveló un valor de p igual a 0.38, superando el umbral de significancia de 0.05. El coeficiente de correlación (R) fue de -0.51, lo que sugiere una falta de correlación entre el Índice de Oscilación del Sur (ONI) y la superficie del espejo de agua en la laguna Lasuntay. Aunque se observó una disminución en el área del espejo de agua en 19.53 hectáreas, con valores mínimos y máximos de 19.1 y 20.38 hectáreas, respectivamente, no se consideró un efecto significativamente alto del fenómeno El Niño en dicha superficie.

- Se establece una relación directa entre el fenómeno La Niña del año 2020 y el nivel del agua en la laguna Lasuntay del ACR Huaytapallana. Esto se deduce debido a que el valor p, menor a 0.05, y el coeficiente de correlación (R) igual a 0.9, indican una correlación positiva significativa entre el Índice ONI y la superficie del espejo de agua de la laguna Lasuntay. Durante este periodo, se observó un incremento en el área del espejo de agua en 21.34 hectáreas, con valores mínimos y máximos de 20.91 y 21.88 hectáreas, respectivamente. Esto confirma una relación notable entre el fenómeno La Niña y el nivel del agua en la laguna Lasuntay.

RECOMENDACIONES

- Para este tipo de estudios ayuda mucho el software a utilizar para procesar los datos, en este caso utilizar R Project, ayudo a una mejor interpretación de los datos.
- Las resoluciones de las imágenes satelitales son primordiales para obtener un resultado confiable, en este caso trabajar con imágenes Planet Scope, ayudaría a determinar la superficie más exacta debido a su resolución espacial es más detallada. No se utilizó esta imagen debido a que no está disponible para el año 2015 del fenómeno de El Niño.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. VEETIL, Bijeesh Kozhikkodan, WANG, Shanshan, SOUZA, Sergio Florêncio De, BREMER, Franz and SIMÕES, Jefferson Cardia. Glacier monitoring and glacier-climate interactions in the tropical Andes: A review. *Journal of South American Earth Sciences*. 2017. Vol. 17. DOI 10.1016/j.jsames.2017.04.009.
2. LÓPEZ-MORENO, Juan I., FONTANEDA, S., BAZO, J., REVUELTO, Jesús, AZORÍN-MOLINA, César, VALERO-GARCÉS, Blas L., MORÁN-TEJEDA, Enrique, VICENTE SERRANO, Sergio M., ZUBIETA, R. and ALEJO-COCHACHÍN, J. Recent glacier retreat and climate trends in Cordillera Huaytapallana, Peru. *Global and Planetary Change*. 2014. Vol. 112, p. 1–42. DOI 10.1016/j.gloplacha.2013.10.010.
3. HANSHAW, M N and BOOKHAGEN, B. The Cryosphere Glacial areas , lake areas , and snow lines from 1975 to 2012 : status of the Cordillera Vilcanota , including the Quelccaya Ice Cap , northern central Andes , Peru. *The Cryosphere*. 2014. Vol. 8, p. 359–376. DOI 10.5194/tc-8-359-2014.
4. BURNS, Patrick and NOLIN, Anne. Remote Sensing of Environment Using atmospherically-corrected Landsat imagery to measure glacier area change in the Cordillera Blanca , Peru from 1987 to 2010. *Remote Sensing of Environment*. 2014. Vol. 140, p. 165–178. DOI 10.1016/j.rse.2013.08.026.
5. FRANCOU, Bernard, RIBSTEIN, Pierre, WAGNON, Patrick, RAMIREZ, Edson and POUYAUD, Bernard. Glaciers of the Tropical Andes: Indicators of Global Climate Variability. *Advances in Global Change Research*. 2005. P. 197–204. DOI 10.1007/1-4020-3508-x_20.
6. PARIONA RAMIREZ, Karen del Pilar. *Cambio climático y efectos en el Nevado Huaytapallana*. Online. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2015. Available from: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/12586/Pariona_Ramirez_Karen_del_Pilar_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y Trabajo de suficiencia profesional
7. ZUBIETA, Ricardo and LAGOS, Pablo. Estudio de la dinamica superficial de glaciares en la cordillera huaytapallana por sensoramiento remoto: periodo 1976 - 2006 Huancayo – Perú. *Sociedad Geológica del Perú*. Online. 2010. Vol. 9, p. 351–356. Available from: <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/CPG15-086.pdf>
8. HIJAR, Gisely, BONILLA, Catherine, MUNAYCO, Cesar V., GUTIERREZ, Ericson L. and RAMOS, Willy. Fenómeno El Niño y desastres naturales: intervenciones en salud pública para la preparación y respuesta. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. Online. 2 June 2016. Vol. 33, no. 2, p. 300. DOI 10.17843/rpmesp.2016.332.2205.
9. FERRELLI, Federico, SCIENTIFIC, National, ALIAGA, Vanina Solange and SCIENTIFIC, National. temporal de cuerpos de agua en la Región Pampeana , Argentina . Trabajo de aplicación final de la carrera de Especialización en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica aplicados al estudio del Medio Ambiente Alumnos: Federico Ferrelli y Vanina. . 2015. No. December. DOI 10.13140/RG.2.1.1956.0727.
10. MARTINEZ, Diana Angelica. Evaluación De La Pérdida Del Espejo De Agua En La Laguna De Suesca a Través De Imágenes Satelitales. . 2018. No. 1, p. 430–439.
11. PABÓN, JOSE DANIEL; MONTEALEGRE, Jose Edgar. La Variabilidad Climatica Interanual Asociada Al Ciclo El Niño-La Niña–Oscilacion Del Sur Y Su Efecto En El Patron Pluviometrico De Colombia. *Meteorología Colombiana*. 2000. No. January 2000, p. 7–21.

12. FENÓMENO, E L, NIÑO, E L, KURTZ, Ditmar Bernardo, PERUCCA, Alba Ruth, YBARRA, Diego Daniel and LÓPEZ, Carolina Fernández. El fenómeno el niño. *Inta*. 1998. P. 1–18.
13. PABÓN CAICEDO, José Daniel and MONTEALEGRE BOCANEGRA, José Edgar. *Los fenómenos de El Niño y de La Niña, su efecto climático e impactos socioeconómicos*. . 2017. ISBN 9789589205198. 168 p. il.
14. SULCA JOTA, J. *314677-que-ocurre-con-las-lluvias-durante-la-nina*.
15. ORGANIZACIÓN METEREOLÓGICA MUNDIAL (OMM). *Agraria.pe.clima y medio ambiente*. <https://agraria.pe/noticias/fenomeno-la-nina-duraria-hasta-el-primer-trimestre-de-2021-22869>
16. ANDINA. *Racionan agua potable en Huancayo por escasez de recurso hídrico en reservas* Online. Huancayo, 2021. Available from: <https://elinformanteperu.com/index.php/2021/07/11/racionan-agua-potable-en-huancayo-por-escasez-de-recurso-hidrico-en-reservas/#:~:text=Huancayo%2C%2011%20Julio%202021%2C>
17. ALBAN MENDOZA, Quilumba Marilyn. Evaluación de la pérdida del espejo de agua de las lagunas Caricocha, Chiriyacu y Huarmicocha mediante el análisis multitemporal de imágenes satelitales en el período de 2000 a 2020 y propiedades físico-químicas de aguas y sedimentos para el manejo adecuado. . 2021. Vol. 3, no. March, p. 6.
18. WILBERT, Montalvo Gutierrez. Universidad privada san carlos. *Universidad Privada San Carlos-Puno*. 2021. P. 60.
19. LAVADO-CASIMIRO, Waldo and ESPINOZA, Jhan Carlo. Impactos de el niño y la niña en las lluvias del Perú (1965-2007). *Revista Brasileira de Meteorologia*. 2014. Vol. 29, no. 2, p. 171–182. DOI 10.1590/S0102-77862014000200003.
20. ARROYO, Jacinto and GURMENDI, Pedro. Cambios en el régimen hídrico de la laguna Lasuntay y Chuspicocha por variaciones en el Nevado Huaytapallana. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*. 2011. Vol. 01, no. 02, p. 141–150. DOI 10.18259/acs.2011023.
21. VAN LEEUWEN, Willem J.D., HARTFIELD, Kyle, MIRANDA, Marcelo and MEZA, Francisco J. Trends and ENSO/AAO Driven Variability in NDVI Derived Productivity and Phenology alongside the Andes Mountains. *Remote Sensing*. 2013. Vol. 5, no. 3, p. 1177–1203. DOI 10.3390/rs5031177.
22. CASTILLO, Ivón Maritza and RODRÍGUEZ, Miguel Ángel. Dinámica multitemporal de las coberturas y el espejo de agua en la laguna de Fúquene. *Revista Mutis*. 2017. Vol. 7, no. 1, p. 20–33. DOI 10.21789/22561498.1183.
23. SÁNCHEZ, Javier. Hidrología e Hidrogeología. *San Ramon - Dpto. Geología - Universidad Salamanca - España*. 2008. Vol. 1, p. 120–134.
24. TERÁN, WALTER IVÁN VENEROS. VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y OCURRENCIA DE SEQUÍAS EN LA CUENCA DEL RÍO CAJAMARQUINO DURANTE EL PERÍODO 1998 - 2018. . 2021.
25. BERGERON, Tor. *Precipitación*. . 1971.
26. NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION NOAA. *Climate.gov. El Niño & La Niña*.
27. SALAZAR, Pablo C., NAVARRO-CERRILLO, Rafael M., ANCAJIMA, Edwin, DUQUE LAZO, Joaquin, RODRÍGUEZ, Rodolfo, GHEZZI, Iván and MABRES, Antonio. Effect of climate and ENSO events on *Prosopis pallida* forests along a climatic gradient. *Forestry*. 2018. Vol. 91, no. 5, p. 552–562. DOI 10.1093/forestry/cpy014.
28. CAPEL MOLINA, José. El fenómeno ENSO (El Niño. Oscilación del sur) en 1997-

- 1998: alteraciones climáticas inducidas en el mundo. *Nimbus: Revista de climatología, meteorología y paisaje*. 1999. No. 3, p. 37–62.
29. SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN AMBIENTAL SINIA setiembre, Niña. Monitoreo Del Fenomeno “ El Niño”” . 2015.
 30. OTERO, Heli Moreno. Lago y laguna. . 1953. P. 14.
 31. MINAM. *Informe Nacional Sobre el Estado del Ambiente* Online. 2021. Available from: https://sinia.minam.gob.pe/inea/wp-content/uploads/2021/07/INEA-2014-2019_red.pdf
 32. FIBRAS Y NORMAS DE COLOMBIA. *blog fibras & normas*. <https://www.fibrasynormasdecolombia.com/>
 33. MORENO, T. Lagunas Altoandinas Del Sur Del Perú: Características Químicas. *Ciencia & Desarrollo*. 1996. No. 3, p. 89–95.
 34. MALDONADO-FONKEN, Mónica. Introducción a los bofedales de la región Altoandina Peruana. *Mires and Peat*. 2014. Vol. 13, no. 2006, p. 1–13.
 35. WWF, Word Wildlife Fund. Groupe Danone. Los humedales altoandinos. *Estrategia Regional de Humedales Altoandinos*. 2005. P. 19.
 36. HERRERA SILVEIRA, Jorge and MORALES OJEDA, Sara. Lagunas costeras. *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatan*. 2010. P. 24–26.
 37. BERNAL-GARZÓN, Laura. *Diversidad de ostrácodos de la Laguna del Atolón de Serrana (Archipiélago de San Andrés y Providencia) y su posible relación con los cambios climáticos de los últimos-400 años*. 2021..
 38. CAZIANI, Sandra M.; DERLINDATI, Enrique J. Humedales altoandinos del Noroeste de Argentina: su contribución a la biodiversidad regional. Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica, 1999, p. 1-13. *FAUNA*.
 39. ORÉ, Edith Mercedes Maldonado, CÁCERES, Manuel Augusto Aguilar and CERRÓN, Mauro Rodríguez. *Área de Conservación Regional Huaytapallana biodiversidad, paisajes y ritos*. . 202AD. ISBN 9786120077801.
 40. GORE JUNÍN. *Plan maestro del area de conservacion regional Huaytapallana* Online. Huancayo, 2014. Available from: <https://sis.sernanp.gob.pe/biblioteca/descargarPublicacionAdjunto.action?strIdInterno=1753070321784455681569500777245184066>
 41. CASTRO MEDINA, Walter, ZÁRATE GÓMEZ, Ricardo, ÁLVAREZ GÓMEZ, Luis, PALACIOS VEGA, Juan José, TORRES REYNA, Guiuseppe Melecio, MARTÍNEZ VELA, Marcial, OFICINA DE VULNERABILIDAD Y RIESGO POR AMENAZAS NATURALES and MUNICIPALIDAD DE SAN LORENZO. Vulnerabilidad y riesgo por amenazas naturales en el sector Lagunas - San Lorenzo. *Vulnerabilidad y riesgo por amenazas naturales en el sector Lagunas-San Lorenzo*. 2015. Vol. 1, no. N°34, p. 74.
 42. AQUINO, Alberto. PREVENCIÓN DE DESASTRES FRENTE AL FENÓMENO DE EL NIÑO Y PLANES DE CONTINGENCIA Formulación de Planes de Contingencia frente al Fenómeno El Niño para el sector agricultura TERCER FORO ELECTRÓNICO PREVENCIÓN DE DESASTRES FRENTE AL FENÓMENO DE EL NIÑO Y PLAN. . P. 15–17.
 43. INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL, (INDECI). Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales. *Cuaderno Técnico N° 02*. 2011. P. 85.
 44. ONEMI. Previene, Informate y Preparate Aluviones. . 2015.
 45. ZAMRODAH, Yuhanin. Major Causes of Snow Avalanche. . 2016. Vol. 15, no. 2, p. 1–23.

46. CEDE, Ricardo, CABRERA, E., VARGAS, D. M., GALINDO, G., GARCÍA, M.C., ORDOÑEZ, M.F. and ALONSO, Francisco. Fundamentos de la teledetección. *Introducción a la percepción remota y sus aplicaciones Geológicas*. 2011. No. 4, p. 181–218.
47. LÜ, Guonian, BATTY, Michael, STROBL, Josef, LIN, Hui, ZHU, A. Xing and CHEN, Min. Reflections and speculations on the progress in Geographic Information Systems (GIS): a geographic perspective. *International Journal of Geographical Information Science*. 2019. Vol. 33, no. 2, p. 346–367. DOI 10.1080/13658816.2018.1533136.
48. SÁNCHEZ, Pablo. La teledetección enfocada a la obtención de mapas digitales. . 2012. P. 60.
49. JUNCOSA, Ricardo. Climatología. *Hidrología I: Ciclo Hidrológico*. 2013. P. 22.
50. CIDEOD. Fuerza y Presión en los fluidos. *Cideod*. 2012. P. 69–91.
51. ZAPANA, Marco. Cambio Climático, Deglaciación Y Peligros En Áreas Glaciares Y Periglaciares En El Peru Y Ancash. *Sociedad Geológica del Perú*. 2010. Vol. 9, p. 347–350.
52. MATÍAS RAMÍREZ, Lucía Guadalupe. Precipitación ciclónica como un riesgo natural. *Precipitación ciclónica como un riesgo natural*. 2013. DOI 10.22201/dgpyfe.9786070254833e.2013.
53. REVILLA C. Conveccion “Transferencia de calor.” .
54. BELENDEZ, Augusto. Calor y tempefile:///C:/Nueva carpeta/TERMO3.pdfatura. *Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal*. 2017. P. 1–21.
55. PIETRI, Arturo Uslar. La lluvia. . 2003. P. 1–14.
56. CHANG GÓMEZ, José. Limnología : Origen de Lagos. *Escuela Superior Politécnica de Litoral*. 2005. P. 1–25.
57. JIMENEZ HERNANDEZ, AMERICA and TORRE TUBERO L.A., ARACELI D E. La Albufera. *Narria*. 1994. No. 65–66, p. 2–7.
58. OLIVARES, Barlin Orlando, CORTEZ, Adriana, RODRÍGUEZ, María F., REY, Juan C. and LOBO, Deyanira. Information system development of an alternative raingauge network in rural areas. Case state Anzoategui, Venezuela. *Acta Universitaria*. 2016. Vol. 26, no. 4, p. 44–55. DOI 10.15174/au.2016.961.
59. MERUANE, Carolina and GARREAUD, René. Instrumentos Meteorológicos y Humedad Atmosférica - Módulo 1. *Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Geofísica*. 2005. Vol. 19, p. 1–19. Medir el clima
60. COWARDIN, De and SISTEMAS, De Sub-clase. Descriptores de Estándares de Clasificación de Ecosistemas Costeros y Marinos (ECECM) Descriptores físico-químicos. . 1999.
61. EMILIO, Lic and CHEMOR, Chuayffet. *Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)*. . 1996. ISBN 9706287345.
62. DE LA CRUZ SULLCA, Pepe Raú. El hipotético-deductivismo en la explicación de las ciencias sociales. *Horizonte de la Ciencia*. 2020. Vol. 10, no. 18. DOI 10.26490/uncp.horizonteciencia.2020.18.430.
63. BECKER, Fernando Gertum, CLEARY, Michelle and TEAM. Aplicación de los Métodos científicos. *Syria Studies*. 2015. Vol. 7, no. 1, p. 37–72.
64. TRENBERTH, Kevin E. The Definition of El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 1997. Vol. 78, no. 12, p. 2771–2777. DOI 10.1175/1520-0477(1997)078<2771:TDOENO>2.0.CO;2.

65. MCPHADEN, Michael J. Genesis and Evolution of the 1997-98 El Niño. *Science*. Online. 12 February 1999. Vol. 283, no. 5404, p. 950–954. DOI 10.1126/science.283.5404.950. The 1997–98
66. BENISTON, M. and JUNGO, P. Shifts in the distributions of pressure, temperature and moisture and changes in the typical weather patterns in the Alpine region in response to the behavior of the North Atlantic Oscillation. *Theoretical and Applied Climatology*. 2002. Vol. 71, no. 1–2, p. 29–42. DOI 10.1007/s704-002-8206-7.
67. CAREY, Mark, HUGGEL, Christian, BURY, Jeffrey, PORTOCARRERO, César and HAEBERLI, Wilfried. An integrated socio-environmental framework for glacier hazard management and climate change adaptation: Lessons from Lake 513, Cordillera Blanca, Peru. *Climatic Change*. 2012. Vol. 112, no. 3–4, p. 733–767. DOI 10.1007/s10584-011-0249-8.
68. KARL, Thomas R., ARGUEZ, Anthony, HUANG, Boyin, LAWRIKMORE, Jay H., MCMAHON, James R., MENNE, Matthew J., PETERSON, Thomas C., VOSE, Russell S. and ZHANG, Huai-Min. Possible artifacts of data biases in the recent global surface warming hiatus. *Science*. Online. 26 June 2015. Vol. 348, no. 6242, p. 1469–1472. DOI 10.1126/science.aaa5632.
69. FUNK, Chris, PETERSON, Pete, LANDSFELD, Martin, PEDREROS, Diego, VERDIN, James, SHUKLA, Shraddhanand, HUSAK, Gregory, ROWLAND, James, HARRISON, Laura, HOELL, Andrew and MICHAELSEN, Joel. The climate hazards infrared precipitation with stations - A new environmental record for monitoring extremes. *Scientific Data*. 2015. Vol. 2, p. 1–21. DOI 10.1038/sdata.2015.66.
70. MARTÍNEZ, Rodney, ZAMBRANO, Eduardo, NIETO LÓPEZ, Juan José, HERNÁNDEZ, Julián and COSTA, Felipe. Evolución, vulnerabilidad e impactos económicos y sociales de El Niño 2015-2016 en América Latina. *Investigaciones Geográficas*. 2017. No. 68, p. 65. DOI 10.14198/ingeo2017.68.04.

ANEXOS

Anexo 1: Datos de entrada para el estudio de comportamiento del nivel de espejo de agua de la laguna Lasuntay durante el fenómeno de la niña 2020-2021 en el área de conservación regional Huaytapallana

Tabla 9. Datos de ONI, SOI y TSM34 como datos continentales del fenómeno de El niño, y los datos de Temperatura y Precipitación de la estación de Huaytapallana de manera mensual.

Date	Year	Month	ONI	SOI	TSM3.4	Temperatura	Precip.
1/01/2015	2015	Ene.	0.55	-0.8	27.07	2.68	162.8
1/02/2015	2015	Feb.	0.46666667	0.2	27.2	3.16	174.3
1/03/2015	2015	Mar.	0.53	-0.7	27.78	3.03	120.7
1/04/2015	2015	Abr.	0.69666667	0	28.53	2.58	86.1
1/05/2015	2015	May.	0.93	-0.7	28.86	2.98	51.9
1/06/2015	2015	Jun.	1.18	-0.6	28.9	2.75	15.4
1/07/2015	2015	Jul.	1.51666667	-1.1	28.74	2.87	10.9
1/08/2015	2015	Ago.	1.86	-1.4	28.78	2.92	5.6
1/09/2015	2015	Set.	2.16333333	-1.6	28.92	3.09	25
1/10/2015	2015	Oct.	2.42333333	-1.7	29.07	3.42	43.9
1/11/2015	2015	Nov.	2.57333333	-0.5	29.41	4.2	75.9
1/12/2015	2015	Dic.	2.64	-0.6	29.26	3.52	138.7
1/01/2016	2016	Ene.	2.48333333	-2.2	29.12	4.64	111.2
1/02/2016	2016	Feb.	2.13666667	-2	29.02	4.29	206.1
1/03/2016	2016	Mar.	1.58333333	-0.1	28.92	4.49	97.5
1/04/2016	2016	Abr.	0.93666667	-1.2	28.74	4.24	75.3
1/05/2016	2016	May.	0.39	0.4	28.25	3.88	21.6
1/06/2016	2016	Jun.	-0.06666667	0.6	27.72	3	14
1/07/2016	2016	Jul.	-0.35666667	0.4	26.83	2.67	4.3
1/08/2016	2016	Ago.	-0.53666667	0.7	26.3	2.48	18.4
1/09/2016	2016	Set.	-0.62666667	1.2	26.16	2.62	48
1/10/2016	2016	Oct.	-0.69	-0.3	25.99	4.1	0
1/11/2016	2016	Nov.	-0.66666667	-0.1	25.96	3.84	55.3
1/12/2016	2016	Dic.	-0.56333333	0.3	26.11	3.61	124
1/01/2017	2017	Ene.	-0.33666667	0.2	26.13	2.69	196.8
1/02/2017	2017	Feb.	-0.16	-0.1	26.68	3.15	160.8
1/03/2017	2017	Mar.	0.05333333	0.9	27.33	3.04	164.8
1/04/2017	2017	Abr.	0.2	-0.2	28.03	3.42	124.1

1/05/2017	2017	May.	0.3	0.3	28.29	3.09	67.1
1/06/2017	2017	Jun.	0.31333333	-0.4	28.06	2.47	1.3
1/07/2017	2017	Jul.	0.14	0.8	27.55	2.24	9.71666667
1/08/2017	2017	Ago.	-0.11333333	0.5	26.71	2.81	10.8933333
1/09/2017	2017	Set.	-0.38333333	0.6	26.29	2.67	49.3
1/10/2017	2017	Oct.	-0.65	0.9	26.15	3.4	75
1/11/2017	2017	Nov.	-0.83666667	0.9	25.75	4.16	84.9
1/12/2017	2017	Dic.	-0.97666667	-0.1	25.61	3.4	129.2
1/01/2018	2018	Ene.	-0.91666667	1.1	25.58	2.71	172.7
1/02/2018	2018	Feb.	-0.85333333	-0.5	25.99	3.22	196.1
1/03/2018	2018	Mar.	-0.69666667	1.5	26.5	3.2	175.1
1/04/2018	2018	Abr.	-0.50333333	0.5	27.33	2.63	84.2
1/05/2018	2018	May.	-0.22	0.4	27.75	3.07	17.1
1/06/2018	2018	Jun.	-0.01	-0.1	27.79	2.01	17
1/07/2018	2018	Jul.	0.08666667	0.2	27.44	1.76	20.5
1/08/2018	2018	Ago.	0.22666667	-0.3	26.97	1.64	12.5
1/09/2018	2018	Set.	0.48666667	-0.9	27.21	2.53	33.4
1/10/2018	2018	Oct.	0.75666667	0.4	27.64	2.98	105.1
1/11/2018	2018	Nov.	0.89666667	-0.1	27.63	4.45	60.9
1/12/2018	2018	Dic.	0.81333333	1	27.5	3.34	94.7
1/01/2019	2019	Ene.	0.75	0	27.21	3.4	165.5
1/02/2019	2019	Feb.	0.72	-1.4	27.49	3.28	221
1/03/2019	2019	Mar.	0.71	-0.3	28.11	3.61	165.2
1/04/2019	2019	Abr.	0.65666667	0.1	28.46	3.4	53
1/05/2019	2019	May.	0.54	-0.4	28.5	3.51	65.1
1/06/2019	2019	Jun.	0.45	-0.5	28.19	3.03	16.2
1/07/2019	2019	Jul.	0.28	-0.4	27.65	2.37	14.8
1/08/2019	2019	Ago.	0.14333333	-0.1	26.91	2.12	10.3
1/09/2019	2019	Set.	0.18666667	-1.2	26.77	2.68	28.7
1/10/2019	2019	Oct.	0.34666667	-0.4	27.22	3.05	60.8
1/11/2019	2019	Nov.	0.50666667	-0.8	27.24	3.59	107.5
1/12/2019	2019	Dic.	0.54666667	-0.6	27.13	3.59	238.2
1/01/2020	2020	Ene.	0.49666667	0.2	27.16	3.58	132.4
1/02/2020	2020	Feb.	0.48333333	-0.1	27.14	3.87	226
1/03/2020	2020	Mar.	0.40333333	-0.1	27.78	3.46	160.8
1/04/2020	2020	Abr.	0.19	0.2	28.2	3.34	91
1/05/2020	2020	May.	-0.08333333	0.4	27.67	3.34	62.2

1/06/2020	2020	Jun.	-0.30333333	-0.4	27.4	3.47	6.7
1/07/2020	2020	Jul.	-0.41	0.4	27	2.98	5.2
1/08/2020	2020	Ago.	-0.57333333	1.1	26.28	3.49	0.3
1/09/2020	2020	Set.	-0.89	0.9	25.9	2.53	43.3
1/10/2020	2020	Oct.	-1.16666667	0.5	25.48	2.65	50.4
1/11/2020	2020	Nov.	-1.27333333	0.7	25.3	4.19	13.9
1/12/2020	2020	Dic.	-1.18666667	1.8	25.46	3.36	173.9
1/01/2021	2021	Ene.	-1.04666667	1.9	25.56	3.11	205.2
1/02/2021	2021	Feb.	-0.93	1.5	25.76	3.41	90.8
1/03/2021	2021	Mar.	-0.84	0.4	26.5	2.41	162.1
1/04/2021	2021	Abr.	-0.66	0.3	27.11	3.22	97
1/05/2021	2021	May.	-0.48666667	0.5	27.48	2.7	27.3
1/06/2021	2021	Jun.	-0.37666667	0.4	27.45	2.61	13.9
1/07/2021	2021	Jul.	-0.4	1.4	26.9	2.24	2.6
1/08/2021	2021	Ago.	-0.49	0.6	26.32	2.48	18.2
1/09/2021	2021	Set.	-0.67333333	0.8	26.16	2.25	58.2
1/10/2021	2021	Oct.	-0.81	0.7	25.78	3.75	60.5
1/11/2021	2021	Nov.	-0.98	1	25.76	3.47	155.1
1/12/2021	2021	Dic.	-0.98333333	1.5	25.54	3.96	102.3

Tabla 10. Los datos de la superficie de agua (área) para el fenómeno de El niño del 2015 parta la laguna Lasuntay

Mes	Año	Área(ha)	ONI	SOI	TSM34	Temperatura	Precipitación
Abril	2015	20.38	0.69666667	0	28.53	2.58	86.1
Junio	2015	19.43	1.18	-0.6	28.9	2.75	15.4
Julio	2015	19.1	1.51666667	-1.1	28.74	2.87	10.9
Agosto	2015	19.1	1.86	-1.4	28.78	2.92	5.6
Octubre	2015	19.65	2.42333333	-1.7	29.07	3.42	43.9

Tabla 11. Los datos de la superficie de agua (área) para el fenómeno de La niña del 2020 parta la laguna Lasuntay

Mes	Año	Área (ha)	ONI	SO I	TSM3 4	Temperatura	Precipitación
Abril	2020	21.88	0.19	0.2	28.2	3.34	91
Junio	2020	21.73	-0.30333333	-0.4	27.4	3.47	6.7
Julio	2020	21.13	-0.41	0.4	27	2.98	5.2
Agosto	2020	21.07	-0.57333333	1.1	26.28	3.49	0.3
Setiembre	2020	20.91	-0.89	0.9	25.9	2.53	43.3

Anexo 2: Script de descarga de las imágenes de Landsat de GEE

a) Landsat 7

```
// Define time variables.

var startDate='2015-06-01';

var endDate='2015-06-30';

// Define the cloud mask function.

function maskSrClouds(image){

  // Bit 0 - Fill

  // Bit 1 - Dilated Cloud

  // Bit 2 - Cirrus

  // Bit 3 - Cloud

  // Bit 4 - Cloud Shadow

  var qaMask=image.select('QA_PIXEL').bitwiseAnd(parseInt('11111',

    2)).eq(0);

  var saturationMask=image.select('QA_RADSAT').eq(0);

  return image.updateMask(qaMask)

    .updateMask(saturationMask);

}

// Define Landsat 7 Level 2, Collection 2, Tier 1 collection.

var landsat7=ee.ImageCollection('LANDSAT/LE07/C02/T1_L2');

// Scaling factors for L7.

function applyScaleFactorsL7(image){

  var opticalBands=image.select('SR_B.').multiply(0.0000275).add(-

    0.2);

  var thermalBand=image.select('ST_B6').multiply(0.00341802).add(

    149.0);

  return image.addBands(opticalBands, null, true)

    .addBands(thermalBand, null, true);

}
```

```

}

// Filter collection, apply cloud mask, and scaling factors.

var landsat7FiltMasked=landsat7

  .filterBounds(country) // country es el limite del area de estudio

  .filterDate(startDate, endDate)

  .filter(ee.Filter.lessThan('CLOUD_COVER', 50))

  .map(maskSrClouds)

  .map(applyScaleFactorsL7);

// Create composite.

var landsat7compositeMasked=landsat7FiltMasked

  .median()

  .clip(country);

Map.addLayer(landsat7compositeMasked,

  {

    bands: ['SR_B3', 'SR_B2', 'SR_B1'],

    min: 0,

    max: 0.2

  },

  'L7 composite masked');

var landhyo = landsat7compositeMasked.select(['SR_B3', 'SR_B2', 'SR_B1']); // PARA
EXPORTAR IMAGEN POR BANDAS

Export.image.toDrive({

  image:landhyo,

  description:'Land_junio',

  folder:'GEE_export_LAND',

  fileNamePrefix:'Land_junio',

  region:country,

  scale:10,

```

```
maxPixels: 1e13,  
  })
```

b) Landsat 8

```
// DESCARGA DE LANDSAT 8
```

```
var landsatCollection = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C01/T1')
```

```
  .filterDate('2015-12-01', '2015-12-30')
```

```
  .filterBounds(roi); // roi es el limite del area de estudio
```

```
// Make a cloud-free composite.
```

```
var composite = ee.Algorithms.Landsat.simpleComposite({
```

```
  collection: landsatCollection,
```

```
  asFloat: true
```

```
});
```

```
// Clip composite to roi
```

```
var clipped_composite = composite.clip(roi);
```

```
// Visualize the Composite using different spectral band combinations to help you identify  
object
```

```
Map.addLayer(clipped_composite, {bands: ['B4', 'B3', 'B2'], max: 0.5, gamma: 2}, 'Natural  
color', true);
```

```
// Center map on the clipped composite
```

```
Map.centerObject(clipped_composite);
```

```
var landhyo = clipped_composite.select(['B4', 'B3', 'B2']);
```

```
// PARA EXPORTAR IMAGEN POR BANDAS
```

```
Export.image.toDrive({
```

```
  image:landhyo,
```

```
  description:'Land_octubre',
```

```
  folder:'GEE_export_LAND',
```

```
  fileNamePrefix:'Land_octubre',
```

```
region:roi,  
scale:10,  
maxPixels: 1e13,  
})
```

Anexo 3: Script de descarga de las imágenes de Sentinel 2

```
// Selección y carga de imagen Sentinel 2 Nivel-2A.

//var ar1= table.filter(ee.Filter.eq("Name", "1"))

//var ar7= table.filter(ee.Filter.eq("Name", "1")) //shp

var imagen = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S2_SR")

.filterDate('2020-12-01', '2020-12-30')

.filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 100))

.filterBounds(region) // region es el limite del area de estudio

.median();

print(imagen)

Map.addLayer(imagen)

Map.addLayer(region, {color:"red"});

//

var imagenClip = imagen

.clip(region);

//Parámetros de visualización de la imagen. 'B8A', 'B11', 'B4' //AGUA

var paramsVisual = {bands: ['B8A', 'B11', 'B4'], min: 1000, max: 5000, gamma: 2.1}; //2.1

// Despliegue de la imagen Sentinel 2.

//Map.setCenter(-76.516946, 3.427947, 10);

Map.addLayer(imagenClip, paramsVisual, 'Sentinel 2 Nivel-2A');

var sentinelhyo = imagenClip.select(['B11','B8A', 'B4']); // PARA EXPORTAR IMAGEN POR BANDAS

Export.image.toDrive({

  image:sentinelhyo,

  description:'Sent_setiembre',

  folder:'GEE_export_RF',

  fileNamePrefix:'Sent_setiembre',
```

```
region:region,  
scale:10,  
maxPixels: 1e13,  
})
```

Anexo 04. Solicitud para el acceso a los datos de SENAMHI



Ing. Elizabeth Oré Nuñez
eore@continental.edu.pe
(064)481430 – anexo 7232

“Año de la Universalización de la Salud”

Huancayo, 04 de setiembre de 2020

JOSÉ PERCY BARRÓN LÓPEZ
Gerente General
SENAMHI
Presente. -

De mi consideración:

Por medio de la presente es grato dirigirme a usted a nombre de la Facultad de Ingeniería de la UNIVERSIDAD CONTINENTAL para presentar ante usted a la Srta. **YULIANA YACIRA ERASO TIZA**, de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental, identificada con número de **DNI 70380922**, quien desea obtener información que no está libre al acceso público sobre **COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS EN EL PERIODO 2010 AL 2020**, a fin de complementar el trabajo de investigación conducente al grado de bachiller que la mencionada viene realizando. Por lo que, le solicito tenga a bien brindarle las facilidades que el caso requiere a fin de que pueda lograr con éxito su cometido.

Esperando su gentil apoyo, aprovecho la oportunidad para expresarle las muestras de mi especial consideración.

Atentamente.

Cc
Archivo
EON/lru

ucontinental.edu.pe

Arequipa

Av. Los Incas S/N,
José Luis Bustamante y Rivero
(054) 412 030

Calle Alfonso Ugarte 607, Yanahuara
(054) 412 030

Huancayo

Av. San Carlos 1980
(084) 481 430

Cusco

Urb. Manuel Prado - Lote B, N° 7 Av. Collasuyo
(084) 480 070

Sector Angostura KM. 10,
carretera San Jerónimo - Saylla
(084) 480 070

Lima

Av. Alfredo Mendiola 5210, Los Olivos
(01) 213 2760

Jr. Junín 355, Miraflores
(01) 213 2760
