



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Impacto de la variabilidad climática en los componentes ecológicos
de los Pantanos de Villa mediante el Sistema de Información
Geográfica, 2000-2020

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Luna Ayala, Kenia Katerina (ORCID: 0000-003-3563-4241)

Naquiche Yesquen, Dagnert Luis (ORCID: 0000-0003-4253-808X)

ASESOR:

Dr. Jave Nakayo, Jorge Leonardo (ORCID: 0000-0003-3536-881X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2020

Dedicatoria

A dios, por estar presente en nuestro camino, por permitir cumplir nuestras metas y por otorgarnos confianza, perseverancia, amor y fuerza día a día.

A nuestros queridos abuelos, padres y hermanos quienes son pilares de nuestras vidas, por el apoyo y gran amor que nos brindan.

Agradecimiento

A nuestro asesor el Dr. Jave Jorge, por guiarnos en el desarrollo de la investigación, por la motivación, comprensión y colmarnos de conocimiento, a nuestras amistades por su gran apoyo moral.

Índice de Contenidos

Índice de tablas	i
Índice de gráficos y figuras.....	iii
RESUMEN	v
ABSTRAC	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	7
II. MARCO TEÓRICO	9
III. METODOLOGÍA.....	48
3.1. Tipo de investigación.....	48
3.2. Variables y Operacionalización	48
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	49
3.4. Procedimiento	50
3.5. Método de análisis de datos.....	61
3.6. Aspectos éticos	61
IV. RESULTADOS	62
V. DISCUSIÓN.....	97
VI. CONCLUSIONES.....	101
VII. RECOMENDACIONES	102
REFERENCIAS.....	103
ANEXOS	112

Índice de tablas

Tabla 1. Procesos en los humedales naturales que dan lugar a la mejora de la calidad de agua	36
Tabla 2. Diversidad de aves en el humedal Pantanos de Villa	36
Tabla 3. Estado de diversidad de flora Vasculare de los Pantanos de Villa	37
Tabla 4. Característica de imagen Landsat 7	41
Tabla 5. Características de imagen Landsat 8	42
Tabla 6: Variables de investigación	48
Tabla 7. Jueces Expertos	50
Tabla 8. Prueba de normalidad de las variables climáticas y componentes ecológicos del Refugio de vida Silvestre Pantanos de Villa	62
Tabla 9. Correlación de Spearman sobre el índice de vegetación NDVI (territorio sin vegetación) en el periodo 2000 a 2020.	63
Tabla 10. Correlación de Spearman sobre el índice de vegetación NDVI (vegetación mixta) en el periodo 2000 a 2020.....	64
Tabla 11. Correlación de Spearman sobre el índice de vegetación NDVI (vegetación densa) en el periodo 2000 a 2020.	65
Tabla 12. Correlación de Spearman´s sobre el índice de vegetación NDVI (evapotranspiración) en el periodo 2000 a 2020.	66
Tabla 13. Clases y área de NDVI del Humedal Pantanos de Villa del año 2000	74
Tabla 14: Clases y área de NDVI del Humedal Pantanos de Villa del año 2005	76
Tabla 15. Clases y área de NDVI del Humedal Pantanos de Villa del año 2010	78
Tabla 16. Clases y área de NDVI del Humedal Pantanos de Villa del año 2015	80
Tabla 17. Clases y área de NDVI del Humedal Pantanos de Villa del año 2020	82
Tabla 18. Identificación de Unidades de Vegetación con imágenes satelitales	87
Tabla 19. Balance hídrico del año 2000	91
Tabla 20. Balance hídrico del año 2005	92
Tabla 21. Balance hídrico del año 2010	93

Tabla 22. Balance hídrico del año 2015	94
Tabla 23. Balance hídrico del año 2020	95
Tabla 24: Matriz de Operacionalización de variables	112
Tabla 25: Instrumento de datos de tiempo 2000-2020	115
Tabla 26: Instrumento de imágenes satelitales – LANDSAT 7 Y LANDSAT 8	116
Tabla 27: Instrumento de unidades de vegetación con imágenes satelitales.	117
Tabla 28: Precipitaciones Mensuales del 2000 hasta mayo 2020	120
Tabla 29: Temperatura Máxima mensual de 2000 a mayo 2020	121
Tabla 30: Temperatura Mínima mensual de 2000 a mayo 2020	122
Tabla 31: Evapotranspiración Potencial Mensual del año 2000 a mayo 2020	123

Índice de figuras

Figura 1: Anomalías de Temperatura Superficial del Mar	23
Figura 2: Anomalías del Nivel del Mar (m)	24
Figura 3: Estimación por varios autores del área de humedales en el mundo por zona climática.....	29
Figura 4: Escala espacial a la que actúan los distintos factores que regulan y/o alteran el funcionamiento de los humedales y sus efectos.....	30
Figura 5: Modelo conceptual de los elementos que definen a un humedal.	32
Figura 6: Funciones y servicios de los humedales	33
Figura 7: Ubicación de Pantanos de Villa.....	35
Figura 8: Funciones de Sistema de Información Geográfica.....	38
Figura 9: Funciones de Sistema de Información Geográfica.....	39
Figura 10: Obtención de data histórica.....	52
Figura 11: Procesamiento de imágenes satelitales Landsat 7 y Landsat 8	55
Figura 12: NDVI (índice de vegetación de Diferencia Normalizada)	57
Figura 13: Procedimiento general	60
Figura 14: Anomalías anuales de precipitación del año 2000 a 2019	67
Figura 15: Climograma de los Pantanos de Villa periodo 2000 a 2020	68
Figura 16: Serie de tiempo de humedad relativa periodo 2000 – 2020	68
Figura 17: Serie de tiempo de velocidad del viento periodo 2000 - 2020.....	69
Figura 18: Serie de tiempo de Insolación periodo 2000 a 2020	70
Figura 19: Combinación de la banda 6, 5 y 2 para la vegetación.....	71
Figura 20: Combinación de la banda 6, 5 y 2 para la vegetación.....	71
Figura 21. Mapa de NDVI del Humedal Pantanos de Villa del año 2000	73
Figura 22: Mapa de NDVI del Humedal Pantanos de Villa del año 2005	75
Figura 23: Mapa de NDVI del Humedal Pantanos de Villa del año 2010	77
Figura 24: Mapa de NDVI del Humedal Pantanos de Villa del año 2015	79
Figura 25: Mapa de NDVI del Humedal Pantanos de Villa del año 2020	81
Figura 26: Variación de Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) del año 2000 a 2020.....	82
Figura 27: Unidades de vegetación año 2000	84
Figura 28: Unidades de vegetación año 2020	86
Figura 29: Variación de Evapotranspiración Potencial Mensual del año 2000 a 2020	89

Figura 30: Porcentaje de túrnitin	114
Figura 31: Registro en servidores USGS de la Nasa	118
Figura 32: Datos meteorológicos de la agencia Power data (NASA)	119

RESUMEN

Los distintos componentes ecológicos de ecosistemas frágiles como lo es el Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa, son afectados naturalmente por las fluctuaciones de la variabilidad climática, principalmente por sus elementos climatológicas de temperatura, precipitación, humedad, velocidad del viento e insolación desarrollando un desequilibrio funcional y estructural en todo su rango geográfico. El impacto de la vegetación por la variabilidad climática se determinó a base del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) conjuntamente con datos climáticos para la temporada de verano del periodo 2000 hasta el 2020 (mayo) mediante imágenes satelitales Landsat 7 ETM+, Landsat 8 OLI y sistemas de información geográfica (SIG). Adicionalmente se identificó unidades de vegetación presentes en el humedal. Para el componente abiótico se realizó un balance hídrico en el humedal para determinar si los elementos climáticos influyen en esta temporada, se aplicaron un análisis de correlación de Spearman para ambas variables. Los resultados mostraron que el Índice de vegetación normalizada (NDVI) varía en cada año, siendo la vegetación más vigorosa en 2020, con un índice de 0.548 además, la vegetación en temporada seca experimentó una correlación directa media de 0.313 con la precipitación y una correlación inversa con la insolación con -0.171 , así mismo se identificó 4 unidades de vegetación para el año 2000 y 7 unidades de vegetación con mayor distribución de gramadales en el 2020, el balance hídrico respecto a la escorrentía experimentó una correlación directa fuerte con la precipitación en todo el rango de tiempo. En base a los resultados se llegó a la conclusión que algunos elementos climáticos tienen un mayor impacto sobre los componentes ecológicos y que se existen más factores ambientales complementarios al estudio de un ecosistema.

Palabras clave: Variabilidad climática, humedales, sistemas información geográfica, componentes ecológicos.

ABSTRACT

The different ecological components of fragile ecosystems such as Pantanos de Villa Wildlife Refuge are naturally affected by the fluctuations of climate variability, mainly due to the climate elements of temperature, precipitation, humidity, wind speed and sunshine, developing a functional and structural imbalance throughout its geographical range. The impact on vegetation of climate variability was determined based on the normalized vegetation index (NDVI) together with climate data for the dry season from 2000 to 2020 (May). Using Landsat 7 ETM+, Landsat 8 OLI and geographic information systems (GIS) satellite images, vegetation units present in the wetland were also identified. For the abiotic component, a water balance was carried out in the wetland to determine if climatic elements influence this season, a Spearman correlation analysis was applied for both variables. The results showed that the Normalized Vegetation Index (NDVI) varies in each year, with the most vigorous vegetation in 2020 having an index of 0.548. In addition, dry season vegetation experienced a mean direct correlation of 0.313 with precipitation and an inverse correlation with insolation with - 0.171, as well as 4 vegetation units for the year 2000 and 7 vegetation units with a greater distribution of grasses in 2020, the water balance with respect to runoff experienced a strong direct correlation with precipitation throughout the time range. Based on the results, it was concluded that some climatic elements have a greater impact on ecological components and that there are more environmental factors complementary to the study of an ecosystem.

Keywords: Climate variability, wetlands, geographic information systems, ecological components.

I. INTRODUCCIÓN

La **realidad problemática** de la presente investigación se centró en los impactos que origina la variabilidad climática en los componentes ecológicos del ecosistema frágil Pantanos de Villa, considerado como un factor de riesgo para la biodiversidad debido a que modifica su relieve geográfico haciendo que disminuya la cubierta vegetal, desequilibra las funciones ecológicas y geoquímicas. Por consiguiente, altera los hábitats de distintos organismos existentes del refugio de vida silvestre. A nivel internacional, los efectos de la variabilidad climática son generados por la variación de los indicadores meteorológicos afectando los componentes ecológicos, estos efectos se evidencian en el aumento de la temperatura global, cambios en las precipitaciones que generan un impacto en ecosistemas terrestres frágiles como los humedales y acuáticos, un claro ejemplo es la disminución de 10% de los arrecifes de coral (OMM, 2020). En el Perú todos los humedales concentran el 40% de la biodiversidad cumpliendo con proveer de servicios ambientales (MINAM 2019), pero son degradados por diferentes actividades antropogénicas y cambios del clima repentinos.

Por ello se planteó en resolver el **problema** ¿Cuál será el impacto de la variabilidad climática en los componentes ecológicos de los Pantanos de Villa mediante el Sistema de Información Geográfica en periodo 2000- 2020?, y como **problemas específicos**: ¿De qué manera la variabilidad climática impacta en el Índice de Vegetación de los Pantanos de Villa en el periodo 2000- 2020?, ¿De qué manera la variabilidad climática impacta en las unidades de vegetación de los Pantanos de Villa en el periodo 2000- 2020? y ¿De qué manera la variabilidad climática impacta en el balance hídrico de los Pantanos de Villa en el periodo 2000- 2020?.

Debido al contexto e importancia del tema, la investigación se **justificó** en generar un impacto positivo en reforzar las medidas de conservación del ecosistema frágil costero debido a que alberga una gran biodiversidad entre ellos peces, insectos, crustáceos, reptiles anfibios y más 250 especies de aves y dar continuidad de seguir otorgando los servicios ecosistémicos para mantener un equilibrio entre la naturaleza y la población. Así mismo adopta la esencia de lograr un buen manejo de los recursos naturales, otorgar ideas para reformular la gestión ambiental ya que las autoridades no cumplen eficientemente con el cuidado del

humedal reflejándose en deterioro del paisaje natural, proporcionar información relevante y entendible para la población que desea conocer los servicios ambientales que ofrece y la problemática que afronta debido a la variabilidad climática, dar a conocer ante la comunidad científica del uso del programa GIS como alternativa para estudiar los efectos de la variabilidad climática permitiendo encontrar nuevos métodos, descubrimientos que aporten en conservar la biodiversidad y en mejorar la calidad ambiental.

Por ello, el **propósito general** fue determinar el impacto de la variabilidad climática en los componentes ecológicos de los Pantanos de Villa mediante el Sistema de Información Geográfica periodo 2000 – 2020 y los **objetivos específicos** planteadas fueron: Determinar el impacto de la variabilidad climática en el Índice de Vegetación de los Pantanos de Villa en el periodo 2000- 2020, Determinar el impacto de la variabilidad climática en las unidades de vegetación de los Pantanos de Villa en el periodo 2000- 2020 y Determinar el impacto de la variabilidad climática en el balance hídrico de Pantanos de Villa en el periodo 2000-2020.

De acuerdo a los problemas planteados se tuvo la siguiente **hipótesis general**: La variabilidad climática genera impacto negativo en los componentes ecológicos de los Pantanos de Villa en periodo 2000-2020, como Hipótesis específicas se tuvo: La variabilidad climática genera impacto negativo en el Índice de Vegetación de los Pantanos de Villa, La variabilidad climática genera impacto negativo en las unidades de vegetación de los Pantanos de Villa y La variabilidad climática genera impacto negativo en el balance hídrico de los Pantanos de Villa

II. MARCO TEÓRICO

Existen estudios e investigaciones que integran y aprovechan de manera eficiente el uso de herramientas geográficas para determinar cambios en el tiempo dentro de un espacio geográfico. Entre los principales antecedentes para la investigación son:

Gil y Pérez (2019) aplicaron técnicas de completado de datos faltantes y detección de datos extremos en la provincia de Murcia para la caracterización y contextualización climática de alta resolución espacio temporal. Sus resultados mostraron un significativo proceso de calentamiento del aire, las precipitaciones presentaron un comportamiento mas variable y menos definido. Por lo tanto, el cambio en la caracterización climática indica de un rápido proceso de alteración climática.

García y Némiga (2015) evaluaron los mecanismos de adaptación de las comunidades costeras en relación con los impactos e la variabilidad climática sobre los ecosistemas marinos y costeros. Aplicaron técnica de observación no participante y encuesta. Identificaron que la población percibe la influencia de la variabilidad climática, como en el aumento del mar y aumento de temperatura atmosférica. Concluyeron que las comunidades se han adaptado a los cambios presentados por la variabilidad climática, sin una planificación.

Xie et al (2019) realizaron uso integrado de los datos GRACE y datos meteorológicos para caracterizar variaciones de almacenamiento de agua terrestre (TWS) en la cuenca de río Amarillo y la relación que existe con la variabilidad climática. Los resultados indicaron que existió una disminución significativa del TWS a una tasa de $-4,6 \pm 1,4$ mm/año. Las variables que incluyen la precipitación, el PET y el NDVI tuvieron un coeficiente de correlación (r) de 0,76, -0,63 y -0,38 respectivamente con el TWS a escala anual, el cual se atribuyó con la variabilidad climática.

Oindo, Por y Skidmore (2016) demostraron que el índice de vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) Derivado de Radiómetro de Muy Alta Resolución Avanzada (AVHRR) tuvo correlación con variables climáticas que incluyeron la lluvia, evapotranspiración real y productividad primaria neta.

Singh, Bhardwaj y Verma (2020) emplearon sistemas de información geográfica (GIS) conjuntamente con datos de los satélites LAT-IV y Resourcesat 2 para evaluar y analizar la variación de uso y cobertura de suelo presentes en los humedales de la India para el periodo 2014- 2018 para la elaboración de la cartografía usaron mapas topográficos con una escala de 1: 50000 y 1: 25000 e imágenes satelitales del mes de mayo 2014 a abril 2018 diferenciando los cuerpos de agua del humedal para ser procesados en ArcGIS 10, georreferenciada con coordenadas UTM generando un mapa base. Como resultado obtuvieron diversas clases de uso y cobertura del suelo (plantación, pastos, arbustos y tierra pantanosa), en 2014 el área de humedal estuvo comprendida en un 21.1%, una parte del humedal se encontraba en zonas urbanas (0.91%) afectado por zonas agrícolas con una cobertura de (67.18 %); en 2018 las zonas agrícolas aumento un 0.02% dentro del humedal perdiendo una superficie de 21.07%.

Maneja et al. (2020) definieron diversas tendencias durante un largo periodo de tiempo en la cubierta vegetal de las islas costeras en el Golfo Árabe. Para definir la cantidad de plantas vivas y su máxima altura fueron necesarios diversos análisis de cuadrantes. Entre los periodos de 1998 y 2018 se usó la reflectancia del Landsat 7 y 8 para calcular el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). Asimismo, se presentan las estaciones meteorológicas otorgando la variabilidad de mayor plazo de la serie de tiempo NDVI en provincias de Arabia Saudita y el Índice de Niño Oceánico (ONI). Los periodos analizados fueron: 2001–2007: invierno alto, verano bajo; 2008–2013 - invierno bajo, verano bajo; 2014–2018 - invierno alto / bajo irregular, verano bajo. La tendencia a largo plazo mostró un NDVI decreciente mínimo con relación al NDVI dado para las dos islas en el 2000.

Mtengwana et al. (2020) investigaron como dos conjuntos de detección remota multiespectral son usadas con la finalidad de vigilar la distribución espacial de IAP y su ocurrencia. El método que utilizaron fue el algoritmo de clasificación máxima de verosimilitud. Hicieron uso de la detección remota para hallar áreas contaminadas con IAP. De igual forma se detectaron dichas áreas con IAP al usar sensores como el sentinel-2MSI y el Landsat 8 OLI dando como resultado un 71% y 63% de precisión respectivamente. Ambos sensores demostraron que las zonas ribereñas de la cuenca y laderas predominan las plantas invasoras exóticas. En

consecuencia, ambos sensores mostraron patrones similares en la distribución espacial de los IAP dentro de las laderas y zonas ribereñas de la cuenca Sin embargo el Sentinel-2 MSI tuvo mayor capacidad de diferenciación sobre la clasificación general de las especies que el Landsat 8; y esto debido a su resolución espacial mejorada.

Slagter et al (2020) utilizaron datos e imágenes satelitales de Sentinel -1 y Sentinel -2 de alta resolución para mapear principalmente las características en tres niveles presentes en los humedales de Santa Lucia, para el uso de imágenes del Sentinel-1 previamente procesaron para eliminar la orto rectificación, ruido de borde, ruido térmico y calibración radiométrica, así mismo, realizaron la corrección de distorsiones radiométricas. Para Sentinel -2 se usó la banda 2 y banda 10 para eliminar las nubes densas y cirrus respectivamente. Además, diseñaron un esquema de 3 niveles, el primer nivel referido en delimitar de manera general el humedal los otros dos niveles para los tipos de vegetación y la dinámica del recurso hídrico, al ser superpuestos todos los niveles tuvieron como resultado una precisión general de 76.4% y 69.1%, para catalogar 7 y 10 tipos de humedales con Sentinel-2 y Sentinel-1 respectivamente. Por separado, Sentinel 2 obtuvo una mayor precisión en el primer nivel en cambio Sentinel 1 por separado obtuvo una precisión de 88.5% en el primer nivel, 90.7% en el segundo nivel y 87.1% en el último nivel.

Yobom (2020) Determinaron la extensión del agua de la superficie acuática en noroeste de China mediante el uso de imágenes MODIS (MOD13Q1) a una resolución espacial de 250m en periodos de 2000 a 2018. Los estudios que realizaron demostraron que las áreas de aguas continentales son afectadas por la variabilidad climática (precipitación, evapotranspiración, temperatura) contribuyendo en un 57% y la actividad antrópica en 43%. Determinaron que la superficie total del agua ha aumentado en los últimos 19 años, el área de superficie promedio de agua de 2000 a 2005 fue 1900 km² y a partir de 2006 a 2018 fue 2500 km², resaltando que en 2013 la superficie de agua en río Nenjiang llegando a 5169 km². Uno de los factores principales para que aumente la superficie del agua fue el deshielo en mayo.

Yang et al (2020) emplearon imágenes satelitales de Landsat para analizar los cambios que se han presentado durante el periodo de 40 años dentro de los

humedales, las imágenes previamente fueron procesadas para eliminar la calibración radiométrica, extrajeron datos de distintos modelos (modelo digital de elevación, meteorológicos e hidrológicos) y datos incluidos en Landsat (TM, MSS, ETM), recopilaron 30 imágenes para el periodo 1978-2018) al procesar las imágenes y datos obtuvieron resultados en dos estaciones, en temporadas secas la vegetación manifestó un incremento de 44.22 km² sin embargo el agua disminuyó 37.23 km² / durante 1979; hasta 2001. Para el periodo 2003 a 2017 se evidenció una disminución en la vegetación (24.36 km²) y el agua tuvo un incremento de 20.05 km², en temporadas húmeda obtuvieron (1433.58 ± 603.48 km² de cobertura vegetal y por último 2153.32 ± 603.98 km²) en el área del agua.

Wang et al (2020) desarrollaron un algoritmo para identificar la distribución de humedales costeros en China usando imágenes Landsat (ETM+/ OLI) con imágenes de Google Earth (GEE) se recolectaron un total de 2444 imágenes previamente procesados, para eliminar la mala calidad con la banda AQ y las sombras fueron eliminadas con DEM luego para la elaboración de mapas se utilizaron los índices de vegetación mejorada (EVI), índice de agua superficiales (LSWI), índice de vegetación normalizada (NDVI) e índice de agua normalizada (MNDWI), para el entrenamiento de datos se usaron imágenes de GEE en alta resolución para el desarrollo del algoritmo el resultado fue la precisión alta e 98 % y una resolución de 30m lo que permite evidenciar humedales como: Caducifolios, marismas y de hoja perenne siendo Jiangsu con más concentración de humedales.

Li y Xiao (2020) evaluaron los factores climáticos de manera global en la productividad de un ecosistema regulado por la variabilidad climática interanual, hicieron uso de fluorescencia de clorofila (SIF) medido por el sondeo de Orbiting Carbon Observatory-2 (OCO-2) conjuntamente con imágenes MODIS de la NASA en donde procesaron el índice de vegetación mejorada (EVI) con el fin de observar las condiciones de la vegetación adicionalmente para la parte atmosférica usaron 4 variables (precipitación, temperatura, vapor de agua y radiación fotosintética). Para ello se extrajeron instantáneamente el SIF a 757 nm durante el periodo de 2015 a 2018 para luego ser convertidos a una escala diaria con una resolución de 15m ello permitió la observación de la cobertura vegetal de manera global, los datos fueron completados mediante GOME-2 excluyeron las nubes mayor a un 50% una vez que desarrollaron proceso hicieron tres análisis a nivel global, regional y local

como producto final obtuvieron un mapa de cobertura vegetal de 0.5m siendo estadísticamente significativa con $p < 0.05$) para dicho periodo para SIF y EVI fueron correlacionados con los datos climáticos mostrando relación con La temperatura el cual regula de manera positiva al ecosistema, de manera que aumenta la variabilidad el SIF tenía una correlación positiva a diferencia al índice mejorada de vegetación que mostro todo lo contrario descriptivamente a menor temperatura (-10°C) no detectaron actividad fotosintética mientras el índice de vegetación sana permaneció gradualmente alta y variada.

Li et al. (2019) realizaron estudios en relación a los cambios de características espectrales a lo largo del periodo de crecimiento del bosque de bambú. Para dicho estudio seleccionaron la provincia de Zhejiang por estar ampliamente más distribuido. Decretaron a través de Landsat 8 y Sentinel-2 que durante el mes de mayo sería el adecuado para poder distinguir entre los bosques de bambú. En tanto los otros bosques son diferenciados en primer lugar por las bandas estrechas de infrarrojo cercano (NIR) y NIR de borde rojo 3 (740–865 nm). El uso del Sentinel-2 mostró mayor eficacia en la diferenciación de los bosques de bambú porque tiene mejores resoluciones tanto espaciales, temporales como espectrales. Concluyendo así que los fenómenos influyen críticamente en el mapeo de los bosques de bambú.

Zhu et al (2019) utilizaron el programa informático ANUSPLIN, para analizar las tendencias del índice normalizado de vegetación diferenciada (NDVI), y sus correlaciones con sus factores climáticos (temperatura y precipitación) para la vegetación de las regiones subhúmedas, semiáridas, áridas e hiperáridas secas del norte de China con un área de 2.4 millones de km en el periodo de 1982 a 2015. Además, evaluaron los efectos de las variaciones climáticas de la vegetación mediante el índice de sensibilidad de vegetación (VSI). Como resultado obtuvieron que las vegetaciones en las regiones subhúmedas y semiáridas secas el NDVI mostró una tendencia en aumento significativo ($p < 0.01$), mientras que la vegetación en la región árida e hiperárida mostró una tendencia general creciente ($p < 0.05$) siendo el menos notables. Del mismo modo, los % de NDVI que se correlacionaron (temperatura y precipitación) de forma positiva variaron en las 4 regiones: en la región subhúmeda ($>80\text{-}64.7\%$), semiáridas ($70\%\text{-}54.8\%$), áridas seca ($60\%\text{-}60\%$) e hiperárida ($44,2\%\text{-}87\%$). Concluyeron, que la mayor parte de la zona que estudiaron mostró una tendencia creciente no notable

a lo largo del tiempo. Además, encontraron que el efecto positivo de la temperatura en el NDVI se desplomó con grado de aridez

Shen et al (2019) evaluaron y analizaron el grado de degradación de humedales en la meseta de Zoige ubicados en China teniendo en cuenta tres aspectos: cambio de estructura, función y área en general en el periodo 2000-2015 mediante sistemas de información geográfica (GIS), datos de campo, estadísticos y geológicos acompañado de imágenes satelitales Landsat (TM/OLI), MODIS (NDVI), con resolución de 30m y 250m respectivamente, datos de Google Earth y Gaofen-1, los errores de corrección como: corrección de geométrica, radiación y atmosférica de las imágenes fueron eliminados para luego ser procesadas a través ENVI 5.0 y FRAGSAT, unificaron las diferencias de resoluciones a 250m aplicando la convolución bicúbica, al ser procesada toda la información la degradación del área del humedal fue negativa con -21.58%, 25.94%, 35.15% y 27.55% en 2000, 2005 y 2015 respectivamente, alcanzando 87.5% de manera negativa, en su estructura el cambio fue significativo en el año 2000 y en los cambios de función se observó que la cobertura vegetal fue mayor en la región noroeste que en la región sur.

Piedallu et al. (2019) mostraron una amplia variedad de impulsores ambientales de variaciones espaciales y la contribución que generan en el (NDVI) para diferentes características de tipo de stand de biomas de montaña y mediterráneos. Tocarón valores NDVI extraídos de MODIS Serie temporal de Terra, calcularon Spring Greenness (SG) y anual Relative Greenness (RGRE) con el fin de obtener la actividad dentro de los periodos de primavera y verano de vegetación con un área de 10,255 km² en Francia. Colocaron diversas escalas de SG y RGRE y 20 predictores ambientales los cuales identifican el suministro de agua, la energía disponible, y el suministro de nutrientes abarcados en diferentes periodos anuales. Por último, los resultados obtenidos muestran que si bien los factores como la temperatura y la precipitación son fundamentales en el NDVI también resaltan a factores como el estrés hídrico y la nutrición de suelo como influyentes al considerar toda la vegetación.

Gnass et al (2018), Investigaron la diferencia de las comunidades de aves y anuros y la relación entre ello en el espacio y tiempo en los humedales costeros de

Green Bay. Sus análisis se basaron a los datos de recuento de puntos de 2011-2017 obtenido como parte del Programa de Monitoreo de los Humedales Costeros de los Grandes Lagos. Para ello categorizaron cada uno de los humedales en tres subregiones: bahía baja, media y alta; tomaron muestras de aves en cada lugar realizando dos conteos puntuales de 15 min por la mañana y tarde en los meses de mayo y julio. Del mismo modo los conteos para anuros durante 3 min en marzo y abril. Los estudios que realizaron arrojaron 162 especies de aves, muchas de las cuales fueron transitorias. Entre las 14 especies de aves residentes del humedal el más detectado frecuentemente fue el gorrión del pantano. Los humedales de bahía media y alta albergaron en su mayoría al chochín de juncia, la grulla de arena y charrán negro; mientras que las gallinetas americanas y comunes se encontraron en la parte baja de bahía. Además, determinaron la relación que existe el nivel del agua con la fauna (aves y anuros), ya que se detectaron más individuos en los años de alto nivel de agua. En general los niveles de los lagos, la geografía y el tipo de humedal diferencian las comunidades de aves y anuros, por lo tanto, son temporalmente dinámicas, lo que implica varias lecciones importantes para la conservación.

Quesada y Mora (2017), analizaron las variaciones que hubo durante 68 años del humedal San Vito desde 1948, la metodología que aplicaron es el análisis de los datos climáticos como la precipitación suministrado por IMN y estaciones meteorológicas Las Cruces y lomas Linda, además realizaron una reconstrucción histórica por medio de fotografías aéreas proporcionados por la Oficina del Sistema Nacional de Aéreas de Conservación en San Vito y presentaron el análisis de la relación que existe entre el fenómeno El Niño-Oscilación del Sur, además, detallaron factores antrópicos con efectos directos o indirectos en la dinámica del ecosistema. Para la georreferenciación usaron el Sistema de Información Geográfica y lo digitalizaron las formas del área donde se encontraba el humedal. El resultado de la precipitación promedio que obtuvieron se mantienen 3000 y 4000 mm entre el año 1961 y 1990, los años con mínima cantidad de precipitación fueron 1972 y 1977 y el año con mayor cantidad de 1975 llegando a 4571,6mm. Los cambios que evidenciaron en el ecosistema frágil es la reducción del área, para 1948 el humedal ocupó 16,34ha (rodeado de bosques), para 1960 tuvo una reducción de 1,26ha ocupando por áreas agrícolas y construcción de viviendas. Los

principales problemas que evidenciaron fueron la erosión, deforestación, la agricultura, contaminación al agua afectando a la flora y fauna acuática.

Ramos (2018) realizó estudios de variaciones espacio temporales de las bofedales de Chalhuanca – Arequipa (1986-2016), usaron imágenes satelitales procesados en ENVI y ArcGis para obtener el tamaño de la superficie de ecosistema mencionado y el NDVI en los años 1986,1991,1996,2001,2006,2011y 2016 para época húmeda y seca. Además, analizaron la relación con las variables climáticas de temperatura, precipitación, escorrentía y evapotranspiración. Observaron aumento de las bofedales; en el año 1986, la época seca comprendía de 781.29ha y húmeda 767.61 ha, para 2016 época seca 882.54ha y húmeda 1527.21 ha. El NDVI incrementó de 0.22 a 0.91 en época húmeda y 0.1 a 0.7 en época seca. Concluyeron, en la época húmeda hubo un aumento extremo de los valores y en la época seca distinguieron un distanciamiento entre los valores extremos; los valores fueron resultados entre la interacción de la variable climática y antrópica, siendo la precipitación factor resaltante en el dinamismo espacio - temporal de los ecosistemas.

Shand et al (2017) evaluaron el impacto de las variaciones climáticas en la calidad del recurso hídrico y suelo en los humedales de Australia Meridional (Cuenca Darling), los humedales quedaron permanentemente inundados gracias a las instalaciones de esclusas y presas a mediados del siglo XX, lo que dio lugar a condiciones de reducción sostenida y a la formación de suelos sulfídicos subacuáticos. La sequía del milenio (2000 a 2010) causó estradas bajas sin precedentes provocando amplia desecación de los suelos sulfídicos subacuáticos en los humedales en los que se había acumulado la pirita. Observaron también que la desecación de humedales generó suelos ácidos como resultado de la oxidación de pirita. La recuperación de suelos de los humedales fue muy lenta, en algunos lugares el pH permaneció ($\text{pH} < 4$) durante al menos 4 años.

(Rebelo et al 2017) realizaron una comparación entre las imágenes Landsat 8, 1-3 y 5 con imágenes aéreas con el fin de analizar los cambios de extensión geográfica durante 1940 -2014 e identificar los impactos al ecosistema frágil el proceso fue desarrollado con tres métodos: teledetección, detección de imágenes aérea conjuntamente con el modelado de entropía máxima, hicieron uso de 10

imágenes Landsat, seleccionando tres fases de tiempo, con el software ENVI procesaron la clasificación de regiones de interés (ROI) su verificación de dicha clasificación recurrieron a imágenes de Google Earth. La modelación máxima tuvo un fin de elaborar un mapa temático del humedal antes de sus alteraciones mediante Maxent, su evaluación fue echo con la herramienta de valoración cruzada, las imágenes aéreas lo transformaron a formatos shapefile en Arcmap y para el cálculo del perímetro y área usaron la herramienta calculate geometry. Obtuvieron como resultado una precisión de 75% con las imágenes Landsat mientras las imágenes aéreas cuantifico una comprensión geográfica de 6.36 km² entre los años 1940 a 1950 el cual representa el 31 %. Sus conclusiones fueron que el humedal disminuyó debido a la variación en el uso de suelo uno de los factores que impactan de manera negativa es la construcción de vías de transporte provocando una modificación en cubierta vegetal y un riesgo imposibilitando su recuperación.

Ramón (2008) realizó censos mensuales utilizando el mapeo para determinar la distribución y el uso que las aves hacen en el ambiente, y mediante el uso del SIG estimó la población del yanavico en los humedales de Lima del 2006 a 2007: el promedio que obtuvo fue 433 individuos, en la población costera fue de 115 en febrero y 818 en setiembre. En el Puerto Viejo registró 5 individuos promedio anual. En Medio Mundo un promedio anual de 7 yanavicos, el cual puede deberse diversos factores, entre ellos la poca disponibilidad de alimentos. Pantanos de Villa presentó promedio anual de 158 ibis, y el humedal Paraíso un promedio de 261 individuos, siendo el más alto en albergar, principalmente por la variedad de alimentación de poca profundidad y gran cantidad de microhábitats que favorecieron el forrajeo.

Scarpati y Capriolo (2015) aplicaron el método de Thornthwaite para determinar el balance hídrico utilizando datos diarios de precipitación, de evapotranspiración y constantes hidrológicas de los suelos (datos obtenidos in situ), con la que obtuvieron la distribución de los excesos y deficiencias de agua en el suelo, considerados como desencadenantes de los eventos hidrológicos extremos

Para el análisis del estudio de investigación se respaldó con las siguientes teorías y enfoques conceptuales de distintos autores.

IDEAM (2018) define al **clima** como la variación de los patrones climatológicos (humedad, precipitación, temperatura, presión atmosférica y viento) presentes en un espacio geográfico y en un periodo de tiempo, se manifiesta en las estaciones de año. Además, forma parte el sistema climático, entendiéndose como la interacción de los aspectos físicos con el clima incluido eventos extremos. Así mismo, para Vergara (2011) es el promedio de fluctuaciones atmosféricas en un intervalo de tiempo (días, meses, años incluso siglos) a nivel global, regional y local. Los diferentes tipos de clima se debe a la elevación del relieve, latitud, aproximación del océano, abundancia de la vegetación que en su conjunto se denomina factores determinantes, estos factores influyen en la transferencia de energía, otro factor que influye es la radiación electromagnética conocido como factor forzante, ambos factores mantienen una estabilidad entre la emisión y absorción obteniéndose un adecuado balance radiactivo haciendo que en la superficie terrestre el clima dependa de dicho balance. Ramírez (2015) afirma que es la interacción dinámica entre los aspectos físicos de un determinado lugar geográfico (relieve geográfico, altitud entre otros) con las variaciones climáticas (humedad relativa, precipitación, radiación solar y temperatura del aire).

Una definición más concreta de **variabilidad climática** es que se origina por la variación de los elementos climatológicos, se manifiesta de manera natural e influenciado por eventos extremos, pero suele ser un grave problema si es acelerado por las actividades antrópicas (Villar, 2019). Agregando a lo antes dicho la variabilidad climática es ocasionada por fluctuaciones u oscilaciones meteorológicas sus valores se encuentran por encima o bajo de lo normal, su origen se encuentra en los procesos de la atmosfera e hidrosfera, ambos pertenecientes al sistema climático (IDEAM, 2018). Adicionalmente Ramírez (2015) la variabilidad climática se da manera intrínseca los cambios que tiene el clima durante un periodo de tiempo en una zona geográfica, es decir, variaciones con respecto a la normal que es valor promedio a la medición de serie continua de un elemento meteorológico en un periodo mínimo de 30 años. La variabilidad climática se analiza mediante sus variables o elementos hidroclimáticos, comprende eventos extremos como sequias, inundaciones, olas de frio y de calor, lluvias intensas y prolongadas de manera temporal y espacial, se evidencia en escalas temporales o tipos de variabilidad.

(Vergara, 2011; Russo, 2016) confirman que este fenómeno varía mediante sus **elementos** como la precipitación, temperatura, humedad, vientos en un rango de tiempo e incluye eventos extremos, influye con mayor intensidad a nivel regional o local en comparación a nivel global, existen cuatro tipos o escalas de variabilidad climática que están en función al tiempo los cuales son de manera interanual, interdecadal, intraestacional y anual o estacional. En el sentido descrito anteriormente nos conlleva a mencionar y definir sobre las **variables o elementos hidroclimáticos**:

La temperatura, un indicador que depende de la radiación o flujo de energía proveniente del sol, indica grado térmico (calor o frío) del aire interviene como agente en la evaporación y condensación del ciclo hidrológico (Rodríguez et al, 2004)

La precipitación es una variable climática el cual puede manifestar de distintas maneras de forma líquida y sólida como lluvia, granizo, es dependiente de la temperatura y del tiempo (Villar, 2019)

La humedad es la presencia de la cantidad de vapor del agua en el aire, tiene relación con la temperatura, puesto que en el aire caliente hay mayor humedad en el frío. Centro Regional del Clima para el Oeste de Sudamérica (2018), indica que la variabilidad climática tiene factores determinantes como las condiciones físicas y geográficas; los de mayor importancia son la elevación, latitud, la distancia del mar y las corrientes marinas, que son relativamente constantes en el tiempo y espacio que influyen en el clima en aspectos relacionados con la transferencia de calor y energía.

En todas ellas existe una covarianza que se refleja en la dinámica de superficie y atmosfera que se refleja con mayor evidencia en periodos de tiempos cortos, como olas de frío y calor denominados extremos atmosféricos y de periodos más largos como las sequías, inundaciones y fenómenos extremos como El niño. Dicha covarianza vuelve vulnerable a las variables del ciclo hídrico alterando el balance y a factores que involucran en los escasos de cuerpos de agua y en distintos ecosistemas (Abaotsaglo, 2020).

Las **principales variaciones climáticas** de mayor trascendencia en determinación y modulación de desarrollo atmosférico son: i) **Estacional**,

fluctuaciones mensuales del clima (invierno, primavera, verano, otoño), es importante determinar el ciclo anual de los elementos del clima: ii) **intraestacional**, se presentan oscilaciones que establecen condiciones de tiempo en días o meses, muchas veces las oscilaciones no son percibibles porque la amplitud es diminuta, dentro de ello se percibe señal ondulatorio llamado 30-60 días, detectado en la actividad convectiva Pacífico Tropical Oriental y en precipitación de América Tropical; iii) **interanuales**, son variaciones que se presentad de año en año, se percibe que las precipitaciones fluctúan por debajo o encima de lo normal. Organización Meteorológica Mundial (2015), este tipo de variación climática está relacionado con el balance global de radiación. Entre los más principales en el ciclo se encuentran los fenómenos El Niño y La Niña, además hay variaciones de temperaturas interanuales de la superficie del mar; iv) Interdecadal, son fluctuaciones a nivel de décadas (Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño, 2019).

Uno de los eventos de interacción océano-atmósfera más importantes, que se desarrolla a escala interanual, se conoce en la comunidad científica con el nombre de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS, en español / ENSO, en inglés), o comúnmente, con el nombre de El Niño (Ministerio del Ambiente, 2014).

El ciclo **ENOS** consiste en una oscilación entre una fase cálida (El Niño) y una fase fría (La Niña), que se manifiesta principalmente a través de un calentamiento o enfriamiento anormal de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en el océano Pacífico ecuatorial central y oriental. Estas variaciones de la TSM alcanzan las costas norte y sur de América y traen consigo alteraciones significativas en los patrones climáticos, que se desarrollan incluso en algunas regiones muy apartadas del globo (Instituto Geofísico del Perú, 2017). Por su parte, el ciclo ENOS se desarrolla en forma aperiódica y en una escala de tiempo mayor que la corriente de El Niño, ya que su aparición se presenta a intervalos irregulares que oscilan aproximadamente entre los 3 y 7 años. Cabe señalar que, 15 durante los años en los que se manifiesta la fase cálida del ciclo ENOS, se genera un fortalecimiento de “la corriente de El Niño” (Poveda y Mesa, 1997). La componente oceánica del ciclo ENOS está caracterizada por la aparición de fuertes anomalías positivas (durante El Niño) o negativas (durante La Niña) de Temperatura Superficial del Mar (ATSM) (*Figura 1 y 2*) en regiones específicas de la cuenca del

Pacífico tropical y costa sudamericana, las que se prolongan por varios meses consecutivos. Las anomalías positivas de TSM se asocian al hundimiento de la termoclina y reducción de la surgencia costera, mientras que las anomalías negativas de TSM se asocian a elevación de la termoclina y fortalecimiento de la surgencia. El nivel del mar también experimenta anomalías positivas (durante El Niño) y negativas (durante La Niña), en la región del Pacífico tropical y costa sudamericana (Instituto Geofísico del Perú, 2017). El ciclo ENOS ocasiona una alteración en el régimen de precipitaciones a escala global, observándose importantes anomalías positivas y negativas de pluviosidad en regiones características del planeta. Asimismo, se produce un debilitamiento (fase cálida) o incremento (fase fría) de los vientos alisios en la región del Pacífico tropical, con la consecuente retroalimentación en el océano. Así, los años de El Niño están asociados con un calentamiento del océano Pacífico ecuatorial central y oriental. Por el contrario, durante los años de La Niña se registra un enfriamiento del océano (Poveda y Mesa, 1996). La fase cálida del ciclo ENOS (El Niño) se caracteriza por un debilitamiento a gran escala de los vientos alisios y un calentamiento de la superficie del mar en el océano Pacífico ecuatorial del este y central. Este calentamiento se manifiesta a través de anomalías positivas de la TSM, las que se obtienen por la diferencia entre el valor observado, menos la media climatológica del lugar en el cual se realizó la medición. Además, se pueden observar presiones atmosféricas a nivel del mar mucho más altas que lo normal en el lado oeste del Pacífico tropical y en algunas regiones del océano Índico, y por el contrario, presiones atmosféricas a nivel del mar inusualmente bajas hacia el sureste del Pacífico tropical.

En **Perú el Fenómeno de El Niño**, se presenta sobre el océano Pacífico aumentando la presión atmosférica en norte de Australia y bajan próximos a Tahití. Se resalta la debilidad de los vientos alisios y no propicia suficiente fuerza para el arrastre de las aguas cálidas superficiales a la dirección de las costas asiáticas. En La Niña es inverso que el origen del El Niño, la presión atmosférica disminuye en Australia y se eleva en Tahití. El soplo de los vientos alisios es más intenso, que genera arrastres en gran cantidad del agua hacia pacífico Occidente, generando un afloramiento de aguas frías en el Pacífico Oriental. Generando el aumento

condiciones más secas en Perú y Ecuador (Servicio nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, 2014).

Las condiciones oceanográficas que caracterizan al Fenómeno el Niño son:

Los vientos alisios, durante los eventos de El Niño se produce un cambio en la intensidad y muchas veces en la dirección de estos vientos, es decir, bajo una condición cálida (El Niño) los alisios se relajan o debilitan en el oeste y centro del océano Pacífico o invierten completamente su dirección, soplando de oeste a este. Por el contrario, durante la fase fría del ciclo ENOS (La Niña), estos vientos se refuerzan. El debilitamiento de los vientos alisios genera una disminución en la surgencia ecuatorial, que facilita la aparición de anomalías positivas de TSM en el océano Pacífico del este, y un aumento del nivel del mar en dicha zona.

Presión atmosférica, los patrones de calentamiento y enfriamiento cíclicos de la atmósfera, que se desarrollan en las zonas del centro y del este del Pacífico, coexisten con un cambio significativo de la presión atmosférica a nivel del mar. Esta diferencia de presión corresponde a la denominada Oscilación del Sur (OS). Cuando la presión atmosférica aumenta en el lado este del Pacífico (y desciende en el lado oeste), se dice que la OS está en su fase positiva (La Niña). Por el contrario, cuando la variación de la presión atmosférica cambia de sentido hacia la fase negativa (El Niño), la presión se eleva en el oeste y disminuye en el este. Esta alternancia entre las fases positiva y negativa del IOS, contribuye a cambiar la intensidad de la circulación de los vientos descrito anteriormente, debido a que un aumento/ disminución de esta diferencia de presión causa que el aire superficial, que normalmente sopla hacia el oeste, se intensifique/ debilite dependiendo del signo del IOS imperante. Como ya se mencionó en párrafos anteriores, el Índice de Oscilación del Sur (IOS), utiliza los registros de presión atmosférica de las estaciones 18 meteorológicas de Darwin–Australia (lado oeste del Pacífico) y Papeete – Tahití (lado este del Pacífico).

Precipitación, En el lado oeste del Pacífico tropical existe una vasta reserva de calor representada por agua de mar con una temperatura cercana a los 28-29 °C, región que se conoce comúnmente como “poza cálida”. En esta región del océano se transfiere la máxima cantidad de energía a la atmósfera; debido a la condensación del vapor de agua en conglomerados nubosos del tipo

cumulonimbos. Esta convección es la rama ascendente (baja presión atmosférica) de una celda de circulación atmosférica que se ubica a lo largo del ecuador y que se conoce con el nombre de Celda de Walker. La rama descendente de esta celda, se sitúa en el lado este del Pacífico, sobre aguas oceánicas más frías. Esta es una zona de altas presiones atmosféricas por lo que las precipitaciones son muy poco frecuentes en las costas del Perú y en el norte de Chile.

En la Figura 1 se observará las anomalías de la **Temperatura superficial del mar y Termoclina**, a lo largo del ecuador, el océano tropical está compuesto por tres capas: una somera que se caracteriza por ser cálida; otra profunda y fría, y entre estas capas una zona de transición denominada “termoclina”, donde la temperatura del agua disminuye bruscamente con la profundidad. Al oeste del Pacífico ecuatorial, la termoclina se localiza, aproximadamente a 200 metros de profundidad, lo que implica una acumulación de aguas cálidas en el sector de Indonesia. En cambio, hacia el este del Pacífico ecuatorial, la termoclina alcanza típicamente unos 50 metros de profundidad (Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño, 2020)

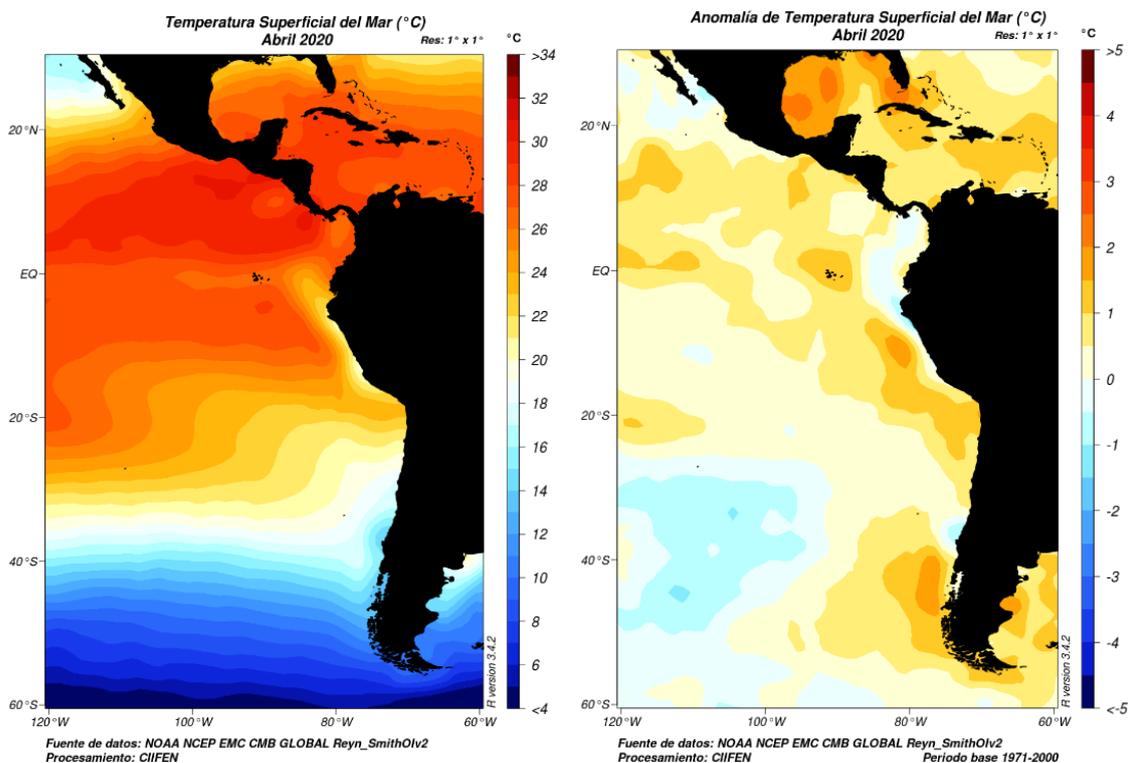
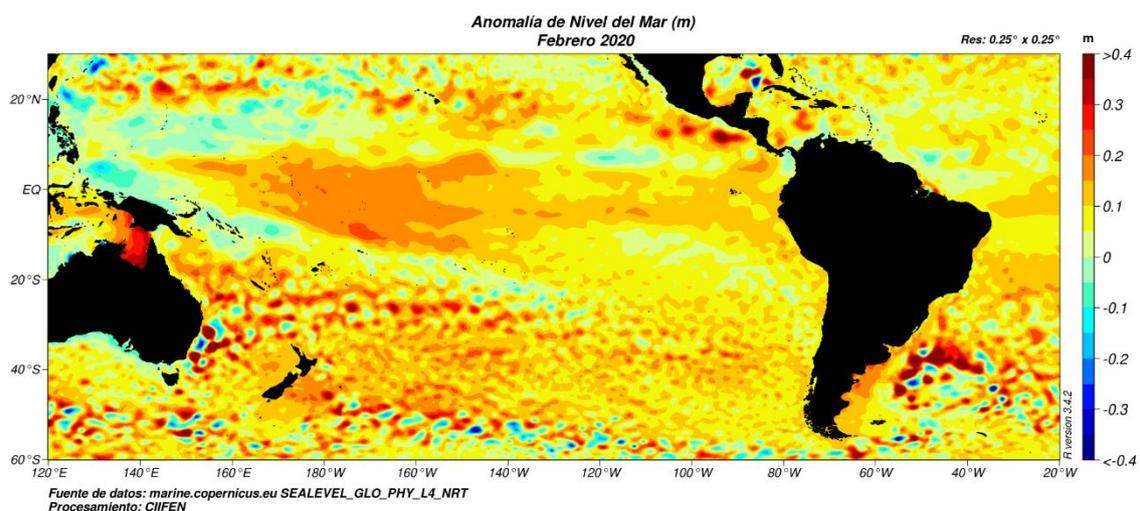


Figura 1: Anomalías de Temperatura Superficial del Mar, (CIIFEN,2020)

Al comienzo de la fase cálida de un ciclo ENOS, se produce un aumento significativo de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en el este del Pacífico ecuatorial y junto a la costa sudamericana. Este calentamiento está asociado a la propagación de una onda Kelvin oceánica que se desplaza de oeste a este por la base de la termoclina, y que se genera por bruscas fluctuaciones de los vientos alisios en el sector occidental del Pacífico. El desplazamiento de la onda Kelvin hacia el este, es lo que induce la profundización de la termoclina en dicho sector. La presencia de esta capa cálida impide el ascenso de agua más profunda, fría y rica en nutrientes hacia la superficie, y es lo que produce una notable anomalía positiva de TSM en las regiones este y central del océano Pacífico.

Nivel del Mar, bajo condiciones normales, el efecto de los vientos alisios sobre el Pacífico ecuatorial, genera una corriente que se conoce como Corriente Ecuatorial, la que induce un cambio de pendiente en el nivel del mar (Figura 2), que se manifiesta como un ascenso de alrededor de 40 cm en el borde oeste del Pacífico en relación con el borde este. El efecto de la rotación terrestre en los bordes norte y sur de la corriente ecuatorial, genera una divergencia superficial de flujo a la que corresponde un ascenso de agua fría desde niveles más profundos. Esta agua fría se caracteriza por ser rica en nutrientes, con un alto contenido de oxígeno disuelto. Este proceso es conocido como “surgencia”, sin embargo, cuando se desarrolla en zonas aledañas al ecuador se le denomina específicamente “surgencia ecuatorial”, y cuando se desarrolla en zonas costeras, se le denomina



“surgencia costera”.

Figura 2: Anomalías del Nivel del Mar (m), (Centro Regional del Clima para el Oeste del Sudamérica, 2020)

Ondas Kelvin, las ondas ecuatoriales de Kelvin son ondas planetarias, cuya longitud de onda es grande en relación con la profundidad del mar. Éstas se propagan únicamente hacia el este a velocidades del orden de los 200 kilómetros por día y quedan atrapadas en el ecuador por el efecto de Coriolis ya mencionado. Por otra parte, las ondas de Rossby son ondas planetarias de gran longitud que existen en todas las latitudes y se propagan únicamente hacia el oeste. Su velocidad de desplazamiento depende de numerosos factores, entre los cuales se encuentran la longitud de onda, la estratificación del océano, la velocidad de las corrientes sobre las cuales las ondas de Rossby se superponen y, sobre todo, la latitud.

Una onda Kelvin parece ser uno de los factores principales para un proceso de retroalimentación positiva entre el océano y la atmósfera, conducente al desarrollo de la fase cálida de un ciclo ENOS. En ese caso, la onda Kelvin se propagará hasta chocar con la costa del continente americano, transportando energía hacia el este y produciendo profundización de la termoclina, aumento del nivel del mar e incrementos en los valores de TSM entre otros factores. Una vez en la costa, la onda Kelvin se dividirá en una Rossby que se reflejará hacia el oeste y en dos nuevas ondas Kelvin que viajarán atrapadas a la costa en dirección hacia los polos.

Por otro lado, **Las corrientes marinas** se generan por la acción del calor del sol, el viento y la rotación de la tierra, Arriaza et al. (2008), define como masas de agua que circulan por cuencas oceánicas (hemisferio Septentrional y Meridional), formando inmensos remolinos por miles de kilómetros, alcanzando una profundidad de 100m, presenta color distinto a las aguas circundantes, a causa del cambio de la densidad, salinidad y temperatura. El sol calienta la atmósfera de forma diferente de acuerdo a la latitud, y las diferencias de temperatura de aire generan vientos. Las corrientes de Perú o Humboldt, arrastra agua fría del Océano Antártico con dirección al norte a la costa de América meridional, donde los vientos alisios provocan sustitución de agua superficial por aguas más profundas.

Debido a los cambios que sufre el clima provoca alteración de funciones en un ecosistema haciendo que diversas comunidades bióticas se desplacen a otros lugares geográficos con el fin de encontrar condiciones adecuadas para sobrevivir,

este efecto hace que las especies marinas busquen refugio en zonas frías del mar evitando el calentamiento de aguas superficiales, las especies terrestres se mueven hacia zonas escarpadas de elevación alejándose de la superficie caliente del suelo, las diversos tipos de aves modifican sus rutas de migración hacia los polos, la cubierta vegetal también sufre cambios a causa de la variación de clima esto hace que el tamaño de los árboles se reduzca y dificulta su crecimiento perdiendo espacio y dando lugar a otras especies arbóreas, perjudicando la captura de carbono y la biodiversidad existente dentro de ellos y reduciendo su riqueza (Wei, 2020). Además la variabilidad climática tiene una estrecha relación con el cambio climático que afecta la interacción de especies con su entorno natural, modifica parámetros geográficos que conlleva un desequilibrio en el ciclo de vida, taxonomía, reproducción, migración, disminución en las comunidades biológicas (flora y fauna) una variada distribución poblacional en su medio geográfico y los cambios que produce en la estructura funcional y estructural de diversos ecosistemas a nivel biótico y abiótico (Miller, Grant y Muths 2018).

Un claro ejemplo son los efectos de la alteración climática que se evidencian en el incremento de la temperatura global en 1,1°C y que en el periodo de 2011 y 2015 incrementó 0,2°C, esto conlleva al retroceso glaciar y que el derretimiento incremente seis veces desde 1979; los cambios en las precipitaciones generan también impacto en ecosistemas terrestres y acuáticos, como la disminución de 10% de los arrecifes de coral (OMM, 2020). Pero Dickinson, Harden y McCabe (2019) indican que al variar los factores climatológicos (precipitación, temperatura, humedad, dirección del viento) origina que el clima sea variable, dicho cambio de los factores juega un papel importante en el ciclo hidrológico, en cantidad y distribución en diversos ecosistemas existentes.

Los impactos de la variabilidad climática sobre el recurso hídrico son considerados como un múltiplo amenazador que conlleva a climas extremos ocasionando sequias, inundaciones comprimiendo geográficamente zonas donde alberga cuerpos lenticos a nivel regional y local. Los efectos de los cambios hacen que el calentamiento atmosférico provoca que los elementos climáticos (lluvias, temperatura) sean impredecibles y alteren los cuerpos de agua dulce principalmente en su almacenamiento total (sumatoria de agua superficial, humedad de suelo, agua subterránea) reduciendo su capacidad, forma y ciclo

hidrológico que dificulta el desarrollo sostenible, mitigación, adaptación y resiliencia. (Pham, 2020).

Es de suma importancia para el aprovechamiento, distribución y calidad del sistema hídrico siempre y cuando dicha variabilidad de los patrones meteorológicos sea de manera natural, no solo constituye de manera superficial sino también involucra el almacenamiento, humedad en el interior del suelo y agua subterránea. Además, la variabilidad climática está influenciada por las oscilaciones interanuales e interdecadal que repercute a futuro en el caudal de los cuerpos lenticos (lagos y lagunas) así como en cuerpos dinámicos (ríos, mar) en su comportamiento espacio temporal a nivel regional y global. Un claro ejemplo es el Lago Urmia ubicado en China manifiesta una reducción alarmante de 88% debido a la variación de los elementos meteorológicos juntamente con la variación antropogénica (Rezaei, 2020).

La variación de la temperatura y vientos modifica en gran parte las corrientes marinas mostrándose una anomalía ocasionado por la oscilación del hemisferio sur, la gran mayoría de especies pelágicas se ve obligado a migrar a otros lugares del océano o suelen introducirse aún más en el fondo marino, los cambios en la temperatura se ven reflejada en el relieve marino alterando la cadena trófica de especies de aves marinas, especies como la anchoveta habitan en aguas frías y son sensibles al cambio de la temperatura. La estrecha relación de los eventos climatológicos y la variación del clima provocan que las especies de forraje como el Krill migren a zonas más frías dificultando que la población de ballenas en California disminuya debido a la falta de alimentación. Otra especie alterada por la variación del clima es la cantidad de ballenas jorobadas debido a la reducción de especies pelágicas como el cangrejo (*Metacarcinus magister*) modificando su comportamiento; las alteraciones de los elementos hidroclimáticos a largo plazo tendrá como consecuencia la alteración de ecosistemas marinos formándose un estrés climático. (Santora, 2020).

La variabilidad climática en espacios de cultivo, los patrones hidroclimáticos como la precipitación y temperatura interfieren en la productividad de ecosistemas e incrementa la propagación e interacción de vectores infecciosos con la fauna, provoca una disminución en los rendimientos en la producción de cultivos volviéndolos sensibles a cambios. Por otro lado, las tierras de cultivo son

también afectado por las oscilaciones climáticas influenciado por los océanos. (Najafi, 2020).

Variabilidad climática en la propagación de enfermedades, el clima cambiante es un factor clave en la transmisión de enfermedades a través de vectores debido a que tiene una influencia directa sobre la cantidad y extensión del portador así mismo los componentes ambientales juntamente con la población aportan en su distribución del dengue y otros mosquitos como el Aedes a diferentes espacios geográficos. Una de las variables meteorológica (temperatura) se relaciona de manera positiva en la transmisión de vectores, al aumentar dicho componente se produce lluvias provocando condiciones favorables para su desarrollo de los mosquitos (Yu yuan, 2020).

Los ecosistemas que se ven más afectados por la alteración climática son **los humedales**, puesto que sufren cambios muy significativos en la cantidad del agua, es decir, la disminución del almacenamiento de aguas subterráneas debido a las sequías causan estrés hídrico en la vegetación incrementando gases de efecto invernadero del suelo, mientras que las inundaciones pueden aumentar la erosión del suelo y la mortalidad de vegetación resistente al fenómeno, además, la intrusión de agua salada por el cambio en el almacenamiento de agua dulce y el aumento del agua del mar afecta la supervivencia y productividad de las plantas de no toleran sal (Shand et al. 2017); Quesada y Mora (2017) confirman que la variabilidad climática implica un riesgo significativo en su morfología, ciclos geoquímicos y servicios ambientales que este brinda, estos riesgos afectan la flora y fauna dentro del área. Es por ello, las pérdidas muchas veces irreversibles por los fenómenos meteorológicos en los humedales son por variaciones en la temperatura y en los patrones de precipitación aumentando el nivel del mar. El aumento por insignificantes que sea en la variabilidad de precipitación tiene impacto remarcado en animales y plantas en diversas etapas del ciclo de vida (Quesada y Mora, 2017).

Los humedales son internacionalmente reconocidos por su interacción con el ciclo hidrológico, por su capacidad de regulación de los ciclos biogeoquímicos, y por su papel como proveedores de hábitats para una gran biodiversidad de flora y fauna. Se trata de uno de los ecosistemas más productivos del Planeta (Mitsch y Gosseling, 1986; Brinson, 1993; Verhoeven et al, 2006; Ramesh y DeLaune, 2008;

Rendon, 2015). Estos ecosistemas coexisten en la interfase terrestre-acuática, distribuyéndose en cualquier ámbito climático, desde la tundra hasta el trópico, a excepción de la Antártida. En la Figura 3 se detallará el cálculo que aproximadamente del 4 al 8% de la superficie terrestre está cubierta por humedales (Ramesh y DeLaune, 2008; Hernández, 2010) equivalente a unos 7 - 10 millones de Km² (Figura 3) (Mitsch et al, 2010). Sin embargo, esta superficie se ha reducido entre el 25 y el 50% de acuerdo a las conclusiones de la séptima cumbre sobre humedales (Davidson, 2014). Los humedales que han perdido mayor superficie, se ubican en Nueva Zelanda y Europa (aproximadamente 90%), Estados Unidos (56 al 65%) (Finlayson et al, 2001), China (60%), Australia (50%), Asia (27%), América del sur (6%) y en África (2%) (Junk, 2002; Landgrave y Moreno-Casasola, 2012).

Zona climática	Área humedal (x10 ⁶ Km ²)			
	Maltby y Turner (1983)	Mitsch y Gosselink (1986)	Matthews y Fung (1987)	Aselmann y Crutzen (1989)
Polar/Boreal	2.8	3.76	2.7	2.4
Templados	1.0	---	0.7	1.1
Tropical/subtropical	4.8	4.78	1.9	2.1
Área total	8.6	8.54	5.3	5.6

Figura 3: Estimación por varios autores del área de humedales en el mundo por zona climática, (Mitsch et al, 2010)

Las variaciones espacio-temporales y la alteración antrópica de las cuencas hidrológicas y sus humedales inciden sobre sus condiciones ecológicas y funcionales, con efectos a escala global, regional y/o local (Figura 4) (Mitsch y Gosselink, 1986; Ortega et al, 2003; Bleuten et al, 2006; Cahoon et al, 2006).

En la Figura 4 se detallará la Escala espacial a la que actúan los distintos factores que regulan y/o alteran el funcionamiento de los humedales y sus efectos.

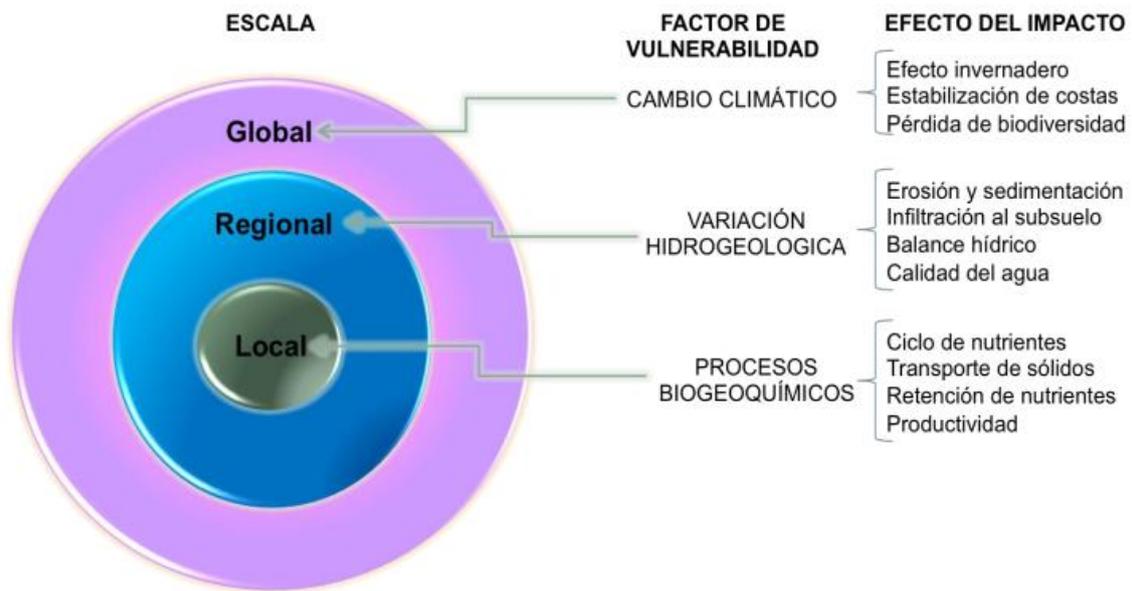


Figura 4: Escala espacial a la que actúan los distintos factores que regulan y/o alteran el funcionamiento de los humedales y sus efectos, (Cahoon et al, 2006).

A escala global, los humedales (sumideros de carbono) son considerados reguladores climáticos, vulnerables a los efectos inducidos por el cambio climático, el cual se asocia al aumento de la concentración de gases efecto invernadero, en función de la magnitud y velocidad de los cambios de temperatura, precipitación y bióxido de carbono atmosférico; afectando su capacidad para regular la concentración del bióxido de carbono, metano y óxido nítrico (Ayala-Carcedo, 2002; Moya et. al, 2005; Ramesh y DeLaune, 2008; Mitsch et al, 2010; Muñiz et al, 2014).

Otro efecto a esta escala se atribuye a su función de estabilización de las costas que puede verse alterada por cambios en los patrones de precipitación, en los 8 flujos y en el nivel de agua, que influyen en la estabilidad del hábitat limitando o estimulando su biodiversidad (Mitsch y Gosselink, 1986; Finlayson et al, 2001; Junk, 2002, Verhoeven et, al, 2006; Hernández, 2010).

A escala regional, se les considera reguladores hidrológicos, en función de su situación hidrográfica y climática en la cuenca de drenaje, de las variaciones temporales de las fuentes de alimentación hídrica, del tiempo de permanencia del

agua y de su entorno geológico (Mitsch y Gosselink, 1986; Bleuten et al, 2006; Kandus et al, 2008) que inciden en las condiciones físico-químicas y bióticas de cada tipo de humedal. Los impactos que más intensamente provocan su alteración (Mitsch y Gosselink, 1986; 2000; Finlayson et al, 2001; Ortega et al, 2003) afectan a su capacidad para regular los flujos superficiales de agua y a la recarga de los acuíferos, modificando la dinámica hídrica y alterando el balance anual, además de alterar la calidad del agua (Detenbeck et al, 1993; Ortega et al, 2003; Ginzburg et al, 2005; Bleuten et al, 2006; Ballesteros y Díaz-Losada, 2011; Viñals et al, 2011).

A escala local, la alteración de su función como transportadores y transformadores de nutrientes, sedimentos, materia orgánica y otros contaminantes, dependiendo de las variaciones temporales hidrológicas propias de cada humedal, impacta sobre los procesos biogeoquímicos que determinan la dinámica de los ciclos de nutrientes, la producción primaria, los procesos de descomposición y sobre el transporte y retención de sólidos. El cambio de uso del suelo (p.e. uso agropecuario y urbano) modifica estas funciones (Mitsch y Gosselink, 1986; Detenbeck et al, 1993; Kauffman et al, 1997; Junta de Andalucía, 2004; Zak et al, 2011), acelerando el proceso de eutrofización y reduciendo la producción primaria de estos ecosistemas (Mitsch y Gosselink, 1986; Kauffman et al, 1997; Junk, 2002; McCormick et al, 2009; Viñals et al, 2011).

La Convención de Ramsar (2 de febrero de 1971) como Tratado Intergubernamental para la Conservación y Uso Sostenible de los Recursos Naturales, en su Artículo 1.1 puntualiza a los humedales como “extensiones de marismas, pantanos y turberas, superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de aguas marinas cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros”(Ramsar, 2006). Asimismo, para el Estado Peruano los humedales son “extensiones y superficies cubiertas o saturadas de agua, bajo un régimen hídrico natural o artificial, permanente o temporal, dulce salobre o salado, y que albergan comunidades biológicas características que proveen servicios ecosistémicos” (N°004-2015-MINAM, 2015).

A pesar de la cantidad y variedad de definiciones existentes, se está de acuerdo en que los factores a considerar para describir un humedal son la dinámica

hidrológica, la vegetación hidrófila y los suelos hidromorfos (Figura 5) (Cowardin et al, 1979; Mitsch y Gosselink, 1986; Dodds, 2002; García, 2003; Ginzburg et al, 2005).

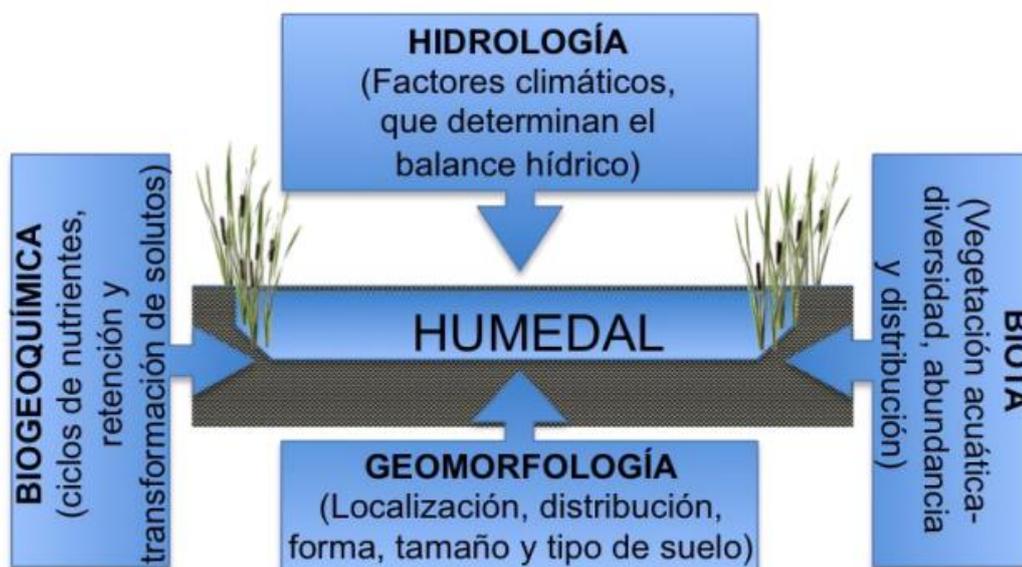


Figura 5: Modelo conceptual de los elementos que definen a un humedal, (Ginzburg et al, 2005).

Inicialmente los intentos de una definición fueron confusos, ya que incluían la perspectiva desde una sola disciplina, con un sesgo eminentemente biologicista, como ocurre con la definición de la Convención de Ramsar (1971), en la que se establece que los humedales son ecosistemas tanto naturales como artificiales, permanentes o temporalmente inundados, de aguas dulces, estuarinas o salinas, las cuales pueden estar estancadas o con corriente incluyendo las regiones 16 ribereñas, costeras y marinas que no excedan los seis metros de profundidad (Mitsch y Gosselink, 1986; Ginzburg et al, 2005; Ramesh y DeLaune, 2008).

Los beneficios (servicios) que aportan los humedales naturales y artificiales a la sociedad provienen de la gran variedad de funciones que realizan y que permiten el mantenimiento de la integridad ecológica de estos ecosistemas, se observará en Figura 6 (Verhoeven et al, 2006; Blackwell y Pilgrim, 2011; Borja et al, 2012; Ten et al, 2013; Camacho-Valdez et al, 2014).

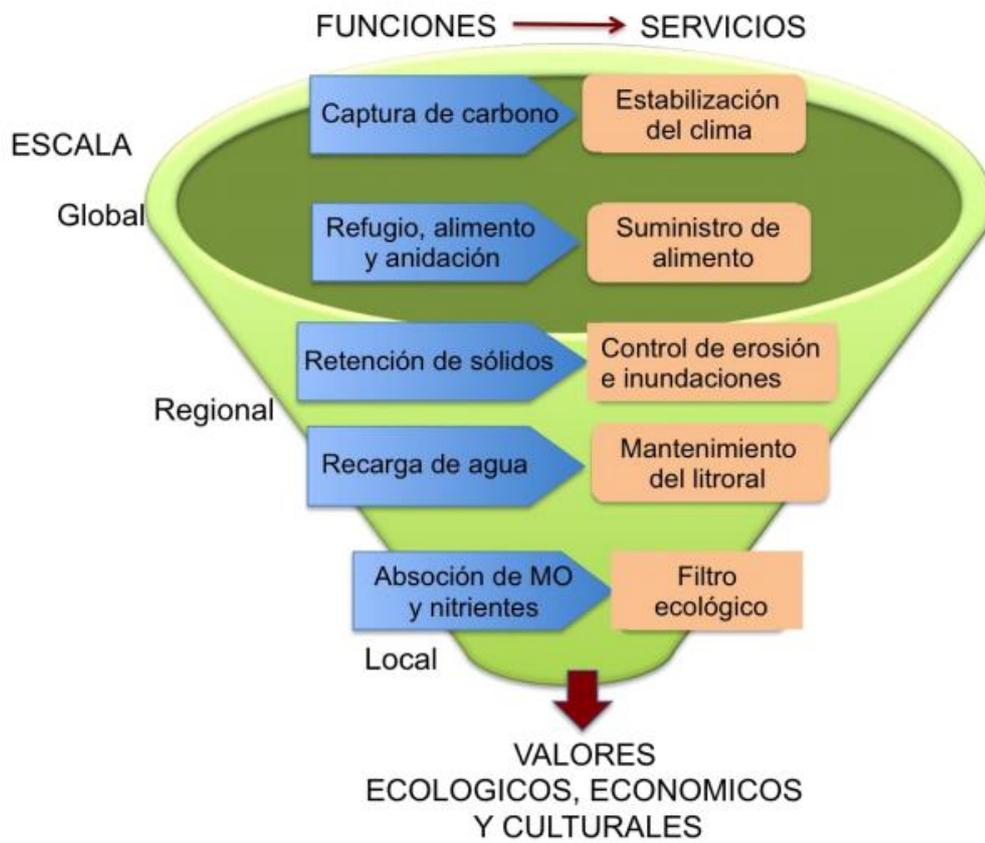


Figura 6: Funciones y servicios de los humedales, (Rendon, 2015)

Las funciones de los humedales han sido definidas como la capacidad de sus procesos y componentes de proporcionar servicios que satisfagan directa o indirectamente las necesidades humanas, (Brinson, 1993; Ramesh y DeLaune, 10 2008; del Pilar, 2010; Moreno-Casasola e Infante, 2010). Estas funciones pueden ser:

- Funciones de regulación hidrológica que influye en la regulación de caudales, recarga y descarga de acuíferos, amortiguación de clima (regulación de los procesos de evapotranspiración), control de avenidas de agua, o retención y estabilización de sedimentos.
- Funciones de regulación biogeoquímica que incluye la retención de sedimentos y nutrientes, fijación de carbono en el suelo, transformación de elementos químicos, estabilización de las costas protección contra la erosión, y transformación de materia orgánica.

- c) Funciones ecológicas y de biodiversidad que incluyen la producción primaria y secundaria, la provisión de hábitat para las especies y la dinámica de los procesos biológicos relacionados con la biodiversidad (Miitsch y Gosselink, 1986; de Groot et al, 2002; Neiff, 2003; de Groot, 2006; Blackwell y Pilgrim, 2011; Mc Laughlin y Cohen, 2013; Camacho-Valdez et al, 2014).

La alteración o pérdida de alguna de estas funciones compromete gravemente la estructura del ecosistema, (MEA, 2005; Paré et al, 2008; Borja et al, 2012; McInnes, 2013), provocando la disminución de la cantidad y calidad del agua, dificultando la producción de alimento, aumentando los riesgos de enfermedades y, por ende, disminuyendo su capacidad para generar servicios ecosistémicos perjudicando el desarrollo económico en muchos países (Costanza et al, 1998; Daily et al, 2000; MEA, 2005; Ricaurte et al, 2013; Ten et al, 2013).

MIMAN divide a los humedales en: humedales costeros (pantanos, lagunas, manglares, oasis, albuferas, estuarios); Humedales andinos (manantiales, kársticos andinos, lagos, humedales de páramo, puquio, lagunas, turberas, bofedales), humedales amazónicos (varillales húmedos, sabanas inundables de palmeras, bosques de tahuampa, pantanos amazónicos, complejos de oríllales, kársticos amazónicos, lagos y lagunas).

Los diferentes tipos de humedales se encuentran en gran parte del mundo, cuya superficie abarca más de 12.1 millones de km²; así mismo, contiene aproximadamente 19.500 especies donde el 40 % de tipos de flora y fauna viven y cumplen su ciclo reproductivo dentro de este ecosistema mientras que la cuarta parte se encuentra en peligro de extinción; en Asia se concentra la gran mayoría de estos ecosistemas (31,8 %), luego américa latina del norte con 27 % y 15.8 % se ubica en américa latina y el caribe, debido a la influencia de los factores climáticos, durante el periodo 1970 -2015 a nivel mundial el 35% de la extensión de los humedales desapareció (Gardner y Finlayson 2018).

En Perú existen 13 humedales que están distribuidos en todo el territorio, en la sierra llevan el nombre de bofedales un ecosistema de alta montaña cuenta con 548174. 41 ha y representa el 0.42%, en la zona norte se le conoce como manglares un ecosistema marino que representa 0.01% y tiene 6943.31 ha, en la

costa son ecosistemas de aguas continentales tienen 56769.34 ha con un 1.14%; todos los humedales concentran el 40% de la biodiversidad cumpliendo con proveer de servicios ambientales (MINAM 2019).

La principal área silvestre de Lima es el **Humedal Pantanos de Villa**, está situado en el distrito de Chorrillos de 0 a 15 msnm, tiene una extensión aproximada de 263.27 ha (Figura 7), fue categorizado como Área Natural Protegida por el estado peruano en 2006 con la finalidad de conservar el paisaje, proteger la reproducción de aves residentes y migratorias e incentivar actividades turísticas y educativas. El humedal ofrece importantes servicios ambientales a la población aledaña, como almacenamiento de agua, previene las inundaciones, retiene nutrientes, sedimentos y contaminantes mejorando la calidad del agua y controla la erosión (SERNANP, 2017). En la Tabla 1 se apreciará los procesos en los humedales naturales que dan lugar a la mejora de la calidad de agua. Los Pantanos de Villa son considerados como lacustre (costeros), porque están situados a lo largo de la línea de la costa y están afectados de manera perpendicular por la seiche, niveles de agua, las mareas de tormenta, las corrientes y a acción de las olas (Gnass et al. 2018).

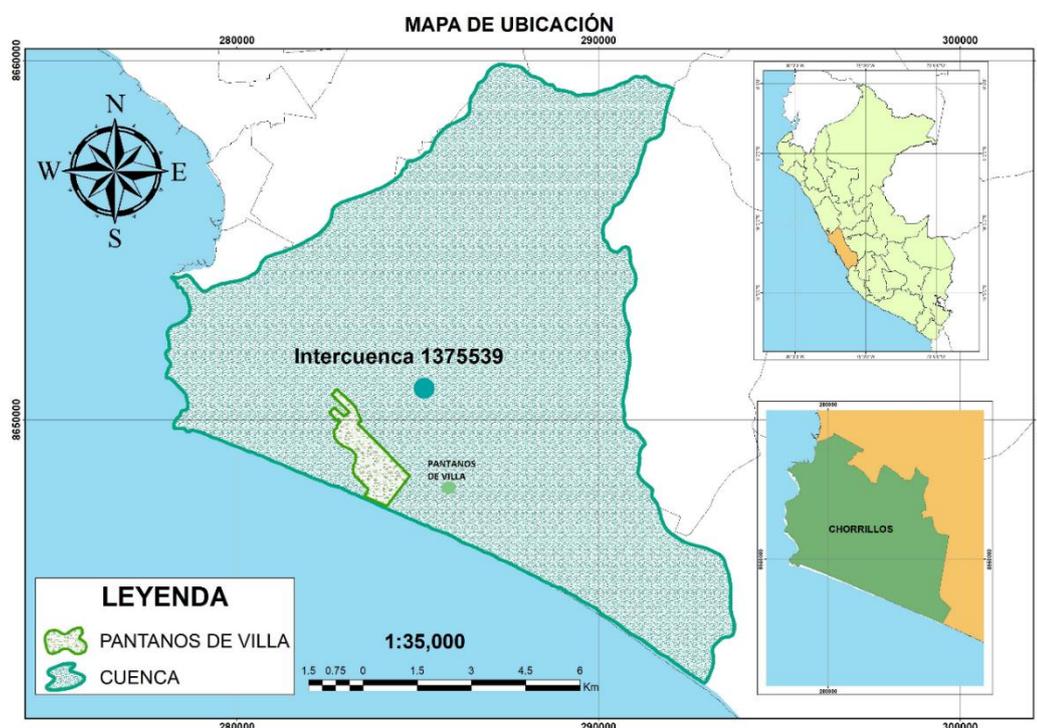


Figura 7: Ubicación de Pantanos de Villa

Tabla 1. Procesos en los humedales naturales que dan lugar a la mejora de la calidad de agua (Gopal y Ghosh, (2008)

CATEGORÍA	PROCESOS
FÍSICA	Sedimentación de partículas en suspensión, filtración de partículas más finas por plantas, biopelículas, y sedimentos minerales.
QUÍMICA	Precipitación, adsorción a los sedimentos y detritus, volatilización, la quelación y la complejación.
BIOLÓGICA	Descomposición y mineralización de la materia orgánica.
MICROBIOLÓGICA	transformación microbiana (fijación de nitrógeno), oxidación microbiana (nitrificación), reducción microbiana (desnitrificación), competencia microbiana e inhibición del crecimiento (entorno hostil).
FLORA	Captación del agua (plantas sumergidas, plantas flotantes libres y algas, captación del agua de los poros en los sedimentos (algas bentónicas y plantas con raíces), cambio químico causado por las plantas (producción y difusión de oxígeno, precipitación del calcio durante la fotosíntesis)
FAUNA	Ingestión de materia orgánica y microbios (incluido los patógenos), transferencia de cadena alimentaria y acumulación de nutrientes y otros contaminantes.

Lo **componentes ecológicos** está constituido por abióticos y bióticos donde existe una interacción entre sí (Duarte Hernández y Avella Muñoz, 2018). Los Pantanos de villa alberga más de 210 especies de aves (entre residentes 55% migratorias continentales 36% y migratorias andinas 6%) (Tabla 2), muchas de las aves migratorias son de procedencia norteamericana, América del Sur, los Andes y locales. Las avifaunas más amenazadas y sensibles a cambios de la temperatura a causa de actividades antrópicas son los Yanavico (*Plegadis ridgwayi*) y Huerequeque (*Burhinus superciliaris*); dentro de su ecosistema se encuentra los roedores, arácnidos y peses (SERNANP, 2017). Del mismo modo, alberga más de 67 especies de flora, dentro de ello se han identificado 7 formaciones vegetales más resaltantes: Canales, Gramadales, totoral, arenal, espejos de agua, juncos y arbustos (Aponte y Ramírez, 2011) (Tabla 3). El sistema abiótico está formado por el suelo (Sales, arcilla, arena, rocas sedimentarias y canto rodado), asimismo el clima de Pantanos de Villa tiene característica de una estación invernal costera con un cielo gris, humedad relativa entre 85% y 99%, temperatura media de 18.6°C y precipitación promedio de 60mm (INGEMMET, 2019).

Tabla 2. Diversidad de aves en el humedal Pantanos de Villa (SERMAN, 2017)

AVES			
RESIDENTES		MIGRACIÓN CONTINENTAL	MIGRACIÓN ANDINA
Pato Gargantillo	Garza Bueyera		
Pato colorado	Garcita blanca		
Pato andino	Garza Azul	Zaparito Trinador	
Zambullidor común	Yanavico	Playero Coledor	
Zambullidor Pico Grueso	Gallinazo Cabeza negra	Playero Patiamarilla Mayo	
Zambullidor Grande	Gaviota de Capuchón Gris	Playero Patiamarilla Meno	
Garza Grande	Ostrero Americano	Vuelvepiedras Rojizo	Gabiota Andina
Mirasol Leonado	Chorlo Gritón	Golondrina Azul	Gabiota Real
Garcita Estriada	Chorlo Semipalmado	Dormilona Careoscura	Zarcillo
Piquero peruano	Gallareta Andina	Águila percadora	
Pelicano peruano	Polla de Agua	Playerito occidental	
Gaviota Peruana	Rascón Plomizo	Gaviota Gris	
Lechuza Terrestre	Huerequeque	Gaviota de Franklin	
Cuculí	Tuctupillin		
Tortolita peruana	Siete colores de la Totota		

Tabla 3. Estado de diversidad de flora Vascular de los Pantanos de Villa (SERMAN, 2017)

FLORA VASCULAR DE PANTANOS DE VILLA	
Laurel rosa	Tomate silvestre
Repollito de agua	Gramma salada
Gramma dulce	Manguillo
Caña brava	Pata de perdis
corta corta	Flejolillo
Junquillo	Tatora
Eucalipto	Junco
Lechuga de agua	Lentejas de agua
Helecho de agua	Lirio de agua
Papa silvestre	Berro

El **humedal Pantanos de Villa** es la única área de conservación que está situado en capital del Perú; las principales amenazas que sufre este ecosistema frágil son los conflictos territoriales (extracción urbana), conflictos socioeconómicos y la presencia de industrias que están asentadas en los alrededores. La principal contaminación generada es por la falta de redes de desagüe, ya que aproximadamente 500 familias que radican en la zona de amortiguamiento vierten sus aguas servidas o desagües domésticos, ya que no cuentan con servicios básicos de agua y desagüe; la contaminación se da por filtraciones generando cambios en la dinámica de los pantanos incrementando la nitrificación el cual ayuda en crecimiento masivo de totoras y espejos de agua afectando el hábitat de las aves migratorias y quitando oxígeno a la vida acuática Otro foco contaminante es la

presencia del botadero informal, que ayuda en la degradación y erosión del suelo quitando la visión atractiva del ecosistema.

Para determinar los impactos de las variaciones del clima se realiza mediante el uso de **Sistema de información geográfica (SIG)**, que son conjunto de información diseñado para realizar la captura, almacenamiento, actualización, manipulación, análisis y visualización de los datos georreferenciados, el SIG ayuda identificar relaciones espaciales en diversas informaciones alfanuméricas con la finalidad de satisfacer diversos propósitos (Seguí et al. 2012)

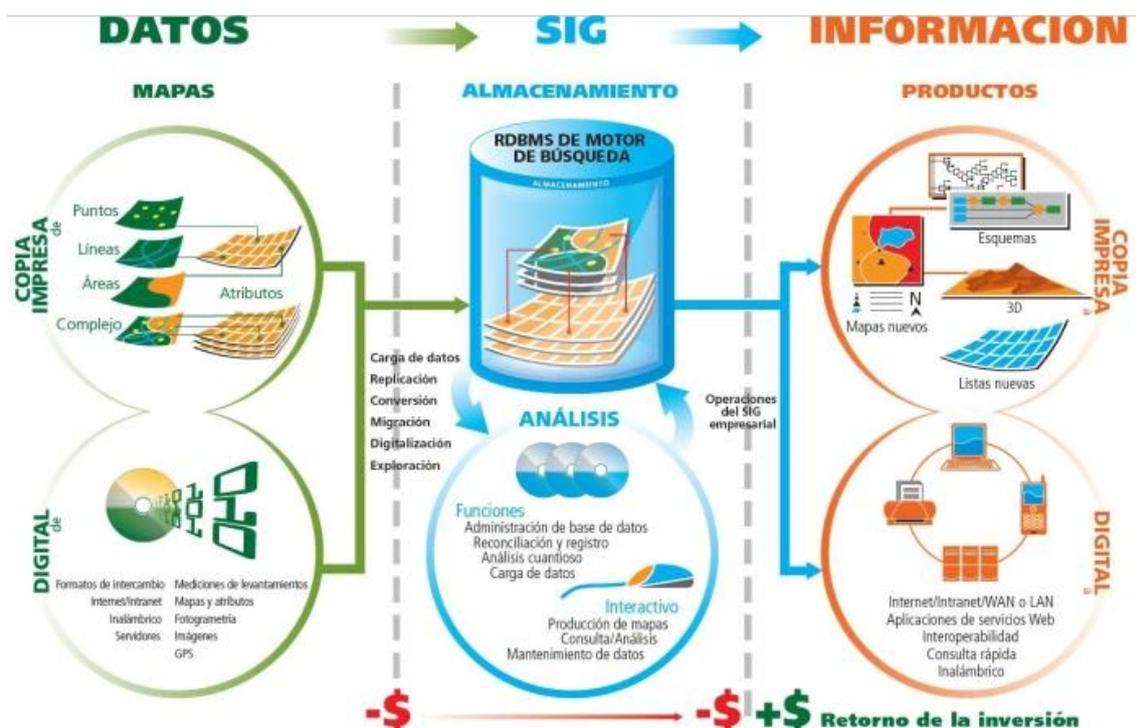


Figura 8: Funciones de Sistema de Información Geográfica (Tomlinson, 2007)

En la Figura 8 se presentó las funciones de SIG, el cual está compuesto por: Datos (es el principal material para la actividad en SIG integrando datos y otros); Persona (es el encargado de la operación, el desarrollo y la administración del sistema (software); Métodos (Procedimiento: grupo de formulaciones y metodologías para aplicar en los datos); Programas (Software: son algoritmos para acceder, analizar y sintetizar diversos datos espaciales, Equipo (Hardware: Es la herramienta suficiente para la ejecución del software) (Olaya, 2014).

El SIG presenta dos maneras de codificar los datos, los cuales se diferencian en su concepto, almacenamiento y representación de la localización espacial de los

objetos: Datos de tipo Vectorial, son definidos de las coordenadas, almacena la información mediante formas discretas, como son los puntos, líneas y polígonos; se usan para almacenar datos con emplazamiento espacial muy definido, además, es importante conocer la topología entre diversos objetos que define relaciones espaciales entre diferentes elementos gráficos. Datos de tipo Ráster, su representación espacial y los atributos no espaciales se juntan en un solo fichero de datos. El área de estudio es organizada en filas y columnas para registrar el valor atributo de interés (Siabato, 2018).

El SIG está compuesta por una serie de funciones (Figura 9): Captura y organización de datos (digitalización, transformación de coordenadas, georreferenciación, vectorización de mapas ráster, unión de redes y polígonos); Gestión de tablas alfanuméricas (localización de datos, modificaciones, indexado añadir registros); documentación; análisis espacial (interacción de polígonos, creación de mapas temáticos, etc.) (UNA, 2019).



Figura 9: Funciones de Sistema de Información Geográfica (UNA, 2019)

La elaboración de mapas es de suma importancia para el estudio en diferentes ramas como por ejemplo los mapas climáticos, nos ayudan a identificar el comportamiento que tienen los elementos climáticos, su variación en distintos periodos de tiempo a nivel regional y local. El procesamiento de datos nos otorga información para la toma de decisiones sobre el recurso hídrico así mismo los datos de las estaciones meteorológicas e hidrológicas (temperatura máxima, mínima, precipitación y radiación solar permiten integrarse para elaborar, desarrollar,

cuantificar la evapotranspiración y el balance hídrico dentro de una cueca. (Castro, 2019)

La teledetección denominado también sensores remotos es una herramienta aliado de los GIS para estudios ambientales principalmente cuando hay una insuficiencia de datos sobre todo en la ecología, una de sus aplicaciones en ecosistemas es en los humedales el cual nos permite monitorear la expansión y contracción del área geográfica. Dentro del humedal se presenta dos tipos de áreas un área inundada en el cual no está involucrada la cobertura vegetal y está cubierta por la masa de agua superficial o abierta, la otra área donde existe la presencia de vegetación favoreciendo ecológicamente en la anidación de las aves marinas permitiendo un descanso en su continua ruta migratoria (Perennou, 2018)

La teledetección es un campo de investigación inter/multidisciplinar enfocado en la observación del planeta y el medio ambiente. Desempeña un papel muy importante en la comprensión de los cambios climáticos y ambientales, los impactos ambientales y la sostenibilidad. Sus primordiales fuentes de información son las medidas e imágenes recopiladas gracias a las plataformas aéreas y espaciales. La teledetección obtiene información a distancia, sin tener contacto físico con el objeto de estudio, por lo tanto, existe flujo de información entre objeto observado y el captador. El encargado de portar la información es la radiación electromagnética. Todo cuerpo emite radiación electromagnética el cual depende de la temperatura (Ciro, Pomboza, Villacrés y Boderó, 2019).

La teledetección en campos ambientales está sujeto en su sistema de recopilación de datos a distancia sobre biosfera, basado en estudiar las variaciones espectrales, espaciales y temporales de la radiación electromagnética y en su interacción con los objetos en la superficie terrestre. Un elemento de la naturaleza tiene respuesta espectral propia llamado *signatura espectral*. Los principales captadores son las cámaras fotográficas, radares, láseres y radiómetro de barrio multispectral (MMS). Los cuales generan imágenes analizando la radiación emitida por formas u objetos de la superficie terrestre (Sacristán, 2006).

Satélite LANDSAT es el primer satélite de recursos naturales con misiones de observación de la tierra por satélite administrado por NASA y Servicio Geológico EE UU. El primer lanzamiento se llevó a cabo en 1972 de ERTS-1 (Tierra Recursos

Tecnología por Satélite conocido como Landsat 1) y el último satélite Misión de Continuidad de Datos de Landsat (LDCM), renombrado como Landsat 8 se puso en marcha el 11 de febrero de 2013 (Pickens et al, 2019).

El Landsat 7 presenta un sensor Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM +), Tabla 4 presentarán características de Landsat 7 donde las imágenes constan de ocho bandas espectrales con resolución espacial de 30 metros de Bandas 1 a 5 y 7. La resolución de banda 8 es de 15m (Notarnicola, 2020).

Tabla 4. Característica de imagen Landsat 7 (Bravo, 2017)

	Banda	Longitud de onda (micrómetros)	Resolución (metros)
Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM +)	1 - Azul	0.45 - 0.52	30
	2 - Verde	0.52 - 0.60	30
	3 - Rojo	0.63 - 0.69	30
	4 - Infrarrojo Cercano (NIR)	0.77 - 0.90	30
	5 - onda corta infrarroja (SWIR) 1	1.55 - 1.75	30
	6 - Thermal	10.40 - 12.50	60*(30)
	7 - onda corta infrarroja (SWIR) 2	2.09 - 2.35	30
	8 - Pancromática	0.52 - 0.90	15

Fuente: Elaboración Propia, extraído de designations Landsat satélites.

Landsat 8 está constituido por la Imagen operacional de la Tierra (OLI) y el sensor térmico infrarrojo (TIRS), en la Tabla 5 se observará las características, donde las imágenes están compuesta de nueve bandas espectrales (Notarnicola, 2020).

Tabla 5. Características de imagen Landsat 8 (Bravo, 2017)

Landsat 8 Operativa Imager Tierra (OLI) y térmica infrarroja del sensor (SITR)	Banda	Longitud de onda (micrómetros)	Resolución (metros)
	1 - ultra azul (costero / aerosol)	0.43 - 0.45	30
	2 - Azul	0.45 - 0.51	30
	3 - Verde	0.53 - 0.59	30
	4 - Rojo	0.64 - 0.67	30
	5 - Infrarrojo Cercano (NIR)	0.85 - 0.88	30
	6 - onda corta infrarroja (SWIR) 1	1.57 - 1.65	30
	7 - onda corta infrarroja (SWIR) 2	02.11 - 02.29	30
	8 - Pancromática	0.50 - 0.68	15
	9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
	10 - infrarrojo térmico (SITR) 1	10.60 - 11.19	100 * (30)
	11 - infrarrojo térmico (SITR) 2	11.50 - 12.51	100 * (30)

Existen tres tipos de resoluciones: La resolución radiométrica es la sensibilidad de un detector de variaciones en intensidad de energía electromagnética dispersada, emitida o reflejada. Diversas variaciones de intensidad son rechazadas por el sensor dentro de una banda Landsat está constituido por diferentes sensores como Thematic Mapper+, Thematic Mapper, Operational Land Imagen y Thermal Infrared Sensor. Resolución espacial, es la separación mínima entre objetos que son resueltas por el sensor, de esa manera se obtiene alta resolución espacial (0.5 – 4m), media resolución (4-30m) y baja resolución (30-1000m). Resolución temporal, se encarga de medir el tiempo que pasa desde la obtención de imágenes de un punto hasta la imagen siguiente (Wynne, Atkinson y Liand, 2019).

Índice de vegetación son mezclas de bandas espectrales obtenidas por satélites de teledetección, sus medidas son cuantitativas con valores digitales. Su principal función es ilustrar la vegetación con respecto a su respuesta espectral y registrar detalles del suelo, agua e iluminación. (Sacristán, 2006). Para determinar el índice de vegetación conlleva la necesidad de utilizar el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) (Ramos 2018; Ponce, 2010). Los valores de NDVI son obtenidas de la relación de banda en el infrarrojo cercano (NIR) y la banda roja.

Es por ello, en la vegetación la cantidad de clorofila influye en la banda roja, y A la banda NIR influye mucho el contenido de agua (Gómez, 2015).

EI NDVI es un indicador numérico de la diferencia entre la máxima absorción de radiación en rojo por los pigmentos clorofílicos y la máxima reflexión en infrarrojo próximo debido a la estructura de la hoja y el suelo, la variación del rango es de -1 y +1, solo los valores positivos corresponden a zona de vegetación y los valores negativos pertenece a nubes, agua, nieve, roca y suelo desnudo. Los valores del NVDI varían según el uso del suelo, ambientes climáticos de la zona, estación fenológica e hidrología (Bravo, 2017).

En la ecuación 1 se muestra el Cálculo de Índice De Vegetación de Diferencia Normalizada (Bravo, 2017).

$$NDVI = \frac{(PSnir - PSred)}{(PSnir + PSred)} \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

PSnir: Reflectancia de la banda infrarrojo cercano – NIR

PSred: Reflectancia de la banda rojo – RED

En la ecuación 2 y 3 se muestran cálculos de Índice De Vegetación de Diferencia Normalizada para los satélites Landsat 7 y Landsat 8 (Bravo, 2017):

Landsat 7: $NDVI = \frac{PS\ b4-PSb3}{PS\ b4+PSb3} \dots \dots \dots (2)$

Landsat 8: $NDVI = \frac{PS\ b5-PSb4}{PS\ b5+PSb4} \dots \dots \dots (3)$

Las unidades vegetales son composición florística determinadas mediante las condiciones ecológicas parejas y de fisionomía homogénea, las formaciones vegetales son nombradas de acuerdo con dominancia de tipos de forma de vida, identificando especies que son dominantes. Las formaciones vegetales importantes son: Bosques compactos, Bosques claros, Matorrales y espesos, Arbolado bajo y landas bajas y vegetación herbácea (MINEM, 2013; Parra et al, 2004).

En ecosistemas acuáticos, las consecuencias ecológicas de la variabilidad climática dependerán en gran medida de la tasa y la magnitud del cambio en dos factores ambientales críticos: (1) temperatura y, (2) la disponibilidad de agua a partir de la precipitación y la escorrentía. Estos factores regulan muchos procesos ecológicos en ecosistemas acuáticos, tanto directa como indirectamente, cambios en el carácter fundamental de muchos ecosistemas acuáticos en respuesta a un clima cambiante son altamente probables. La temperatura controla directamente muchos procesos de vida vitales y un cambio en el régimen térmico (temperaturas extremas, su duración y las tasas estacionales de cambio de temperatura) puede regular directamente las tasas de crecimiento y reproducción para las especies. Dado que las especies acuáticas y de humedales individuales se adaptan a un rango de temperaturas, el calentamiento global cambiará los posibles rangos geográficos de especies en el hemisferio norte, hacia el norte y en las regiones de montaña a una mayor altitud. Del mismo modo, en la parte más meridional (o elevación más baja) del presente geográfico el rango de muchas especies se volverá inadecuado (Poff et al., 2002).

El volumen de agua en un ecosistema acuático influye directamente en los procesos ecológicos al determinar la cantidad de hábitat disponible y calidad del agua (nutrientes); el patrón regional de precipitación y la escorrentía dictamina cómo el volumen de agua en un ecosistema acuático cambia con el tiempo. Porque el clima naturalmente varía de una región a otra, el régimen hidrológico (el patrón estacional de magnitud, frecuencia, duración y momento de la escorrentía) también varía entre las regiones (Poff et al., 2002).

La variación estacional en el volumen del agua influye fuertemente en qué tipos de especies pueden florecer en un sistema acuático. Por lo tanto, un cambio en el clima regional que altere el régimen hidrológico existente tiene el potencial de modificar la idoneidad del hábitat para muchas especies y causar un cambio ecológico significativo (incluso si los regímenes no se modifican) (Poff et al., 2002).

Para saber la disponibilidad del agua, se hace **balance hídrico** en el humedal (2003), define el balance hídrico como una relación existente entre los ingresos y las pérdidas del agua en un lugar y periodo dado, con ello se conoce el estado de humedad de las cuencas asociados al aporte de precipitación recibida

restando las pérdidas generadas, se puede clasificar el tipo de año: húmedo, normal y seco.

Llorens (2003), la cuantificación de los términos de la ecuación del balance hídrico con normalmente tediosas por déficit de medidas directas y variación espacial de la evapotranspiración, de pérdidas profundas y variaciones del agua almacenada en cuencas.

La precipitación es la entrada del agua que cae en un determinado espacio siendo entrada dentro del Ciclo Hidrológico, que varía tanto espacial como temporalmente en una cuenca y subcuenca, ocurre en forma de lluvia, nieve, neblina, etc., la medición se realiza con los instrumentos de estaciones climatológicas (pluviómetro), y es el dato más importante para realizar un balance hídrico (Ordoñez, 2012).

La evapotranspiración (ETP), es la cantidad del recurso hídrico que retorna a la atmósfera por medio de la transpiración de vegetales y animales como por evaporación del suelo. La ET depende de la disponibilidad del agua que el suelo ha logrado retener para consumo de vegetación. Es el segundo término importante en un balance hídrico (Metha, Prados, Podest, 2017). Para determinar la Evapotranspiración Potencial mensual se determina mediante el método de THORNTHWAITE (2008), quien define “como la cantidad del agua que perderá una superficie completamente cubierta de vegetación en crecimiento activo si en todo momento existe en el suelo humedad suficiente para su uso máximo de las plantas”.

Escorrentía superficial, es el agua de la lluvia que no ha sido evaporada ni infiltrada, escurre en forma de: escorrentía directa, agua que llega de los cauces superficiales en un periodo corto de tiempo tras la precipitación. Escorrentía Basal, alimenta a los cauces superficiales en época de estiaje (Ordoñez, 2012).

Cuando se realiza el balance hídrico superficial a nivel mensual y multianual, el término correspondiente al cambio de almacenamiento toma el valor de 0, porque la variabilidad del agua almacenada en la cuenca en periodo largo no se evidencia cambios resaltantes (Ordoñez, 2012).

Según lo informado por INRENA (1998), citado por Pulido y Bermúdez (2018)

La mayor o menor existencia de agua en Los Pantanos de Villa está asociada a las épocas de avenidas y estiajes del río Rímac. En las épocas de avenida (enero, febrero y marzo), presenta mayor cantidad de agua en el río, y permitiendo el riego de las áreas agrícolas y parques, incrementándose la infiltración o recarga del acuífero. En épocas de estiaje, el canal Surco escasamente conduce agua y en los tramos finales de los canales laterales, estos pueden colectar aguas servidas, con la consecuente contaminación del suelo y plantas.

Deficiencias de agua en el suelo, Mishra y Singh (2010) y Mishra et al. (2011) han realizado un exhaustivo trabajo en la recopilación y sistematización de la bibliografía sobre sequías en la que se destaca el uso del Índice de Severidad de Sequía de Palmer y el Índice Estándar de Precipitación, ambos basados en la precipitación y, por otro lado, la escasez de estudios que utilicen el balance de agua en el suelo principalmente en Sudamérica.

En los últimos años se han observado serios fenómenos de sequías en la región pampeana, ocasionados por escasas precipitaciones como mencionan Forte Lay et al. (2007) y Botana et al. (2009). Minetti et al. (2010) encontraron que su principal causa está condicionada por la actividad del anticiclón del Océano Atlántico y su interacción con la depresión continental en la Pampa húmeda. Capriolo y Scarpati (2012) señalaron la distribución espacial de las sequías de acuerdo con diferentes valores de deficiencia de agua en el suelo.

Excesos de agua en el suelo, los excesos de agua en el suelo son los milímetros de lámina de agua precipitada que una vez colmada la capacidad de almacenaje del suelo (que depende de la profundidad de exploración que permite a las raíces vegetales, de su granulometría, de su contenido de materia orgánica, etc.), pasan a capas profundas del subsuelo para alimentar a las napas freáticas (infiltración profunda), o bien escurren superficialmente hacia las depresiones naturales del terreno o hacia la red hidrográfica de la región (escurrimiento superficial). (Scarpati et al., 2007). Este último destino también lo puede alcanzar el agua sin necesidad de haber colmado la capacidad de almacenaje del suelo, en general cuando se producen lluvias torrenciales, dependiendo de la tasa de infiltración del suelo, de la intensidad

de la lluvia, de la cobertura vegetal, etc. Por su parte, el agua subterránea también puede alimentar a la red hidrográfica (ríos o lagunas) o moverse lentamente hacia el mar Antico y Sabbione (2010).

Kruse et al. (2001) describieron la relación entre la precipitación, la evapotranspiración (agua que evapora el suelo y que transpiran las plantas), el almacenaje de agua del suelo, el exceso de agua edáfica, el nivel de la capa freática y la esorrentía superficial en diferentes escenarios del noroeste de la provincia y observaron una buena relación temporal entre los niveles freáticos y el exceso de agua en el suelo.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

El trabajo de investigación tuvo un **enfoque mixto** por describirse y cuantificado el fenómeno de la variación de los componentes ecológicos del Refugio de Vida Silvestre de los Pantanos de Villa. De acuerdo a Cascante (2011), el enfoque mixto aparece de la necesidad de unir elementos tanto cuantitativo y cualitativo con la finalidad de brindar una visión distinta a la solución de las investigaciones.

Es investigación es **aplicada**, puesto que se puso en evidencia el impacto que genera la variabilidad climática sobre los componentes ecológicos. De acuerdo con (Hernández, Fernández y Baptista, 2011) indican que dicha investigación tiene como finalidad resolver problemas mediante de la comparación, evaluación e interpretación presentes en un entorno determinado.

El **diseño de investigación fue no experimental longitudinal**. Para Dzul (2015), se basa en realizar análisis de cambios en datos recolectados en el tiempo determinado variables o relaciones entre ellos. Para realizar la inferencia respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias.

Tuvo un **nivel Correlacional** debido a que se estableció la existencia de relación entre la variabilidad climática y los componentes ecológicos, puesto que se analizó las imágenes satelitales y la base de datos recolectados de instituciones involucradas con la investigación. Según Hernández, Fernández y Baptista (2011) es un tipo de estudio que evalúa la relación existente de dos o más categorías o variables, midiendo o cuantificando grado de relación entre esas variables.

3.2. Variables y Operacionalización

En la Tabla 6 se observará las variables de la investigación, que está determinada por dos (Variabilidad climática y componentes ecológicos de pantanos de villa)

Tabla 6: Variables de investigación

Variables de investigación	Tipo
Variabilidad climática	Variable uno
Componentes ecológicos de Pantanos de Villa	Variable dos

Fuente: Elaboración propia

En el Anexo 1 en se muestra la Matriz de Operacionalización de Variables

3.3. Población (criterio de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis

La **población** del estudio de la investigación está conformada por los Humedales de pantanos de Villa. De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2011) la población es conjunto de individuos, elementos u objetos los cuales presentan características susceptibles que pueden ser observadas, estudiadas o medidas.

El **tamaño de muestra** de la investigación fue el humedal Pantanos de Villa, dicho ambiente natural es procesado mediante sistema de información geográfica (SIG) para realizar el procesamiento con ArcGIS, ENVI 5.1, Rstudio juntamente con imágenes satelitales Landsat 78 ETM+ y Landsat 8 OLI, De acuerdo con (Hernández, Fernández y Baptista, 2011), la muestra es un subgrupo que representa a la población de interés de los cuales se recolectarán datos, es decir es un medio fáctico para estudiar las características de la población.

La **Técnica de muestreo** que se utilizó para esta investigación fue el muestreo no probabilístico por conveniencia, debido a que de todos los humedales costeros que existen en lima se escogió a Pantanos de Villa. Para (Otzen y Manterola, 2017), el muestro no probabilístico por conveniencia posibilita seccionar casos que acepten ser incluidos, teniendo como base la conveniente accesibilidad y proximidad de asuntos para el examinador.

En esta investigación la **técnica para la recolección de datos** fue observación directa, dichas técnica permite tener una mayor información de evento o fenómeno que fue analizado, evidenciado en los impactos ocasionados en componentes ecológicos por la variabilidad climática, la medición donde se obtuvieron datos, valores y resultados a partir de las variables, dimensiones e indicadores de la investigación.

Con el fin de obtener resultados eficientes en la investigación los **instrumentos de recolección de datos** son herramientas, recursos, actividades y procedimientos efectuados por los investigadores. (Hernández et al, 2014). Los instrumentos que se utilizó para registrar los datos de las variables y dimensiones presentes en esta investigación son: Imágenes, unidades y data meteorológica.

Los **instrumentos** indicados son válidos para procesar las variables, dimensiones e indicadores presentes en la investigación. La Tabla 7 menciona los jueces expertos quienes han **validado** los instrumentos.

Tabla 7. Jueces Expertos

N°	Experto	Especialidad
01	Jorge Leonardo Jave Nakayo	Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible
02	Juan Julio Ordoñez Gálvez	Especialista en Recursos Hídricos y Cambio Climático
03	Aylas Humareda Carmen	Ingeniera Geógrafa especialista en SIG

3.4. Procedimiento

Etapas 1: Obtención de data histórica

Recolección de datos

Para esta investigación se obtuvo información de las dimensiones e indicadores a través de la institución del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) de la Estación villa María del triunfo debido que es adecuado por su cercanía al área de estudio. Además, se recolectaron datos de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y del satélite GIOVANNI de la NASA con el propósito de completar datos meteorológicos del lugar de estudio, para extraer los datos se realizó una previa inscripción en dichas instituciones por medio de su página web, en la Figura 10 se observará el proceso.

Una vez extraído los datos climáticos del periodo 2000 a 2020 se almacenaron los datos en una hoja de Excel y se empezó a elaborar Climograma, los otros datos en el software Rstudio.

Elaboración de Climograma y series temporales de datos meteorológicos

Para su análisis y procesamiento de elementos climáticos de precipitación, temperatura, velocidad de viento, insolación y humedad, se creó un nuevo Script en el Rstudio, la información almacenada fue importada mediante la opción “session” y choose directory y se elige la carpeta Excel en formato csv seguidamente se redacta los códigos para los datos climáticos para los promedios,

acumulación y anomalías, las gráficas se obtienen mediante el código “plot” y las lecturas del formato con la función “read”

Los climogramas son gráficos donde se interpreta la temperatura y precipitación en un lugar geográfico determinado en un periodo de tiempo en Excel se selecciona los datos y se inserta graficas recomendados de Excel de serie temporal.

El resultado es un mapa de las variables climáticas de cada periodo de año 2000, 2005, 2010, 2015 y mayo de 2020, con la finalidad de analizar los eventos climáticos y hechos que afectaron el refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa.

Análisis

Para interpretar la correlación que existe entre las variables dependientes con las variables independientes de todos los periodos, los datos fueron colocados en SPSS para verificar si los datos son paramétricos y normales, seguidamente se elaboraron los gráficos de línea de tiempo.

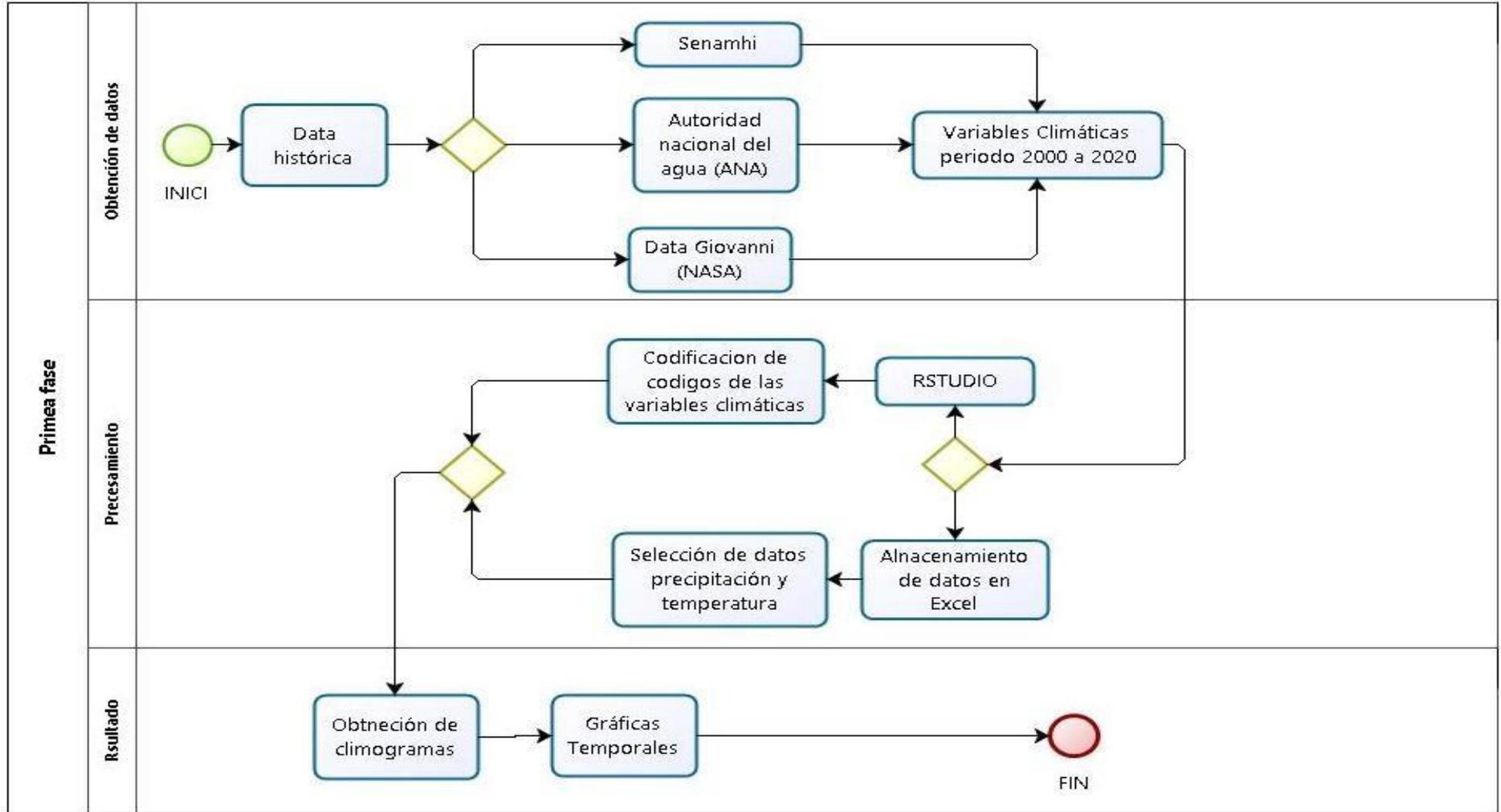


Figura 10: Obtención de data histórica

Etapa 2: Procesamiento de imágenes satelitales Landsat 7 y Landsat 8

Recolección de Imágenes satelitales

La obtención de imágenes satelitales Landsat 7, Landsat 8 fueron descargados de los servidores USGS de la Nasa (*anexo 3*), se pudo acceder de manera gratuita previa inscripción, otra característica es por la buena calidad de imágenes que presentaron sus sensores y la gran cantidad de bandas que tienen para realizar múltiples estudios. Las imágenes fueron seleccionadas en periodos de 2000, 2005, 2010, 2015 y mayo de 2020 de la temporada seca. Véase a la Figura 11.

Corrección atmosférica y radiométrica

Las correcciones ayudaron para tener una mejor visualización y calidad de imágenes, su propósito es minimizar los errores que influyen cada imagen. Se aplicaron la radiación atmosférica con el fin de eliminar la nubosidad o enmascaramiento de nubes cirrus para realizar la corrección la imagen satelital, mediante el software ENVI 5.1 se seleccionó la imagen satelital hacia la caja de trabajo luego con sus herramientas se delimito la zona de estudio (ROI), primero se realizó la corrección o calibración radiométrica que permitió mejorar las imperfecciones de cada píxel, con la herramienta RADIOMETRIC CALIBRATION se eligió las bandas multiespectrales con factor 0.1 e importar la corrección para ser utilizado en la corrección atmosférica, mediante la herramienta FLASHH atmospheric Correction en donde se digitan los datos de hora y fecha de la toma de la imagen por el satélite Landsat finalmente con la herramienta Band Math para reducir los valores de Reflectancia y tener una imagen debidamente corregida.

Clasificación de las imágenes

Todas las imágenes seleccionadas del periodo 2000- 2020 de la temporada seca tuvo que realizar una clasificación supervisada ejecutada en ArcGis, consiste en adquirir información de cada clase de vegetación presentes en al área de investigación. La clasificación se dio mediante la toma de muestra de 10 puntos o regiones de interés (ROI) sobre la imagen con el objetivo de tener mayor exactitud, para diferenciarlo se hace click derecho en la opción de propiedades para cambiarlo a distintos colores.

Validación de imágenes

Una vez realizada la clasificación supervisada a todas las imágenes se guardaron la firma espectral de cada clase, se prosiguió efectuar la validación mediante el método de máxima verosimilitud ubicada en la caja de herramientas de ArcGis y mediante la opción “máxima verosimilitud” del ráster creado que permitió tener una mejor clasificación, se le suele llamar también como operación de confianza, al quedar algunos polígonos estos fueron eliminados mediante la herramienta Data Management tools quedando una imagen de buena calidad.

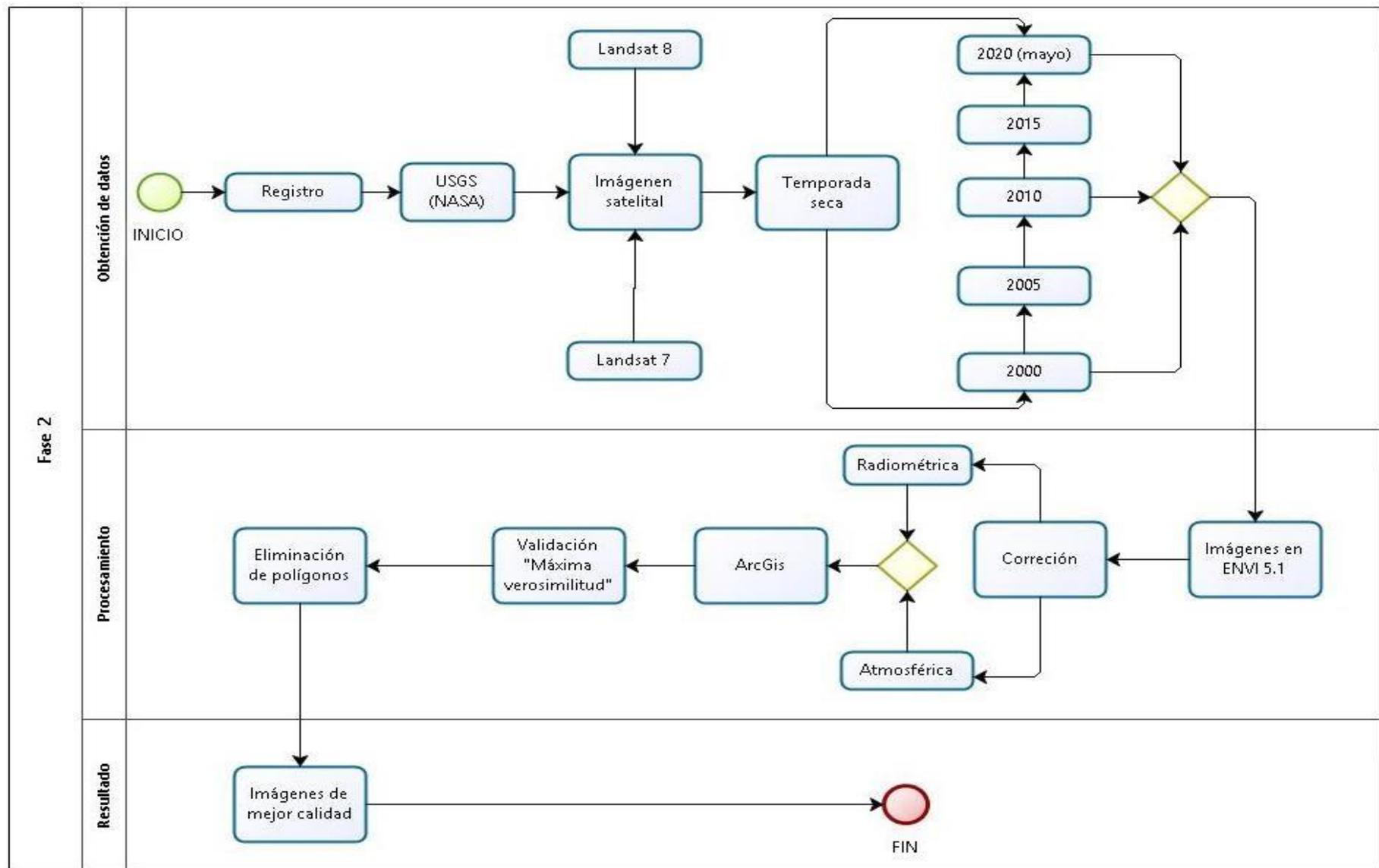


Figura 11: Procesamiento de imágenes satelitales Landsat 7 y Landsat 8

Etapas 3: Índice de vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).

Se hizo el procesamiento del índice de vegetación (NDVI) (Figura 12) de las imágenes satelitales del periodo 2000 a 2020 que tuvo una correlación con los datos meteorológicos. Para ello en ArcGis se hizo combinación de bandas tanto para Landsat 7 Y Landsat 8, para dicho proceso se hizo uso de la herramienta del ArcToolbox donde se encuentra la opción Ráster procesing, luego en composite band en donde se combina las 11 bandas contenidas de las imágenes Landsat 8 y por separado las 8 bandas de Landsat 8. Una vez echo la combinación se transformó en formato RGB para obtener los índices del Windows en la opción image analysis insert function donde emerge una ventana para realizar la operación en Band arimetic function. El resultado final fue una imagen combinada luego se Export data que se llama resultados para su respectivo análisis.

El cálculo del NDVI (*figura 12*) varía de -1 a 1. Los valores negativos corresponden a áreas con superficies de agua, estructuras artificiales, rocas, nubes, nieve; el suelo desnudo generalmente cae dentro del rango de 0.1 a 0.2; y las plantas siempre tienen valores positivos entre 0.2 y 1. El dosel de vegetación sano y denso está por encima de 0.5, y la vegetación dispersa dentro de 0.2 a 0.5. Sin embargo, es solo una regla general y siempre debe tener en cuenta la temporada, el tipo de planta y las peculiaridades regionales para saber exactamente qué significan los valores de NDVI.

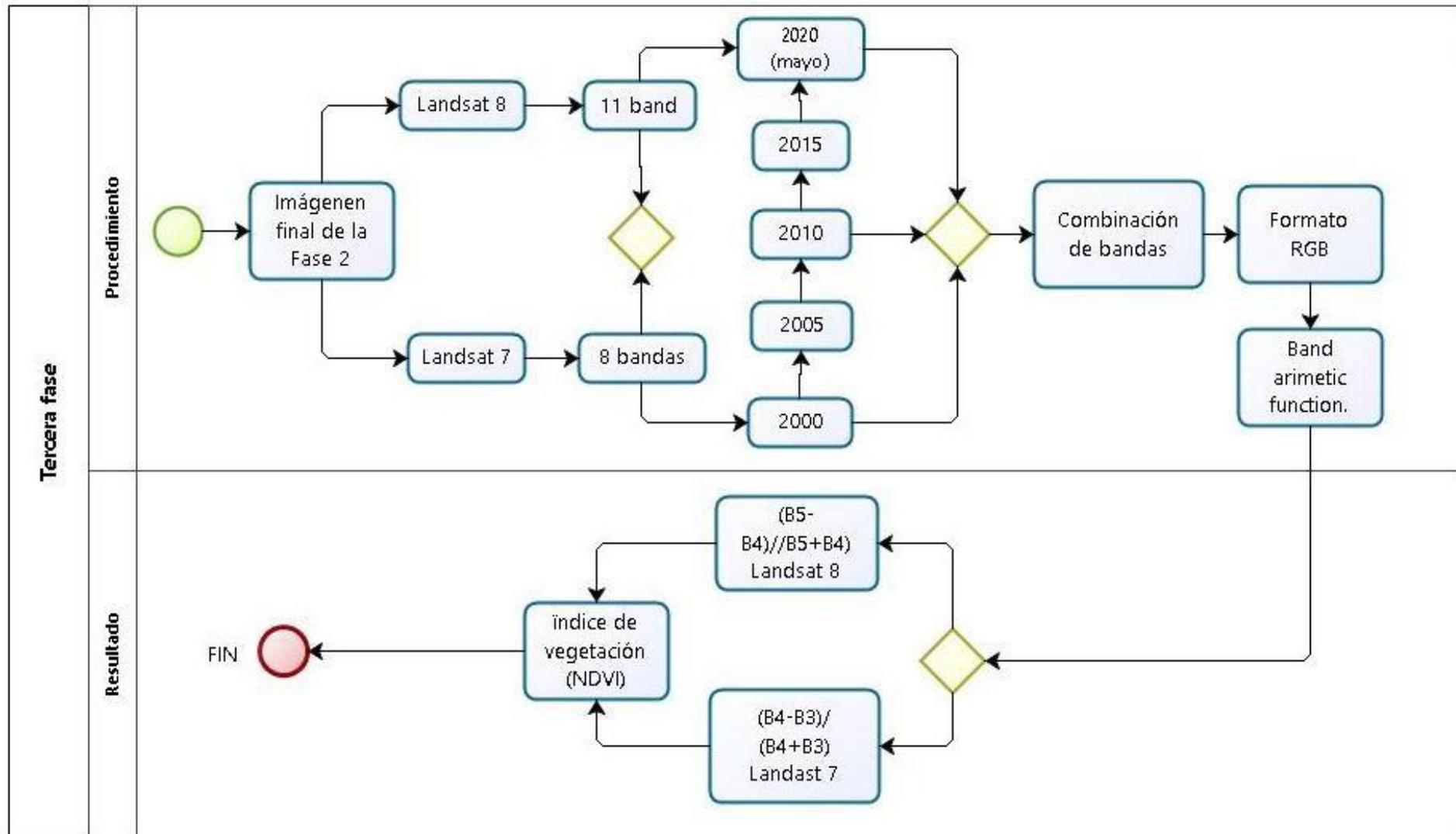


Figura 12: NDVI (índice de vegetación de Diferencia Normalizada)

Análisis integral

Con los datos extraídos del periodo 2000 a 2020 de la temporada seca de las estaciones meteorológicas se calculó el balance hídrico con el fin de que los indicadores climáticos se relacionen con la cobertura vegetal (NDVI) gráficos de serie temporal.

Etapa 4: Cálculo de balance hídrico

Para saber la disponibilidad del agua, se hizo el balance hídrico en el humedal. La fórmula del **Balance Hídrico** (Llorens, 2003) es:

$$P - ETR = ES + I \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

P=Precipitación

ETR= Evapotranspiración

ES= Escorrentía

I= Infiltración

La evapotranspiración (ET) se halló usando el método de Thornthwaite:

1. Índice de calor mensual (i)

$$i = (T / 5)^{1.514} \dots \dots \dots (5)$$

Donde:

i: índice de calor mensual

T = Temperatura media mensual °C

2. Índice de calor anual (I)

Para hallar el índice de calor se muestra la siguiente fórmula:

$$I = \sum i \dots \dots \dots (6)$$

La fórmula para el cálculo de evapotranspiración potencial sin corregir (mm) es:

$$ETP = 1.6 * (10T/I)^2 \dots \dots \dots (7)$$

I= Índice de calor anual = suma de los 12 valores del índice del calor mensual (i)

$$a = 0,000000675 * I^3 - 0,0000771 * I^2 + 0,01792 * I + 0,49239$$

$$ETP(\text{corregido}) = ETP * L \left(\frac{mm}{mes} \right) \dots \dots \dots (8)$$

Donde:

ETP: Evapotranspiración mensual en mm

L: factor de corrección del número de días en mes (N) y la duración astronómica del n (hora sol)

$$ETP (\text{corregida}) = \left(\frac{N}{30} \right) * \left(\frac{d}{12} \right) \dots \dots \dots (9)$$

La **escorrentía superficial** se determina mediante la siguiente fórmula:

$$E = \frac{31.536 * Q}{A} \dots \dots \dots (10)$$

Donde:

E= Escorrentía en mm

Q= Caudal en m³/s

A= Área del drenaje km²

Por lo tanto, ecuación del **Balance hídrico** para áreas **con y sin control hidrométrico** es:

$$P = E * ETR \dots \dots \dots (11)$$

Donde:

P= Precipitación media en mm

E= Escorrentía en mm

ERT= Evapotranspiración real media en mm

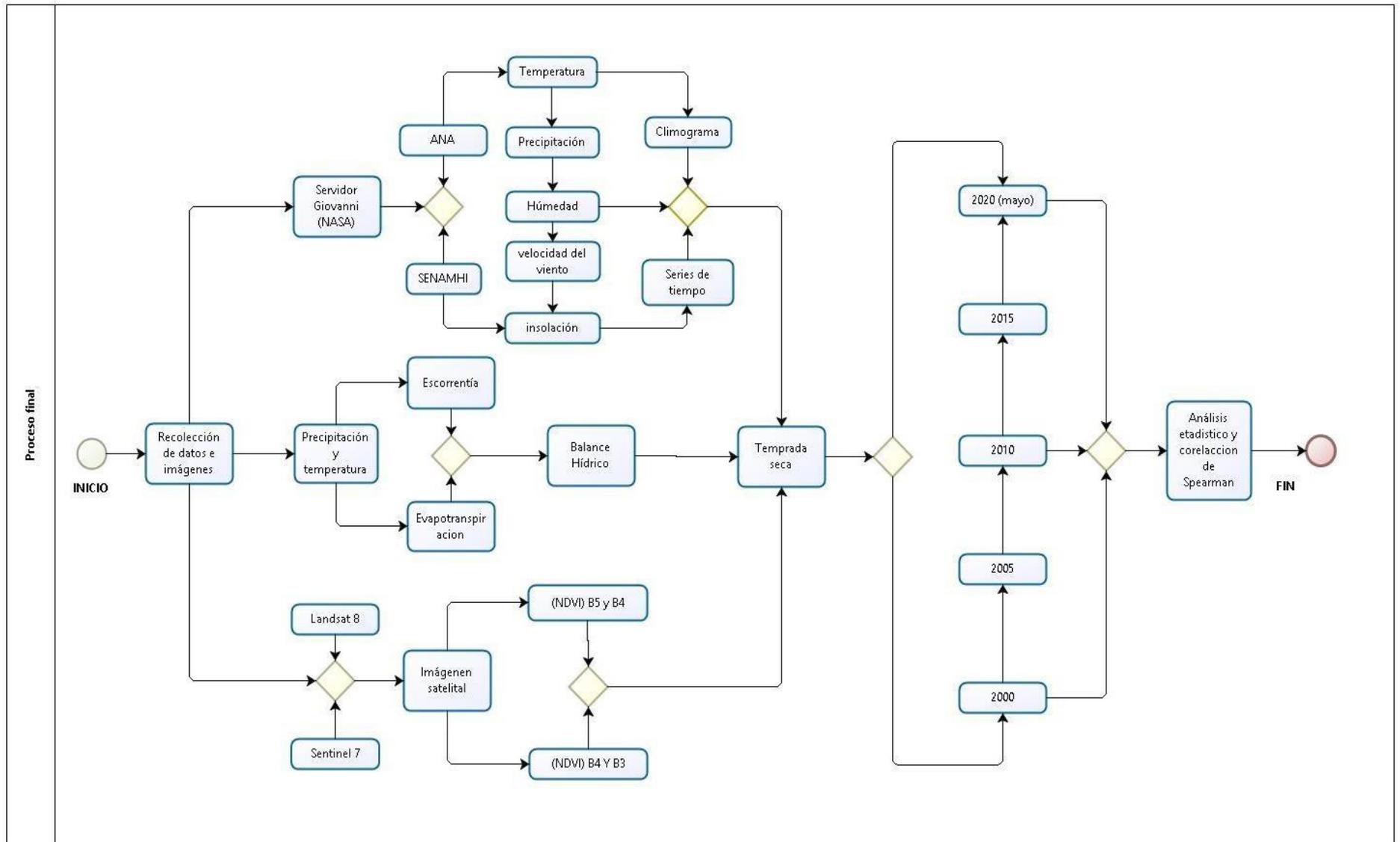


Figura 13: Procedimiento general

3.5. Método de análisis de datos

Se aplicó la estadística descriptiva para obtener la suma y promedio de todas las variables climáticas de estudios, se hará uso de Microsoft Excel versión 2013 para encontrar la correlación entre la variabilidad climática conjuntamente con los componentes de los Pantanos de villa se usó el software SPSS versión 22.

Para ellos se realizó prueba de normalidad Shapiro Wilk ya que los datos de cada indicador son menores a 30, adicionalmente saber si los datos adquiridos tienen distribución normal. Una vez identificado si los datos son para métricos o no para métricos se aplicó la correlación Rho de Spearman o Pearson.

3.6. Aspectos éticos

El informe de investigación cumplió con las normas éticas para proyecto de investigación establecidos por Universidad Cesar Vallejo, disponible en la Relación de Consejo Universitario N°126-2017/UCV y en la resolución Rectoral N°0089-2019/UCV, donde brindan pautas a seguir en el desarrollo de la investigación. Además, se respetó la estructura de la guía de Elaboración del Trabajo de Investigación y tesis para la obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, 2020.

También, se resaltó investigaciones previas, con la finalidad de tomarlas como base de comparación y reforzamiento. Asimismo, el proyecto de investigación está sujeto al código ya mencionado en el cual se aseguró la veracidad de la investigación como de sus resultados, para constatar la veracidad y la originalidad del proyecto de investigación, se sometió a **Turnitin**, que analizó todo el contenido en busca de las similitudes para mostrar el porcentaje de trabajo.

IV. RESULTADOS

Para determinar si existe un impacto de la variabilidad climática en los componentes ecológicos de Pantanos de Villa se demostró si los datos utilizados son paramétrico o no paramétricos para ellos se realizó la prueba de normalidad de Shapiro Wilk debido a que la cantidad de datos de cada variable son menores de 30.

Tabla 8. Prueba de normalidad de las variables climáticas y componentes ecológicos del Refugio de vida Silvestre Pantanos de Villa

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Precipitación	,257	21	,001	,795	21	,001
Temperatura	,174	21	,096	,883	21	,017
Humedad_relativa	,190	21	,045	,785	21	,000
Velocidad	,113	21	,200 [*]	,940	21	,223
Insolacion	,114	21	,200 [*]	,977	21	,882
Sin_vegetación	,157	21	,193	,929	21	,131
Vegetación_mixta	,162	21	,159	,946	21	,287
Vegetación_densa	,374	21	,000	,475	21	,000
Evapotranspiración	,166	21	,133	,930	21	,139

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 8, con la prueba de normalidad de Shapiro Wilk muestra que para algunos de los datos de las variables climáticas (precipitación, temperatura, humedad y vegetación densa) tienen una significancia menor a 0.05 teniendo una distribución normal, sin embargo, las otras variables restantes su significancia teórica es mayor a 0.05 por lo tanto los datos de ambas variables son no paramétricos procediendo a aplicar la correlación de RHO de Spearman.

Análisis de correlación de variables climáticas con los componentes bióticos, cada variable climática influye en los componentes biótico de la zona de estudio.

Tabla 9. Correlación de Spearman sobre el índice de vegetación NDVI (territorio sin vegetación) en el periodo 2000 a 2020.

			Correlaciones					
			Precipitación	Temperatura	Humedad_rel ativa	Velocidad	Insolacion	Sin_vegetació n
Rho de Spearman	Precipitación	Coefficiente de correlación	1,000	-,039	,246	,246	,113	,135
		Sig. (bilateral)	.	,867	,283	,283	,626	,039
		N	21	21	21	21	21	21
	Temperatura	Coefficiente de correlación	-,039	1,000	-,231	-,525*	-,014	-,384
		Sig. (bilateral)	,867	.	,314	,015	,951	,046
		N	21	21	21	21	21	21
	Humedad_rel ativa	Coefficiente de correlación	,246	-,231	1,000	,268	-,348	,594**
		Sig. (bilateral)	,283	,314	.	,241	,123	,004
		N	21	21	21	21	21	21
	Velocidad	Coefficiente de correlación	,246	-,525*	,268	1,000	-,109	,313
		Sig. (bilateral)	,283	,015	,241	.	,640	,048
		N	21	21	21	21	21	21
	Insolacion	Coefficiente de correlación	,113	-,014	-,348	-,109	1,000	,000
		Sig. (bilateral)	,626	,951	,123	,640	.	,049
		N	21	21	21	21	21	21
	Sin_vegetación	Coefficiente de correlación	,135	-,384	,594**	,313	,000	1,000
		Sig. (bilateral)	,559	,086	,004	,168	1,000	.
		N	21	21	21	21	21	21

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

**.. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Los datos obtenidos con la prueba de Spearman's en la Tabla 9, indica que el NDVI (sin vegetación) muestra una correlación directa considerable con la humedad con un valor de 0.59, y una correlación directa débil con la temperatura con valor de 0.135 mientras en las variables de temperatura y velocidad del viento demostró una correlación inversa, sin embargo, no demostró ninguna correlación con la insolación solar.

Tabla 10. Correlación de Spearman sobre el índice de vegetación NDVI (vegetación mixta) en el periodo 2000 a 2020.

			Correlaciones					
			Precipitación	Temperatura	Humedad_rel ativa	Velocidad	Insolacion	Vegetación_ mixta
Rho de Spearman	Precipitación	Coefficiente de correlación	1,000	-,039	,246	,246	,113	,313
		Sig. (bilateral)	.	,867	,283	,283	,626	,047
		N	21	21	21	21	21	21
	Temperatura	Coefficiente de correlación	-,039	1,000	-,231	-,525*	-,014	,110
		Sig. (bilateral)	,867	.	,314	,015	,951	,044
		N	21	21	21	21	21	21
	Humedad_rel ativa	Coefficiente de correlación	,246	-,231	1,000	,268	-,348	-,256
		Sig. (bilateral)	,283	,314	.	,241	,123	,048
		N	21	21	21	21	21	21
	Velocidad	Coefficiente de correlación	,246	-,525*	,268	1,000	-,109	,083
		Sig. (bilateral)	,283	,015	,241	.	,640	,049
		N	21	21	21	21	21	21
	Insolacion	Coefficiente de correlación	,113	-,014	-,348	-,109	1,000	-,171
		Sig. (bilateral)	,626	,951	,123	,640	.	,046
		N	21	21	21	21	21	21
	Vegetación_ mixta	Coefficiente de correlación	,313	,110	-,256	,083	-,171	1,000
		Sig. (bilateral)	,167	,634	,263	,720	,457	.
		N	21	21	21	21	21	21

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

Los datos obtenidos con la prueba de Spearman's en la Tabla 10, indica que el NDVI (vegetación mixta) muestra una correlación directa media con la precipitación con un valor de 0.313, y una correlación directa débil con la temperatura con valor de 0.110 mientras en las variables de humedad e insolación demostró una correlación inversa, sin embargo, con la velocidad de viento demostró una correlación de 0,083 directa muy débil.

Tabla 11. Correlación de Spearman sobre el índice de vegetación NDVI (vegetación densa) en el periodo 2000 a 2020.

			Correlaciones					
			Precipitación	Temperatura	Humedad_rel ativa	Velocidad	Insolacion	Vegetación_d ensa
Rho de Spearman	Precipitación	Coefficiente de correlación	1,000	-,039	,246	,246	,113	-,078
		Sig. (bilateral)	.	,867	,283	,283	,626	,037
		N	21	21	21	21	21	21
	Temperatura	Coefficiente de correlación	-,039	1,000	-,231	-,525*	-,014	,318
		Sig. (bilateral)	,867	.	,314	,015	,951	,046
		N	21	21	21	21	21	21
	Humedad_rel ativa	Coefficiente de correlación	,246	-,231	1,000	,268	-,348	-,408
		Sig. (bilateral)	,283	,314	.	,241	,123	,047
		N	21	21	21	21	21	21
	Velocidad	Coefficiente de correlación	,246	-,525*	,268	1,000	-,109	-,121
		Sig. (bilateral)	,283	,015	,241	.	,640	,031
		N	21	21	21	21	21	21
	Insolacion	Coefficiente de correlación	,113	-,014	-,348	-,109	1,000	,055
		Sig. (bilateral)	,626	,951	,123	,640	.	,041
		N	21	21	21	21	21	21
	Vegetación_d ensa	Coefficiente de correlación	-,078	,318	-,408	-,121	,055	1,000
		Sig. (bilateral)	,737	,160	,067	,601	,812	.
		N	21	21	21	21	21	21

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

Los datos obtenidos con la prueba de Spearman's en la Tabla 11, indican que el NDVI (vegetación densa) muestra una correlación inversa muy débil con la precipitación con un valor de -0.078. Además, nos indica que existe una correlación inversa media con la humedad y una correlación directa media con la insolación con un valor de 0.05, la temperatura con valor de 0.318.

Análisis de correlación de las variables climáticas en los componentes abióticos, Cada variable climática influye en los componentes biótico de la zona de estudio.

Tabla 12. Correlación de Spearman´s sobre el índice de vegetación NDVI (evapotranspiración) en el periodo 2000 a 2020.

			Correlaciones					
			Precipitación	Temperatura	Humedad_rel ativa	Velocidad	Insolacion	Evapotranspiración
Rho de Spearman	Precipitación	Coefficiente de correlación	1,000	-,039	,246	,246	,113	,077
		Sig. (bilateral)	.	,867	,283	,283	,626	,039
		N	21	21	21	21	21	21
	Temperatura	Coefficiente de correlación	-,039	1,000	-,231	-,525*	-,014	,876**
		Sig. (bilateral)	,867	.	,314	,015	,951	,000
		N	21	21	21	21	21	21
	Humedad_rel ativa	Coefficiente de correlación	,246	-,231	1,000	,268	-,348	-,167
		Sig. (bilateral)	,283	,314	.	,241	,123	,047
		N	21	21	21	21	21	21
	Velocidad	Coefficiente de correlación	,246	-,525*	,268	1,000	-,109	-,405
		Sig. (bilateral)	,283	,015	,241	.	,640	,037
		N	21	21	21	21	21	21
	Insolacion	Coefficiente de correlación	,113	-,014	-,348	-,109	1,000	-,101
		Sig. (bilateral)	,626	,951	,123	,640	.	,046
		N	21	21	21	21	21	21
	Evapotranspiración	Coefficiente de correlación	,077	,876**	-,167	-,405	-,101	1,000
		Sig. (bilateral)	,739	,000	,469	,069	,662	.
		N	21	21	21	21	21	21

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

**.. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Los datos obtenidos con la prueba de Spearman´s en la Tabla 12, indican que la evapotranspiración muestra una correlación directa muy fuerte con la precipitación con un valor de 0.876. Además, nos indica que existe una correlación inversa muy fuerte con la humedad con un valor de -0,167 y una correlación directa muy débil con la temperatura (0.077) y una relación inversa muy débil con la insolación con un valor de -0.1.

VARIABLES METEOROLÓGICAS

Se realizaron graficas de cada una de las variables climáticas que influyen a ecosistema Pantanos de villa en la Figura 14 se aprecia las anomalías durante el periodo del 2000 a 2020, las barras de color azul indica que existió un exceso de lluvias y las barras de color rojo los años de sequía o años de poca precipitación ocurrido en la zona de estudio.

En el año 2000 y 2001 se identificó un exceso de precipitación con un 27% y 36% de precipitaciones. Además se evidenció que en los años 2015, 2016 y 2017 tienen un grado mayor en exceso de precipitaciones esto concuerda con los años donde ocurrieron El fenómeno de El niño y el Niño costero teniendo una relación directa, entre el periodo 2000 a 2015 se presentó un Niño Costero débil (Takahashi 2016).

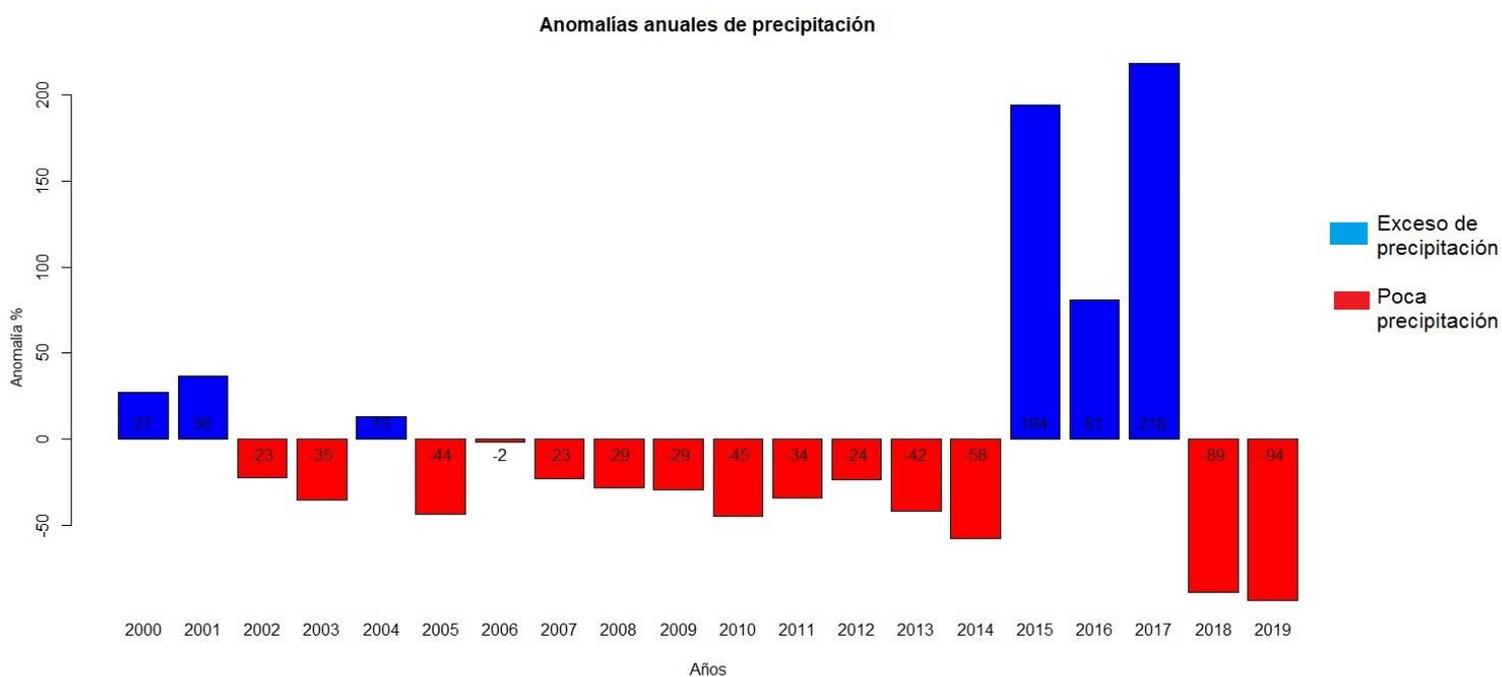


Figura 14: Anomalías anuales de precipitación del año 2000 a 2019

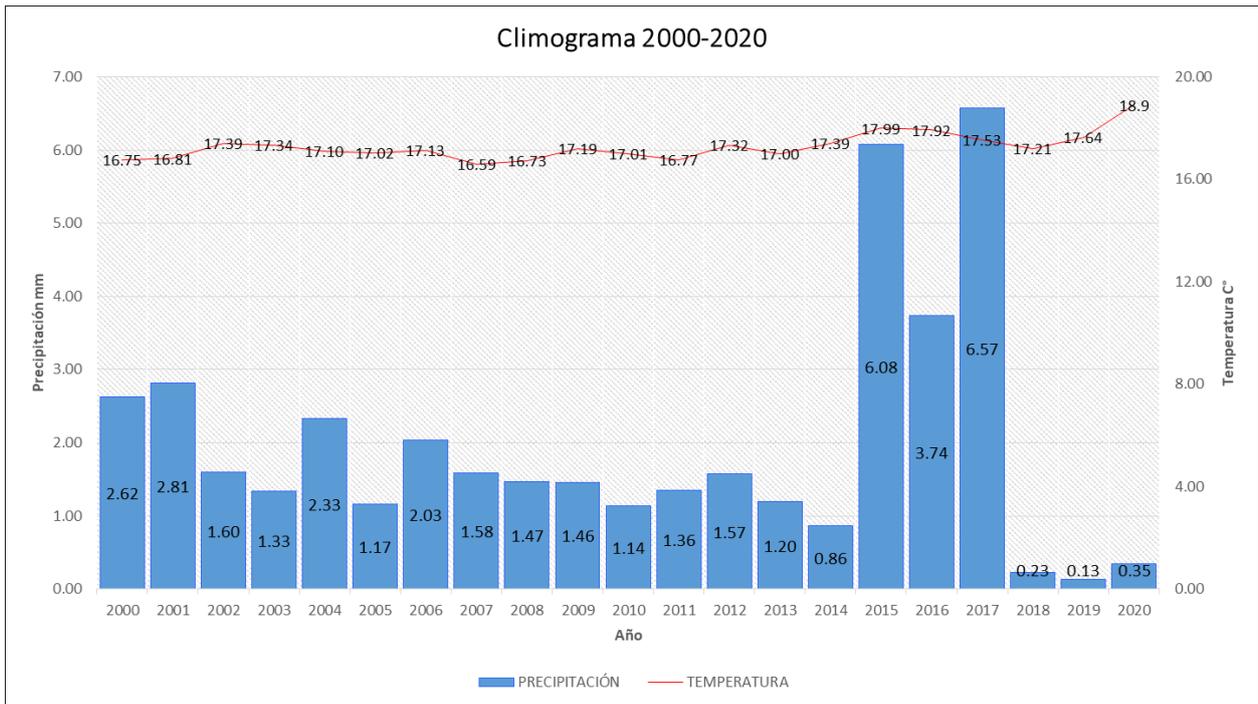


Figura 15: Climograma de los Pantanos de Villa periodo 2000 a 2020

Los Pantanos de Villa se encuentran en zona árida, en la Figura 15, se realizó un Climograma árido en donde se reflejó que las precipitaciones son menores a la curva de temperatura, durante todo el periodo se observó que las precipitaciones no sobre pasan los 6mm en la temporada seca.

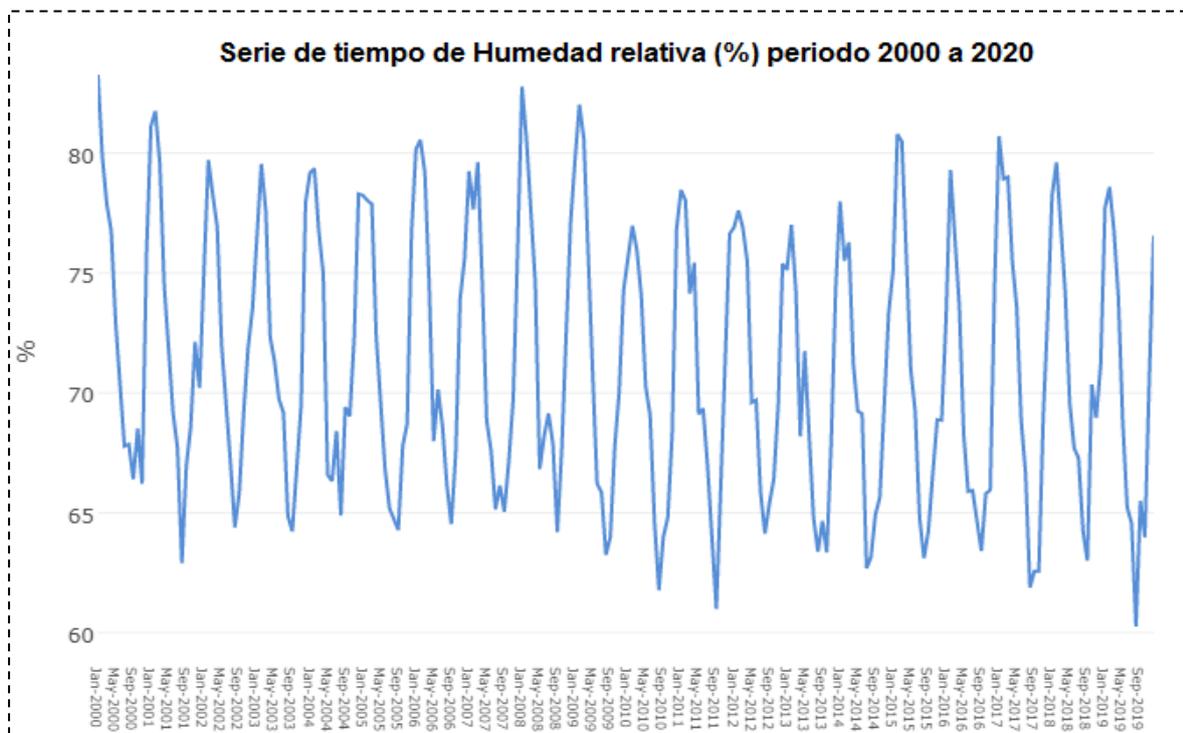


Figura 16: Serie de tiempo de humedad relativa periodo 2000 – 2020

En la figura 16 se observó que, en mes de febrero de los años 2000, 2005, 2010, 2015 y 2020 la humedad se registró con mayor porcentaje siendo 79.78%, 78.03%, 76.97%, 80.79 y 80.11 respectivamente. Y con menor porcentaje fue en mes de mayo 72.96%, 69.69%, 70.28% 71.00% y 67.38% en los años mencionados.

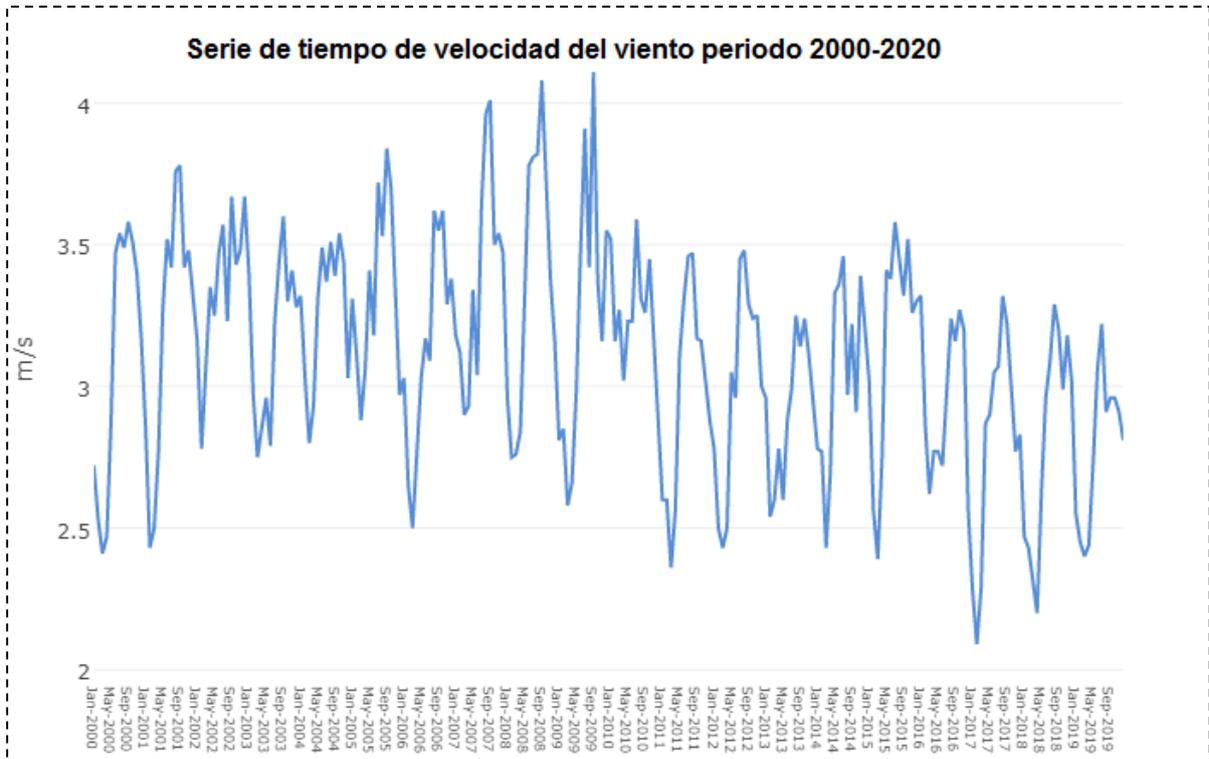


Figura 17: Serie de tiempo de velocidad del viento periodo 2000 - 2020

En esta serie de tiempo se reflejó que en los años 2011, 2017 y 2018 los vientos alisios pierden velocidad (menores 2.5 m/s) (Figura 17), esto permite el aumento de la temperatura superficial del mar dando probabilidad de ocurrencia de El Niño y ocasionando una erosión costera (Domínguez-ojeda 2000).

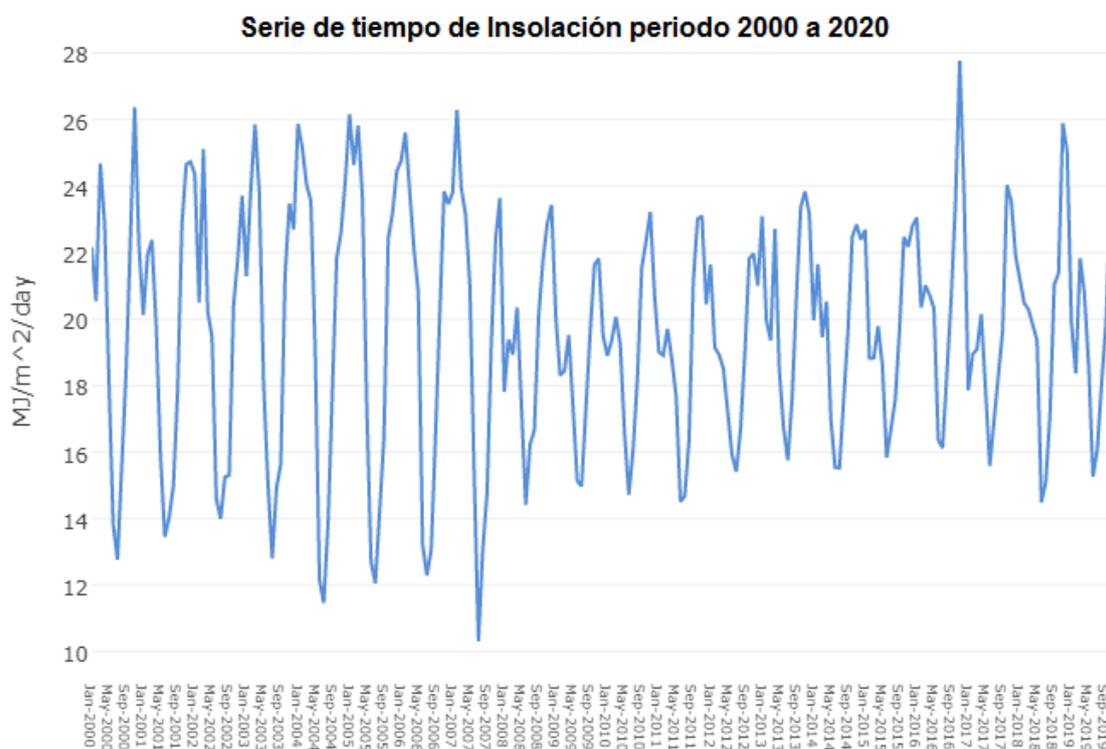


Figura 18: Serie de tiempo de Insolación periodo 2000 a 2020

En la Figura 18 se observó que, en los años 2000, 2005, 2010 y 2020 muestran una insolación de 22.17, 26.16, 18.9, 22.68 y 19.85 MJ/m² respectivamente. Las fluctuaciones de insolación que afectan a la vegetación dificultan la actividad fotosintética, debido a la cercanía al mar existe una menor captación de energía que perjudica el desarrollo y crecimiento de la flora, en los cuerpos de agua involucra mayor evaporación.

Los resultados obtenidos luego de realizar el pre y post procesamiento de las imágenes Landsat 7 y 8 indicaron el estado de la vegetación que existe dentro del refugio de vida silvestre, mediante la combinación de las bandas 6, 5 y 2 se observó en la Figura 19 diferentes tonalidades de color verde mostrando el estado de la vegetación (muy sano, sano, medianamente sano y enferma) esto se debe a las fluctuaciones de las variables climáticas sobre la extensión del humedal, al variar dichas variables afectan las condiciones del humedal viéndose afectadas algunas especies vegetales en su fisiología, desarrollo y distribución. Por otro lado, el índice de vegetación (NDVI) se calculó con la diferencia de la banda infrarrojo cercano con la banda roja de la luz visible (Figura 20) para detectar y diferenciar la vegetación sana con los otros componentes (suelo y agua) que tiene una tonalidad variable de rojo, esto se debe a los pigmentos

de clorofila presentes en las plantas absorben la banda roja y reflejan más la banda infra roja que al ser reflejadas hacia el satélite forma una firma espectral.



Figura 19: Combinación de la banda 6, 5 y 2 para la vegetación



Figura 20: Combinación de la banda 6, 5 y 2 para la vegetación

Índice de vegetación de Diferencia normalizada (NDVI)

El NDVI es el resultado el índice de las bandas espectrales generados por Landsat 7 (combinación de bandas 3 y 4) y Landsat 8 (combinación de bandas 4 y 5). Se seleccionaron imágenes satelitales en temporada seca (diciembre y mayo), porque presenta menor nubosidad. Se procesaron 5 imágenes de los años 2000, 2005, 2010, 2015 y 2020.

A partir de la metodología se adoptó una clasificación considerando rangos de -1 a 0 que corresponde a la clase sin vegetación, de 0 a +0.25 se denominó la clase vegetación mixta y el rango de +0.25 a +1 corresponde a vegetación densa.

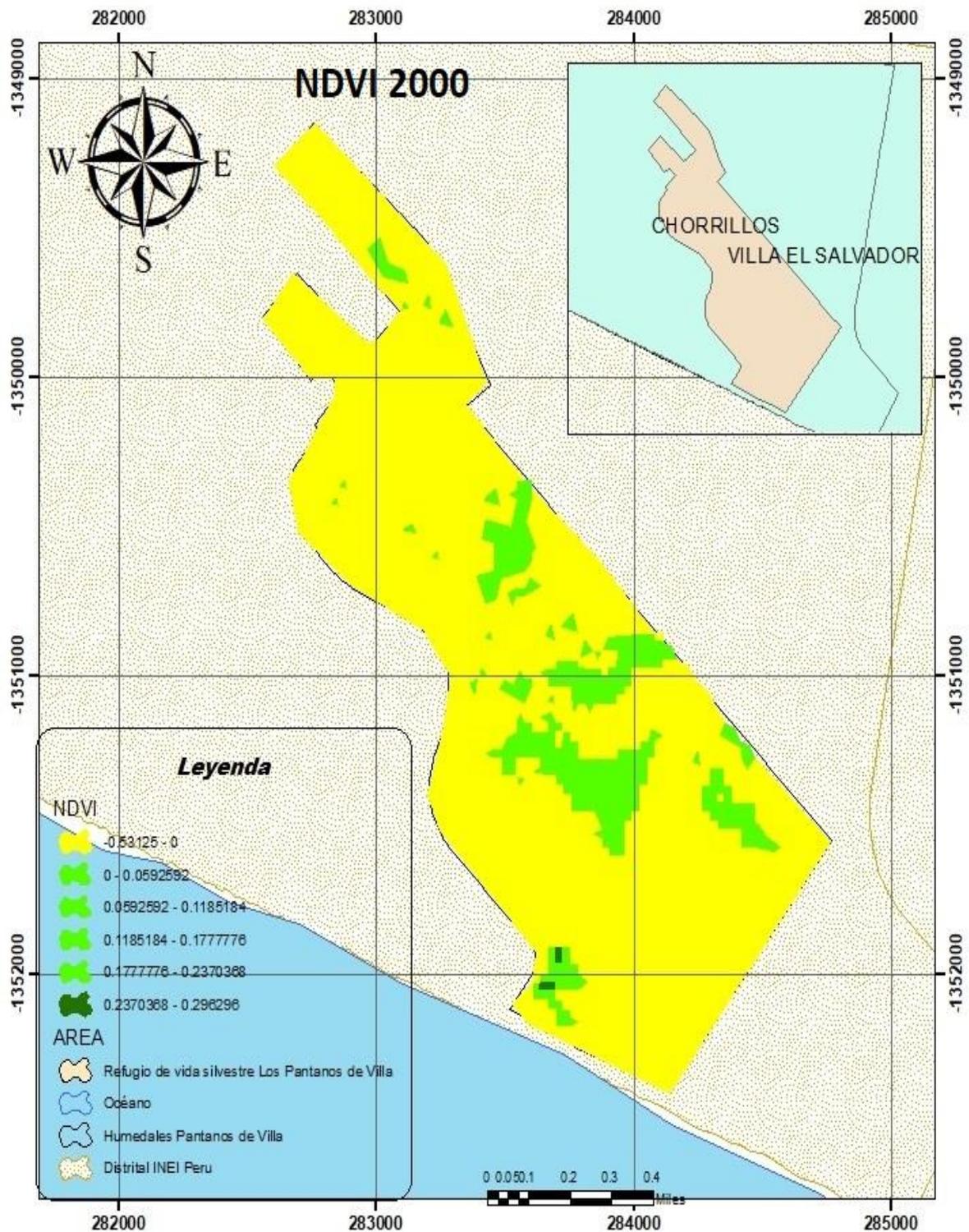


Figura 21. Mapa de NDVI del Humedal Pantanos de Villa del año 2000

Tabla 13. Clases y área de NDVI del Humedal Pantanos de Villa del año 2000

AÑO 2000				
NDVI (rango)	Clases según NDVI	Área (Km²)	%	
 -0.53125 – 0	<i>sin vegetación</i>	2.284	86.85	
 0 - 0.2370368	<i>Vegetación mixta</i>	0.334	12.90	
 0.2370368 - 0.296296	<i>Vegetación densa</i>	0.004	0.24	

En la Figura 21 se observa los valores de -0.53125 a 0.296296 del índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) del año 2000, en el cual se apreció el color amarillo abarcando un área más extensa y valor menor a 0. Respecto con Tabla 13, el rango de -0.53125 a 0 corresponde a la clase sin vegetación correspondiente a un área de 2.284 km² (86.85%), el rango de 0 a 0.2370368 representa a la clase de vegetación mixta contando con 0.334 km² (12.90%), y la vegetación densa tiene un rango de 0.2370368 a 0.296296 con un área de 0.004 km² (0.24%).

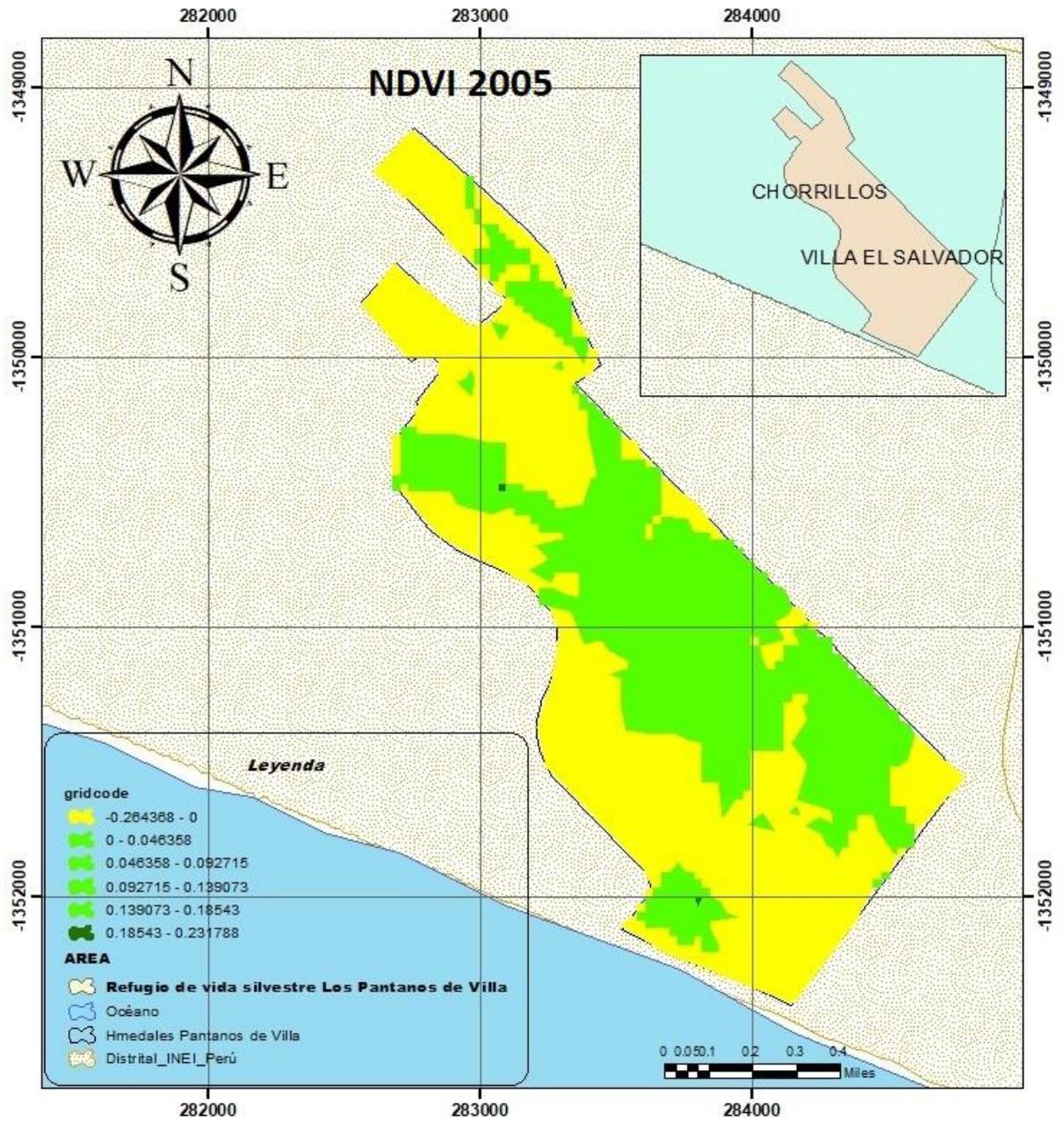


Figura 22: Mapa de NDVI del Humedal Pantanos de Villa del año 2005

Tabla 14: Clases y área de NDVI del Humedal Pantanos de Villa del año 2005

AÑO 2005				
	NDVI (rango)	Clases según NDVI	Km²	%
	<i>-0.264368 – 0</i>	<i>Sin vegetación</i>	<i>1.469</i>	<i>55.86</i>
	<i>0 - 0.231788</i>	<i>Vegetación mixta</i>	<i>1.163</i>	<i>44.14</i>

De acuerdo con la Figura 22 se observa los valores desde -0.264368 a 0.2931788 del índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) del año 2005. Respecto con Tabla 14, el rango de -0.264368 a 0 corresponde a la clase sin vegetación, que abarca un área de 1.469 km² (55.86%) y el rango de 0 a 0.231788 representa a la clase de vegetación mixta contando con un área de 1.163 km² (44.14%), dentro de ello la vegetación mixta muy baja tiene un rango de 0 a 0.046358 y la vegetación mixta alta de 0.18543 a 0.231788.

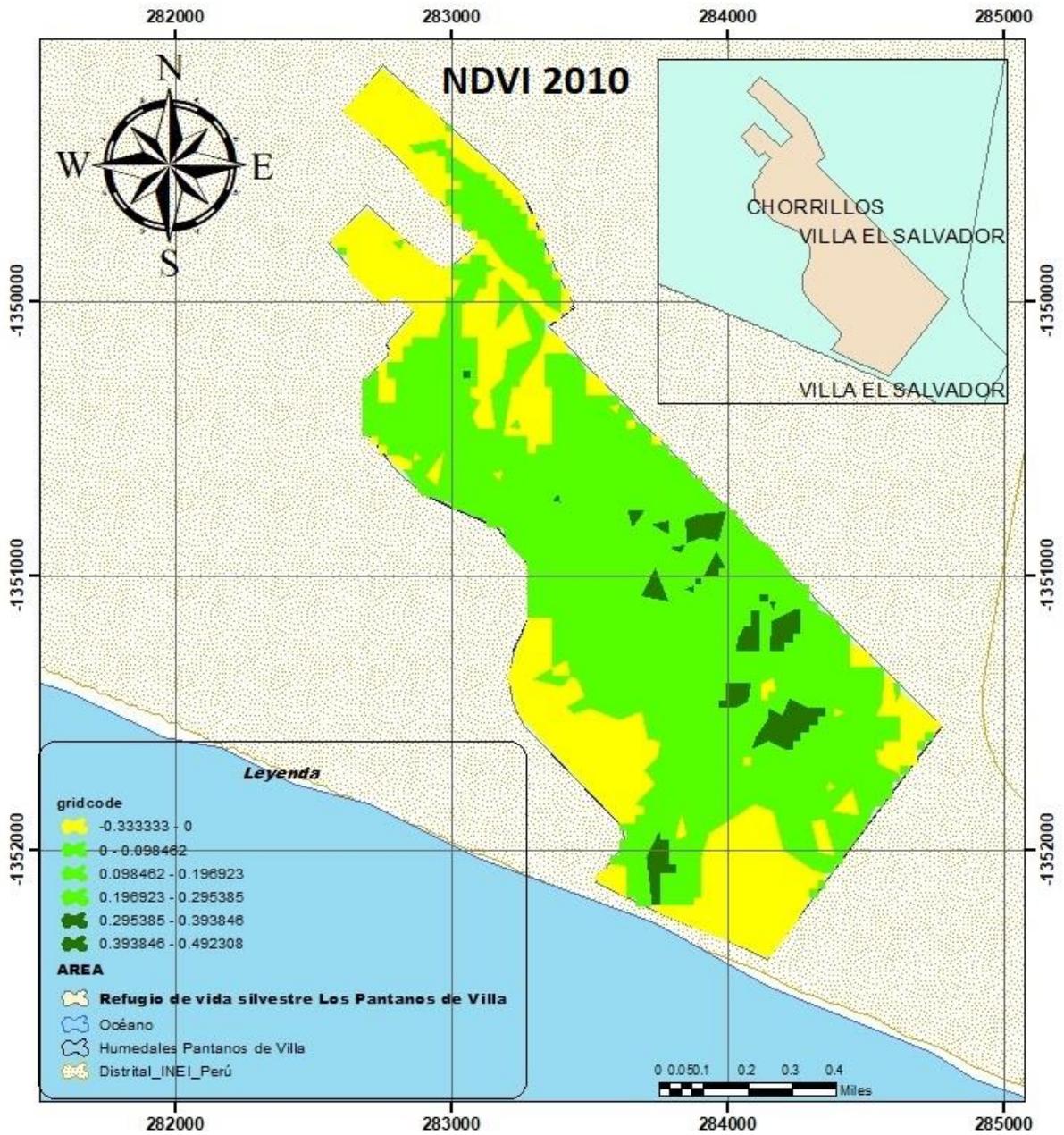


Figura 23: Mapa de NDVI del Humedal Pantanos de Villa del año 2010

Tabla 15. Clases y área de NDVI del Humedal Pantanos de Villa del año 2010

AÑO 2010				
	NDVI (rango)	Clases según NDVI	Km²	%
	-0.33 – 0	<i>Sin vegetación</i>	0.792	30.11
	0 - 0.197	<i>Vegetación mixta</i>	1.272	48.34
	0.197 - 0.492	<i>Vegetación densa</i>	0.558	21.53

De acuerdo con la Figura 23 se observa los valores desde -0.33 a 0.492308 del índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) del año 2010. Respecto con la Tabla 15, el rango desde -0.33 a 0 corresponde a la clase sin vegetación, que abarca un área de 0.792 km² (30.11%), el rango de 0 a 0.196923 representa a la clase de vegetación mixta contando con un área de 1.272 km² (48.34%) y la vegetación densa tiene un rango de 0.196923 a 0.492308 con área de 0.558 (21.53%).

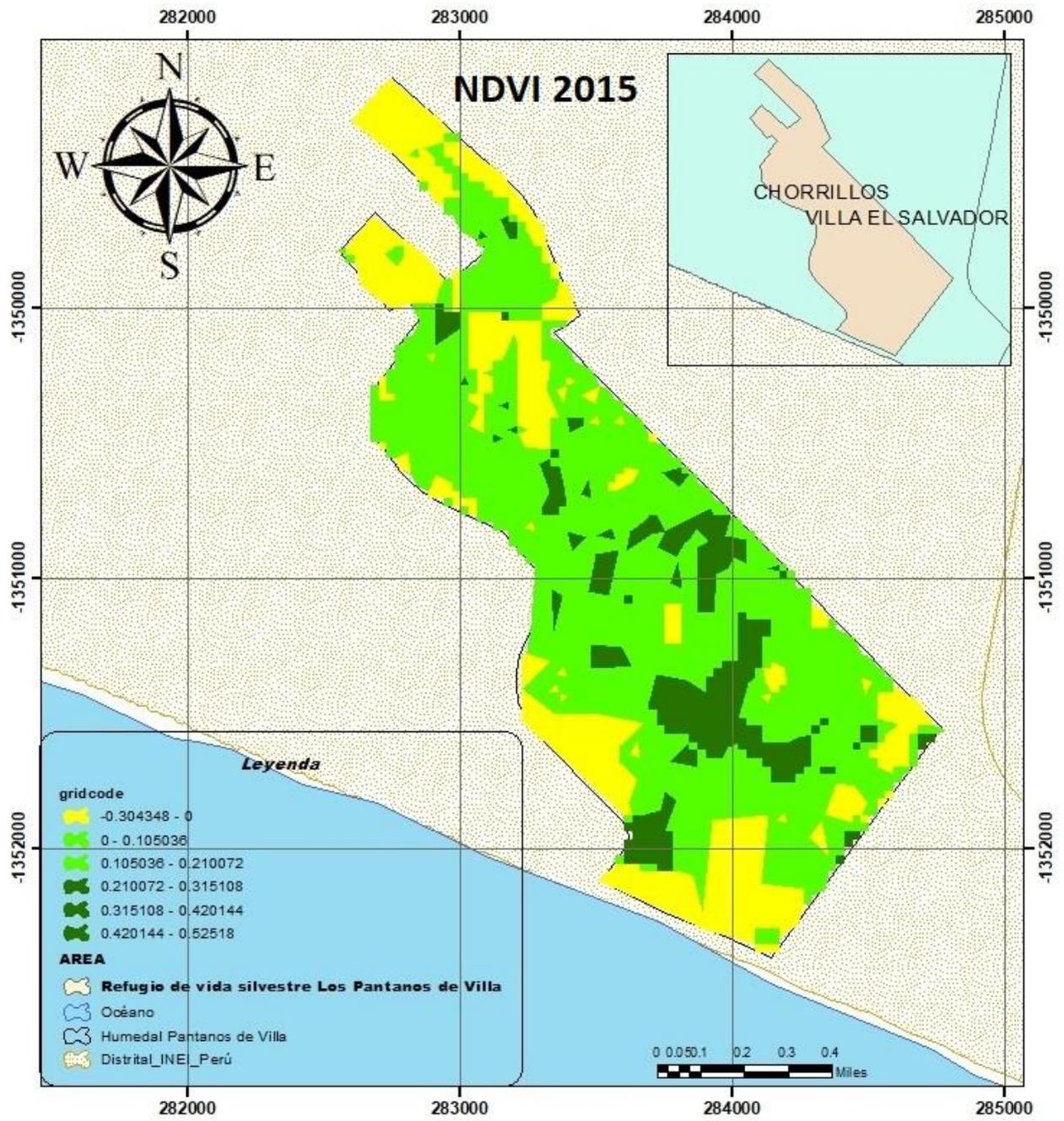


Figura 24: Mapa de NDVI del Humedal Pantanos de Villa del año 2015

Tabla 16. Clases y área de NDVI del Humedal Pantanos de Villa del año 2015

2015				
NDVI (rango)	Clases según NDVI	Km²	%	
-0.304348 - 0	<i>Sin vegetación</i>	0.668	25.39	
0 - 0.210072	<i>Vegetación mixta</i>	1.633	62.10	
0.210072 - 0.52518	<i>Vegetación densa</i>	0.319	12.48	

De acuerdo a la Figura 24 se observa los valores desde -0.304348 a 0.52518 del índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) del año 2015. Respecto a la Tabla 16, el rango desde -0.304348 a 0 corresponde a la clase sin vegetación, que abarca un área de 0.668 km² (25.39%), el rango de 0 a 0.210072 representa a la clase de vegetación mixta contando con un área de 1.633 km² (33.70%) y la vegetación densa tiene un rango desde 0.210072 a 0.52518 ocupando 0.558 km² (21.53%) del total.

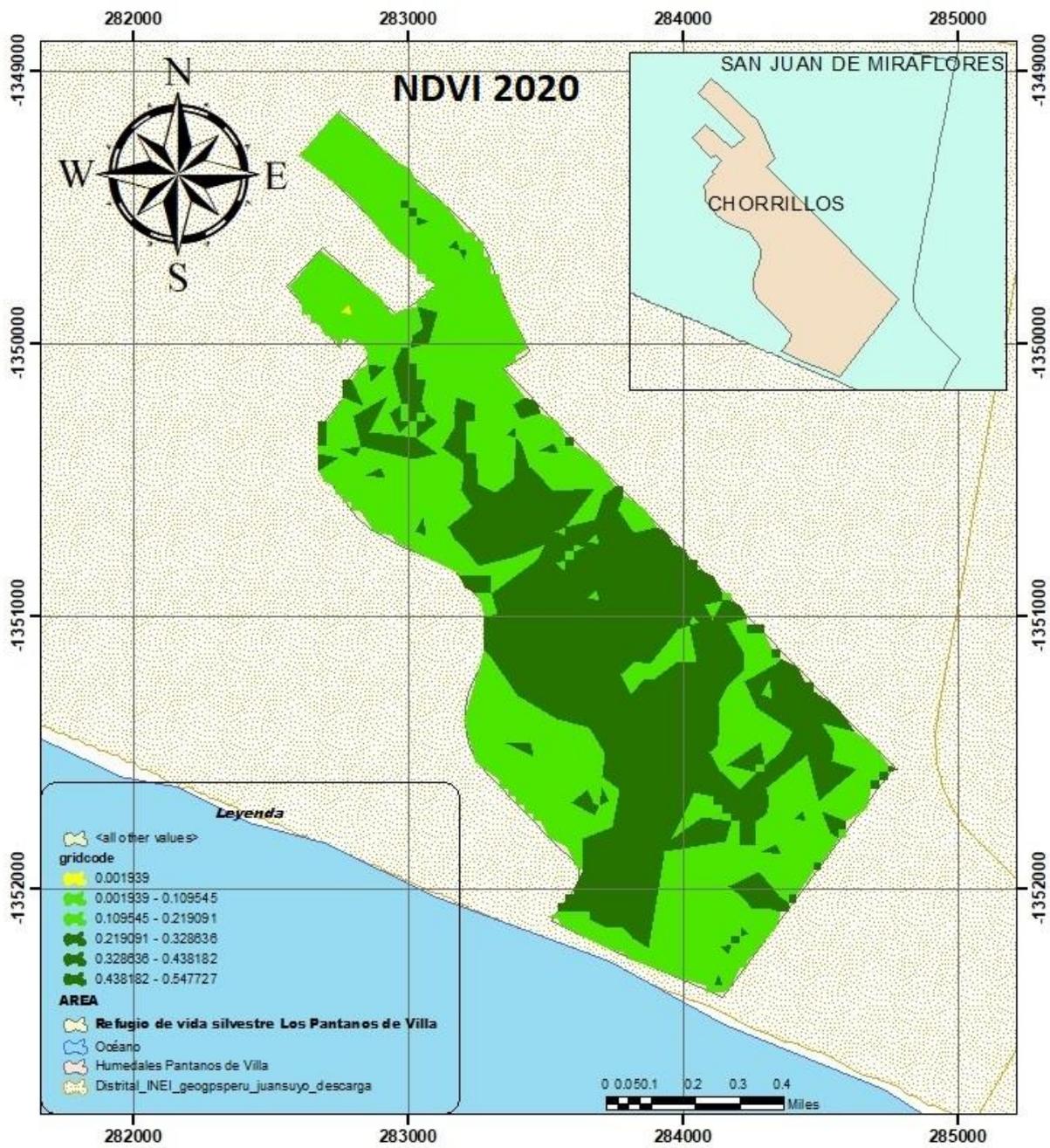


Figura 25: Mapa de NDVI del Humedal Pantanos de Villa del año 2020

Tabla 17. Clases y área de NDVI del Humedal Pantanos de Villa del año 2020

		2020	
NDVI	Clases según NDVI	Km ²	%
0.001939 - 0.219091	Vegetación mixta	1.440	54.77
0.219091 - 0.547727	Vegetación densa	1.178	45.23

En la figura 25 se observa los valores desde 0.001939 a 0.547727 del índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) del año 2020. Respecto con la tabla 17, el rango desde 0.001939 a 0.219091 corresponde a la clase vegetación mixta, que abarca un área de 1.440 km² (54.77%) y la vegetación densa tiene un rango desde 0.219091 a 0.547727 ocupando 1.178 km² (45.23%) del total del área.

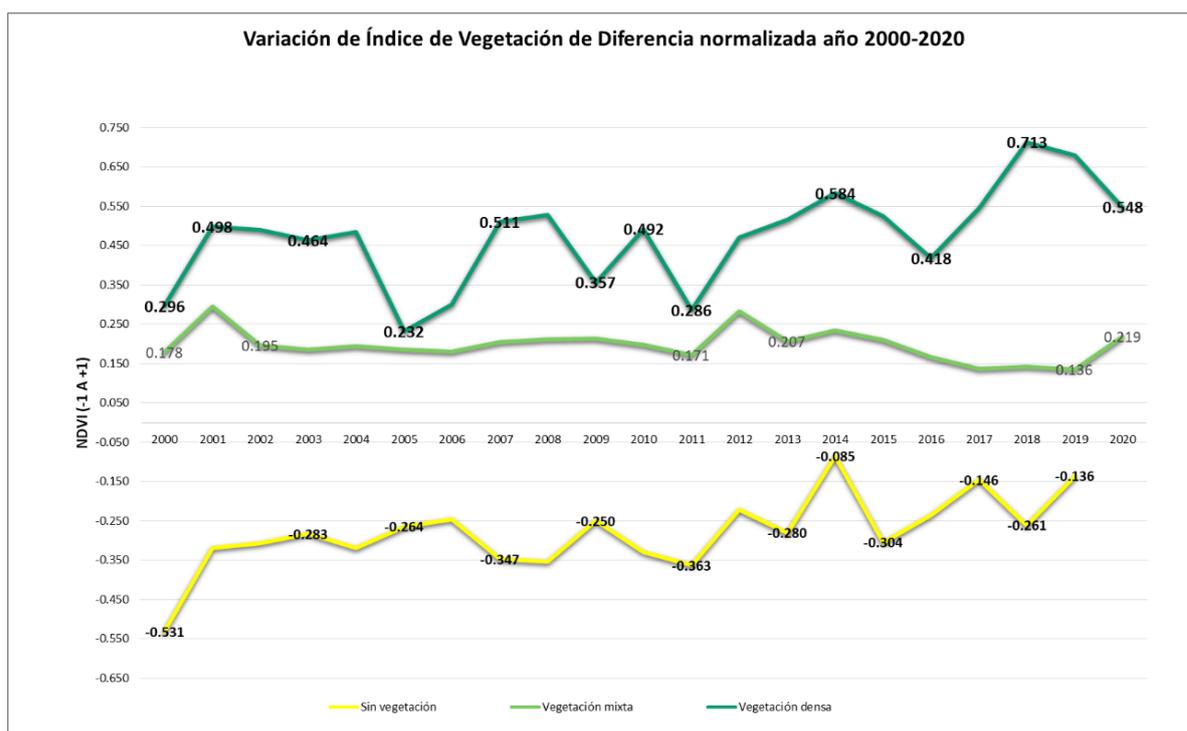


Figura 26: Variación de Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) del año 2000 a 2020

En la Figura 26, se aprecia el comportamiento del índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) a lo largo del periodo 2000 a 2020, en el año 2005 se registra el valor mínimo de vegetación densa siendo 0.232 y en 2018

alcanza valor máximo de 0.713, representando una vegetación sana y vigorosa; los valores de la vegetación mixta presentan una variabilidad constante desde 2002 a 2011 y 2013 a 2019 con un ligero incremento en los años 2001,2012 y 2020; los valores igual o menores a 0 representan a suelos desnudos, cuerpos de agua y rocas.

Unidades de Vegetación del humedal Pantanos de Villa

Terminada la clasificación supervisada de las imágenes satelitales Landsat 7 y 8 mediante ENVI.5.1 los grupos de interés (ROI) se transformaron en formato shapefile (shp) a través de Arcgis 10.8 en donde se obtuvieron las siguientes unidades de vegetación.

Para la imagen satelital Landsat 7 del año 2000 (Figura 27) se identificó digitalmente solo 3 unidades de vegetación la cual corresponde a unidades vegetales de Totoral (*Typha domingensis*), Vega (nombre referido a un conjunto de vegetación) siendo el Gramadal (*Distichlis spicata*) unidad vegetativa que tuvo la mayor concentración en el territorio del refugio natural Pantanos de Villa, adicionalmente se observó los cuerpos de agua lenticos (laguna Mayor, sur, pampa, Maravilla, Génesis y Sangreadero) debido a que las imágenes de Landsat 7 ya tuvieron automáticamente las correcciones radiométrica y atmosférica la imagen satelital presentó una nubosidad de 20% esto involucra a que no se puedan procesar de manera más eficiente para su respectiva identificación.

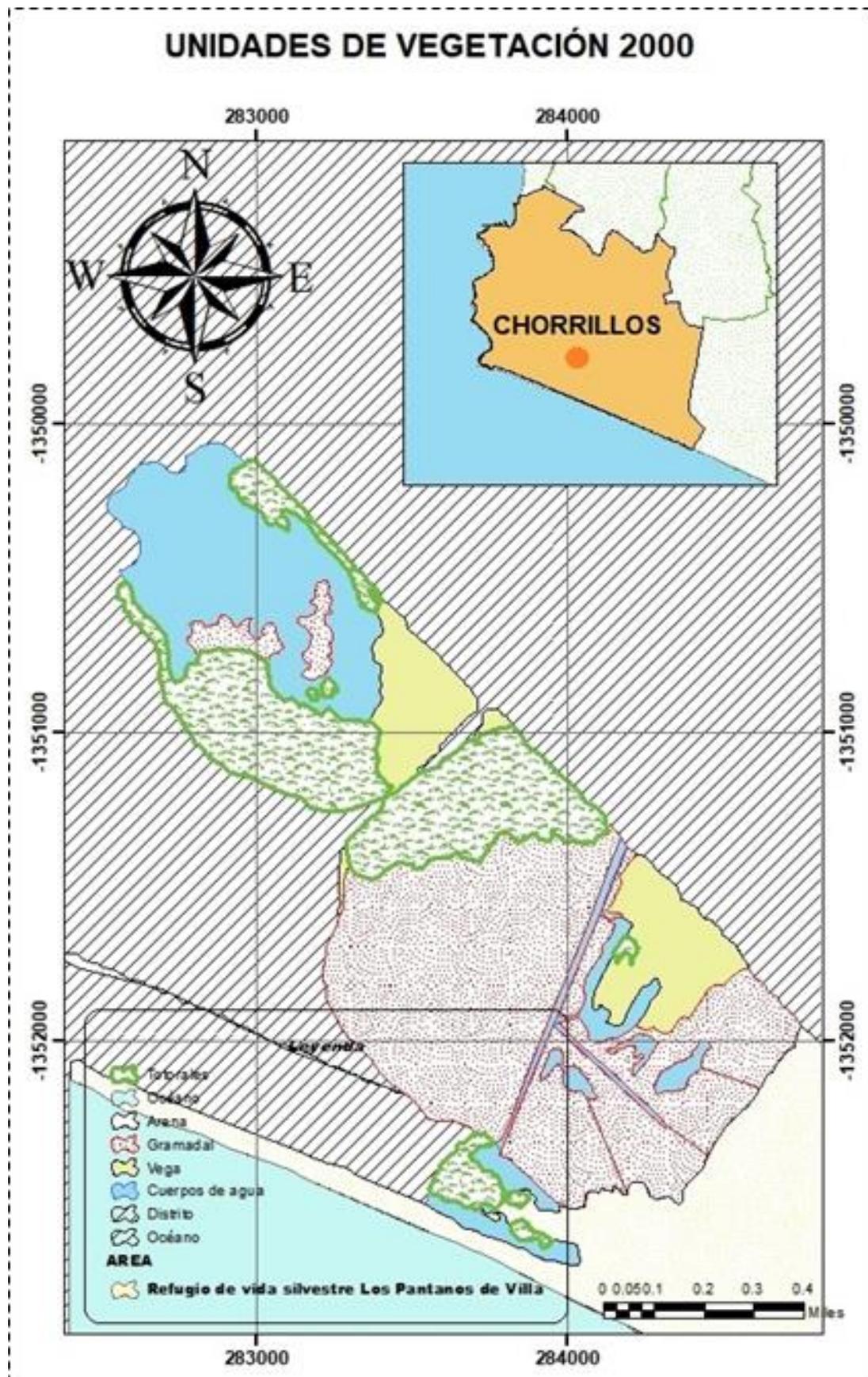


Figura 27: Unidades de vegetación año 2000

Para las imágenes Landsat 8 del año 2020 (Figura 28) con sus 11 bandas el cual se realizó las debidas correcciones, se llegó a identificar digitalmente 7 unidades de vegetación en todo el humedal Pantanos de villa debido a que la imagen correspondiente tenía una nubosidad de 10 % al ser pre procesada con el software ENVI 5.1 se redujo la nubosidad a un 5%, se identificó tres unidades con menor extensión Salicornias (*Salicornia neei*), Carrizal *Phragmites australis* y vegetación acuática comprendida por Repollito de agua (*Hydrocotyle*) y sombrerito (*Ranunculoides*). Otras unidades encontradas fueron el Gramadal (*Distichlis spicata*), juncales (*Schoenoplectus americanus*), corta planta (*Cladium Jamaicense*) y totorales (*Typha domingensis*) para este año la vegetación se encontraba medianamente sana con un rango de NDVI de 0.21 a 0.32.

MAPA DE UNIDADES DE VEGETACIÓN 2020

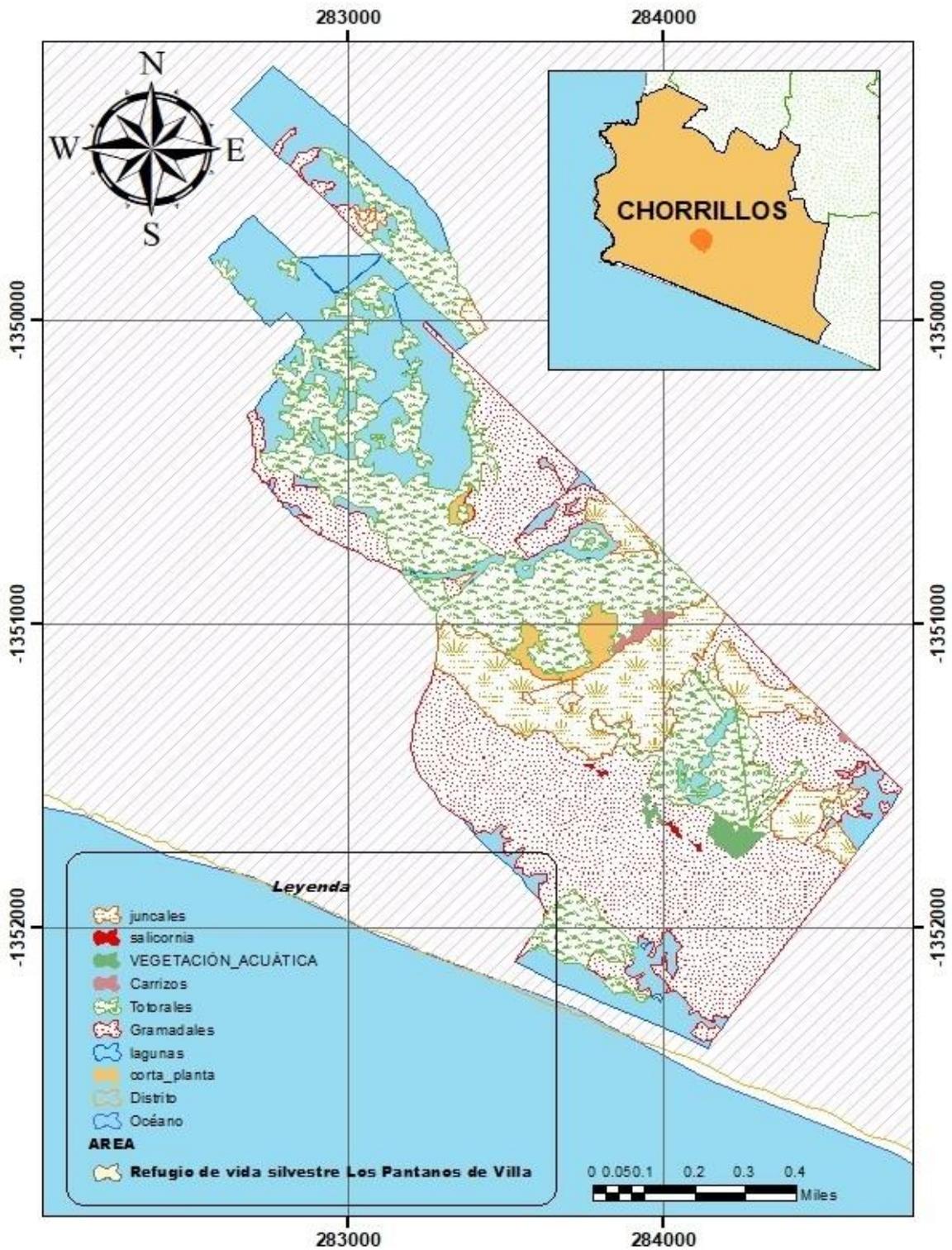


Figura 28: Unidades de vegetación año 2020

Tabla 18. Identificación de Unidades de Vegetación con imágenes satelitales

Satélite / Sensor	Unidades de vegetación	Nombre científico	Rango (NDVI)	Tonalidad	Condición
Landsat 8 OLI Landsat 7 ETM+	Gramadal	<i>Distichlis spicata</i>	0.21-0.32	verde claro	medianamente sana
	Juncal	<i>Schoenoplectus americanus</i>	0.21-0.32	verde claro	medianamente sana
	Carrizal	<i>Phragmites australis</i>	0.10-0.21	verde muy claro	enferma
	Corta Planta	<i>Cladium Jamaicense</i>	0.21-0.32	verde claro	medianamente sana
	Totalal	<i>Typha domingensis</i>	0.32-0.43	verde claro medio	sana
	Salicornias	<i>Salicornia neei</i>	0.21-0.32	verde claro	medianamente sana
	Vegetación acuática repollito de agua y sombbrero	<i>Pistia stratiotes</i> <i>Hidrocotyle ranunculoides</i>	0.43-0.54	verde oscuro	muy sana

Definición de unidades de vegetación digitalmente identificadas (Tabla 18).

Repollito de agua (*Pistia stratiotes*), especie vegetal cuya distribución se encuentra en zonas tropicales y subtropicales tiene su origen en Sudamérica, es un macrofíto que se encuentra mayormente en la superficies de los canales de agua (Jaklič, Koren y Jogan 2020) Es una planta acuática flotantes no enraizada, habitualmente es estéril tiene hojas robustas (Young 1998). Por otro lado esta especie vegetal tiene un potencial en fitoremediación capaz de eliminar contaminantes del agua y disminuir la concentración de plaguicidas (Ribeiro et al. 2019).

Sombbrero (*Hidrocotyle ranunculoides*), especie acuática que pertenece a la familia de Apiaceae es una planta Estolonífera con flores de color blanco verdoso (Young 1998) . Es originaria de América del norte es una especie invasiva se encuentran en cuerpos de aguas de flujo lento o estancadas adicionalmente se desarrolla en lugares soleados y abundante nutriente, debido a los cambios de los elementos climáticos al aumentar la temperatura permite que se alargue a temporada de crecimiento esto implica cambios en el recurso hídrico (León y Sáenz 2020).

Salicornia fruticosa (*Chenopodiaceae*), esta especie vegetal tiene un particularidad en ser tolerante a altos niveles de salinidad en el suelo es un halofita que pertenece a la familia *Chenopodiaceae* produce gran cantidad de biomasa, en condiciones naturales pueden sobrevivir en zonas áridas (Marco, Carvajal y Martínez-Ballesta 2019) especie suculenta de tallos gruesos verdes y puntas de color rojo (Young 1998)

Totora (*Typha domingensis*), especie vegetal que crece en regiones cálidas, tropicales y templadas, este es un tipo de Gramídea que pertenece a la familia de *Typha domingensis* suele ubicarse en gran parte de humedales cumple una función ecológica en mejorar la calidad de cuerpos de agua, purificar el recurso hídrico contaminado, fundamentalmente permite la restauración de ecosistemas frágiles, tiene una elevada tasa de crecimiento con gran capacidad de retener nutrientes (Eid et al. 2020)

Gramadal, en los pantanos de villa tiene predominancia los gramadales salinos especialmente *Distichlis spicata* al igual que la salicornia fruticosa se desarrollan en ambientes con suelos salinos, esta unidad vegetativa alberga comunidades de arañas rastreas y reptiles (SERNANP 2016) . La grama salada es una especie dioica pertenece a la familia de Poáceas su extensión alberga humedales costeros tiene la función de absorción de nitrógeno (Young 1998)

Juncal (*Schoenoplectus americanus*), especie vegetal rizomatoza que pertenece a la familia ciperáceae tiene diversos tamaños comúnmente se encuentran en pantanos sudamericanos (Young 1998). Este tipo de panta se encuentra en transición entre hierbas acuáticas y suelos salinos donde habita la grama salada (SERNANP 2016). Especie perenne que se encuentra mayormente en el litoral peruano cuya distribución se encuentra en zonas cálidas y templadas de ambientes húmedos, es adaptable a los humedales frágiles de la costa tiene diversos servicios ambientales (Aponte 2015)

Carrizal (*Phragmites australis*), especie vegetal bambusiforme que puede llegar a una altura de 4 metros, pertenece a la familia de Poáceas es un neófito que habita zonas de marismas en lagos y lagunas (Young 1998). Su nombre común es Carrizo o caña tiene un potencial en la producción y adquisición de

celulosa se desarrolla a temperaturas moderadas y en suelos muy húmedos (Kankılıç y Metin 2020).

Carrizal (*Phragmites australis*), especie vegetal bambusiforme que puede llegar a una altura de 4 metros, pertenece a la familia de Poáceas es un neófito que habita zonas de marismas en lagos y lagunas (Young 1998). Su nombre común es Carrizo o caña tiene un potencial en la producción y adquisición de celulosa se desarrolla a temperaturas moderadas y en suelos muy húmedos (Kankılıç y Metin 2020).

Corta planta (*Cladium jamaicense crantz*), es un herbáceo bambusiforme con hojas lineales con borde cortante (Young 1998), se encuentran en distintos humedales es un macrofito que contribuye en la formación de turba una función principal es de restaurar humedales (Pulido, Sebesta y Richards 2020).

Evapotranspiración

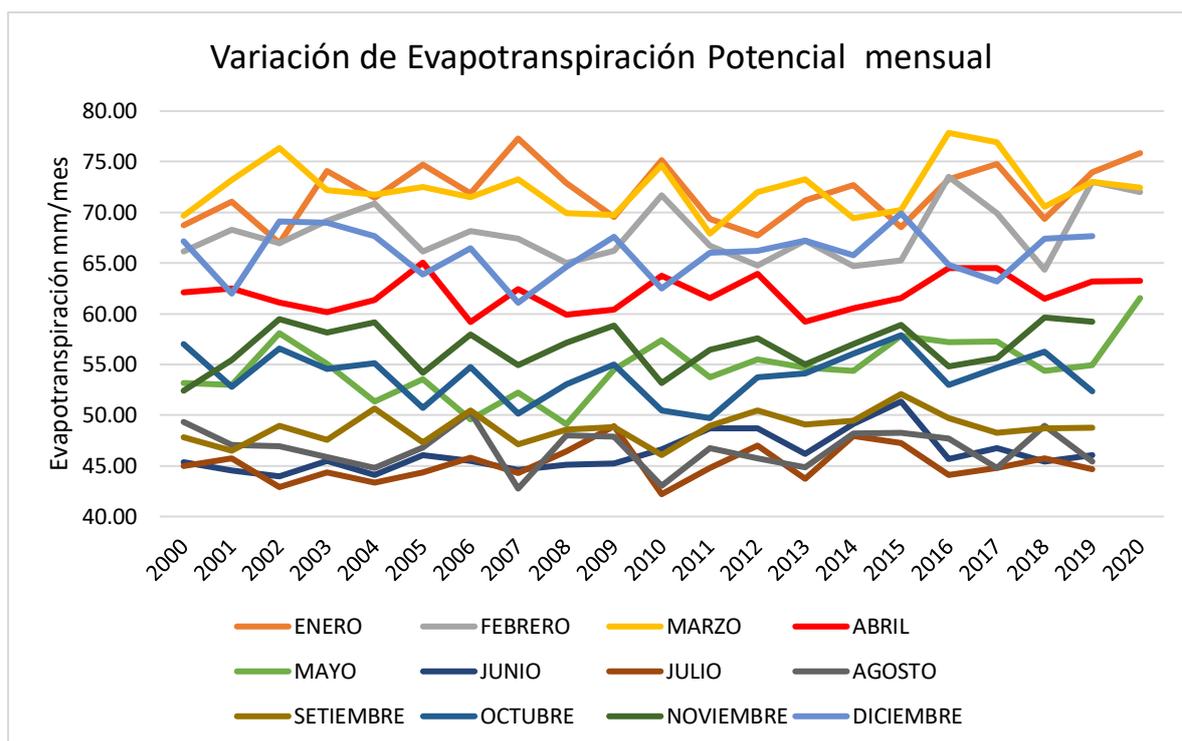


Figura 29: Variación de Evapotranspiración Potencial Mensual del año 2000 a 2020

En la Figura 29 se observó las variaciones de Evapotranspiración Potencial donde la amplitud registrada fue de 1 mm/mes. Julio fue el mes de la evapotranspiración potencial mínima siendo 44.98mm/mes, 44.38 mm/mes, 42.21mm/mes y 47.27 mm/mes, 44.64 mm/mes en los años 2000, 2005, 2010,

2015 y 2019 respectivamente. Y la evapotranspiración mayor se registró en el mes de marzo 69.67 mm/mes, 72.49 mm/mes, 74.68 mm/mes, 70.27 mm/mes y 72.46 mm/mes en 2000, 2005, 2010, 2015 y en 2020 respectivamente.

Balance Hídrico

Tabla 19. Balance hídrico del año 2000

2000	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
<i>Precipitación (mm)</i>	1.16	1.09	0.91	0.57	1.07	1.21	4.96	4.26	0.48	1.22	0.69	1.85
<i>Evapotranspiración potencial (mm/mes)</i>	101.8	87.7	83.8	76.5	70.2	49.1	49.1	53.7	52.2	71.3	71.1	90.1
<i>Cambio de almacén</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Almacén</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Evapotranspiración real</i>	1.16	1.09	0.91	0.57	1.07	1.21	4.96	4.26	0.48	1.22	0.69	1.85
<i>Déficit</i>	100.64	86.56	82.87	75.94	69.13	47.86	44.15	49.44	51.73	70.05	70.40	88.26
<i>Esorrentía (m²/s)</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Días del mes</i>	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
<i>ALM FUE 0</i>	0											
<i>ALM FUE 100</i>	0											
<i>P - ETP</i>	-100.64	-86.56	-82.87	-75.94	-69.13	-47.86	-44.15	-49.44	-51.73	-70.05	-70.40	-88.26
<i>CAP MAX ALMACÉN</i>	100											

Tabla 20. Balance hídrico del año 2005

2005	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
<i>Precipitación (mm)</i>	0.14	0.18	0.31	0.69	0.1	1.44	1.41	1.67	0.71	1.96	0.56	0.82
<i>Evapotranspiración potencial (mm/mes)</i>	100.48	85.46	86.53	79.29	66.05	51.28	50.19	51.70	51.52	71.23	72.80	89.97
<i>Cambio de almacén</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Almacén</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Evapotranspiración real</i>	0.14	0.18	0.31	0.69	0.1	1.44	1.41	1.67	0.71	1.96	0.56	0.82
<i>Déficit</i>	100.34	85.28	86.22	78.60	65.95	49.84	48.78	50.03	50.81	69.27	72.24	89.15
<i>Escorrentía</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Días del mes</i>	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
ALM FUE 0	0											
ALM FUE 100	0											
P - ETP	-100.34	-85.28	-86.22	-78.60	-65.95	-49.84	-48.78	-50.03	-50.81	-69.27	-72.24	-89.15
CAP MAX ALMA	100											

Tabla 21. Balance hídrico del año 2010

2010	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
<i>Precipitación (mm)</i>	0.11	0.35	0.64	0.69	0.58	1.83	3.55	0.97	0.42	1.04	0.58	0.87
<i>Evapotranspiración potencial (mm/mes)</i>	96.28	93.21	94.37	84.23	72.91	50.59	46.27	48.53	49.83	67.84	73.10	87.14
<i>Cambio de almacén</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Almacén</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Evapotranspiración real</i>	0.11	0.35	0.64	0.69	0.58	1.83	3.55	0.97	0.42	1.04	0.58	0.87
<i>Déficit</i>	96.17	92.86	93.73	83.54	72.33	48.76	42.72	47.56	49.41	66.80	72.52	86.27
<i>Esorrentía</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Días del mes</i>	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
<i>ALM FUE 0</i>	0											
<i>ALM FUE 100</i>	0											
<i>P - ETP</i>	-96.17	-92.86	-93.73	-83.54	-72.33	-48.76	-42.72	-47.56	-49.41	-66.80	-72.52	-86.27
<i>CAP MAX ALMA</i>	100											

Tabla 22. Balance hídrico del año 2015

2015	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
<i>Precipitación (mm)</i>	0.89	2.04	1.14	1.78	1.29	3.05	1.81	4.47	1.57	1.36	2.75	1.75
<i>Evapotranspiración potencial (mm/mes)</i>	99.21	93.13	86.36	78.10	74.87	58.42	53.75	54.70	57.92	71.18	75.41	99.66
<i>Cambio de almacén</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Almacén</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Evapotranspiración real</i>	0.89	2.04	1.14	1.78	1.29	3.05	1.81	4.47	1.57	1.36	2.75	1.75
<i>Déficit</i>	98.32	91.09	85.22	76.32	73.58	55.37	51.94	50.23	56.35	69.82	72.66	97.91
<i>Escorrentía</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Días del mes</i>	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
<i>ALM FUE 0</i>	0											
<i>ALM FUE 100</i>	0											
<i>P - ETP</i>	-98.32	-91.09	-85.22	-76.32	-73.58	-55.37	-51.94	-50.23	-56.35	-69.82	-72.66	-97.91
<i>CAP MAX ALMA</i>	100											

Tabla 23. Balance hídrico del año 2020

2020	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
<i>Precipitación (mm)</i>	1.02	1.23	1.23	0.52	0.75							
<i>Evapotranspiración potencial (m)</i>	117.58	113.85	106.87	99.22	88.13							
<i>Cambio de almacén</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Almacén</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Evapotranspiración real</i>	1.02	1.23	1.23	0.52	0.75	0	0	0	0	0	0	0
<i>Déficit</i>	116.56	112.62	105.64	98.70	87.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Escorrentía</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Días del mes</i>	31	28	31	30	31							
ALM FUE 0	0											
ALM FUE 100	0											
P - ETP	-116.56	-112.62	-105.64	-98.70	-87.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CAP MAX ALMA	100											

En la Tabla 19 se observó que no hay escorrentía superficial (es 0), la razón es porque la Evapotranspiración Potencial es mayor que la precipitación. Respecto a la Evapotranspiración Real, esta es igual a la precipitación, el mínimo 0.48 mm/mes que fue en mes de octubre y el mayor valor 4.96 en mes de julio.

En Ta tabla 20 se observó que no hay escorrentía superficial (es 0), la razón es porque la Evapotranspiración Potencial es mayor que la precipitación. Respecto a la Evapotranspiración Real, esta es igual a la precipitación, el mínimo 0.48 mm/mes que fue en mes de mayo y el mayor valor 1.96 mm/mes en mes de octubre.

En la Tabla 21 se observó que no hay escorrentía superficial (es 0), la razón es porque la Evapotranspiración Potencial es mayor que la precipitación. Respecto a la Evapotranspiración Real, esta es igual a la precipitación, el mínimo 0.1 mm/mes en mes de mayo y el mayor valor 3.55 mm/mes en mes de julio.

En la Tabla 22 se observó que no hay escorrentía superficial (es 0), la razón es porque la Evapotranspiración Potencial es mayor que la precipitación. Respecto a la Evapotranspiración Real, esta es igual a la precipitación, el mínimo 0.89 mm/mes en mes de enero y el mayor valor 2.75 mm/mes en mes de noviembre.

En la Tabla 23 se observó que no hay escorrentía superficial (es 0), la razón es porque la Evapotranspiración Potencial es mayor que la precipitación, respecto a la Evapotranspiración Real, esta es igual a la precipitación, el mínimo 0.52 mm/mes en mes de abril y el mayor valor 1.23 en meses febrero y marzo, cabe resaltar que solo se evaluó hasta el mes de mayo.

V. DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos, en esta investigación se realizó una comparación con distintas investigaciones.

Los resultados obtenidos en las gráficas de las anomalías de precipitación demostraron que para el periodo 2000 a 2020 (mayo) se identificaron años extremos el cual corresponde a los años 2000, 2001, 2015, 2016 y 2017 con valores 27%, 36%, 13%, 194%, 81%, 218% respectivamente, esto concuerda con los eventos del fenómeno del El Niño ocurridos en estos años siendo el de mayor intensidad el Niño Costero. Para dicho periodo el NDVI tuvo una tendencia creciente. En su investigación de Maneja et al. (2020) la cobertura vegetal de las islas del Golfo Árabe está influenciada por el Índice de Niño Oceánico (ONI) durante el periodo 2001 a 2018 donde demostró que a largo plazo el NDVI tiende a ser decreciente.

En este estudio se utilizó el índice de vegetación normalizada (NDVI) donde se observó digitalmente la vigorosidad de la cobertura vegetal el cual se obtuvo una correlación positiva directa con la temperatura e insolación, mientras Zhu et al (2019) obtuvieron una correlación de forma positiva entre NDVI con los elementos climáticos (temperatura y precipitación) mostrando en regiones semiáridas y subhúmedas una significancia ($p < 0.01$), así mismo, Oindo, Por y Skidmore (2016) demostraron que el índice de vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) tuvo correlación con variables climáticas que incluyeron la lluvia, evapotranspiración real y productividad primaria neta para regiones áridas e hiperárida un valor de ($p < 0.05$) adicionalmente Piedallu et al. (2019) mostraron que si bien los factores como la temperatura y la precipitación son fundamentales en el NDVI también resaltaron otros factores como el estrés hídrico y la nutrición de suelo como influyentes en la vegetación mientras Li y Xiao (2020) obtuvieron con el índice de vegetación mejorada (ENVI) una correlación positiva con la temperatura, adicionalmente evidenció que a bajas temperatura -10°C el ENVI permaneció alta y variada pero sin actividad fotosintética, sin embargo no se menciona que ambos autores realizaron las debidas correcciones a las imágenes MODIS aun así mostraron un mapa con resolución de 0.5 m a diferencia de esta investigación que obtuvo un mapa final fue de 15 m de resolución.

Por otro lado la investigación utilizó imágenes Landsat 7 y 8 en donde identifique tres unidades de vegetación, siendo la de mayor ocupación en los Pantanos de Villa en el año 2000 la unidad vegetativa de Gramadal (*Distichlis spicata*) con un rango de NDVI de 0.21 a 0.3 y un área de 2.284 km², una vegetación mixta 1.163 km² con rango de 0-0.231 en el 2005 y por último para el año 2020 una vegetación densa de 1.178 km² con rango de NDVI de 0.2 a 0.54 adicionalmente el procesamiento de las imágenes Landsat 8 permitió identificar digitalmente 4 unidades vegetativas más en el 2020 a diferencia de los autores Flores, Nathalie, Irene Castro (2019) que utilizaron imágenes, CBERS-2B y CBERS-4 en su investigación, identificando 8 unidades de vegetación, prevaleciendo el Gramadal, los resultados de NDVI (sin vegetación) estuvo comprendida entre -1 a 0 con una área de 1.96 ha para el 2004; vegetación mixta en un rango de 0 a 25 una cantidad de 100.24 ha en el 2008; vegetación densa en el 2018 fue 40.285 ha, asimismo no se evidencia correcciones radiométrica y atmosférica en las imágenes adquiridas para su investigación mientras Li et al. (2019) empleo Sentinel 2 donde diferenció de manera eficiente los bosques de bambú adicionalmente agregó que los fenómenos meteorológicos influyen críticamente en el mapeo de los bosques de bambú. Por otro lado Singh, Bhardwaj y Verma (2020) obtuvieron diversas coberturas vegetales como plantación, pastos, arbustos, tierra pantanosa y zonas agrícolas donde representó un 67.8 % para el año 2018.

La unidad vegetativa *Salicornia fruticosa* identificada digitalmente en la investigación está sometida a la variabilidad climática principalmente por las aguas oceánicas que influyen en la salinidad del suelo por ende influye en la actividad fotosintética, el estudio de Pérez-Romero et al. (2020) nos indicó descriptivamente que esta especie vegetal soporta y tolera grandes cantidades de sal sin perjudicar su fisiología. Por otra parte la *Salicornia fruticosa* está a expuesta a temperaturas extremas y se adaptan a zonas áridas. Demostrando así que las características de dicha unidad concuerda con esta investigación. Otro estudio que refuerza que las variables climáticas influyen en la flora es de Ley et al. (2018) indica que las variables influyen en el crecimiento vegetativo de la flora en productividad y en la fisiología teniendo como resultado una fenología significativa.

Los mapas obtenidos de las imágenes Landsat 7 y 8 tuvieron una precisión de 95% con una resolución de 15m donde permitió identificar digitalmente unidades vegetativas. Por otro lado Wang et al (2020) usaron Landsat 8 e imágenes de Google Earth obteniendo una precisión alta e 98 % y una resolución de 30m adicionalmente evidencio humedales como: Caducifolios, marismas y de hoja perenne siendo Jiangsu con más concentración de humedales. Sin embargo la investigación de Mtengwana et al. (2020) utilizaron imágenes Landsat 8 y Sentinel 2A demostrando que las imágenes Sentinel tienen mayor capacidad de diferenciación en las clases de cobertura vegetal con una precisión de 71% en cambio Landsat 8 obtuvo 63%. Para el estudio de Slagter et al (2020) confirmaron que las imágenes Sentinel 2 tienen mayor precisión debido a que tuvo una precisión de 90.7% delimitando con mayor eficiencia las coberturas vegetales. Además adicionaron tres correcciones (orto rectificación, ruido de borde, ruido térmico). Rebelo et al (2017) usaron otra forma de Teledetección a través de imágenes aéreas obtuvieron como resultado una precisión de 75% con las imágenes Landsat mientras las imágenes aéreas cuantifico una comprensión geográfica de 6.36 km² entre los años 1940 a 1950 el cual representa el 31 %.

Esta investigación se utilizó Landsat 7 ETM+ y 8 OLI se obtuvieron que la cobertura vegetación mixta se obtuvo un incremento desde el año 2000 hasta el 2015 con valores 0.334, 1.163, 1.272, 1.633 km² sin embargo hubo un descenso a 1.440 km² los resultados son menores a Yang y compañía debido a que los autores abordaron muchos más extensas Los resultados Yang et al (2020) cuya investigación se centró en la época seca hicieron uso de las imágenes Landsat (TM, MSS, ETM), obtuvieron datos de un incremento de cobertura vegetal de 44.22 km² durante 1979 y una disminución en la vegetación (24.36 km²) del 2003 a 2007.

Así mismo, el índice de vegetación de las imágenes Landsat nos indicó que los rangos de -1 a 0 pertenecen a áreas donde existe una cierta cantidad de agua o poca vegetación, durante el año 2000 el área fue de 2.284 km² luego disminuyó a 1.469 km² en el 2005 en los años 2010 a 2015 con valores de 0.792 km² y 0.668 km² respectivamente, demostrando una disminución en la cobertura durante los 20 años a causa de la variabilidad climática, sin embargo los resultados de Yobom (2020) aplicado al río Nenjiang a través de imágenes

MODIS demostró en 19 años un aumento del área de superficie promedio de agua, del 2000 a 2005 obtuvo 1900 km² en el 2006 a 2018 fue 2500 km² confirmando que las variables climáticas (precipitación, evapotranspiración, temperatura) influyen en los componentes ecológicos. Por otro lado Shen et al (2019) midieron la degradación del humedal resultando negativa con -21.58%, 25.94%, 35.15% y 27.55% en 2000, 2005 y 2015 respectivamente, alcanzando 87.5% de manera negativa, desmostando que la degradación influye de manera significativa y directa a la vegetación para el año 2000.

Los resultados de precipitación en la zona árida mostraron que los años con mayor precipitación fueron 2001, 2015, 2016 y 2017 con valores de 2.81mm, 6.08 mm, 3.74 mm, 6.57 mm respectivamente siendo un factor influyente en el humedal ,así mismo, el resultado de Quesada y Mora (2017) mostraron que la precipitación se mantuvo entre 3000 y 4000 mm entre el año 1961 y 1990, los años con mínima cantidad de precipitación fueron 1972 y 1977 y el año con mayor cantidad de precipitación fue 1975 llegando a 4571,6mm trayendo como consecuencia los cambios y la reducción del área del ecosistema frágil.

Respecto al balance hídrico, la evapotranspiración potencial se calculó mediante el método de Thornthwaite. Scarpati y Capriolo (2015), también usaron el mismo método para determinar el balance hídrico. La evapotranspiración potencial fue mayor que las precipitaciones mensuales en los 20 años analizados, es por ello que la escorrentía fue 0, ya que Pantanos de Villa es una Zona costera y hay mayor temperatura, la cual facilita la evaporación, julio 2010 es el mes donde hubo menor evapotranspiración, registrando de 42.21 mm/mes a 48.91 mm/mes en 2009 y la mayor cantidad de ETP fueron en meses de enero y marzo entre 66.97 mm/mes en 2002 hasta 77.84 mm/mes en 2016 descriptivamente Shand et al (2017) indicaron que la sequía 2000 a 2010 causó provocó amplia desecación de los suelos sulfídicos subacuáticos en los humedales observaron también que la desecación de humedales generó suelos ácidos.

VI. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en la siguiente investigación se concluye que, se logró determinar a través de la cartografía el impacto de la variabilidad climática en los componentes ecológicos obteniendo un nivel de significancia menor a 0.05. Se demostró la correlación directa que existe entre los componentes bióticos con la insolación, una correlación inversa con la temperatura y una correlación directa fuerte con la precipitación e inversa fuerte con la humedad con los componentes abióticos.

Se logró determinar que la variabilidad climática genera un impacto positivo y negativo en el Índice de Vegetación, ya que los rangos del índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), desde el año 2000 ha aumentado progresivamente hasta el año 2020, siendo la vegetación mixta con mayor área (0 a 0.25). Sin embargo existe un descenso en la vegetación densa para el año 2020.

Se logró determinar que las fluctuaciones de las variables climáticas influyeron mucho en las unidades de vegetación y en la cartografía; debido a la cercanía al mar (de 0 a 15 msnm), en el año 2000 se registraron 4 composiciones florísticas con imágenes Landsat 7 y para 2020 se utilizó Landsat 8 identificando 7 unidades de vegetación siendo la unidad vegetativa *Distichlis spicata* la que tuvo mayor presencia.

Finalmente se logró determinar que el balance hídrico, depende mucho de las precipitaciones y temperatura media. La evapotranspiración fue mayor que las precipitaciones mensuales en Pantanos de Villa, ya que es una zona costera y las lluvias con escasas.

VII. RECOMENDACIONES

Utilizar imágenes satelitales CBERS-2 y CBERS -4 del instituto INPE de Brasil debido a que tienen una resolución menor a 15m para ser utilizados en investigaciones de áreas pequeñas esto permite que el procesamiento dichas imágenes sea más sencillo y tener una buena identificación de unidades vegetales.

Completar datos meteorológicos con otras estaciones cercanas de un área de estudio siempre y cuando estén dentro de una misma cuenca hidrográfica. Además de los datos del SENAMHI se pueden obtener datos de la autoridad Nacional del agua (ANA) y de servidores internacionales como GIOVANNI de la Nasa.

Realizar un pre- procesamiento por medio de las correcciones radiométrica y atmosférica a las imágenes con el fin de mejorar la calidad de pixeles y obtener imágenes más nítidas, así mismo eliminar la cobertura de nubes permite una adecuada combinación de bandas, estas correcciones se pueden realizar de manera más eficiente en el software ENVI versión 5.3.

Usar el software Phyton para reconstruir imágenes satelitales antiguos debido a que esto puede alterar los datos adicionalmente. Además, dicho software tiene una ventaja de poder reducir la unidad de pixel de 30 a 15 mediante codificación y reducir la nubosidad hasta un 5%.

Transformar todas las áreas en formato shapefile ya que con este formato se logra obtener áreas más específicas presentes en la zona de estudio del investigador.

Buscar otros sistemas de información geográfica (SIG) que facilite el procesamiento de las imágenes satelitales como ENVI 5.1, Phyton, Qgis, Swat y Rstudio para tener una buena presentación de mapas y gráfica.

Realizar el balance hídrico a nivel de la cuenca, puesto que si se determina en áreas pequeñas no se obtiene los resultados esperados.

REFERENCIAS

ABATZOGLOU, J.T., DOBROWSKI, S.Z. y PARKS, S.A., 2020. Multivariate climate departures have outpaced univariate changes across global lands. *Scientific Reports* [en línea], vol. 10, no. 1, pp. 1-9. ISSN 20452322. DOI 10.1038/s41598-020-60270-5. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-020-60270-5>.

APONTE, Hector y RAMÍREZ, Dámazo, 2011. Humedales De La Costa Central Del Perú: Estructura Y Amenazas De Sus Comunidades Vegetales. *Ecología Aplicada* [en línea], vol. 10, no. 1, pp. 2011. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v10n1/a04v10n1>.

ARRIZAGA, Liliam, SIMANCA, Jacqueline, RODAS Libertad, LORENZO, Sergio, HERNÁNDEZ, Marcelino, LININARES, Omar, MILIAM, Daniel y ROMERO, Pedro, 2008. Corrientes Marinas estimadas en la plataforma suroriental cubana. Centro de Investigaciones Químicas y Ambientales. Cuba, 11 p. ISSN:2072800X

AURELIUS, 2019. Influencia de la variabilidad climática en el lago de Chapala, Jalisco. *Duke Law Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 1-13. ISSN 00127086. DOI 10.1017/CBO9781107415324.004.

Ayala-Carcedo FJ (2002) Notas sobre impactos físicos previsibles del cambio climático sobre los lagos y humedales españoles. p. 360-364. En: III Congreso Ibérico de Planificación y Gestión de Aguas.

Camacho-Valdez V, A Ruiz-Luna (2012) Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Revista Bio Ciencias*, 1(4):3-15.

Camacho-Valdez V, A Ruiz-Luna, A Ghermandi, CA Berlanga-Robles, PA Nunes (2014) Effects of land use changes on the ecosystem service values of coastal wetlands. *Environmental Management* 54(4): 852-864.

CASCANTE, Jinny, 2011. Métodos mixtos de investigación - Guia de estudio 2011. [en línea], pp. 136. Disponible en: [http://repositorio.uned.ac.cr/reuned/bitstream/120809/390/1/GE2094 Métodos mixtos de investigación - 2011 - Educación.pdf](http://repositorio.uned.ac.cr/reuned/bitstream/120809/390/1/GE2094_Métodos%20mixtos%20de%20investigación%20-%202011%20-%20Educación.pdf).

Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño, 2019. [en

línea] Disponible en: <http://www.ciifen.org/index.php>

Centro Regional del Clima para el Oeste de Sudamérica, 2018. [En línea]. Disponible en: http://croc-osa.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=article&id=240&Itemid=661#

Davidson NC (2014) How much wetland has the world lost? Long-term and recent trend in global wetland area. *Marine and Freshwater Research* 65:934-941. [.doi.org/10.1071/MF14173](https://doi.org/10.1071/MF14173).

Detenbeck EN, CA Johnston, GJ Niemi (1993) Wetland effects on lake water quality in the Minneapolis/St Paul metropolis area. *Landscape Ecology* 8(1):39-61.

DUARTE, Doris y AVELLA, Edgar, 2018. Análisis socio-ecológico de una iniciativa de restauración liderada por autoridades ambientales en Santander, Colombia. *Colombia forestal*, vol. 22, no. 1, pp. 68-86. ISSN 0120-0739. DOI 10.14483/2256201x.13101.

DZUL, Marisela, 2015. Aplicación Básica de los métodos científicos, diseño no experimental. *Scientific Reports*,

FASINA, Anna et al. *International Journal of Soil Science* [en línea], vol. 10, no. 1, pp. 1-14. ISSN 18164978. DOI 10.3923/ijss.2017.32.38. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3923/ijss.2016.1.8%0Ahttp://dx.doi.org/10.3923/ijss.2015.142.152>.

Finlayson CM (2001) Considerations for undertaking a wetland inventory, p. 11-22. En: CM Finlayson, NC Davidson, NJ Stevenson (eds.). *Wetland inventory, assessment and monitoring: practical techniques and identification of major issues*. Supervising Scientist Report 161. Darwin.

Finlayson CM, NC Davidson, NJ Stevenson (2001) *Wetland inventory, assessment and monitoring—practical techniques and identification of major issues: Summary*. En: CM Finlayson, NC Davidson, NJ Stevenson (eds.). *Wetland inventory, assessment and monitoring: practical techniques and identification of major issues*. Supervising Scientist Report 161. Darwin.

Gil, Salvador y Pérez Alfredo (2019). Climatic variability and temperature and rainfall patterns in Murcia (1863-2017). Climate analysis techniques in the context of global change. Murcia. Disponible en: <https://doi.org/10.14198/INGEO2019.71.02>.

GNASS, Erin, HOWE, Robert, WOLF, Amy y NIEMI, Gerald, 2018. Breeding birds and anurans of dynamic coastal wetlands in Green Bay, Lake Michigan. *Journal of Great Lakes Research* [en línea], vol. 44, no. 5, pp. 950-959. ISSN 03801330. DOI 10.1016/j.jglr.2018.06.003. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2018.06.003>.

GOPAL y GHOSH, 2008. Natural Wetlands. *Encyclopedia of Ecology, Five-Volume Set*, pp. 2493-2504. DOI 10.1016/B978-008045405-4.00067-7.

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar, 2011. *Metodología de la investigación científica*. S.l.: s.n. ISBN 9684229313.

IDEAM, 2018. La variabilidad climática y el cambio climático en Colombia. *Universidad Nacional de Colombia: José Daniel Pabón Caicedo* [en línea], pp. 28. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023778/variabilidad.pdf>.

Hernández MA (2010) Suelos de humedales como sumideros de carbono y fuentes de metano. *Terra Latinoamericana* 28(2):139-147.

INGEMMET, 2019. ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DEL REFUGIO DE VIDA SILVESTRE DE LOS PANTANOS DE VILLA (RVSPV) Distrito de Chorrillos , Región y Provincia de Lima.

JIMÉNEZ, R.M.R., CAPA, Á.B. y LOZANO, A.P., 2004. *Meteorología Y Climatología* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 8468885355. Disponible en: <https://cab.inta-csic.es/uploads/culturacientifica/adjuntos/20130121115236.pdf>.

Junk WJ (2002) Long-term environmental trends and the future of tropical wetlands. *Environmental conservation* 29(4):414-435. DOI:10.1017/S0376892902000310.

Junk WJ, MT Piedade, J Schöngart, M Cohn-Haft, JM Adeney, F Wittmann (2011) A classification of major naturally-occurring Amazonian lowland wetlands.

Wetlands 31 (4): 623-640.

LUCIA, V.B., 2019. "Efectos De La Variabilidad Climática (Temperatura Y Precipitación) En La Seguridad Alimentaria En Acomayo - Cusco". [en línea], pp. 8. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3866/villar-bernaola-lucia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

L., LI, N., LU, D. y CHEN, Y., 2019. Mapping Moso bamboo forest and its on-year and off-year distribution in a subtropical region using time-series Sentinel-2 and Landsat 8 data. Remote Sensing of Environment [en línea], vol. 231, no. May, pp. 111265. ISSN 00344257. DOI 10.1016/j.rse.2019.111265. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111265>.

N°004-2015-MINAM, A.D.S., 2015. 2015 Contenido. [en línea], Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/01/Anexo-Decreto-Supremo-N°-004-2015-MINAM2.pdf>.

McInnes RJ (2013) Recognizing ecosystem services from wetlands of international importance: An example from Sussex, UK. Wetlands 33:1001-1017.

Mitsch WJ, JG Gosselink (1986) Wetlands. Von Nostrand Reinhold Company. New York, New York, USA 539pp.

MANEJA, R.H., MILLER, J.D., LI, W., EL-ASKARY, H., FLANDEZ, A.V.B., DAGOY, J.J., ALCARIA, J.F.A., BASALI, A.U., AL-ABDULKADER, K.A., LOUGHLAND, R.A. y QURBAN, M.A., 2020. Long-term NDVI and recent vegetation cover profiles of major offshore island nesting sites of sea turtles in Saudi waters of the northern Arabian Gulf. Ecological Indicators, vol. 117, no. June. ISSN 1470160X. DOI 10.1016/j.ecolind.2020.106612.

MTENGWANA, B., DUBE, T., MKUNYANA, Y.P. y MAZVIMAVI, D., 2020. Use of multispectral satellite datasets to improve ecological understanding of the distribution of Invasive Alien Plants in a water-limited catchment, South Africa. African Journal of Ecology, no. June. ISSN 13652028. DOI 10.1111/aje.12751.

Mitsch WJ, A Nahlik, P Wolski, B Bernal, L Zhang, L Ramberg (2010) Tropical

wetlands: seasonal hydrological pulsing, carbon sequestration, and methane emissions. *Wetlands Ecology Management* 18:573-586.

Moreno CP (2008) Los humedales en México: Tendencias y oportunidades. Cuadernos de Biodiversidad 1-9pp.

Moreno-Casasola P, DM Infante (2010) Veracruz: Tierra de Ciénegas y pantanos. México: Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Educación del Estado de Veracruz. 412 págs.

NAJAFI, E., PAL, I. y KHANBILVARDI, R., 2020. Larger-scale ocean-atmospheric patterns drive synergistic variability and world-wide volatility of wheat yields. *Scientific Reports*, vol. 10, no. 1, pp. 1-11. ISSN 20452322. DOI 10.1038/s41598-020-60848-z.

Organización Meteorológica Mundial, 2015. Manuales y estándares de OMM. Disponible en: <http://ciifen.org/euroclimaplus/principal-biblioteca/manuales-y-estandares-de-omm>

PERENNOU, C., GUELMAMI, A., PAGANINI, M., PHILIPSON, P., POULIN, B., STRAUCH, A., TOTTRUP, C., TRUCKENBRODT, J. y GEIJZENDORFFER, I.R., 2018. *Mapping Mediterranean Wetlands With Remote Sensing: A Good-Looking Map Is Not Always a Good Map* [en línea]. 1. S.I.: Elsevier Ltd. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/bs.aecr.2017.12.002>.

PHAM-DUC, B., SYLVESTRE, F., PAPA, F., FRAPPART, F., BOUCHEZ, C. y CRÉTAUX, J.F., 2020. The Lake Chad hydrology under current climate change. *Scientific Reports*, vol. 10, no. 1, pp. 1-10. ISSN 20452322. DOI 10.1038/s41598-020-62417-w.

PIEDALLU, C., CHÉRET, V., DENUX, J.P., PEREZ, V., AZCONA, J.S., SEYNAVE, I. y GÉGOUT, J.C., 2019. Soil and climate differently impact NDVI patterns according to the season and the stand type. *Science of the Total Environment* [en línea], vol. 651, pp. 2874-2885. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2018.10.052. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.052>.

Poveda, Germán y Mesa Orcar. Las fases extremas del fenómeno ENSO (El Niño y la Niña) y su influencia sobre la hidrología de Colombia 1996. Colombia:

Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: [researchgate.net/publication/233921803_Las_fases_extremas_del_fenomeno_ENSO_El_Nino_y_La_Nina_y_su_influencia_sobre_hidrologia_de_Colombia/link/544ad29c0cf2bcc9b1d3a098/download](https://www.researchgate.net/publication/233921803_Las_fases_extremas_del_fenomeno_ENSO_El_Nino_y_La_Nina_y_su_influencia_sobre_hidrologia_de_Colombia/link/544ad29c0cf2bcc9b1d3a098/download)

POLEO, Daniel, 2016. ¿Cambio climático o variabilidad climática? Historia, ciencia y política en el clima mesoamericano. *Revista de Ciencias Ambientales*, vol. 50, no. 1, pp. 24. ISSN 1409-2158. DOI 10.15359/rca.50-1.2.

QUESADA, Adolfo y MORA, Alexis, 2017. Impactos ambientales y variabilidad climática en el humedal de San Vito, Coto Brus, Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, vol. 51, no. 1, pp. 16. ISSN 1409-2158. DOI 10.15359/rca.51-1.2.

Ramesh RK, RD DeLaune (2008) Biogeochemistry of wetlands science and applications. CRC Press 774 págs.

RAMSAR, 2006. Manual de la Convención de de Ramsar. *Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza)*., vol. 4a. ed., pp. 124.

REBELO, A.J., SCHEUNDERS, P., ESLER, K.J. y MEIRE, P., 2017. Detecting, mapping and classifying wetland fragments at a landscape scale. *Remote Sensing Applications: Society and Environment* [en línea], vol. 8, pp. 212-223. ISSN 23529385. DOI 10.1016/j.rsase.2017.09.005. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rsase.2017.09.005>.

REZAEI, A. y GURDAK, J.J., 2020. Large-scale climate variability controls on climate, vegetation coverage, lake and groundwater storage in the Lake Urmia watershed using SSA and wavelet analysis. *Science of the Total Environment* [en línea], vol. 724, pp. 138273. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.138273. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138273>.

RODRÍGUEZ, K.V.V., 2011. Variabilidad Climática, Percepción Ambiental Y Estrategias De Adaptación De La Comunidad Campesina De Conchucos, Ancash. *14 Noviembre* [en línea], pp. 2014. Disponible en: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1240/VERGAR_A_RODRIGUEZ_KARLA_VARIABILIDAD.pdf?sequence=1.

RUSSO, R., 2016. Causas y efectos de la variabilidad y el cambio climático -

Material de enseñanza . , no. September. DOI 10.13140/RG.2.2.26524.90242.

SANTORA, J.A., MANTUA, N.J., SCHROEDER, I.D., FIELD, J.C., HAZEN, E.L., BOGRAD, S.J., SYDEMAN, W.J., WELLS, B.K., CALAMBOKIDIS, J., SAEZ, L., LAWSON, D. y FORNEY, K.A., 2020. Habitat compression and ecosystem shifts as potential links between marine heatwave and record whale entanglements. *Nature Communications* [en línea], vol. 11, no. 1, pp. 1-12. ISSN 20411723. DOI 10.1038/s41467-019-14215-w. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-019-14215-w>.

SEGUÍ, Ana, PORTALÉS, Cristina, CABRELLES, Miriam y LERMA, Jina, 2012. Los sistemas de información geográfica: concepto, ventajas y posibilidades en el campo de la restauración. *Loggia, Arquitectura & Restauración*, no. 24-25, pp. 122. ISSN 1136-758X. DOI 10.4995/loggia.2012.3008.

SENAMHI, 2014. Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres 2014-2021 (Objetivo Nacional y Objetivo Estratégico 1). Lima, PREVAED. 2014. 36p.

SERNANP, 2017. Humedales en Áreas Naturales Protegidas, fuentes de vida y desarrollo. *Ministerio del Ambiente*, pp. 73.

SHAND, Paul, GROCKE, Sisa., CREEPER, Naly, BAKER, Amy, FITZPATRICK, Robert y LOVE, Artur, 2017. Impacts of Climate Change, Climate Variability and Management on Soil and Water Quality in Wetlands of South Australia. *Procedia Earth and Planetary Science* [en línea], vol. 17, pp. 456-459. ISSN 18785220. DOI 10.1016/j.proeps.2016.12.115. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeps.2016.12.115>.

SHEN, Ge, YANG, Xiuchug, JIN, Yunxiang, XU, Bin y ZHOU, Qingbo, 2019. Remote sensing and evaluation of the wetland ecological degradation process of the Zoige Plateau Wetland in China. *Ecological Indicators*, vol. 104, no. May 2018, pp. 48-58. ISSN 1470160X. DOI 10.1016/j.ecolind.2019.04.063.

SIABATO, W., 2018. Sobre la evolución de la información geográfica: Las bodas de oro de los sig. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, vol. 27, no. 1, pp. 1-9. ISSN 22565442. DOI 10.15446/rcdg.v27n1.69500.

SINGH, Sukhdeep, BHARDWAJ, Anil y VERMA, Vick, 2020. Remote sensing and GIS based analysis of temporal land use/land cover and water quality

changes in Harike wetland ecosystem, Punjab, India. *Journal of Environmental Management*, vol. 262, no. February, pp. 110355. ISSN 10958630. DOI 10.1016/j.jenvman.2020.110355.

SLAGTER, Bart, TSENDBAZAR, Nandin, VOLLRATH, Aandreas y REICHE, Johannes, 2020. Mapping wetland characteristics using temporally dense Sentinel-1 and Sentinel-2 data: A case study in the St. Lucia wetlands, South Africa. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol. 86, no. October 2019, pp. 102009. ISSN 03032434. DOI 10.1016/j.jag.2019.102009.

UNA, 2019. Sistemas De Información Geográfica Y Su Aplicación En Las Ciencias Sociales: Una Revisión Bibliográfica. *Chakiñan, Revista De Ciencias Sociales Y Humanidades*, no. 8, pp. 24-35. ISSN 2550-6722. DOI 10.37135/chk.002.08.02.

Verhoeven JT, B Beltman, R Bobbink, DF Whigham (2006) Wetlands and natural resource management. Springer Science and Business Media 190: 347 págs.

Viñals MJ, D Blasco, M Morant (2011) Los humedales mediterráneos: el contexto ambiental y social. Reflexiones para su estudio y gestión eficaz. Fundación Biodiversidad. 268 págs.

WANG, Xinxin, XIAO, Xiangming, ZOU, Zhenhua, HOU, Luyao, QIN, Yuanwei, DONG, Jinwei, DOUGHTY, Russell, CHEN, Bangqian, ZHANG, Xi, CHEN, Ying, MA, Jun, ZHAO, Bin y LI, Bo, 2020. Mapping coastal wetlands of China using time series Landsat images in 2018 and Google Earth Engine. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, vol. 163, no. March, pp. 312-326. ISSN 09242716. DOI 10.1016/j.isprsjprs.2020.03.014.

WEI, C., KARGER, D.N. y WILSON, A.M., 2020. Spatial detection of alpine treeline ecotones in the Western United States. *Remote Sensing of Environment* [en línea], vol. 240, no. June 2019, pp. 111672. ISSN 00344257. DOI 10.1016/j.rse.2020.111672. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111672>.

XIE, Jingkai, XU, Yue-Ping, WANG, Yitong, GU, Haiting, WANG Fumin, PAN Suli (2019). Influences of climatic variability and human activities on terrestrial water storage variations across the Yellow River basin in the recent decade. Hangzhou. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0303-2434\(00\)85011-4](https://doi.org/10.1016/S0303-2434(00)85011-4)

YANG, Liu, WANG, Lunche, YU, Deqing y YAO, Riu, 2020. *Four decades of wetland changes in Dongting Lake using Landsat observations during 1978-2018*. S.l.: Elsevier B.V. ISBN 8613349889.

YOBOM, Oudah, 2020. Climate change and variability: empirical evidence for countries and agroecological zones of the Sahel. *Climatic Change*, vol. 159, no. 3, pp. 365-384. ISSN 15731480. DOI 10.1007/s10584-019-02606-3.

YUAN, H.Y., LIANG, J., LIN, P.S., SUCIPTO, K., TSEGAYE, M.M., WEN, T.H., PFEIFFER, S. y PFEIFFER, D., 2020. The effects of seasonal climate variability on dengue annual incidence in Hong Kong: A modelling study. *Scientific Reports*, vol. 10, no. 1, pp. 1-10. ISSN 20452322. DOI 10.1038/s41598-020-60309-7.

ZHU, Yakun, ZHANG, Jutao, ZHANG, Yuqing, QIN, Shugao, SHAO, Yanying y GAO, Yan, 2019. Responses of vegetation to climatic variations in the desert region of northern China. *Catena* [en línea], vol. 175, no. January 2018, pp. 27-36. ISSN 03418162. DOI 10.1016/j.catena.2018.12.007. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.12.007>.

ANEXOS

Anexo 1

Tabla 24: Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
<i>Variabilidad Climática</i>	La variabilidad climática es una medida de rango que varía mediante sus elementos como la precipitación, temperatura, humedad y viento; constituye factores determinantes como las condiciones físicas y geográficas (la elevación, latitud, la distancia del mar y las corrientes marinas).	La variabilidad climática será determinado a través de sus dos dimensiones que son: elementos climáticos y factores climáticos	Elementos climáticos	Temperatura	°C
				Precipitación	mm/mes
				Humedad Relativa	%
				Velocidad del viento	m/s
				Insolación	m ² /día
			Factores climáticos	Cercanía al mar	m
				Corrientes marinas	Sv
<i>Componentes Ecológicos</i>	Forman parte de un ecosistema (terrestre, acuático, costero) De modo que sus factores bióticos y abióticos interactúan relacionándose entre sí (SANCHEZ, 2003)	Los componentes ecológicos serán analizados a través de sus dimensiones que son: el índice de vegetación, unidades de vegetación y el balance hídrico	Índice de vegetación	Sin vegetación	-1 a 0
				Vegetación mixta	0 a 0.25
				Vegetación densa	0.25 a 1
			Unidades de vegetación	Composición florística	Cantidad
				Área de cada componente florístico	km ²
			Balance Hídrico	Evapotranspiración	mm/s
				Escorrentía	m ² /s

Anexo 4

Tabla 25: Instrumento de datos de tiempo 2000-2020

DATOS DEL TIEMPO - 2000 A 2020														
ANUAL														
Estación : Tipo Convencional - Meteorológica		Institución						Distrito :						
Departamento :		Provincia :						Altitud :						
Latitud :		Longitud :												
Día/mes/año	Variables climáticas	Meses												Observacion
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
2000	Temperatura Max (°C)													
	Temperatura Min (°C)													
	Precipitación (mm)													
2001	Temperatura Max (°C)													
	Temperatura Min (°C)													
	Precipitación (mm)													
2002	Temperatura Max (°C)													
	Temperatura Min (°C)													
	Precipitación (mm)													
2003	Temperatura Max (°C)													
	Temperatura Min (°C)													
	Precipitación (mm)													
2004	Temperatura Max (°C)													
	Temperatura Min (°C)													
	Precipitación (mm)													
2005	Temperatura Max (°C)													
	Temperatura Min (°C)													
	Precipitación (mm)													
2006	Temperatura Max (°C)													
	Temperatura Min (°C)													
	Precipitación (mm)													
2007	Temperatura Max (°C)													
	Temperatura Min (°C)													
	Precipitación (mm)													
2008	Temperatura Max (°C)													
	Temperatura Min (°C)													
	Precipitación (mm)													
2009	Temperatura Max (°C)													
	Temperatura Min (°C)													
	Precipitación (mm)													
2010	Temperatura Max (°C)													
	Temperatura Min (°C)													
	Precipitación (mm)													
2011	Temperatura Max (°C)													
	Temperatura Min (°C)													
	Precipitación (mm)													
2012	Temperatura Max (°C)													
	Temperatura Min (°C)													
	Precipitación (mm)													
2013	Temperatura Max (°C)													
	Temperatura Min (°C)													
	Precipitación (mm)													
2014	Temperatura Max (°C)													
	Temperatura Min (°C)													
	Precipitación (mm)													
2015	Temperatura Max (°C)													
	Temperatura Min (°C)													
	Precipitación (mm)													
2016	Temperatura Max (°C)													
	Temperatura Min (°C)													
	Precipitación (mm)													
2017	Temperatura Max (°C)													
	Temperatura Min (°C)													
	Precipitación (mm)													
2018	Temperatura Max (°C)													
	Temperatura Min (°C)													
	Precipitación (mm)													
2019	Temperatura Max (°C)													
	Temperatura Min (°C)													
	Precipitación (mm)													
2020	Temperatura Max (°C)													
	Temperatura Min (°C)													
	Precipitación (mm)													



Especialista 1



DNI 07733045
CIP: 5549106.

Especialista 2



Especialista 3

anexo 5

Tabla 26: Instrumento de imágenes satelitales – LANDSAT 7 Y LANDSAT 8

IMÁGENES SATELITALES - LANDSAT 7, LANDSAT 8
ANUAL

2000 - 2020

Servidor : USGS (NASA)

Año	SATÉLITE/ SENSOR	Nubosidad %	Resolucion	Servidor	Temporada seca
2000	Landsat 7 / ETM+				
2001	Landsat 7 / ETM+				
2002	Landsat 7 / ETM+				
2003	Landsat 7 / ETM+				
2004	Landsat 7 / ETM+				
2005	Landsat 7 / ETM+				
2006	Landsat 7 / ETM+				
2007	Landsat 7 / ETM+				
2008	Landsat 7 / ETM+				
2009	Landsat 7 / ETM+				
2010	Landsat 7 / ETM+				
2011	Landsat 7 / ETM+				
2012	Landsat 7 / ETM+				
2013	Landsat 8 / OLI and TIRS				
2014	Landsat 8 / OLI and TIRS				
2015	Landsat 8 / OLI and TIRS				
2016	Landsat 8 / OLI and TIRS				
2017	Landsat 8 / OLI and TIRS				
2018	Landsat 8 / OLI and TIRS				
2019	Landsat 8 / OLI and TIRS				
2020	Landsat 8 / OLI and TIRS				


Especialista 1


DNI: 07733045
CIP: 5549106.
Especialista 2


Especialista 3

Anexo 5

Tabla 27: Instrumento de unidades de vegetación con imágenes satelitales

UNIDADES DE VEGETACION CON IMÁGENES SATELITALES
ANUAL

2000 - 2020

Área natural : Refugio de vida silvestre

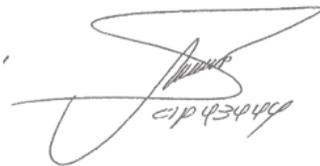
Departamento :

Provincia :

Latitud :

Longitud :

Satélite / Sensor	Unidades de vegetación	Nombre científico	Rango (NDVI)	Tonalidad	Condicion
Landsat 8 OLI Landsat 7 ETM+					



Especialista 1



DNI 07733045
CIP: 5549106.

Especialista 2



Especialista 3

Anexo 7

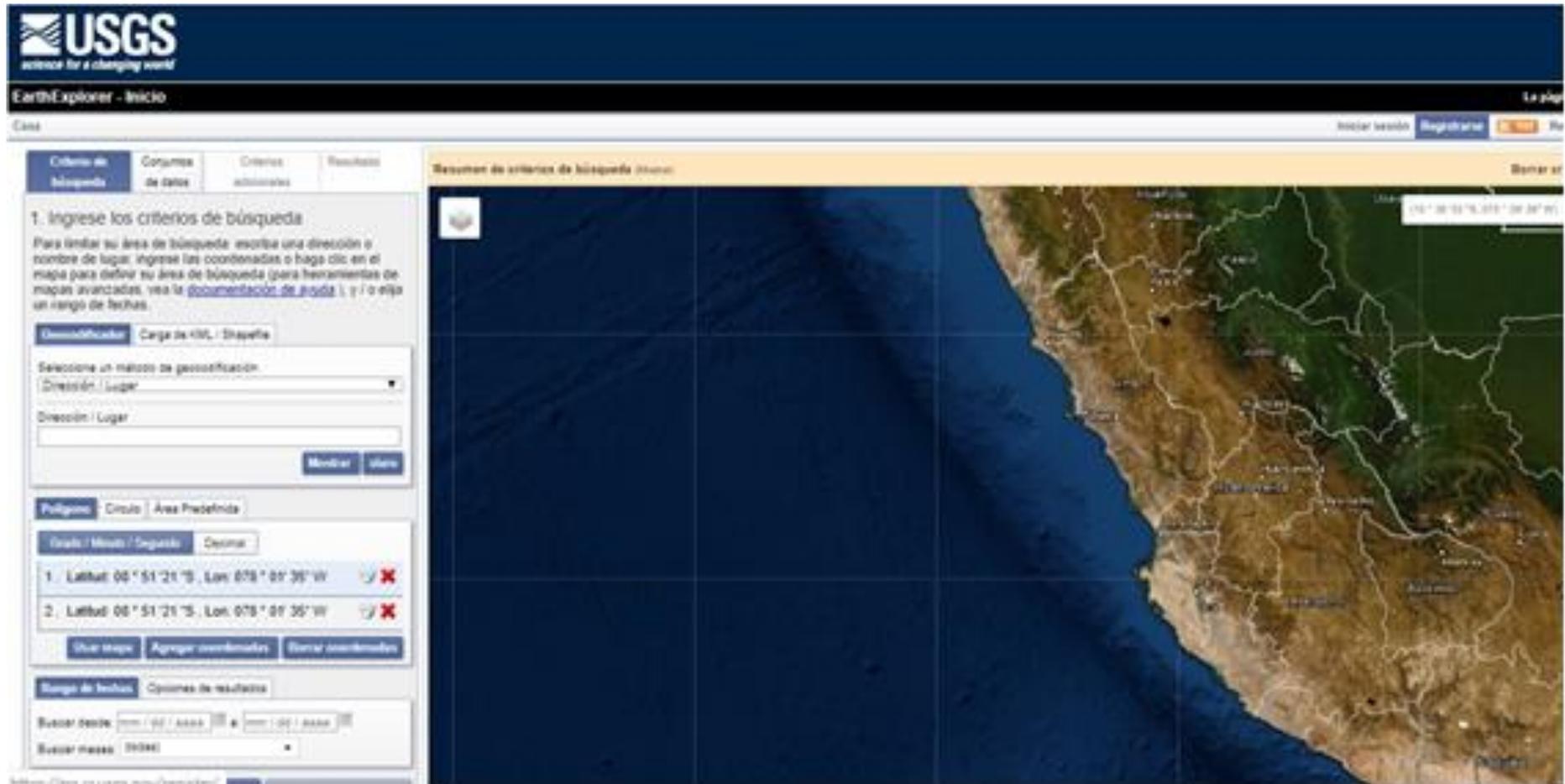


Figura 31: Registro en servidores USGS de la Nasa

Anexo 8

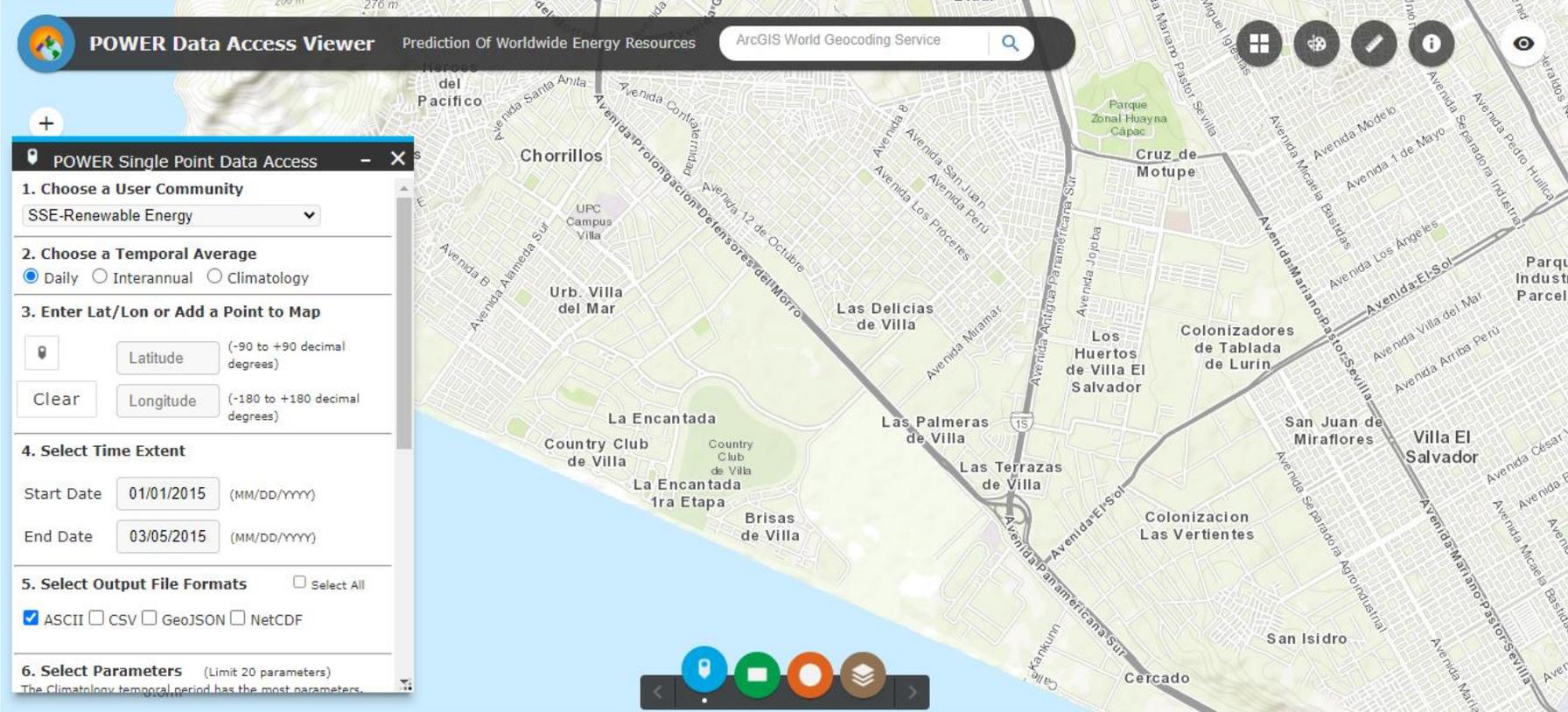


Figura 32: Datos meteorológicos de la agencia Power data (NASA)

