



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“INFLUENCIA DE LA PRECIPITACIÓN Y LA TEMPERATURA  
SOBRE LA VARIABILIDAD ESPACIO TEMPORAL DE LAS  
SUPERFICIES DE LOS BOFEDALES DE HUANZA,  
HUAROCHIRI DURANTE EL PERÍODO 1986-2022”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniero Ambiental**

**Autor:**

Luis Carlos Justo Espinoza

**Asesor:**

Mg. Ing. Haniel Josue Torres Joaquin  
<https://orcid.org/0000-0001-9659-4250>

Lima - Perú

2023

## JURADO EVALUADOR

<b>Presidente(a) del Jurado</b>	IRMA GERALDA HORNA HERNÁNDEZ	<b>40317442</b>
	<b>Nombre y Apellidos</b>	<b>Nro. Colegiatura o DNI</b>

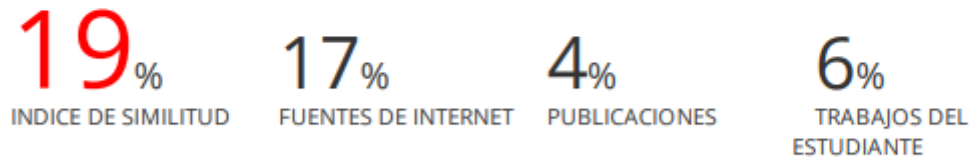
<b>Miembro del Jurado</b>	DENIS MILAGROS ALVA MENDOZA	<b>45535817</b>
	<b>Nombre y Apellidos</b>	<b>Nro. Colegiatura o DNI</b>

<b>Miembro del Jurado</b>	MARIETA ELIANA CERVANTES PERALTA	<b>29425048</b>
	<b>Nombre y Apellidos</b>	<b>Nro. Colegiatura o DNI</b>

## INFORME DE SIMILITUD

### INFLUENCIA DE LA PRECIPITACIÓN Y LA TEMPERATURA SOBRE LA VARIABILIDAD ESPACIO TEMPORAL DE LAS SUPERFICIES DE LOS BOFEDALES DE HUANZA, HUAROCHIRI DURANTE EL PERÍODO 1986-2022

#### INFORME DE ORIGINALIDAD



#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.uap.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>9%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>4%</b>
<b>3</b>	<b>Submitted to Universidad Privada del Norte</b> Trabajo del estudiante	<b>3%</b>
<b>4</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.unasam.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>

## **DEDICATORIA**

Este proyecto es dedicado principalmente a Dios, gracias al señor logrado concluir mi carrera profesional, a mi padre, hermana, familiares y amigos, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo incondicional y sus consejos para hacer de mí una persona correcta, mi amigo Henry por sus consejos y apoyo en cada paso de mi proyecto.

A los docentes de la universidad UPN por brindarme sus conocimientos profesionales, a amigos presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron su conocimiento, alegrías y tristeza y a todas aquellas personas que durante los años de estudio estuvieron a mi lado apoyándome y lograron que este sueño se haga realidad

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi agradecimiento a mi padre, mi hermana, mi tío por haberme brindando la oportunidad de estudiar con la tranquilidad de saber que cuento con su respaldo y a mi pareja que ha sido mi apoyo siempre que lo necesitado.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
I. ÍNDICE DE CONTENIDO	6
II. INDICE DE FIGURAS	8
III. INDICE DE TABLA	9
IV. INDICES DE ANEXOS	9
RESUMEN	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad Problemática	11
1.2. Antecedentes	12
1.3. Marco Teórico	19
1.3.1. El Clima	19
A. Precipitación	19
B. Temperatura:	19
1.3.2. Bofedales	20
A. Características de un bofedal	20
B. Problemas Asociados a los bofedales	21
C. Situación actual de los bofedales/humedales altoandinos	21
D. Teledetección de los bofedales	22
1.4. Marco Conceptual	22
1.4.1. Cambio Climático	22
1.4.2. Teledetección	23
A. Sistema de Teledetección	23
B. Espectro Electromagnético	24
C. Firma Espectral	26
D. Respuesta espectral de la Vegetación	27
1.4.3. Imágenes satelitales	29
1.4.4. Índices de vegetación	29
1.4.5. Índice de Diferencia Normalizada de Vegetación (NDVI)	29
1.4.6. Software ArcGIS	30
1.4.7. Análisis Multitemporal	30
1.4.8. Clasificación Digital	30
1.4.9. Puntos de Control	31

1.5.	Formulación de Problema	31
1.5.1.	Problema General	31
1.5.2.	Problemas Específicos	31
1.6.	Justificación	32
1.7.	Objetivos	33
1.5.1.	Objetivo General	33
1.5.2.	Objetivos Específicos	33
1.8.	Hipótesis	34
1.6.1.	Hipótesis General	34
1.6.2.	Hipótesis Especificas	34
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA</b>		<b>35</b>
2.1.	Tipo de Investigación	35
2.2.	Población y Muestra	36
2.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos:	37
2.3.1.	Técnicas e Instrumentos:	37
2.4.	Procedimientos	38
2.4.1.	Obtención de Datos	38
A.	Imágenes satelitales	38
B.	Datos climáticos	39
2.4.2.	Pre – procesamiento de imágenes satelitales	39
2.4.3.	Identificación de las superficies de los bofedales	42
2.4.4.	Determinación de precipitación y temperatura superficial	43
2.5.	Análisis de datos	46
2.6.	Aspectos Éticos	46
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS</b>		<b>48</b>
3.1.	Dinámica Espacio temporal de las superficies de los bofedales de Huanza	48
3.2.	Variación temporal de la precipitación y temperatura de los bofedales de Huanza	53
3.3.	Análisis estadístico descriptivo	54
3.4.	Análisis estadístico inferencial	55
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES</b>		<b>60</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>		<b>67</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>88</b>

## I. INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Componentes de un sistema de teledetección .....	24
<b>Figura 2.</b> Espectro Electro-Magnético.....	25
<b>Figura 3.</b> Signaturas espectrales típicas de distintas cubiertas .....	26
<b>Figura 4.</b> Respuesta espectral de la vegetación .....	27
<b>Figura 5.</b> Reflectancia de la hoja .....	28
<b>Figura 6.</b> Mapa de Ubicación del distrito de Huanza, Huarochirí.....	37
<b>Figura 7.</b> Corrección Radiométrica en ENVI.....	40
<b>Figura 8.</b> Corrección atmosférica en ENVI.....	41
<b>Figura 9.</b> Expresión de valor máximo y mino en ENVI/Band Math.....	42
<b>Figura 10.</b> Clasificación supervisada de máxima verosimilitud.....	43
<b>Figura 11.</b> Flujograma de procedimientos para la adquisición y análisis de datos .....	45
<b>Figura 12.</b> Dinámica temporal de las superficies de los bofedales de Huanza.....	49
<b>Figura 13.</b> Tasa de cambio de las superficies de los bofedales de Huanza .....	49
<b>Figura 14.</b> Análisis cartográfico de los bofedales de Huanza .....	50
<b>Figura 15.</b> Modelos de regresión para estimación de bofedales.....	52
<b>Figura 16.</b> Variabilidad temporal de las precipitaciones de Huanza .....	53
<b>Figura 17.</b> Variabilidad temporal de las temperaturas de Huanza .....	54



## II. INDICE DE TABLA

<b>Tabla 1.</b> Materiales empleados en la investigación .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Tabla 2.</b> Datos de imágenes satelitales .....	38
<b>Tabla 3.</b> Imágenes Landsat considerados en el estudio .....	38
<b>Tabla 4.</b> Análisis del modelo de regresión lineal.....	51
<b>Tabla 5.</b> Análisis de Varianza del modelo de regresión lineal .....	51
<b>Tabla 6.</b> Coeficientes del modelo de regresión lineal.....	51
<b>Tabla 7.</b> Análisis descriptivo de las variables bofedales, precipitación y temperatura .....	55
<b>Tabla 8.</b> Prueba de normalidad .....	55
<b>Tabla 9.</b> Prueba ANOVA precipitación vs. Bofedales .....	56
<b>Tabla 10.</b> Prueba ANOVA temperatura máxima vs. Bofedales .....	57
<b>Tabla 11.</b> Prueba ANOVA temperatura mínima vs. Bofedales.....	57
<b>Tabla 12.</b> Prueba ANOVA temperatura promedio vs. Bofedales.....	57
<b>Tabla 13.</b> Prueba de colinealidad.....	58
<b>Tabla 14.</b> Resumen de Modelo de R.L simple (1 y 2) y múltiple (3).....	59
<b>Tabla 15.</b> Resultado de Varianza de la R.L simple (1 y 2) y múltiple (3).....	59

## III. INDICES DE ANEXOS

Anexo 1. Registro de Imágenes Satelitales .....	88
Anexo 2. Registro de precipitación y temperatura .....	88
Anexo 3. Registro de la cuantificación de variables .....	88
Anexo 4. Código para extraer los datos de precipitación y temperatura del producto grillado PISCO-SENAMHI.....	88
Anexo 5. Matriz de Operacionalización de Variables.....	90

## RESUMEN

Los bofedales se encuentran en descenso, ya que están siendo afectados por las variaciones climáticas, sobre todo los parámetros de precipitación y la temperatura. Es por ello, que el presente estudio tiene como objetivo determinar la influencia de la precipitación y la temperatura sobre las superficies de los bofedales de Huanza. Para ello, se utilizó las imágenes satelitales, la aplicación del Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) y la clasificación supervisada, para determinar la superficie de los bofedales. Asimismo, se utilizó la información climática histórica de la plataforma del PISCO-SENAMHI, donde se adquirió los datos de precipitación y temperatura. Como resultado se obtuvo que los bofedales de Huanza se redujeron de 5,6 km<sup>2</sup> a 2 km<sup>2</sup>, una pérdida de 64% a un ritmo de cambio anual de 0,068 km<sup>2</sup>/año, estos cambios se deben a los cambios en las precipitaciones y la temperatura, pues las unidades vegetales que componen los bofedales son sensibles a dichos cambios. Se reflejo en la variabilidad climática que las precipitaciones descendieron a 0,046 mm/año; e incremento en la temperatura media a 0,052 °C/año. Por otro lado, la precipitación y la temperatura máxima influyeron significativamente en las superficies de los bofedales, así lo demostró la prueba de ANOVA con p-value menor a 0,05. Pues evidentemente el descenso de las precipitaciones y el incremento de las temperaturas de Huanza, están generando una disminución en el aporte hídrico. Por tanto, se concluye que la variabilidad climática si tiene influencia en los bofedales altoandinos de Huanza.

**Palabras claves:** Bofedales, precipitación, temperatura y teledetección.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

Según Martín y Rivera (2018), el clima del planeta está variando más allá de los precedentes históricos, desde el año 2000 la temperatura global viene incrementándose a una razón de 1 – 2 °C. Este fenómeno provoca cambios en los patrones climáticos, como la disminución de las precipitaciones en zonas áridas, incremento de las temperaturas extremas y modificaciones climáticas de las épocas húmedas y secas (Correa y Gallardo, 2015). Se estima para finales del siglo XXI que la variación de la temperatura terrestre alcanzará 2,6 – 4,8 °C y la precipitación disminuirá en zonas subtropicales (Uribe, 2015).

Los ecosistemas más vulnerables frente a estos cambios se encuentran en América Latina, sobre todo Brasil, Colombia, México y Perú, debido a su alta biodiversidad (Uribe, 2015). Dentro de estos ecosistemas se encuentran los bofedales, donde están siendo afectados por el clima, debido a que la reducción de la precipitación altera la provisión hídrica y el incremento de temperatura afecta la estabilidad Biótica (Rosa, 2019).

El Perú cuenta con el 70% de la biodiversidad del planeta, donde los tres principales ecosistemas son los bosques y bofedales, (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2016), ha evidenciado que los bofedales son vulnerables a las variaciones de la precipitación y temperatura, debido a que estos parámetros alteran el régimen hídrico de los bofedales (German y Franco, 2013). Asimismo, los humedales costeros han presentado una pérdida del alrededor del 30% de cobertura desde el año 2000, debido a que la variación de la temperatura se encuentra por encima de 3,5 °C (Vargas, 2009). La temperatura cambiante, afecta los ciclos fenológicos de las unidades vegetales, incrementa la evapotranspiración y modifica el ciclo de los nutrientes (Eduardo, 2015). Según datos del INEI, la variación de la temperatura del departamento de Lima para el periodo 2010-2019, mostraba incrementos de

0,03 °C y descenso de 0,03 °C, sin embargo, la precipitación presentaba ligeros incrementos alrededor de 0,33% anual (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2018). Según el mapa predictivo de temperatura máxima y mínima elaborado por el SENAMHI, el distrito de Huanza presentará un incremento de 0,4 a 0,8 °C en la temperatura para el año 2030, por otra parte, la predicción de la precipitación refleja un ligero aumento de 0,4 a 0,8 % para el año 2030 (MINAM, 2010).

A base de todo lo mencionado, esta investigación tiene por finalidad conocer los cambios superficiales de los bofedales de Huanza, además, pretende determinar la influencia de los componentes climáticos precipitación y temperatura en los cambios de los bofedales, durante un periodo de análisis de 36 años, para ello, se aplicará el procesamiento digital imágenes satelitales Landsat, el cual consiste en identificar los cambios de los bofedales mediante la teledetección, esta herramienta es fundamental y óptima para identificar cambios espaciales de elementos terrestres como los bofedales Flórez et al., 2016; Delgado y Tenjo, 2016).

La teledetección es la herramienta potencial para la medición de cambios territoriales mediante la observación espectral generada por los sensores aerotransportados (Keshtkar y Winfried, 2016). Para la manipulación de datos espaciales, es primordial la integración de los conocimientos relacionados con los sistemas de información geográfica (SIG), asimismo, el uso de programas sofisticados como ENVI en la manipulación de imágenes satelitales es primordial para el análisis de información (Gómez et al., 2016).

## **1.2. Antecedentes**

En la investigación realizada por Aponte y Ospina (2019), dieron a conocer los cambios espectrales de los bofedales en los periodos de baja precipitación. El estudio fue de tipo descriptivo-numérico, pues se evaluaron los cambios superficiales temporales de los bofedales. Para ello aplicaron, la técnica de la teledetección de imágenes satelitales Sentinel,

que luego fueron procesadas para obtener el índice SAVI (Índice de vegetación ajustada a la superficie), seguido se aplicó la técnica de agrupación de píxeles conocida como clasificación supervisada, este proceso es de mayor precisión en la identificación de bofedales, para la identificación de humedales altoandinos de dio uso de la composición falso color de las bandas 543. Asimismo, identificaron que el periodo de menor precipitación abarca los meses de mayo a agosto. Los resultados demostraron que los bofedales tuvieron un cambio superficial del 5%, pues en el año 2010 presentó 671 ha y en el año 2018 se reflejó 630 ha.

Estrada et al. (2013), realizaron una indagación con la finalidad de cuantificar los cambios temporales de los humedales de la cuenca Usumacinta. El estudio fue de tipo descriptivo, pues se describen los cambios temporales de los bofedales. Para ello, utilizaron la técnica de interpretación de imágenes satelitales de Landsat 5, donde se aplicó la combinación de bandas (RGB 4,3,2) todo ello con ayuda del software ArcGis 9.0, seguido para la identificación de bofedales se procedió a la vectorización poligonal manual. El análisis fue determinado para la época seca y húmeda, por otra parte, los tipos de humedales determinados en gabinete fueron corroborados en campo. La investigación demostró que los humedales en la época seca alcanzan una cobertura del 0,25 a 2,4% y en época húmeda alcanza 3,07 a 3,71%; por otra parte, determinaron que el tipo de humedal Palustre es la más sensible a los cambios de época con un porcentaje superior al 10%, la investigación contribuye al desarrollo de un inventario multitemporal de los humedales.

Garcia y Otto (2015), elaboraron una investigación con el objeto de conocer la distribución espacial y temporal de los humedales altoandinos de la cabecera de cuenca del río Santa. El estudio fue de tipo correlacional, pues se evaluaron la asociación numérica de las precipitaciones y los bofedales. Para ello, utilizaron las imágenes satelitales de Landsat, para delimitar los humedales, para ello se aplicó el índice NDVI, con un rango estipulado de

identificación de 0,55 a 0,71, rango óptimo para identificación de bofedales. Para los datos climáticos se usó la variable pluvial y nival obtenido de las imágenes MODIS y datos estacionales del SENAMHI, todo ello en un periodo de análisis de 2000-2012. El análisis demostró que los humedales son más dependientes a las precipitaciones estacionales (una correlación de Pearson de 0,82). Asimismo, reflejaron una reducción de superficie bofedal de 53% (4881,24 ha del 2000 a 2507,94 del año 2012).

Ramos y Luque (2020), efectuaron un estudio con el propósito de conocer la variación espacio temporal y climática del humedal altoandino de Chalhuanca en el periodo de 1986-2016. El estudio fue de tipo correlacional, pues se evaluaron los cambios temporales y espaciales de los bofedales o humedales altoandinos y las variaciones de los elementos climáticos, precipitación y temperatura, para luego conocer el grado de correlación temporal de las variables de estudio. Para ello, utilizaron las imágenes del satélite Landsat y el índice NDVI para identificar humedales, pues seguido se aplicó la clasificación supervisada de máxima verosimilitud para identificar únicamente las superficies de los bofedales. Para el reconocimiento de la variable climática se utilizó la estación meteorológica local de Imata con una data de 36 años. Se aplicó el análisis de correlación bivariada de Pearson para conocer la asociación temporal de la precipitación, temperatura y superficie de los bofedales. El análisis mostró que el humedal incrementó a una razón de 12 ha/año durante el periodo de análisis, pues en el año 1986 se evidenció una superficie de 781 ha y en el año 2016 una superficie de 367 ha. Por otra parte, identificaron que la variable climática precipitación presenta mayor relación con el bofedal con una  $r$  de Pearson de 0,92,  $\alpha=0,002$ . En cambio, la correlación entre el área de bofedal y temperatura apenas fue significativa  $r=0,68$ ;  $\alpha=0,047$ . Esto indica que la mayor relación es entre la precipitación y las superficies de los bofedales.

Villasante (2021), realizó una evaluación en los bofedales ubicados en las alturas de Arequipa, Ccallaccapcha (La Unión) y Perca (Castilla), de los efectos del cambio climático sobre la cobertura y la salud. Se evaluaron imágenes Landsat en los años 1985 al 2019, para identificar la superficie de los bofedales se consideró el rango de 0,54 a 0,76, esto con el fin de identificar únicamente a las superficies de bofedales. El estudio fue de tipo correlacional, pues se buscó conocer el grado de asociación lineal entre la precipitación/temperatura con los bofedales. La temperatura mínima mostró un incremento de 0,015 °C/año en Perca y 0,01 °C/año en Ccallaccapcha, así mismo la precipitación mostró un incremento en los bofedales de 6,94 mm/año en Perca y 9,62 mm/año en Ccallaccapcha, caso contrario, en las temperaturas máximas, ya que mostró un comportamiento diferente de las temperaturas entre bofedales, en Perca se eleva durante el periodo de medición en 0,002 °C/año no significativa, mientras que en Ccallaccapcha el patrón mostrado es de disminución de 0,01 °C/año pero de manera no significativa. Las áreas de los dos bofedales se incrementaron en 23 ha/año en Perca y en 19,43 ha/año en Ccallaccapcha. El análisis de correlación entre la precipitación y las superficies de bofedales fueron de una r de Pearson de 0,64, con una significancia menor a 0,05, esto indica que los cambios temporales ocurridos en los bofedales son explicados en 64% por las variaciones de las precipitaciones. Por otro lado, la temperatura mínima y máxima, no tiene una relación significativa con los bofedales, pues los p-values resultaron mayores a 0,05, por tanto, estadísticamente, las variaciones de las temperaturas no explican los cambios de los bofedales.

Mamani y Ramos (2021), estudiaron la relación entre el cambio climático y los índices de vegetación realizando un análisis multitemporal de imágenes satelitales obtenidas de Landsat 5 y Landsat 8 entre los años 1972 y 2018 en la laguna Paucarani, provincia de Tacna. Las imágenes satelitales fueron corregidas mediante la reflectancia superficial, donde finalmente se generó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en los años

1986; 1995; 2010 y 2018. Asimismo, se consideró el rango espectral de NDVI de 0,56 a 0,81 para identificar únicamente las superficies de bofedales. Los resultados demostraron que los bofedales se redujeron de 7,8 km<sup>2</sup> del año 1986 a 6,5 km<sup>2</sup> del año 2018. Respecto a la precipitación se reflejó un descenso a ritmo anual de 2 mm/año. El valor anual promedio de temperatura mínima presentó una tendencia de incremento desde el año 2012 con valores -6,50 °C, a diferencia en años anteriores con valores de -12,4 °C. En conclusión, las variaciones temporales de las variaciones climáticas precipitación y temperatura mínima, guardan asociación estadística con los cambios de los bofedales, así quedó demostrado con una relación de 0,55 y 0,7, respectivamente. Solo la temperatura máxima no guarda relación con los cambios de los bofedales.

La presente investigación se desarrolló en la Cuenca Callancocha ubicado en el Distrito de Acobambilla, Provincia y Departamento de Huancavelica; se tuvo como objetivo determinar las tasas de variaciones superficiales de los bofedales debido a la precipitación para el periodo 1988 – 2017 en la cuenca Callancocha. La investigación fue de tipo descriptivo – correlacional, cuya metodología está basada en la aplicación de técnicas de percepción remota para realizar el análisis de superficies por sensoramiento remoto y ser procesado con el software ENVI 5.1, IDRISI SELVA y Arc GIS 10.5 a fin de generar el índice de vegetación NDVI con un rango óptimo obtenido de 0,4 hasta 0,69 para bofedales y delimitar las superficies para el periodo de 1988 - 2017 para luego determinar la relación entre las superficies de bofedales con la precipitación pluvial mediante una correlación lineal. La superficie de bofedales en la Cuenca Callancocha incrementó de 2,99 Km<sup>2</sup> hasta 4,943 Km<sup>2</sup> en el año 2017. Asimismo, se evidenció que no existe una relación entre la precipitación y los bofedales cartografiados, pues el p-value fue mayor a 0,05 y el r de 0,1, esta nula dependencia se debió a que los bofedales de estudio se encuentran en zona de descarga de aguas subterráneas (Quispe, 2017).



En la cordillera Real de Bolivia se realizó una investigación con el objetivo de determinar los factores ambientales que afectan en la extensión bofedales, y su vulnerabilidad frente al cambio climático. El estudio fue de tipo correlacional, pues se tuvo el análisis de correlación lineal temporal entre la precipitación y los bofedales. Los autores utilizaron la metodología de teledetección por medio de imágenes satelitales Landsat en el periodo de 1984 – 2011, se aplicó el índice NDVI para el mapeo de bofedales, asimismo se aplicó la combinación de falso color real para identificar el umbral aproximado de los bofedales. Teniendo como umbral promedio de NDVI de 0,46 a 0,70 para identificar superficies de bofedales. Los resultados indicaron que el área de los humedales se incrementó en el periodo analizado con una tasa de 3 ha/año, con una tendencia ascendente, ello se debió a la relación directa de  $R=0,65$  que tiene con los niveles de precipitación, los cuales también mostraron un incremento de 5.6 mm/año en sus niveles. Concluyen en que los bofedales son muy sensibles a la variabilidad de las precipitaciones (Dangles et al., 2017).

Gutiérrez (2016), realizó un estudio con el fin de conocer el grado de correlación entre los factores climáticos y la dinámica espacial de los bofedales en los años de 1984 a 2016 en la cuenca del río Coata. El tipo estudio fue descriptivo, pues se buscó conocer los cambios evolutivos de los bofedales; asimismo, se consideró la aplicación de una regresión lineal simple para explicar los cambios de los bofedales en función a las variaciones de las precipitaciones y la temperatura. Para ello se dio uso de las imágenes landsat, debido a la amplia temporalidad de estudio; asimismo, se aplicó el índice diferenciado normalizado NDVI y la clasificación supervisada de máxima verosimilitud del programa ENVI, con el fin de obtener únicamente las superficies de bofedales. Los resultados demostraron que los bofedales se reducen a 164,8 ha/ año en promedio, pues en el año 1990 la superficie de bofedales fue de, 11880,54 ha y para el año 2016 fue de, 2396,25. La precipitación mostró un incremento ligero de 2,3 mm/año, de igual modo la temperatura máxima mostró un

incremento de 0,036 °C/año. Por otro lado, hay una asociación de regresión significativa ( $R^2=0,47$ , p-valor 0,0003) entre la temperatura máxima y la dinámica espacial de bofedales. En el análisis de regresión lineal múltiple de la extensión superficial de los bofedales y la precipitación se evidenció un coeficiente de correlación  $R^2=0,23$ , lo que indica que no es tan significativa.

Díaz y Meza (2014), realizaron un estudio con el fin de conocer los efectos de la variabilidad climática sobre los cambios de los bofedales del altiplano de Chile durante el periodo de 1990 -2011. El tipo de investigación fue correlacional, pues se buscó conocer la asociación numérica de los cambios temporales ocurridos en los bofedales y en los elementos climáticos. Para conocer la superficie temporal del bofedal, se analizaron imágenes satelitales Landsat, las cuales fueron procesadas por medio del software ArcMap 10.1 y utilizando el algoritmo NDVI, en esta ocasión se consideró un rango de NDVI tomado de Genin y Alzérreca (1995) y Chuvieco (2002), el cual recomienda que para identificación de bofedales los rangos óptimos son 0,45 a 0,78. El estadístico considerado fue la correlación lineal simple de Pearson, que permite conocer el grado de variación conjunta y la intensidad de su relación. Los resultados indicaron un incremento ligero de los bofedales con una magnitud de 19 ha/año. Por otro lado, se evidenció incremento de precipitación de 35 mm/año en promedio y un incremento de temperatura promedio de 0,02 °C/año. Finalmente, el análisis de correlación de Pearson demostró que la precipitación es la de relación significativa con las superficies temporales de los bofedales con una magnitud de  $R=0,67$  y una significancia de 0,0023, el cual indica que los cambios temporales de las superficies de los bofedales son respondidos en un 67% por la variabilidad temporal de las precipitaciones.

### **1.3. Marco Teórico**

#### **1.3.1. El Clima**

El clima puede explicarse mediante la variabilidad de varios elementos, como la temperatura, la precipitación, la presión atmosférica, la humedad, radiación solar y los vientos, o mediante combinaciones de elementos, tales como tipos y fenómenos meteorológicos, que son característicos de un lugar o región, o del mundo en su conjunto, durante cualquier período de tiempo (Organización Meteorológica Mundial [OMM], 2011). De todos estos elementos, las variables climáticas más importantes o más comunes, son la temperatura y precipitación (OMM, 2011).

#### **A. Precipitación**

La precipitación en muchos ecosistemas es considerada como única entrada de agua al sistema. Se denomina precipitación, a toda agua meteórica que cae en la superficie de la tierra, tanto en forma líquida (llovizna, lluvia, etc.) y sólida (nieve, granizo, etc.) y las precipitaciones ocultas (rocío, la helada blanca, etc.). Ellas son provocadas por un cambio de la temperatura o de la presión. La precipitación constituye la única entrada principal al sistema hidrológico continental (Ordoñez, 2011). Es producido a partir del proceso de condensación, en el cual el agua pasa de vapor a líquido, denominado proceso de enfriamiento (Lozano-Rivas, 2013).

#### **B. Temperatura:**

Se denomina a la cantidad de energía solar retenida por el aire en un momento dado, teniendo en cuenta que la temperatura depende ante todo de la radiación solar, siendo el termómetro un instrumento idóneo para medir la cantidad de energía, se debe realizar la medición a 1,5 metros del suelo, bajo restricciones de la influencia directa del sol. La temperatura es expresada en grados Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ), Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ) y Kelvin ( $^{\circ}\text{K}$ ) (Ordoñez, 2011).

### 1.3.2. Bofedales

Para la Autoridad Nacional del Agua (2016), los bofedales son también conocidos como oqonales, palabra que proviene del quechua (oqo) que significa mojado, o también turberas, vegas andinas o cenegales, humedales altoandinos, entre otros, son comunidades de plantas siempre verdes de fisonomía herbácea cespitosa en contraste con otras comunidades.

Es un ecosistema humedal altoandino, que se alimenta del agua proveniente del deshielo de los glaciares, afloramientos de agua subterránea y de la precipitación. El bofedal funciona como eficiente almacén natural de agua; además constituyen verdaderos filtros naturales que mejoran la calidad del agua (MINAM, 2012).

Unidad de vegetación que ocupan los suelos, permanentemente húmedos, además de tener una gran importancia en la conservación de agua para épocas de sequía y entre sus áreas alberga una gran cantidad de flora y fauna (Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado [SERNANP], 2017). Están ubicados y distribuidos en forma dispersa en las ecorregiones Altiplano y Altoandino (Alzérreca et al., 2001). Los bofedales son considerados por la Convención de Ramsar (2010) como ecosistemas frágiles asociados a la variabilidad climática, las sequías prolongadas y a la intervención humana, reconociendo a estos humedales como ecosistemas estratégicos debido a que regulan y son fuentes de agua para diversas actividades (Maestro y Recio, 2004).

#### A. Características de un bofedal

Se caracterizan por ser formaciones vegetales que se desarrollan sobre suelos orgánicos, con una gradiente de humedad estacional o permanente, en las cuales se forman praderas de plantas herbáceas, de manera plana o compactas y densas, como cojines (almohadillas), de especies como *Distichia muscoides*, *Plantago rigida*, también se encuentran especies de menor tamaño como *Huperzia crassa*, *Werneria nubigena* (Lorini, 2014).

## **B. Problemas Asociados a los bofedales**

Los bofedales son frágiles ante el cambio climático, a consecuencia de variaciones en los elementos meteorológicos, principalmente la precipitación y la temperatura, ya que en investigaciones realizadas muestran que existe una relación directa entre el desarrollo de la cubierta vegetal de los bofedales en cuanto al comportamiento a través del tiempo de dichos elementos meteorológicos. El sobrepastoreo, es una de las actividades antrópicas que excede la capacidad de carga de los bofedales, reteniendo el crecimiento y desarrollo de la vegetación, a consecuencia de ello se genera la erosión de suelos, que afecta a la productividad de los pastos naturales (Lorini, 2014).

## **C. Situación actual de los bofedales/humedales altoandinos**

Según un reporte de Ramsar (2015), las estimaciones científicas señalan que, desde el año 1900, han desaparecido el 64% de los humedales del planeta, siendo los humedales continentales, entre los cuales se considera los bofedales (humedales altoandinos), los que presentan mayores pérdidas en su extensión que los humedales costeros. Así, durante el siglo XX la extensión de los humedales continentales disminuyó entre un 69 % y un 75%. Si bien los humedales son de diferentes tipos y diferentes en cada región, la tendencia es inequívoca a nivel mundial (Ramsar, 2015). Los principales factores que impulsan la pérdida de extensión de los bofedales son:

- Grandes cambios en el uso del suelo y particularmente el aumento de la agricultura y el pastoreo.
- La desviación de agua mediante represas, diques y canalizaciones.
- El desarrollo de infraestructuras, particularmente en valles fluviales
- La contaminación del aire y del agua y el exceso de nutrientes

## D. Teledetección de los bofedales

En las plantas con actividad fotosintética, las moléculas de clorofila absorben la luz roja, mientras que las células de las hojas en un estado de turgencia normal reflejan la mayor parte de la radiación infrarroja que reciben (Yager, Resnikowski, y Halloy, 2008). El NDVI permiten observar la presencia de vegetación y evaluar el estado de desarrollo de la misma mediante la observación con sensores remotos de la intensidad de radiación reflejada o emitida por esta misma en ciertas bandas del espectro electromagnético. Estos índices son ampliamente utilizados. El NDVI se formula mediante la siguiente expresión:

### **Ecuación 1. Índice vegetativo NDVI**

$$NDVI = \frac{B4 - B3}{B4 + B3}$$

Nota. B3= Rojo, B4= Infrarrojo Cercano (2); Fuente: Escuer (2007)

El NDVI se relaciona, entre otros parámetros, con la productividad neta de la vegetación, el contenido en clorofila de la hoja, el contenido en agua de la hoja, etc. El intervalo de valores obtenido del NDVI, varía entre (-1) y el (+1) de ellos, solamente los valores positivos corresponden a zonas de vegetación; sin embargo, el rango común para vegetación densa como bofedales y forestales, muestran oscilación de NDVI de 0,2 a 0,8 (Escuer, 2007).

## **1.4. Marco Conceptual**

### **1.4.1. Cambio Climático**

Un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC) distingue entre “cambio climático” atribuido a actividades humanas que

alteran la composición atmosférica y “variabilidad climática” atribuida a causas naturales (Stocker et al., 2013).

#### **1.4.2. Teledetección**

Para Chuvieco (1995), la teledetección o percepción remota es aquella técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, existiendo una interacción energética entre el sensor y la superficie terrestre, ya sea por reflexión de la energía solar, artificial o por emisión propia. El objetivo de estudio de la teledetección es la energía o radiación electromagnética que es detectada por los sensores, debido a que la energía es determinante al momento de distinguir o evaluar las cubiertas terrestres (Schomwandt, 2015). Por ello, en siguientes líneas se hace mención de los componentes relacionados con la teledetección

##### **A. Sistema de Teledetección**

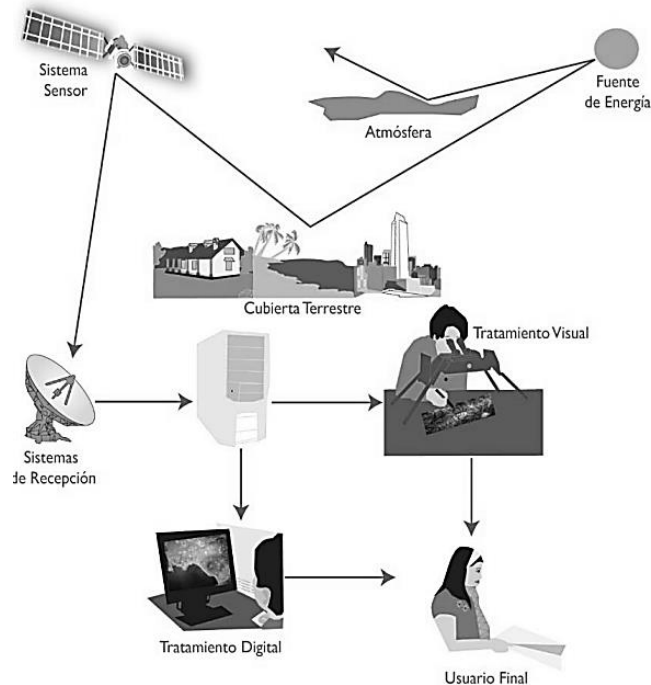
Un sistema de teledetección espacial, incluye los siguientes elementos:

- a) **Fuente de energía**, es el agente que emite la energía y que interactúa con los medios superficiales de la tierra, en cuyo caso se habla de teledetección pasiva cuando es de forma natural (energía generada por el sol), o de un haz energético activo (emitido por un elemento artificial). La fuente de energía más importante, obviamente, es la energía solar.
- b) **Cubierta terrestre**, formada por distintas masas de vegetación, suelos, agua o construcciones humanas, que reciben la señal energética procedente de la fuente de energía y la reflejan o emiten de acuerdo a sus características físicas.
- c) **Sistema sensor**, compuesto por el sensor, propiamente dicho, y la plataforma que lo sustenta. Tiene como misión captar la energía procedente de las cubiertas terrestres, codificarla y grabarla o enviarla directamente al sistema de recepción.

d) **Sistema de recepción – comercialización**, en donde se recibe la información transmitida por la plataforma, se graba en un formato apropiado y tras las oportunas correcciones, se distribuye a los intérpretes.

e) **Intérprete**, que analiza esa información normalmente en forma de imágenes analógicas o digitales, convirtiéndola en una clave temática o cuantitativa, orientada a facilitar la evaluación del problema en estudio. (Chuvieco, 1995). (Ver Figura 1)

**Figura 1.**  
*Componentes de un sistema de teledetección*



Fuente: Chuvieco (1995)

## B. Espectro Electromagnético

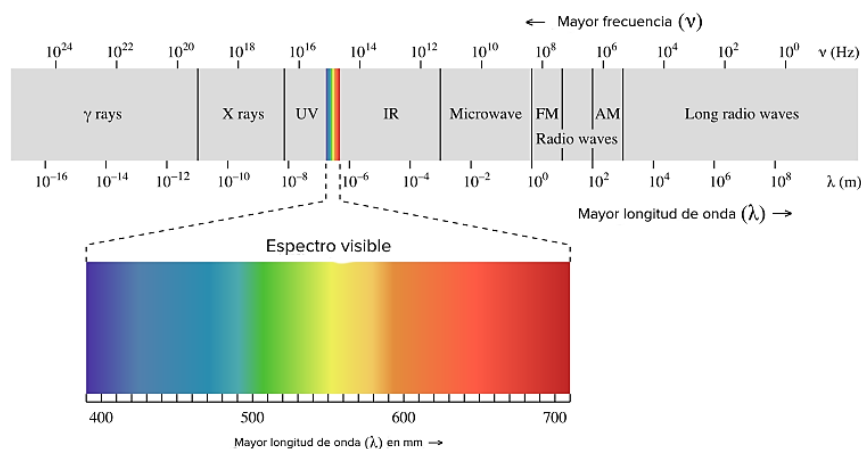
Desde el punto de vista de la teledetección, solo se destaca una serie de bandas espectrales, que son las más frecuentemente y vistos en los medios naturales en el momento de la aplicación de la percepción remota. Su denominación y amplitud varían según distintos autores (Chuvieco, 1995).



- Espectro visible: De  $0,4 - 0,7 \mu\text{m}$ , se denomina así por tratarse de la única radiación electro-magnética que pueden percibir nuestros ojos, coincidiendo con las longitudes de ondas en donde es máxima la radiación solar. Suelen distinguirse tres bandas elementales, que se denominan azul ( $0,4 - 0,5 \mu\text{m}$ ); verde ( $0,5 - 0,6 \mu\text{m}$ ), y rojo ( $0,6 - 0,7 \mu\text{m}$ ) (Chuvieco, 1995)
- Infrarrojo cercano: De  $0,7 - 1,3 \mu\text{m}$ , a veces se denomina también infrarrojo reflejado y fotográfico, puesto que puede detectarse a partir de films dotados de emulsiones especiales. Resulta de especial importancia por su capacidad para discriminar masas vegetales y concentraciones de humedad (Chuvieco, 1995)
- Infrarrojo medio: De  $1,3 - 8 \mu\text{m}$ , en donde se entremezclan los procesos de reflexión de la luz solar y de emisión de la superficie terrestre.
- Infrarrojo lejano o térmico: De  $8 - 14 \mu\text{m}$ , que incluye la porción emisiva del espectro terrestre.
- Micro – ondas: A partir de  $1 \text{ mm}$ , con gran interés por ser un tipo de energía bastante transparente de la cubierta nubosa (Chuvieco, 1995)

**Figura 2.**

*Espectro Electro-Magnético*



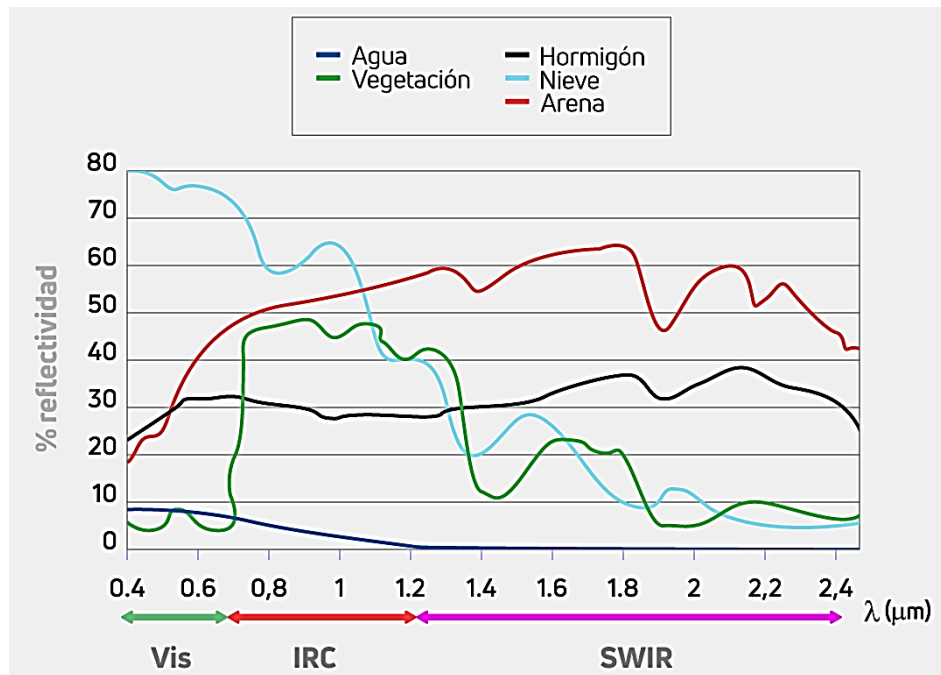
Fuente: Chuvieco (1995)

### C. Firma Espectral

La firma espectral se construye a partir de la señal registrada por los sensores en los diferentes rangos del espectro electromagnético, la misma que permite identificar y discriminar diferentes objetos de la naturaleza. Es importante considerar que el flujo de energía recibido por el sensor no solo depende de la reflectividad de la cubierta, sino también de otros factores externos. Los más importantes son; las condiciones atmosféricas y la geometría de la observación (Chuvieco, 1995). Asimismo, Hernández y Montaner (2009), indican que la firma espectral es una característica de cada material o cuerpo (cuerpos de agua, nieve, rocas, suelo desnudo, vegetación, urbanizaciones, etc.), para emitir o absorber con una elevada potencia una parte de la radiación electromagnética en diferentes longitudes de onda. Por ello el espectro visible entiende que estas propiedades de reflectancia son percibidas como color. En la figura 3, se observa el comportamiento espectral de diferentes tipos de superficies terrestres según la longitud de onda espectral.

**Figura 3.**

*Signaturas espectrales típicas de distintas cubiertas*



Fuente: Chuvieco (1995)

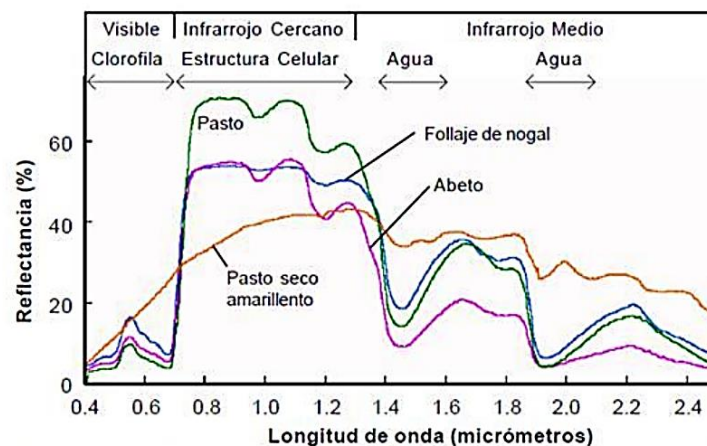
#### D. Respuesta espectral de la Vegetación

Para Chuvieco (1995), la caracterización espectral de las masas vegetales es, sin duda, una de las tareas más interesantes en teledetección. Pese a su gran importancia, aún ofrece notables dificultades como consecuencia de los múltiples factores que influyen en la radiancia final detectada por el sensor. También considerar la reflectividad de la hoja, en función de su estado fenológico, forma y contenido de humedad. Además, es preciso tener en cuenta las características morfológicas de la planta: su altura, perfil, grado de cobertura del suelo, etc., que provocan una notable modificación de su comportamiento reflectivo (Moreno et al., 1990).

El comportamiento típico de la vegetación vigorosa muestra una reducida reflectividad en las bandas visibles, con un máximo relativo en la porción verde del espectro (en torno a 0,55  $\mu\text{m}$ ) (Martínez-Barbáchano et al., 2018). Por el contrario, en el infrarrojo cercano presenta una elevada reflectividad, reduciéndose paulatinamente hacia el infrarrojo medio. Estas características espectrales se relacionan, primordialmente, con la acción de los pigmentos fotosintéticos y del agua que almacenan las hojas (Short, 1997).

**Figura 4.**

*Respuesta espectral de la vegetación*

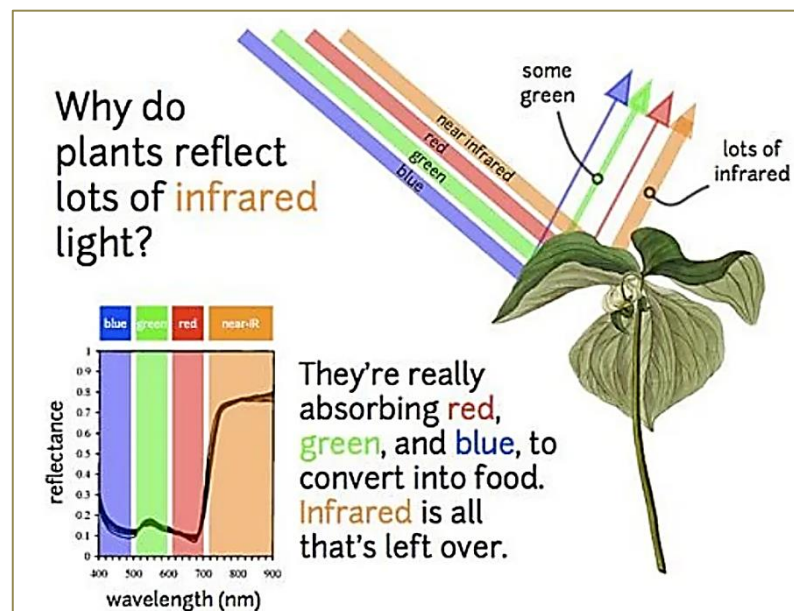


Fuente: Chuvieco (1995)

En concreto, la baja reflectividad en la porción visible del espectro se debe al efecto absorbente de los pigmentos de la hoja, principalmente las clorofilas, xantofilas y carotenos (65,29 y 6%) respectivamente, aunque la proporción puede variar mucho: (Gates, 1965). Todos ellos absorben en la banda del espectro situada en torno a los 0,445  $\mu\text{m}$ , mientras la clorofila presenta una segunda banda de absorción en torno a los 0,645  $\mu\text{m}$ . Entre ambas porciones del espectro, aparece una banda intermedia, alrededor de los 0,55  $\mu\text{m}$ , en donde el efecto absorbente es menor. Por esta causa aparece un pico relativo de reflectividad que coincide con la banda verde del espectro visible, y causa el color con el que nuestros ojos perciben la vegetación vigorosa. Cuando se aproxima la caída otoñal de las hojas, la clorofila ejerce una menor influencia, lo que explica su mayor reflectividad en la banda roja y, en definitiva, su color amarillento (verde + rojo).

**Figura 5.**

*Reflectancia de la hoja*



Fuente: Quispe (2017)

La hoja enferma tiende a perder actividad clorofílica y en consecuencia a ofrecer una menor absortividad en las bandas azul y roja del espectro visible. El aumento consecuente de la reflectividad en estas bandas elimina el máximo relativo antes situado en el verde, por lo que

la hoja tiende a mostrar un color amarillento. Por el contrario, en el infrarrojo medio se produce una reducción de la reflectividad. La curva espectral, por tanto, se hace más plana, menos cromática. (Murtha, 1978). Según Knipling (1970), cuando se va a realizar un análisis de la superficie de la vegetación a través de imágenes de satélite hay que tener en cuenta aspectos como la morfología de la cubierta (proporción de sombras, geometría del follaje, entre otros), el estado fenológico, la ubicación en el relieve y su asociación con otras cubiertas o especies (Ranga et al., 1995).

### **1.4.3. Imágenes satelitales**

Es el producto informático obtenido de los sensores satelitales, los formatos por lo general son JPG, TIFF y BPM (Lopez, 2014). El contenido de las imágenes son valores electromagnéticos de la superficie terrestre, tomados desde el espacio, también, almacena datos captura como: resolución espacial, espectral, radiométrica y temporal (Carelli, 2016).

Las imágenes satelitales presentan errores, también llamados distorsiones, por ello, es necesario de un proceso correctivo (Lopez, 2014), los errores generales son de tipo geográfico y atmosférico, este último generado por las interferencias de nubes y otros aerosoles (Chuvieco, 1995).

### **1.4.4. Índices de vegetación**

Los índices de vegetación, llamados también índices verdes, vienen a ser variantes o cambios que requieren aplicar una combinación matemática entre los niveles digitales que se almacenan en dos o más bandas espectrales de la misma imagen (Esperanza y Zerda, 2002).

### **1.4.5. Índice de Diferencia Normalizada de Vegetación (NDVI)**

Este índice estudiado por Rouse et al. (1994), es utilizado para medir el estado de salud de la vegetación, se determina utilizando las bandas rojas e infrarrojas de unas imágenes satelitales. Estos valores del índice pueden variar de -1 a +1, en los valores inferiores o

iguales a 0.1 se asemejan a cuerpos de agua y suelos desnudos; por otro lado, los valores superiores a 0.1 son semejantes con las propiedades de la cobertura vegetal, con tendencia a incrementar su vigorosidad en el índice hasta un valor no mayor de 1 (Muñoz, 2013).

#### **1.4.6. Software ArcGIS**

Es una herramienta de información geográfica desarrollada por ESRI en 1999, ArcGis presenta tres elementos fundamentales: ArcMap, ArcCatalog y ArcToolbox, estas son complementarias para el desarrollo de cualquier actividad SIG (SIG, 2002). Arcgis es considerado por presentar una arquitectura dilatada, el cual permite añadir nuevas funcionalidades (Lopez, 2017).

#### **1.4.7. Análisis Multitemporal**

Comparación de una temporalidad de un área o entorno en diferentes fechas, con el fin de realizar una interpretación de coberturas; pudiendo así evaluar los cambios que existieron a través del tiempo, deduciendo la evaluación y repercusiones del entorno por causas naturales o antrópicas (Loza y Taype, 2021).

#### **1.4.8. Clasificación Digital**

Es el proceso en el cual se selecciona y envía un píxel de una imagen multiespectral a una de las categorías de la leyenda, de manera general sobre la estructura de similitudes entre los valores numéricos que las caracterizan (Quirós, 2009). Proceso muy importante en la relación de imágenes en el que se designa a cada uno de los píxeles un valor de clase basado en la reflectancia en una o más bandas (Squeo et al., 2006). Esta clasificación s utiliza el conocimiento sobre el territorio para realizar la agrupación, esto pueden ser por puntos referenciados en campo (campos de entrenamiento), como la ayuda de una imagen a color

real y el reconocimiento previo de la zona, esta clasificación permite delimitar de la mejor manera un territorio (Savali y Ditix, 2016).

#### **1.4.9. Puntos de Control**

Se trata de elementos geográficos que pueden ser localizados precisamente en una imagen y en un mapa para ser empleados en la corrección cartográfica de dicha imagen (Chuvieco, 1995).

### **1.5. Formulación de Problema**

#### **1.5.1. Problema General**

- ¿Cómo influye la precipitación y la temperatura en la variabilidad espacio temporal de las superficies de los bofedales de Huanza, Huarochirí durante el periodo 1986-2022?

#### **1.5.2. Problemas Específicos**

- ¿Cómo es la dinámica espacio temporal de las superficies de los bofedales de Huanza, Huarochirí durante el periodo 1986-2022?
- ¿Cuál es la variación de la precipitación acumulada de las superficies de los bofedales de Huanza, Huarochirí durante el periodo 1986-2022?
- ¿Cuál es la variación de la temperatura máxima, mínima y promedio de las superficies de los bofedales de Huanza, Huarochirí durante el periodo 1986-2016?
- ¿Cuál es la influencia de la precipitación en la variabilidad espacio temporal de las superficies de los bofedales de Huanza, Huarochirí durante el periodo 1986-2022?
- ¿Cuál es la influencia de la temperatura máxima, mínima y promedio en la variabilidad espacio temporal de las superficies de los bofedales de Huanza, Huarochirí durante el periodo 1986-2016?

## **1.6. Justificación**

Esta investigación se justificó por varias razones. En primer lugar, en marco de la variabilidad climática, es necesario realizar un monitoreo permanente de los bofedales para identificar el comportamiento evolutivo de estos ecosistemas y los cambios ocurridos en ello. Seguido, porque la metodología propuesta en esta investigación puede ser replicada o modificada en otras investigaciones que buscan monitorear las superficies de bofedales altoandinos mediante la teledetección.

Asimismo, esta investigación está inmerso en la Agenda de Investigación Ambiental del MINAM en el eje temático N°1 "Conservación y Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales y de la Diversidad Biológica", componente "Aprovechamiento sostenible de los recursos naturales", Área Temática "Valoración económica del patrimonio natural" y Línea de Investigación "Evaluación de índices biofísicos aplicables a los sistemas ecológicos" y "Estudio de los factores físicos asociados al balance hídrico en cuencas (precipitaciones, glaciares, agua subterránea, etc.)

Por otro lado, resulta de especial interés conocer los cambios temporales de los bofedales de Huanza y su posible cambio frente a la variabilidad de las precipitaciones y la temperatura climática. Por tanto, esta investigación contribuirá como información para los proyectos locales (municipalidad de Huanza), ya que, al conocer los bofedales con dependencia a la precipitación y temperatura, permitirá realizar mayor intervención de proyectos ecológicos para mantener la funcionalidad de los bofedales.

Los resultados de esta investigación contribuirán como conocimiento a políticas de entorno hídrico, como la seguridad hídrica, esto es debido a que los bofedales en estudio brindan servicios ecosistémicos de regulación hídrica. Asimismo, será útil para organizaciones que buscan financiar proyectos en seguridad hídrica, como es AQUAFONDO y CONDESAN.



Finalmente, la investigación se realizó por la necesidad de tener más estudios sobre ecosistemas de montaña, puesto que son áreas que se encuentran vulnerables a la variabilidad climática.

## **1.7. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

- Identificar la influencia de la precipitación y la temperatura en la variabilidad espacio temporal de las superficies de los bofedales de Huanza, Huarochirí durante el periodo 1986-2022.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

- Analizar la dinámica espacio temporal de las superficies de los bofedales de Huanza, Huarochirí durante el periodo 1986-2022.
- Determinar la variación de la precipitación acumulada de las superficies de los bofedales de Huanza, Huarochirí durante el periodo 1986-2022.
- Determinar la variación de la temperatura máxima, mínima y promedio de las superficies de los bofedales de Huanza, Huarochirí durante el periodo 1986-2016.
- Evaluar la influencia de la precipitación en la variabilidad espacio temporal de las superficies de los bofedales de Huanza, Huarochirí durante el periodo 1986-2022.
- Evaluar la influencia de la temperatura máxima, mínima y promedio en la variabilidad espacio temporal de las superficies de los bofedales de Huanza, Huarochirí durante el periodo 1986-2016.

## 1.8. Hipótesis

### 1.6.1. Hipótesis General

- Existe influencia significativa de la precipitación y la temperatura en la variabilidad espacio temporal de las superficies de los bofedales de Huanza, Huarochirí durante el periodo 1986-2022.

### 1.6.2. Hipótesis Especificas

- La dinámica espacio temporal de las superficies de los bofedales de Huanza, Huarochirí es decreciente durante el periodo 1986-2022.
- La variación de la precipitación acumulada de las superficies de los bofedales de Huanza, Huarochirí está en descenso durante el periodo 1986-2022.
- La variación de la temperatura máxima, mínima y promedio de las superficies de los bofedales de Huanza, Huarochirí está en ascenso durante el periodo 1986-2016.
- Hay influencia significativa de la precipitación en la variabilidad espacio temporal de las superficies de los bofedales de Huanza, Huarochirí durante el periodo 1986-2022.
- Hay influencia significativa de la temperatura máxima, mínima y promedio en la variabilidad espacio temporal de las superficies de los bofedales de Huanza, Huarochirí durante el periodo 1986-2016.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de Investigación

El estudio es de tipo descriptivo - explicativo, pues según Hernández, y et al. (2017), mencionan que una investigación explicativa busca exponer la ocurrencia de un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué está influenciada por una o más variables, por ello, en el presente estudio, el fenómeno a explicar es el cambio temporal de las superficies de los bofedales, y la influencia de las precipitaciones y temperaturas sobre dichos cambios.

El diseño del estudio es no experimental, de corte longitudinal de clase evolutiva, es no experimental (Hernández, y et al. 2017), puesto que, no hay modificaciones en las variables de análisis (superficie de bofedal, precipitación y temperatura), por lo contrario, estas son tomadas de registros temporales. Asimismo, la investigación es de enfoque cuantitativo, porque las variables son medidas y expresadas numéricamente.

### Operacionalización de Variables

- A. Variable dependiente: superficie de los bofedales de Huanza
- B. Variables independientes: precipitación y temperatura (Ver tabla 1).

**Tabla 1.**

*Matriz de Operacionalización de Variables*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> <b>Superficie de Bofedales</b>	Son coberturas vegetales con suelos inundados, su ubicación es a una altitud de 3400 a 5000 msnm (Aguilón, A. 2012, p.1).	Es la superficie de los bofedales se estimada mediante la teledetección de imágenes satelitales procesadas en ENVI 5.3 y ArcGis 10.8 Esta superficie será medida en kilómetros cuadrados.	Superficie / Tasa	Área	Kilómetros cuadrados

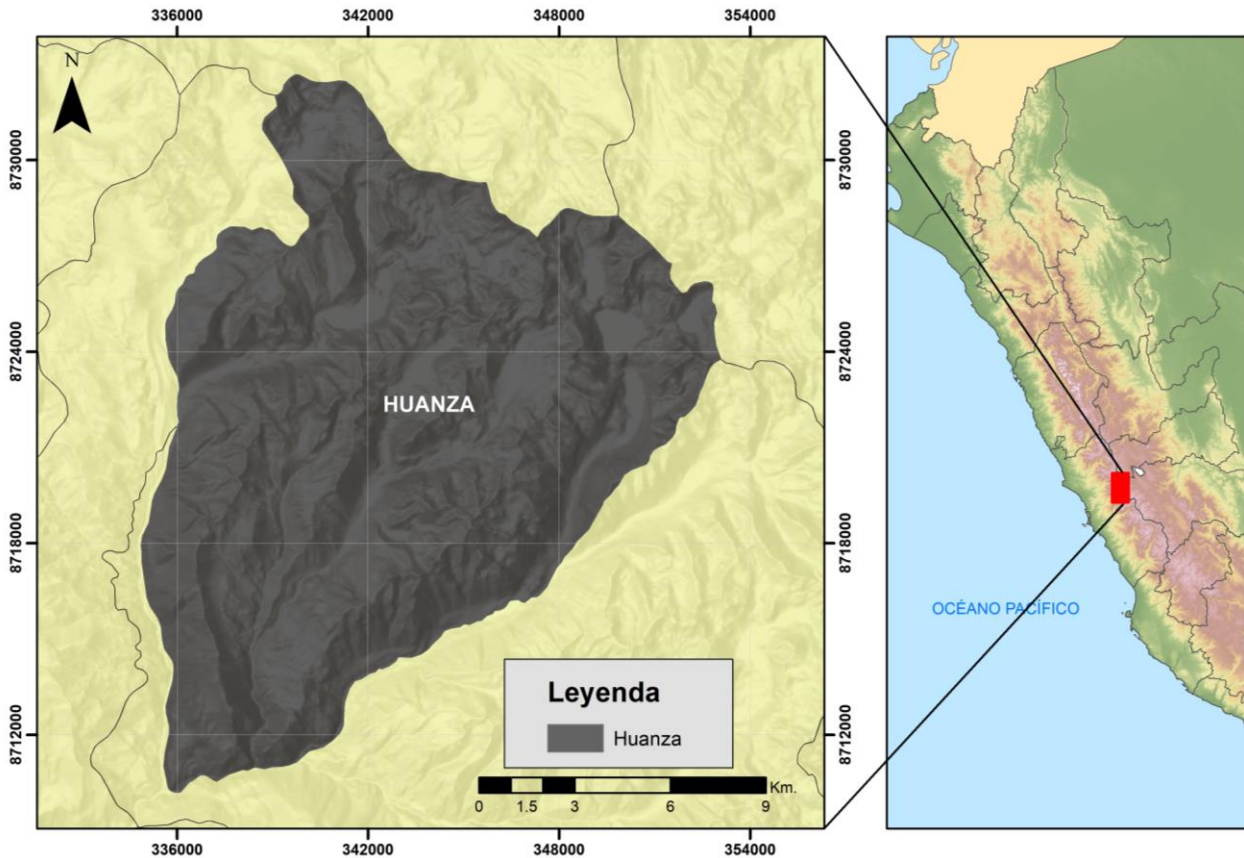
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE: Precipitación</b>	Es toda agua que cae en la superficie terrestre, tanto en forma líquida (llovizna y lluvia.) y sólida (nieve y granizo.) y las precipitaciones ocultas (rocío, la helada blanca, etc.) (Ordoñez, 2011).	Es el valor climático estimado a través de la interpolación geoespacial de datos estacionales, su valor será medido en milímetros.	Precipitación	Precipitación superficial	mm/km <sup>2</sup>
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE: Temperatura</b>	Es una magnitud para describir el estado de la atmósfera y medir el grado de movimiento de las partículas atmosféricas, cuanto mayor es la agitación, mayor será la temperatura (Rodríguez et al., 2004).	Es el valor de la temperatura extraída de la base de datos del SENAMHI y luego geoprocesadas en el software ArcGIS 10.8.	Temperatura	Temperatura máxima Temperatura mínima Temperatura media	Celsius (°C)/km <sup>2</sup>

## 2.2. Población y Muestra

La población de la investigación comprende a todos los bofedales altoandinos de una unidad política administrativa, el cual es el distrito de Huanza. El tipo de muestreo para la investigación fue no probabilístico por conveniencia, puesto que se seleccionaron muestras que poseen las características adecuadas para el cumplimiento de los objetivos (Hernández, y et al. 2017). Por tanto, la muestra resulta ser el 100% de los bofedales de Huanza, con una extensión aproximada de 40 km<sup>2</sup> (Valderrama, 2015). Asimismo, por la resolución de las imágenes Landsat 5, 7 y 8 (30mx30m), la unidad mínima cartografiable es 0,09 ha, esto indica que solo se considera superficies mayores a 0,09 ha mediante la percepción remota en la identificación de bofedales.

**Figura 6.**

*Mapa de Ubicación del distrito de Huanza, Huarochiri*



### 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

#### 2.3.1. Técnicas e Instrumentos:

Para las imágenes satelitales, se aplicó la técnica de observación no experimental, que consistió en el uso de la percepción visual para la descarga de imágenes satelitales Landsat 5, 7 y 8, ya que es un requerimiento que el área en estudio no presente alto grado de nubosidad. El instrumento a dicha técnica en mención es una ficha de registro (anexo 1), donde se almacena las características típicas de las imágenes satelitales; tales como: fecha de adquisición, tipo de sensor, resolución espacial, temporal, ancho de barrido de la escena, entre otras.

Para los datos de superficie de los bofedales, precipitación y temperatura por superficie, se aplicó como técnica el geoprocesamiento espacial. El instrumento considerado fue una ficha

de registros de datos geoprocesados (anexo 2), asimismo, para la manipulación de datos espaciales se consideró el uso de programas como ENVI, ArcGIS, Qgis y Rstudio.

## 2.4. Procedimientos

### 2.4.1. Obtención de Datos

#### A. Imágenes satelitales

Las imágenes fueron descargadas de la página oficial del Servicio Geológico de los Estados Unidos (Maldonado, Alatorre, y Torres, 2015), para el desarrollo se utilizó las imágenes Landsat 5, 7 y 8, debido a los años de análisis considerados 1990 - 2016 (ver tabla 2). Los criterios considerados para la descarga fueron la baja nubosidad inferior a 10 % y mismo mes de descarga (junio) (Chuvienco , 1998). El formato de las imágenes satelitales es de tipo ráster de resolución espacial 30 x 30m. En la tabla 3, se presenta las imágenes utilizadas para el presente estudio.

**Tabla 2.**

*Datos de imágenes satelitales*

Fuente	Tipo de misión	Periodo	Fecha de obtención	Resolución
USGS	Landsat 4-5 TM	1986 - 2011	21 Julio	30 m
	Landsat 7 ETM	2012	19 Julio	30 m
	Landsat 8 OLI/TIRS	2013 - 2022	22 Julio	30 m

**Tabla 3.**

*Imágenes Landsat considerados en el estudio*

Año	Código Landsat	% nubosidad total	% nubosidad área de estudio
1986	LT05_L2SP_003070_19860612_20200823_02_T1	10	0
1988	LT05_L2SP_003070_19880606_20200829_02_T2	7	0
1990	LT05_L2SP_003070_19900719_20200831_02_T1	15	0
1992	LT05_L2SP_003070_19920611_20200903_02_T1	12	0
1994	LT05_L2SP_003070_19940718_20200906_02_T1	10	0
1996	LT05_L2SP_003070_19960729_20200909_02_T1	10	0
1998	LT05_L2SP_003070_19980723_20200911_02_T1	15	0
2000	LT05_L2SP_003070_20000718_20200913_02_T2	18	0

<b>2002</b>	LT05_L2SP_003070_20020610_20200914_02_T1	5	0
<b>2004</b>	LT05_L2SP_003070_20040707_20200916_02_T1	7	0
<b>2006</b>	LT05_L2SP_003070_20060611_20200903_02_T1	8	0
<b>2008</b>	LT05_L2SP_003070_20080718_20200906_02_T1	10	0
<b>2010</b>	LT05_L2SP_003070_20100718_20200906_02_T1	12	0
<b>2012</b>	LE07_L2SP_003070_20120711_20200908_02_T1	15	0
<b>2014</b>	LC08_L2SP_003070_20140906_20200831_02_T1	18	0
<b>2016</b>	LC08_L2SP_003070_20160607_20200911_02_T1	15	0
<b>2018</b>	LC08_L2SP_003070_20180906_20200831_02_T1	7	0
<b>2020</b>	LC08_L2SP_003070_20200607_20200911_02_T1	10	0
<b>2022</b>	LC08_L2SP_003070_20220906_20200831_02_T1	10	0

## B. Datos climáticos

Los datos de precipitación y temperatura fueron adquiridos del SENAMHI (<https://www.senamhi.gob.pe>), del producto grillado PISCO, el cual presenta datos desde 1981 hasta 2016 para la temperatura, y para la precipitación muestra información hasta la actualidad, puesto que se encuentra en su versión 2,0. El producto grillado se realizó por métodos de interpolación geostatísticos y deterministas que incluyen tres fuentes: el conjunto de datos de pluviómetros rellenos y con control de calidad nacional, climatologías de precipitación combinadas de medidores de radar y Precipitación infrarroja del Grupo de Riesgos Climáticos (CHIRP) estimaciones (Fernandez et al., 2021).

### 2.4.2. Pre – procesamiento de imágenes satelitales

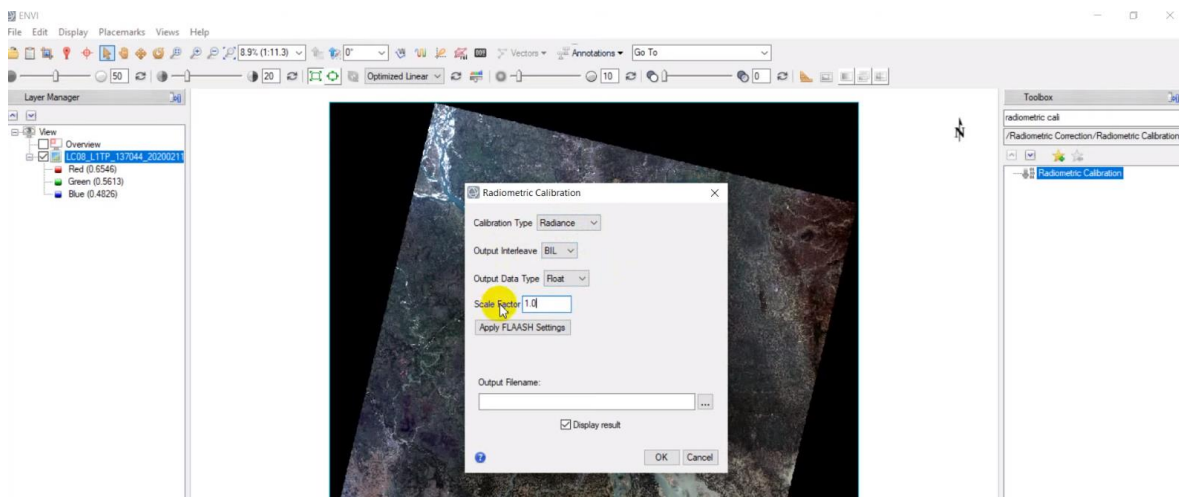
Luego de la adquisición de las imágenes satelitales, se procedió a la georreferenciación, reproyección y recorte de las imágenes satelitales; asimismo, se realizó la corrección radiométrica y atmosférica con el software ENVI 5.3. La reproyección y recorte se realizó con la herramienta ArcToolBox de ArcGis 10.8.

**El Tratamiento Radiométrica,** Se hizo la corrección radiométrica a las imágenes obtenidas con la herramienta Radiometric Calibration (ENVI 5.3) del menú de Radiometric Correction Tools con el propósito de transformar los valores de nivel digital a valores de brillo o

radiancia espectral, ya en esta opción se seleccionó el archivo de cada imagen, se eligieron las bandas multiespectrales y luego se eligió el tipo de calibración el cual fue radiancia, cuya selección hace que la intercalación de la imagen de salida (Output Interleave) sea en formato “.BIL” (Banda intercalada por línea), el tipo de datos de salida (Output Data Type ) float (punto flotante) y el factor de escala de 0,1, este factor cambia las unidades de radiancia de la imagen para poder importar la imagen calibrada directamente en Apply FLAASH Settings (FLAASH), combinando todas las bandas en un solo archivo, se realizaron estos cambios en cada imagen para continuar con el procesamiento (Harris Geospatial solutions, 2017).

**Figura 7.**

*Corrección Radiométrica en ENVI*



La **Corrección Atmosférica** consistió en la aplicación de la herramienta FLAASH Atmospheric Correction del menú de Atmospheric Correction Module en ENVI 5.3., con el fin de producir una estimación de la verdadera reflectancia superficial (Harris Geospatial solutions, 2017), para ello se usa la imagen corregida a radiancia, para convertirlos a reflectancia para esto se introducen datos del tipo de sensor con el que fue obtenida la imagen, la hora y fecha de obtención de la imagen, en la opción Atmospheric Model se eligió Mid-Latitude Winter esto por la ubicación del área de estudio, para la opción Aerosol Model se eligió rural el cual representa aerosoles en áreas que no están fuertemente afectadas por fuentes urbanas o industriales, dejando los demás valores por defecto. Para poner los valores



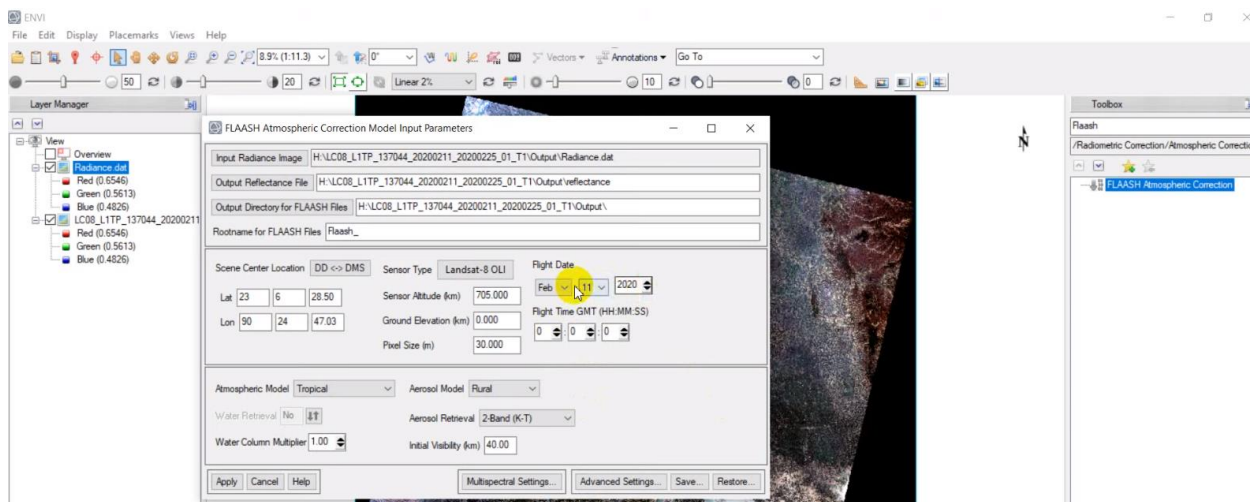
de reflectancia entre 0 y 1, esto para un mejor entendimiento del perfil espectral de la imagen, ya que hasta el último paso los valores de reflectancia se encontraban entre 0 y 10000, se usó la herramienta Band Math en la que se introdujo la siguiente operación matemática:

$$(b1 \text{ le } 0) * 0 + (b1 \text{ ge } 10000) * 1 + (b1 \text{ gt } 0 \text{ and } b1 \text{ lt } 10000) * \text{float}(b1) / 10000$$

en la cual solo se indicó que para valores menores a 0 el valor sea 0; para valores mayores a 10000 el valor sea 1, para los valores entre 0 y 10000 comprenda valores entre 0 y 1.

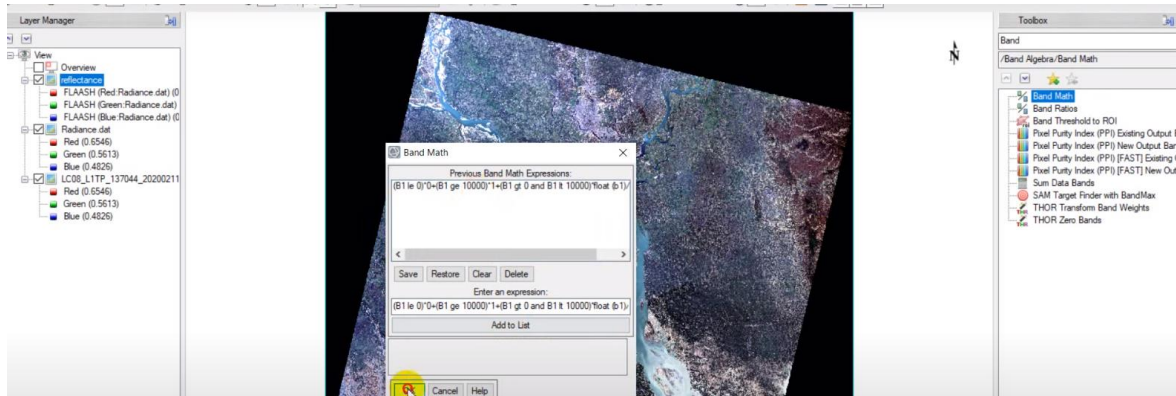
Donde: b1: número de banda, le: menor o igual; ge: mayor o igual; gt: mayor que; lt: menor que, cada una por sus iniciales en inglés, la que fue aplicada a todas las bandas de la imagen, así ya se pudo obtener la imagen satelital corregida para su debido procesamiento.

**Figura 8.**  
*Corrección atmosférica en ENVI*



**Figura 9.**

*Expresión de valor máximo y mino en ENVI/Band Math*



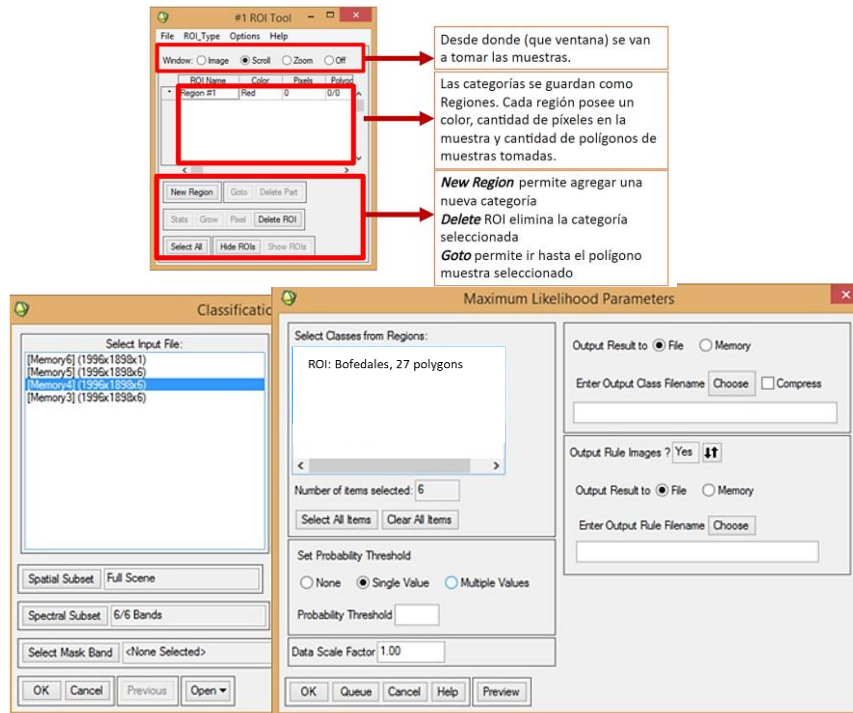
### 2.4.3. Identificación de las superficies de los bofedales

Para calcular la superficie de los bofedales, se aplicó el índice de Vegetación de Diferencia Normalizada NDVI que es determinada por la expresión algebraica:

$NDVI = (NIR - Rojo) / (NIR + Rojo)$ , donde NIR es la reflectancia infrarroja y Rojo es la Banda visible rojo. Para las imágenes Landsat 5 y 7 se utilizaron las bandas 3 y 4 que corresponde al “rojo visible” e “infrarrojo cercano” respectivamente, mientras que en las imágenes Landsat 8 se utilizaron las bandas 4 y 5 que corresponde al “rojo visible” e “infrarrojo cercano”. Una vez determinado el ráster de NDVI, se aplicó la clasificación supervisada de algoritmo de máxima verosimilitud (ENVI 5.3), para ello se crearon regiones de interés (ROIs), que son áreas seleccionadas de los bofedales. La clasificación de máxima verosimilitud supone que las estadísticas para cada clase en cada banda se distribuyen normalmente y calcula la probabilidad de que un píxel determinado pertenezca a una clase específica (Harris Geospatial solutions, 2017). Finalmente, se determinó la magnitud de superficie abarcada por los bofedales, para luego ser almacenados en hojas de Excel.

**Figura 10.**

*Clasificación supervisada de máxima verosimilitud*



#### 2.4.4. Determinación de precipitación y temperatura superficial

Para extraer los datos de precipitación y temperatura del formato ráster, se utilizó el software R y RStudio (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI], 2019). Los datos puntuales extraídos fueron alojados en Excel, para luego ser procesados en ArcGis 10.8, y en ello determinar la precipitación por superficie (mm/km<sup>2</sup>) y la temperatura por superficie (°C/km<sup>2</sup>), mediante la interpolación de isoyetas e isotermas (Pizarro, Ramirez, y Flores, 2003).

**Ecuación 2.** *Fórmula para isoyetas e isotermas*

$$P, T_m = \frac{\sum_{i=1}^n \left[ \frac{P, T_{i+1} + P, T_i}{2} \right] * A_{i+1;i}}{A_t}$$

Donde:

$P, T_m$  = Precipitación (mm) o temperatura (°C)

$P, T_{i+1}$  = Precipitación o temperatura de la isolínea 1+i

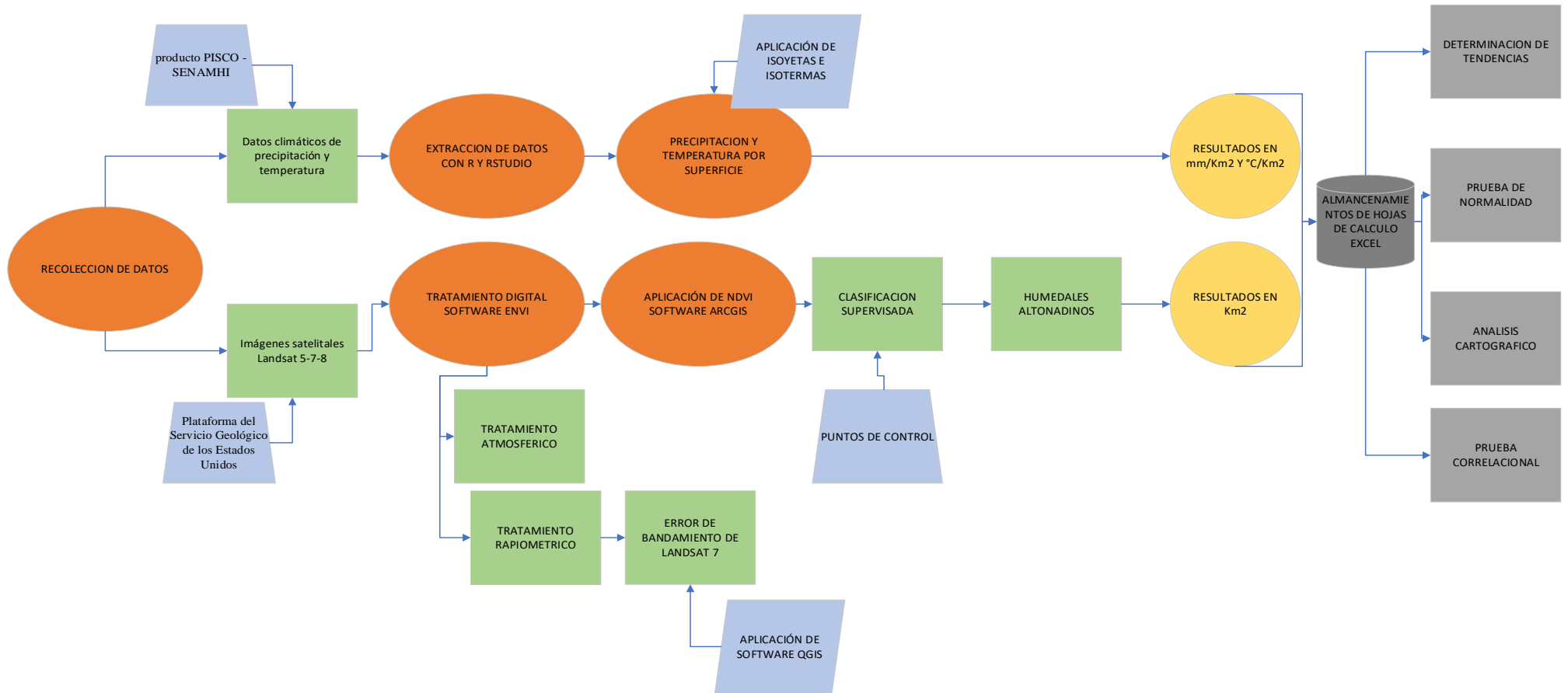
$P, T_i$  = Precipitación o temperatura de la isolínea  $i$

$A_{i+1;i}$  = Superficie comprendida entre dos isolíneas

$A_t$  = Superficie total (km<sup>2</sup>).

**Figura 11.**

*Flujograma de procedimientos para la adquisición y análisis de datos*



## 2.5. Análisis de datos

Las variables determinadas, superficie de los bofedales y elementos climáticas, precipitación y temperatura, fueron analizados por una **prueba de normalidad de tipo Shapiro-Wilks**, el cual es aplicado para muestras temporales inferiores a 50 unidades y permite medir si las variables presentan una distribución normal o anormal (Droppelmann, 2018). En seguida se aplicó la **estadística descriptiva** para conocer la media, moda, desviación estándar, rango, máximos y mínimos, todo este proceso en el software SPSS 26.0.

Posteriormente se determinó la **prueba de ANOVA de una dirección** para conocer la influencia de los elementos climáticos sobre los bofedales, la prueba de decisión en este análisis es el valor *p-value*, el cual debe ser inferior a 0.05 y esto indicará la existencia de una influencia significativa.

Asimismo, se determinó de la **prueba de bondad  $R^2$ , de regresión lineal simple y múltiple**, para conocer el grado estadístico de explicación de los elementos climáticos influyentes sobre las superficies de los bofedales.

De forma secundaria se aplicó la **regresión lineal predictiva**, con el fin de conocer escenarios futuros de las superficies de los bofedales, esto también se determinó en el programa SPSS v.26. Se estimó la superficie de los bofedales para los años 2030, 2035 y 2040. Esta estimación está basada en la información superficial determinada en el periodo 1986 – 2020.

## 2.6. Aspectos Éticos

Los datos manejados en esta investigación son de instituciones gubernamentales tales como SENAMHI-Perú y USGS-EE.UU., por tanto, se respeta los derechos de autor. Asimismo, para el desarrollo espacial de distintos programas, fue necesario tener una previa

capacitación del uso y manipulación de programas de información geográfica. La investigación está destinada a contribuir a las investigaciones en Ecosistemas de Montaña, por lo cual la información proporcionada es veraz. Se comprobó el trabajo teniendo el mínimo porcentaje de similitud a través del programa urkund.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

En este capítulo se da a conocer los resultados de la dinámica espacio temporal de los bofedales de Huanza, influencia de las precipitaciones y temperaturas sobre los cambios de los bofedales de Huanza, todo ello mediante estadística descriptiva e inferencial.

### 3.1. Dinámica Espacio temporal de las superficies de los bofedales de Huanza

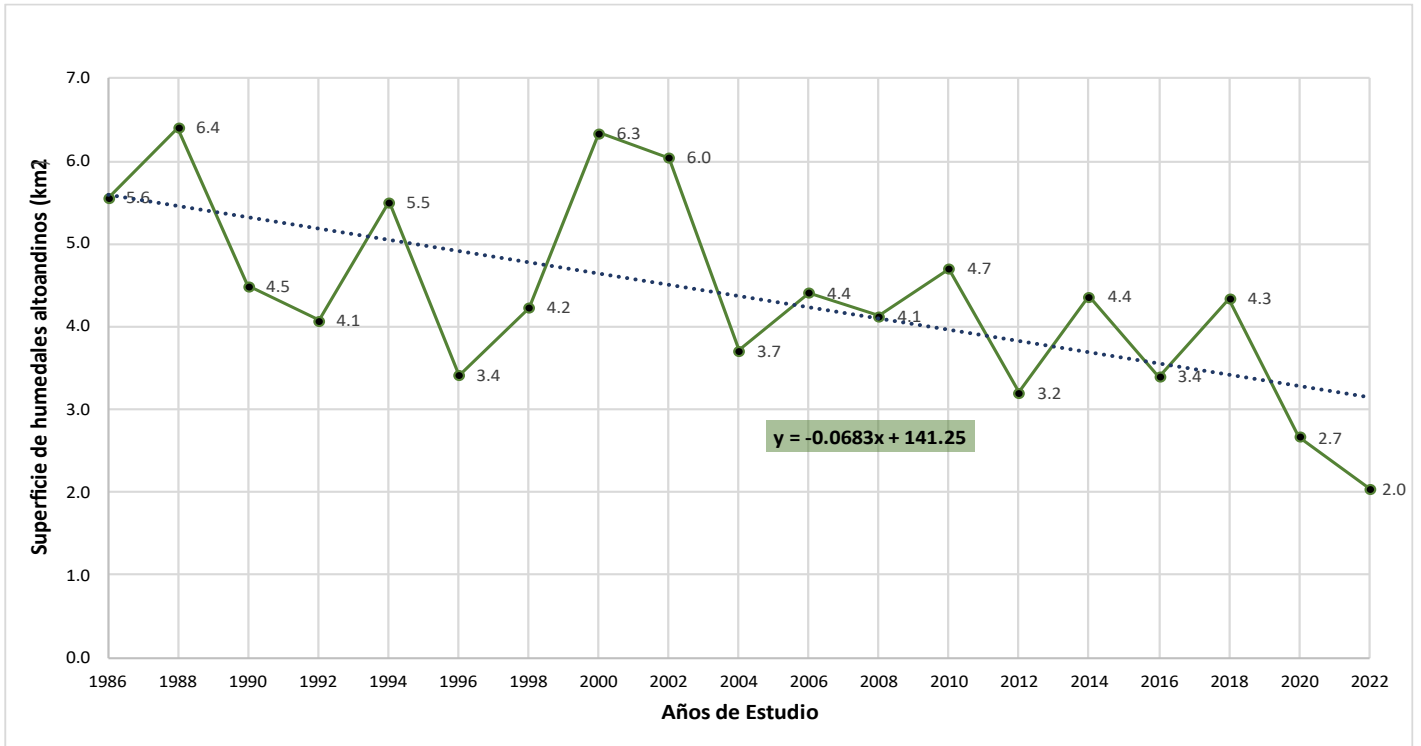
La **dinámica temporal** fue expresada por dos gráficas, una de ella representa los cambios superficiales de los bofedales (km<sup>2</sup>) versus el tiempo de estudio (1986-2022). Y la segunda gráfica es generada por una **tasa de cambio interanual**, esta expresa la comparación de cambios temporales entre dos tiempos.

Con relación a ello, en la **figura 12**, se observa la dinámica temporal de las superficies de los bofedales en donde se aprecia de forma tendencial que los bofedales de Huanza muestran un comportamiento descendente promedio de 0,068 km<sup>2</sup>/año, pues en el periodo inicial se evidenció 5,6 km<sup>2</sup> de bofedales en Huanza, y en el año final de estudio 2022, se evidenció 2 km<sup>2</sup> de bofedales. En la **figura 13**, que expresa la tasa de cambio interanual, en ello se evidencia dos campos, positivos (incrementos o recuperabilidad) y negativos (descenso o perdida). Estos cambios se agruparon en incrementos A y B, descensos A, B y C, con el fin de observar la variabilidad de las tasas de cambio en forma significativa. Es así que se muestra claramente una disminución de la recuperabilidad, pues en los primeros años "Incremento A", la recuperabilidad fue mayor a los últimos años "Incremento B", esto indica que los bofedales ya no se recuperan a su estado inicial de los primeros años de estudio. En el campo de los descensos se evidencia, que es mayor la disminución en los últimos años, (descenso C > descenso B y A). Esto indica que los bofedales comenzaron a disminuir rápidamente en estos últimos 10 años.



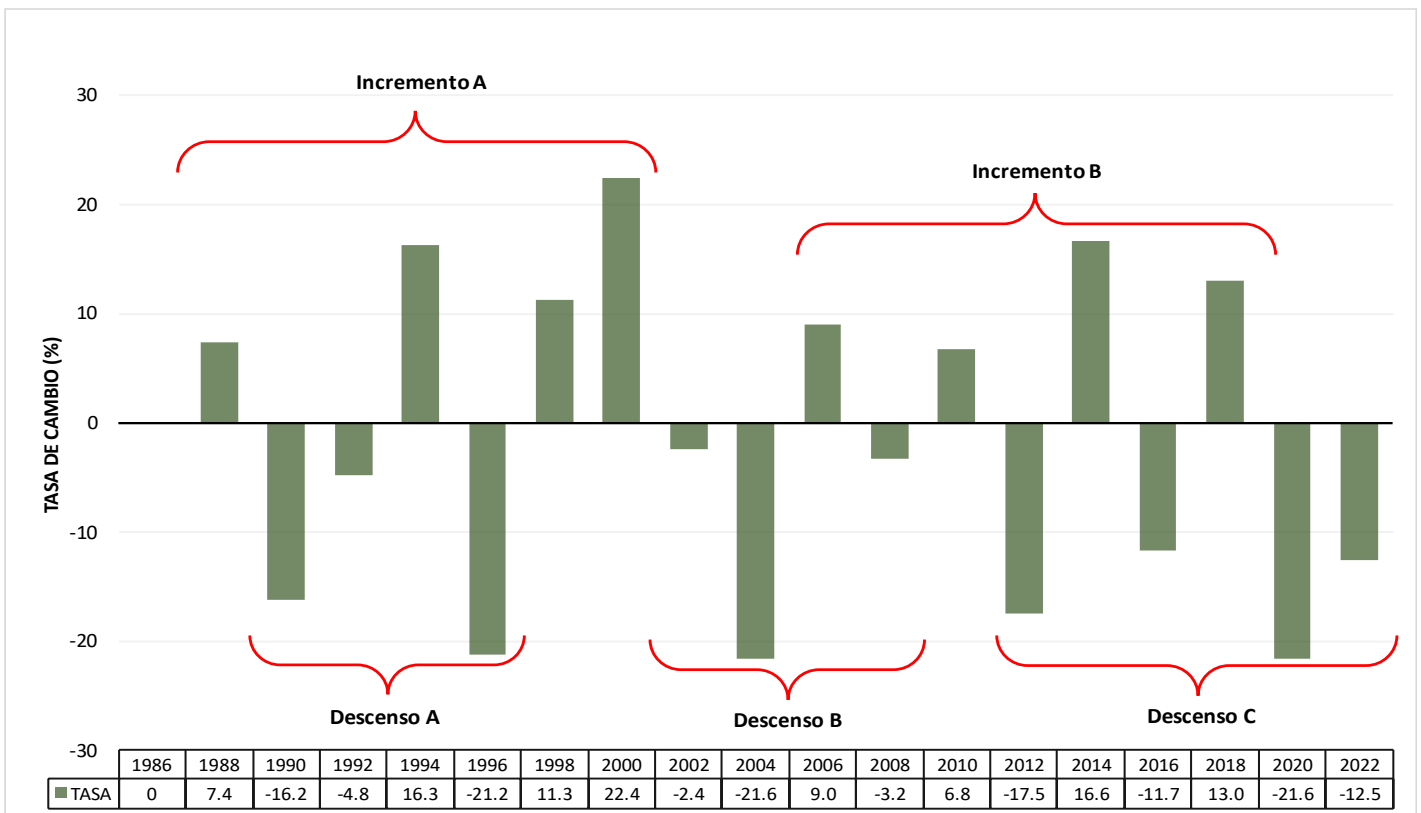
**Figura 12.**

*Dinámica temporal de las superficies de los bofedales de Huanza*



**Figura 13.**

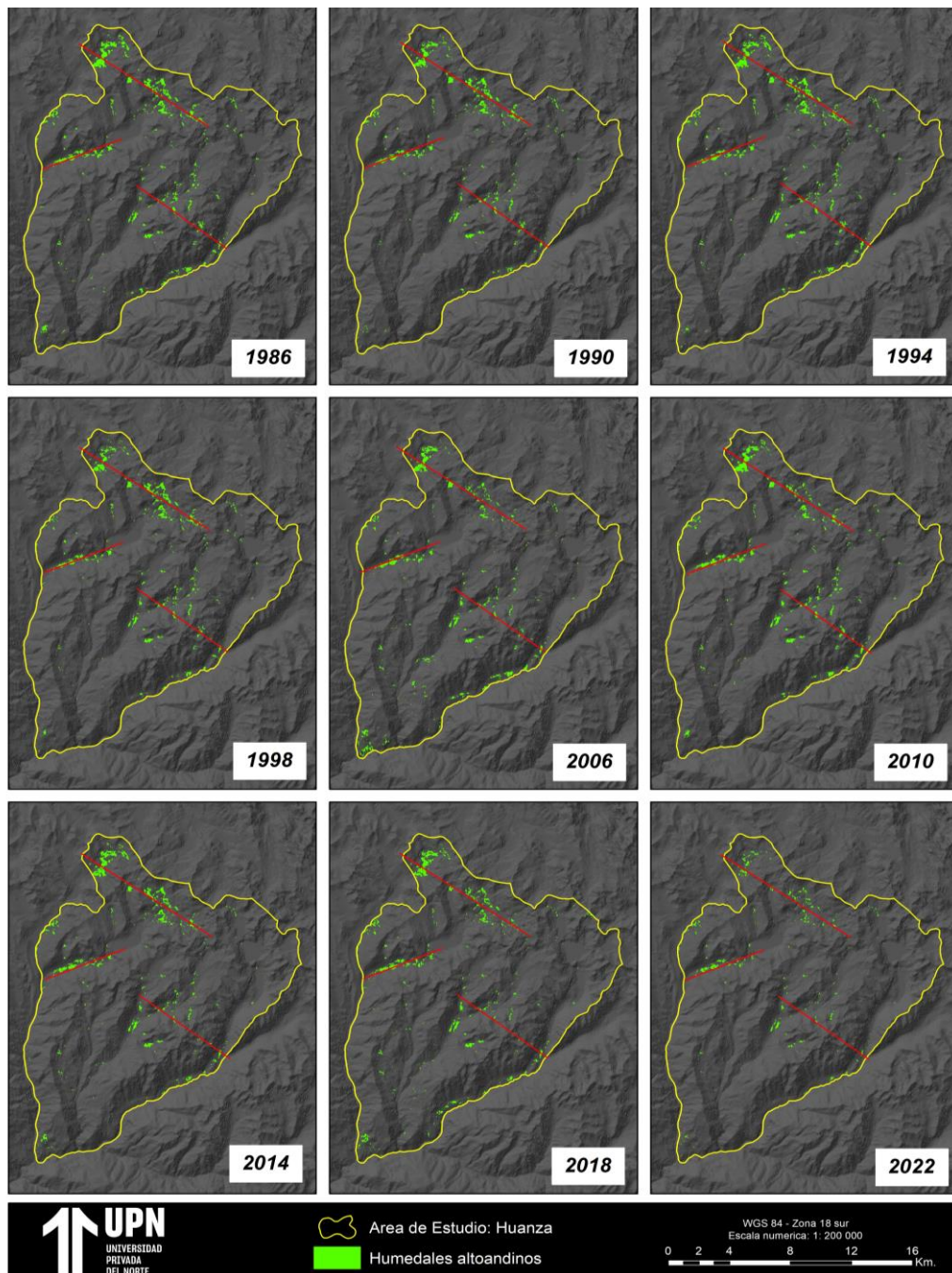
*Tasa de cambio de las superficies de los bofedales de Huanza*



En la **figura 14**, se observa los cambios espaciales de las superficies de los bofedales. En ello se observa que los cambios más significativos se reflejan en la diagonal x, que se ubica en la zona alta de Huanza, pues las pérdidas son significativas en comparación al año 1986 y 2022. También se evidencia cambios moderados en la parte media de Huanza (diagonal Z e Y), donde la mayor pérdida se ubica en el margen derecho (diagonal Z).

**Figura 14.**

*Análisis cartográfico de los bofedales de Huanza*



En consiguiente, para dar conocimiento de posibles **cambios fututos de los bofedales de Huanza**, se aplicó un análisis de regresión en el programa SPSS, teniendo como fuente de entrada los datos de superficie del periodo 1986 a 2022. Con relación a ello, el análisis de regresión más apto para la estimación fue la regresión lineal en comparación a los modelos cuadrático, inverso, cúbico y compuesto. Pues la regresión lineal mostró un valor alto en el coeficiente de determinación  $R^2$  con un valor de 0,42 (**ver tabla 4**), con una significancia de 0,003 que resulta ser menor a 0,05. Asimismo, el resultado de varianza indica que el modelo de regresión lineal es aceptable (sig. de  $0,003 < 0,05$ ) para la determinación futura de los bofedales de Huanza (**ver tabla 5**). Los coeficientes para la ecuación del modelo lineal es 142,182 (constante) y -0,069 para la variable tiempo (**ver tabla 6**), por tanto, la ecuación resulta ser:

$$Y_{\text{Superficie de bofedales}} = 142,182 - 0,069 * X_{\text{año de evaluacion}}$$

**Tabla 4.**

*Análisis del modelo de regresión lineal*

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Estadísticos de cambio		
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	Sig. Cambio en F
1	0,648	0,420	0,385	0,93	0,420	12,28	0,003

**Tabla 5.**

*Análisis de Varianza del modelo de regresión lineal*

ANOVA						
Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	10,783	1	10,783	12,286	0,003
	Residuo	14,921	17	0,878		
	Total	25,704	18			

**Tabla 6.**

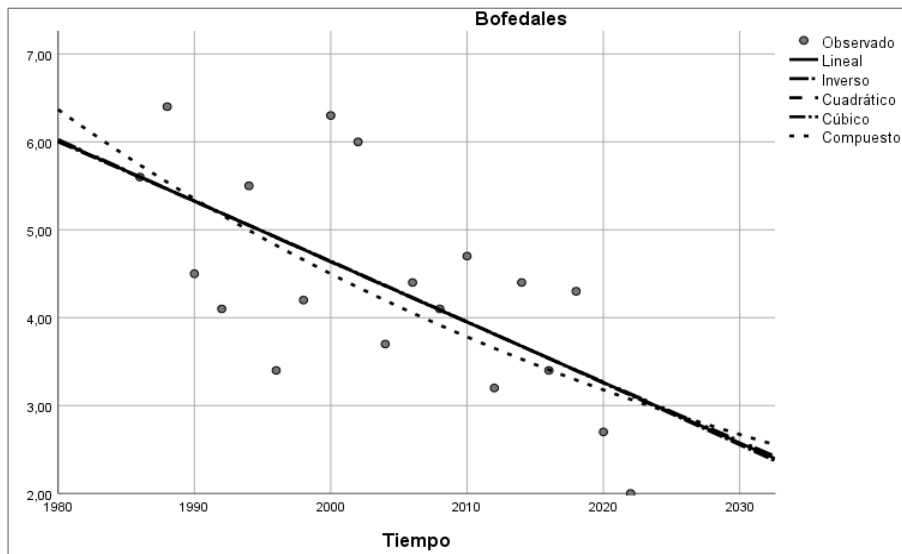
*Coefficientes del modelo de regresión lineal*

Coefficientes						
Modelo		Coefficientes no estandarizados B	Desv. Error	Coefficientes estandarizados Beta	t	Sig.
1	(Constante)	142,182	39,319		3,616	0,002
	Tiempo	-0,069	0,020	-0,648	-3,505	0,003

En la **figura 15**, se observa el modelo de regresión lineal en comparación a los otros modelos para la determinación futura, en ello se observa que el modelo lineal se asemeja a los demás modelos a excepción del modelo de regresión compuesto, pero esto difiere en la significancia bilateral, donde no fue aceptable el uso del modelo para estimar los bofedales de Huanza futura.

**Figura 15.**

*Modelos de regresión para estimación de bofedales*



Por tanto, se estimó los bofedales para el año 2030, 2035 y 2040, teniendo como uso la siguiente ecuación:

$$Y_{\text{Superficie de bofedales}} = 142,182 - 0,069 * X_{\text{año de evaluacion}}$$

- Año 2030 la superficie de bofedales de Huanza resultara ser:

$$Y_{\text{Superficie de bofedales}} = 142,182 - 0,069 * 2030$$

$$Y_{\text{bofedales-2030}} = 2,11 \text{ km}^2$$

- Año 2035 la superficie de bofedales de Huanza resultara ser:

$$Y_{\text{Superficie de bofedales}} = 142,182 - 0,069 * 2035$$

$$Y_{\text{bofedales-2035}} = 1,77 \text{ km}^2$$

- Año 2040 la superficie de bofedales de Huanza resultara ser:

$$Y_{\text{Superficie de bofedales}} = 142,182 - 0,069 * 2040$$

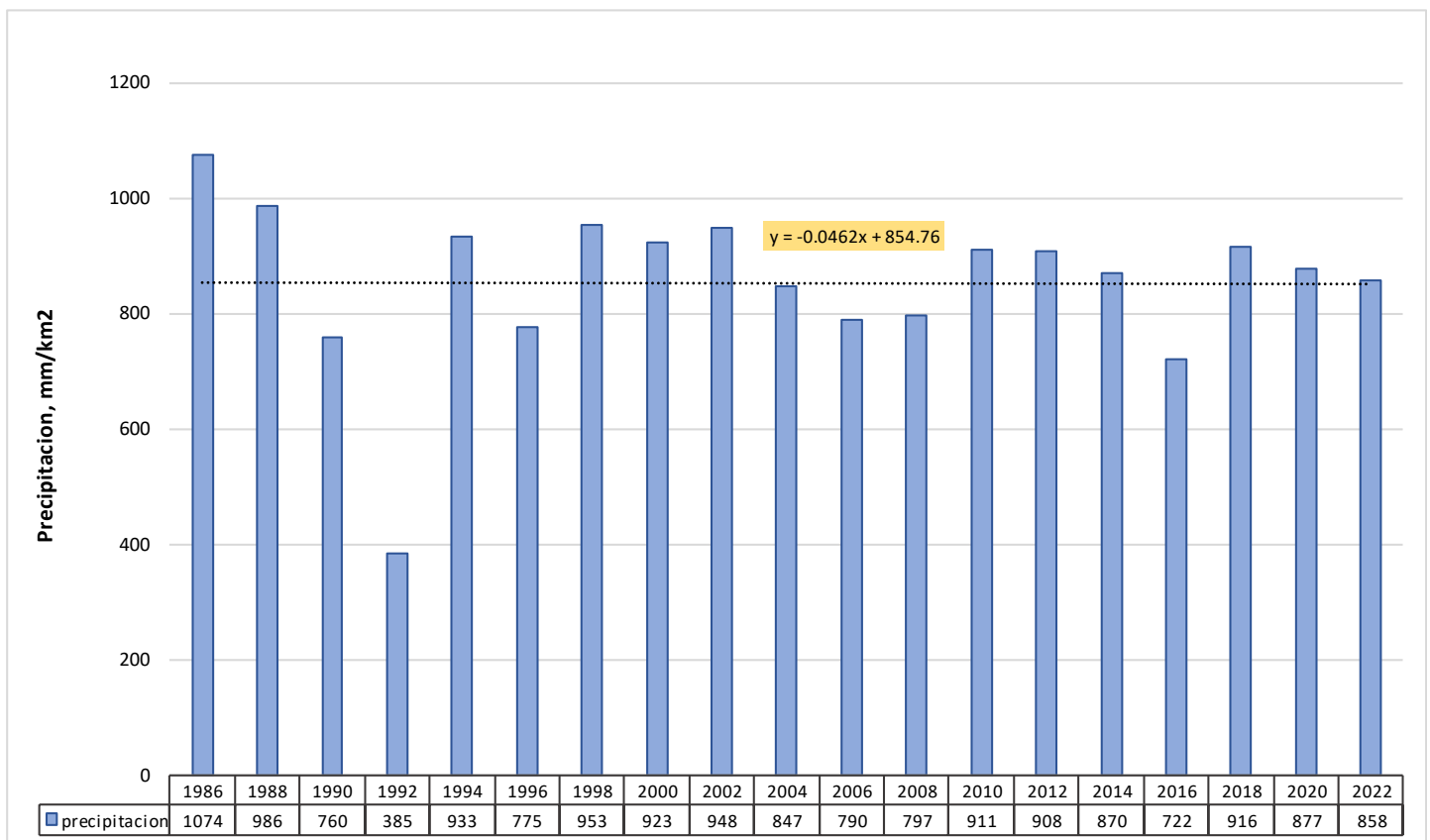
$$Y_{\text{bofedales-2040}} = 1,42 \text{ km}^2$$

### 3.2. Variación temporal de la precipitación y temperatura de los bofedales de Huanza

En este ítem, se da a conocer la variabilidad temporal de los elementos climáticos, precipitación y temperatura. Con relación a ello, se evidencia que la precipitación tuvo una tendencia de descenso de 0,046 mm/año (ver figura 16). Por otro lado, la temperatura máxima evidenció incremento de 0,061 °C/año, la temperatura mínima un incremento promedio de 0,043 °C/año y la temperatura promedio con incremento de 0,052 °C/año (ver figura 17).

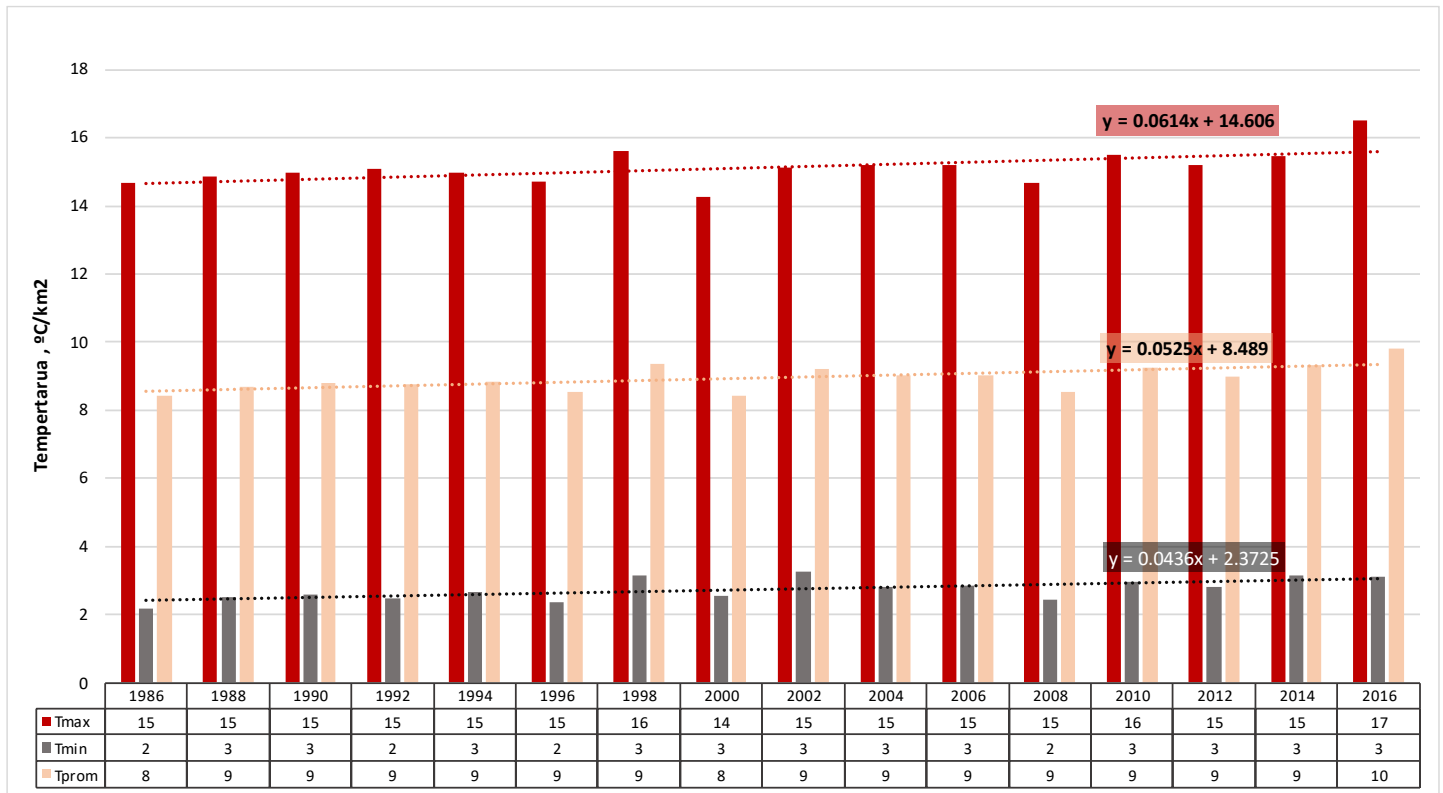
**Figura 16.**

*Variabilidad temporal de las precipitaciones de Huanza*



**Figura 17.**

*Variabilidad temporal de las temperaturas de Huanza*



### 3.3. Análisis estadístico descriptivo

En la **tabla 7**, se evidencia los resultados descriptivos de las variables, temperatura, precipitación y superficie de bofedales. En ello se observa que la precipitación tiene un promedio de 854,2 mm/km<sup>2</sup>, una moda de 384,5 mm/km<sup>2</sup>, esto indica que hay varios escenarios anuales con valores mínimos de 384,5 mm/km<sup>2</sup>, asimismo se observa que el rango es de 689,4, lo que indica una variabilidad alta temporal de las precipitaciones anuales durante el periodo 1986-2022.

En cuanto a la temperatura, se observa que la máxima tiene un promedio de 15,1 °C/km<sup>2</sup>, con una moda de 14,9 °C/km<sup>2</sup>, lo que indica que gran parte de los valores anuales son de frecuencia alta. Un rango de 2,24 °C/km<sup>2</sup>. Por otro lado, la temperatura mínima muestra una media de 2,7 °C/km<sup>2</sup>, con una moda de 2,18 °C/km<sup>2</sup>, lo que indica que hay mayores valores

bajos de temperatura mínima. El rango fue de 1,09, el cual es inferior a la temperatura máxima, el cual indica que la temperatura mínima es más uniforme en sus cambios durante el periodo de estudio 1986-2022.

Por último, se observa que las superficies de bofedales muestran una media de 4,36 km<sup>2</sup>, con una moda de 4,3 km<sup>2</sup> y un rango amplio de 4,4 km<sup>2</sup>, este último indica la alta variabilidad temporal de las superficies de los bofedales en el periodo 1986-2022.

**Tabla 7.**

*Análisis descriptivo de las variables bofedales, precipitación y temperatura*

	Temperatura Máxima (°C/km <sup>2</sup> )	Temperatura Mínima (°C/km <sup>2</sup> )	Temperatura promedio (°C/km <sup>2</sup> )	Precipitación (mm/km <sup>2</sup> )	Superficie de Bofedales (km <sup>2</sup> )
<b>Media</b>	15,12	2,74	8,93	854,29	4,36
<b>Mediana</b>	15,12	2,73	8,91	876,86	4,30
<b>Moda</b>	14,98	2,18	8,78	384,51	3,40
<b>Desv.</b>	0,508	0,32	0,38	142,72	1,19
<b>Desviación</b>					
<b>Rango</b>	2,24	1,09	1,41	689,43	4,40
<b>Mínimo</b>	14,27	2,18	8,41	384,51	2,00
<b>Máximo</b>	16,51	3,27	9,82	1073,94	6,40

### 3.4. Análisis estadístico inferencial

#### Prueba de normalidad – Shapiro Wilks

En la **tabla 8**, se muestra la prueba de normalidad para las variables de estudio, se consideró el uso de la prueba de normalidad de tipo Shapiro Wilks, el cual es aplicado para muestras temporales inferiores a 50. En la tabla se evidencia que todas las variables de estudio, las significancias superan el 0,05, al 95% de confianza, lo que indica distribuciones normales:

**Tabla 8.**

*Prueba de normalidad*

<b>Pruebas de normalidad Shapiro-Wilk</b>			
	Estadístico	gl	Sig.
<b>Bofedales</b>	0,922	16	0,179

<b>Temperatura Máxima</b>	0,921	16	0,173
<b>Temperatura Mínima</b>	0,958	16	0,626
<b>Temperatura Promedio</b>	0,954	16	0,560
<b>Precipitación</b>	0,854	16	0,085

## Prueba de ANOVA

Una vez determinado la prueba de normalidad, se aplicó la prueba ANOVA de un factor para determinar la influencia de los elementos climáticos, precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima y temperatura promedio; sobre los cambios de las superficies de los bofedales. Con relación a ello, la prueba de decisión indica que el p-value fue inferior a 0,05, indica la existencia de una influencia; caso contrario, reflejará la inexistencia de influencia de una variable sobre otra.

En la **tabla 9**, se evidencia que la sig. de valor 0,041 es menor a 0,05, el cual indica que la precipitación influye significativamente en las superficies de los bofedales de Huanza

**Tabla 9.**

*Prueba ANOVA precipitación vs. Bofedales*

ANOVA de un Factor					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-value
<b>Entre grupos</b>	26,929	3	8,976	2,952	0,041
<b>Dentro de grupos</b>	161,157	53	3,041		
<b>Total</b>	188,086	56			

Nota. Dependiente: Bofedales; factor 1: Precipitación

En la **tabla 10**, se evidencia que el p-value fue 0,018 y es menor a 0,05, el cual indica que la temperatura máxima influye significativamente en las superficies de los bofedales de Huanza. En la **tabla 11**, se evidencia que el p-value fue 0,11, el cual es mayor a 0,05, esto significa que la temperatura mínima no influye en las superficies de los bofedales de Huanza. En la **tabla 12**, se evidencia un p-value de 0,089, el cual es mayor a 0,05, esto significa que la temperatura promedio tampoco influye en las superficies de los bofedales de Huanza. Por



tanto, la temperatura máxima es la única que influye en la superficie temporal de los bofedales de Huanza, Huarochirí.

**Tabla 10.**

*Prueba ANOVA temperatura máxima vs. Bofedales*

ANOVA de un Factor					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-value
<b>Entre grupos</b>	34,578	3	11,526	3,709	0,018
<b>Dentro de grupos</b>	136,748	44	3,108		
<b>Total</b>	171,326	47			

Nota. Dependiente: Bofedales; factor 2<sup>a</sup>: Temperatura Máxima

**Tabla 11.**

*Prueba ANOVA temperatura mínima vs. Bofedales*

ANOVA de un Factor					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-value
<b>Entre grupos</b>	36,078	6	6,013	1,823	0,118
<b>Dentro de grupos</b>	135,248	41	3,299		
<b>Total</b>	171,326	47			

Nota. Dependiente: Bofedales; factor 2<sup>b</sup>: Temperatura Mínima

**Tabla 12.**

*Prueba ANOVA temperatura promedio vs. Bofedales*

ANOVA de un Factor					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-value
<b>Entre grupos</b>	26,70	5	7,761	1,952	0,089
<b>Dentro de grupos</b>	21,033	32	5,142		
<b>Total</b>	47,73	44			

Nota. Dependiente: Bofedales; factor 2<sup>c</sup>: Temperatura Promedio

## Prueba de Regresión Simple y Múltiple

Como se pudo evidenciar según el análisis de ANOVA de un factor, las variables precipitación y temperatura máxima son las únicas variables influyentes en las superficies de lo bofedales de Huanza, por tanto, se consideró el análisis de regresión lineal simple y múltiple. Con el fin de conocer el análisis de bondad  $R^2$ , el cual explica la magnitud de la

influencia. Se aplicó la regresión lineal entre temperatura máxima/bofedales y precipitación/bofedales; se aplicó la regresión múltiple de precipitación, temperatura máxima sobre las superficies de los bofedales.

En la **tabla 13**, se evidencia la prueba de colinealidad con el fin de evidenciar que no exista multicolinealidad entre las variables de regresión lineal múltiple. Los valores altos de proporción de varianza deben encontrarse en dimensiones diferentes, y como se observa en la **tabla 13**, las proporciones altas están en dimensiones diferentes, por tanto, no hay multicolinealidad, entonces es correcto la aplicación de regresión múltiple.

**Tabla 13.**

*Prueba de colinealidad*

Diagnósticos de colinealidad							
Modelo	Dimensión	Autovalor	Índice de condición	Proporciones de varianza			
				(Constante)	tx	pp	
1	Predictores: (Constante), Tx	1	1,99	1,000	0,00	0,00	-
	Variable dependiente: Bf	2	0,001	61,42	1	1,00	-
2	Predictores: (Constante), PP	1	1,98	1,000	0,00	-	0,01
	Variable dependiente: Bf	2	0,013	12,38	0,99	-	0,99
3	Predictores: (Constante), Tx,PP	1	2,978	1,000	0,00	0,99	0,00
	Variable dependiente: Bf	2	0,021	11,80	0,01	0,01	0,92
		3	0,000	78,091	0,99	0,00	0,08

Nota. Tx es temperatura máxima, PP es precipitación y Bf es bofedal

En la **tabla 14**, se observa el resultado del análisis de bondad de ajuste  $R^2$ , en ello se observa el modelo N°1 de regresión lineal simple, donde el 42,8% de los cambios superficiales de los bofedales son explicados por la variabilidad de la temperatura máxima. De la misma manera, en el modelo N°2 se observa que el 49,8% de los cambios superficiales de los bofedales son explicados por la variabilidad de las precipitaciones; y en el modelo N°3 de regresión lineal múltiple se observa que el 56,1% de los cambios superficiales de los bofedales son explicados por la variabilidad de las precipitaciones y de las temperaturas máximas en conjunto. Todos los modelos son aceptables, puesto que, la significancia presenta valores inferiores a 0,05.

**Tabla 14.**

*Resumen de Modelo de R.L simple (1 y 2) y múltiple (3)*

	Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Sig. Cambio en F
1	Predictores: (Constante), Tx Variable dependiente: Bf	0,578	0,428	0,403	0,031
2	Predictores: (Constante), PP Variable dependiente: Bf	0,671	0,498	0,087	0,017
3	Predictores: (Constante), Tx, PP Variable dependiente: Bf	0,733	0,561	0,542	0,025

Nota. Tx es temperatura máxima, PP es precipitación y Bf es bofedal

En la **tabla 15**, se observa resultados de varianza del proceso de regresión lineal simple y múltiple. De ello se puede reflejar que un valor alto de F indica que el modelo predice mejor los cambios de las superficies de los bofedales. Por tanto, se observa que el valor F mayor es de la regresión lineal múltiple con un valor de 44,4, el cual es superior a los demás, en consecuencia, este modelo explica mejor los cambios de las superficies de los bofedales. Seguido se encuentra la precipitación con un F de 44,1. Asimismo, se refuerza que las significancias son inferiores a 0,05, el cual indica que los modelos son aceptables en la regresión lineal simple y múltiple.

**Tabla 15.**

*Resultado de Varianza de la R.L simple (1 y 2) y múltiple (3)*

Varianza						
	Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	3,72	1	3,72	44,14	0,036
	Residuo	12,58	14	0,89		
	Total	16,30	15			
2	Regresión	3,54	1	3,54	22,72	0,017
	Residuo	22,15	17	1,30		
	Total	25,70	18			
3	Regresión	6,54	2	3,27	44,45	0,032
	Residuo	9,76	13	0,75		
	Total	16,30	15			

## CAPÍTULO IV. DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

Se evidenció en el estudio que las superficies de los bofedales de Huanza se encuentran en descenso a un ritmo de cambio de  $0,068 \text{ km}^2/\text{año}$ , se observa que las tasas de incremento se van reduciendo conforme avanza el tiempo. Esto indica que los bofedales van perdiendo superficie sin posibilidad a recuperar su estado inicial, esto se debe claramente a que hay modificaciones en la oferta hídrica (Cervantes et al., 2021), pues los bofedales son coberturas vegetales exigentes al agua, y un desbalance de ello, provocaría un descenso (Fuentealba et al., 2017; Castro, 2021; Santalla, 2015). Al respecto se definen las siguientes teorías, relacionadas a la disminución superficial de los bofedales:

**Con relación a la composición vegetal**, los bofedales de Huanza están constituidas por especies de tipo Cojín, herbazales, musgos y gramíneas (Alvis-Ccoropuna et al., 2021; Garcia, 2014; Sandoval, 2012) especies que por su estructura vegetal, son más vulnerables a cambios climáticos e hidrológicos (Cerrón et al., 2017; Naoki, 2014), pues su composición a foliar es que no presentan capa externa, por lo contrario, muestran un epidermis delgadas (Aduvire et al., 2021; Cochi et al., 2014; Loza et al., 2015), además son especies hidrofflicas, el cual dependen de gran oferta hídrica (Hurtado y Cruz, 2019; Noa, 2016), en comparación a vegetaciones densas como los arbustales o arbóreas, donde éstas unidades vegetales son más resistentes a los cambios climáticos y al estrés hídrico (Silva et al., 2021; Quincaña, 2019). Esto explica la pérdida de bofedales, atribuida a su composición vegetal.

**Con relación a su altitud y ubicación**, los bofedales de Huanza se ubican en zona altoandina con rango altitudinal de 3400 msnm. hasta los 4300 msnm. (Aquino et al., 2018; Ruthsatz, 2012), por su gran altitud, la reducción superficial de los bofedales es afligida en mayor magnitud por los impactos naturales, tales como la variabilidad climática, flujo de detritos, estrés hídrico (Aduvire et al., 2021; Hoffmann et al., 2014). Es así que la

variabilidad climática tiene mayor repercusión en el territorio de Huanza, pues se pudo evidenciar incrementos de temperatura tanto máxima como mínima, siendo no favorables para los bofedales presentes, pues estos incrementos afectan las fuentes hídricas superficiales (Aduvire et al., 2021; Gonzales et al., 2014). Asimismo, el descenso de la precipitación surge no favorable, pues la única entrada hídrica en estos últimos años en Huanza, es proveniente de las lluvias (Huaman et al., 2020; García et al., 2014; Anthelme et al., 2014).

**Con relación a la entrada hídrica**, pues por la característica foliar de los bofedales de Huanza y su dependencia a mayor agua, se sabe que para mantener estable y vegetativo un bofedal, esto debe estar inundado en un rango de 30 cm a 40 cm (Cochi et al., 2014; Maldonado, 2018), y una magnitud de agua fuera de ello, provocaría un alteración negativa en los bofedales, reflejadas en una pérdida superficial (Dangles et al., 2014; Meneses et al., 2014), una referencia hídrica pluviométrica indica que una entrada de precipitación acumulada de 830 mm de agua, permitiría la recuperabilidad o incremento de bofedal (Lliully, 2018), lo que en su semejanza sería una entrada de escorrentía de 200 m<sup>3</sup>/h (Rebaudo et al., 2014; Choy et al., 2018; Aliaga et al., 2014), por tanto, el valor estimado para evidenciar una recuperabilidad en bofedales se daría por encima de los 850 mm, según lo previsto en los resultado del presente estudio.

**Como se pudo percibir en el análisis cartográfico**, los bofedales se encuentran distribuidos en todo el distrito de Huanza con mayor unidad en las zonas altas; asimismo, su localización es únicamente en valles. Su gran distribución en zonas altas se debe a la presencia de cuerpos lagunares tales como Ruchuca, Sacsa, Piti, Husha, Quiusha, Carpa, Huasca y Pusacocha (Hommes et al., 2019), pues estos cuerpos lagunares son captadores de agua, y permiten el mayor ingreso hídrico por escorrentía hacia los bofedales (Sarango et al., 2014). Pues por la ubicación de los bofedales de las zonas altas de Huanza, son unidades beneficiadas directamente por la escorrentía de las redes de drenaje (Muñoz, 2019). Asimismo, el 70% de

las lagunas de Huanza, son de origen glaciar, debido a sus derretimientos de masas (Cleaver, 2018).

Por otro lado, se pudo evidenciar en el mapa cartográfico que los cambios más significativos se observaron en las zonas altas, donde la pérdida de bofedales es notable en el año 2022 en comparación al año 1986. Esto se debe a que los bofedales ubicados en zonas altas tenían dos factores beneficiarios directos de aporte hídrico, los cuales son las precipitaciones y el derretimiento glaciar de los nevados La fila, Torreón, La chonta y Cashpe (SENAMHI, 2015). Sin embargo, la totalidad de estos glaciares se perdieron por completo en el año 2009 (Sicart et al., 2018), a excepción de dos, el nevado Torreón y Cashpe, los cuales quedan con una minúscula masa de hielo de 5,1 ha y 10,5 ha, las cuales su derretimiento solo abastece a las lagunas adyacentes (Quispe y Révolo, 2020; Manho, 2018). Esto explica la gran pérdida de bofedales en zona alta, pues el aporte brindado por los glaciares ya no es presente en Huanza.

**En relación a los cambios en precipitación, se reflejó en los resultados que la dinámica temporal muestra un ligero descenso de 0.046 mm/año.** El descenso de las precipitaciones en Huanza se debe al alto grado de insolación solar que presenta la zona, con una magnitud anual de 2656 kWh/m<sup>2</sup> (Hidalgo et al., 2020; Rondoy-Infante et al., 2020), ello provoca el calentamiento atmosférico, proceso que está impidiendo la condensación de agua presente en las nubes (Hoogesteger et al., 2016; Caro, 2014) y que luego son pérdidas por arrastre del viento en dirección oeste a este con una velocidad aproximada de 3,1 m/s (Sedapal, 2014). A este proceso de la disminución de las precipitaciones se suma la pérdida de cobertura glaciar de los nevados ya mencionados (Medina-García et al., 2014; Castillo et al., 2019), pues estos glaciares favorecen a un microclima frío y la condensación del vapor de agua concentrado en las nubes (Sanchez, 2018; Franco, 2017), y por tanto su desaparición casi completa repercute en las precipitaciones (Ansar et al., 2014).

**En relación a los cambios en temperatura** se evidenció en los resultados que la temperatura máxima tuvo mayor incremento en comparación a la temperatura mínima, ambos con razón de incremento de 0,061 °C/año y 0,043 °C/año, respectivamente. Claramente este incremento de la temperatura se debe al alto valor de la insolación solar de 2656 kwh/m<sup>2</sup> (Bosquet, 2019), a este proceso se suma la radiación térmica reflejado por las montañas (Palacio et al., 2017), pues un suelo desnudo sin presencia de cobertura vegetal presentan un albedo de 75%, y las montañas rocosas presentan un albedo de 95% (Francou, 2013), esto indica que los suelos sin presencia de cobertura vegetal incrementa el calor térmico por reflectancia (Morales et al., 2021). Pues un estudio en el páramo del sur de Ecuador, evidencio mediante resultados experimentales que la superficie territorial con cobertura vegetal muestra un albedo promedio de 22,5% y territorio con mayor presencia de suelo en ausencia de vegetación tiene un albedo de 81,7% (Zuñiga, 2015; Palacios, 2021). Por tanto, esta situación es coincidente con el territorio de Huanza, pues la presencia de suelos desnudos y de suelos rocosos son altos en las zonas altas de Huanza (Nuñez, 2020).

**Se evidenció que las precipitaciones y la temperatura máxima influyen en las superficies de lo bofedales**, así lo demostró la prueba de ANOVA con p-value inferior a 0,05. Pues según la regresión lineal simple/múltiple los cambios superficiales de los bofedales fueron respondidos en 42% por la temperatura máxima, 49% por las precipitaciones. La influencia de la precipitación se debe a que estas aguas terminan en las redes de drenaje como las quebradas principales Pili, Paca, Pichag, Conay; y la disposición de quebradas secundarias (Pérez, 2015; Munoz, 2014), asimismo, la existencia de las lagunas de las zonas altas, permiten preservar las aguas provenientes de las lluvias, para abastecer agua a los bofedales, estas coberturas son beneficiarias directas de escorrentía, pues se localizan en todas las redes de drenaje de Huanza (Calmora, 2015). Asimismo, a partir del año 2009, el único aporte hídrico de entrada en Huanza, son las precipitaciones (Andre et

al., 2015), pues como se reflejó los nevados La Corte, La Fila y Torreón desaparecieron por completo en el año 2009, y en la actualidad se presenta solo 15 ha de glaciar de la montaña Chonta (ANA, 2017). Esto explica la disminución de bofedales en presencia de un descenso de precipitaciones. Este mismo resultado fue evidenciado por Martínez y Pinto (2018), quienes demostraron una influencia de 79% entre las precipitaciones y los bofedales, la asociación alta se debió, a que el territorio no presentaba lagunas, por lo que el único aporte hídrico fue las precipitaciones mediante escorrentías.

**La temperatura máxima tuvo influencia en las superficies de los bofedales**, esto se debe a que las temperaturas máximas en Huanza muestran un incremento alto en comparación a la temperatura mínima. Y son las temperaturas máximas las causantes directas en la degradación de las especies vegetales, pues mediante la deshidratación la vegetación es afectada por las sales minerales (Sánchez et al., 2008). Asimismo, los bofedales de Huanza son coberturas vegetales de sistema abierto, sin dependencia de otras coberturas vegetales que regulen su micro-clima (Marquet et al., 2019). Por otro lado, el incremento de temperatura máxima, está provocando un incremento de la evaporación, sobre todo de los cuerpos lagunares existentes en Huanza, y de la evapotranspiración de los bofedales (Hernández et al., 2020), pues un estudio realizado por SEDAPAL demostró que la laguna Pili de Huanza tuvo un descenso de 1.2 km<sup>2</sup> a nivel de superficie, debido a que la evaporación alcanza valores de 709 mm (Morales et al., 2016; Martinez, 2021). Por tanto, el incremento de temperatura se ve reflejado en el incremento de evaporación, y su posterior disminución de láminas de agua de los cuerpos naturales, que son de aporte hídrico hacia los bofedales. Además, la ausencia de cuerpos lagunares en zonas bajas de Huanza, indicaría mayor influencia de la temperatura en los bofedales existentes, debido a la ausencia de cuerpos lagunares (Holguino et al., 2018).



La técnica de procesamiento de imágenes satelitales de Landsat utilizado en la investigación fue adecuado, pues Flores (2016), indica que el uso de estas imágenes Landsat son idóneas para conocer cambios temporales espaciales desde el año 1984. Sin embargo, su **limitación** se encuentra en la resolución espacial (30m x 30m), pues a esta dimensión solo se puede identificar bofedales superiores a 0,4 ha (Velling, 2013). Por tanto, queda a incertidumbre el incremento o descenso de bofedales inferiores a esa magnitud (0,4 ha).

### **Conclusiones:**

- En los 36 años de análisis (1986-2022), la superficie de los bofedales de Huanza se redujeron de 5,6 km<sup>2</sup> a 2 km<sup>2</sup>, una pérdida de 64% a un ritmo de cambio anual de 0,068 km<sup>2</sup>/año. Esto se debió a la influencia de la precipitación y temperatura, pues el aporte hídrico en las zonas altas de Huanza está en descenso, debido a una disminución de las precipitaciones y al incremento de la temperatura, donde esta última provoca mayor evaporación de agua superficial.
- La variabilidad de las precipitaciones evidenció un descenso de 0,046 mm/año. El descenso de las precipitaciones fue a causa del calentamiento del aire, provocado por la alta insolación en las montañas de Huanza, lo que impide el proceso de condensación de agua de las nubes.
- La variabilidad de la temperatura máxima mostró un incremento de 0,061 °C/año, la temperatura mínima un incremento de 0,043 °C/año y la temperatura promedio un aumento de 0,052 °C/año. El incremento de la temperatura fue a causa de la insolación presente en Huanza, y del albedo alto que generan los suelos desnudos y suelos rocosos, lo que incrementa el calor térmico, y que es reflejado en la temperatura.
- La variación temporal de las precipitaciones influye en los cambios de los bofedales, así quedó demostrado en la prueba de ANOVA con p-value menor a 0,05; además la

variabilidad de las precipitaciones explica en 49% los cambios ocurridos en los bofedales, así lo demostró la regresión lineal simple. Pues los bofedales son dependientes de las precipitaciones, pues es la mayor entrada hídrica hacia las lagunas y escorrentías, para luego alimentar a los bofedales.

- La variación de la temperatura máxima resultó ser influyente en los cambios superficiales de los bofedales, así quedó demostrado mediante la prueba de ANOVA con p-value menor a 0,05; además la variabilidad de la temperatura máxima explica en 42% los cambios ocurridos en los bofedales. Esto se debe a que la temperatura máxima está provocando mayor evaporación de las superficies hídricas presente en los bofedales y en los cuerpos naturales como las lagunas, provocando un menor aporte hídrico.

**Finalmente**, se recomienda conservar estas unidades vegetales mediante infraestructuras verdes de soporte hídrico, como la restauración de amunas, cochas, creación de zanjas de infiltración, entre otros (Quintero et al., 2019). Estos permitirán la recuperación de los bofedales, pues al ritmo como está descendiendo, proyecciones indican que los bofedales de Huanza mostraran una superficie de 2,11 km<sup>2</sup> para el 2030, 1,77 km<sup>2</sup> para el 2035 y 1,42 km<sup>2</sup> para el 2040.

## BIBLIOGRAFIA

- Aduvire, Osvaldo, y Aduvire, Hugo. (2021). Diagnóstico y rehabilitación de bofedales afectados por pasivos ambientales mineros. *Revista de Medio Ambiente y Minería*, 6(1), 17-25. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2519-53522021000100002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2519-53522021000100002&lng=es&tlng=es).
- Aguilar, H., Mora, R., y Vargas, C. (2015). Metodología para la corrección atmosférica de imágenes aster, rapideye, spot2 y landsat 8 con el módulo flash del software ENVI. *Revista Geográfica de América Central*, 39-59. <https://www.researchgate.net/publication/277343027>
- Aguilar. (2016). *Distribución de incendios y recuperación de matorrales en el noroeste de Baja California*. México: Maestría en Ciencias de la Tierra con orientación Geociencias Ambientales.
- Aguirre, Francisco, Squeo, Francisco A., López, David, D., Ramiro, Buma, Brian, Carvajal, Danny, Jaña, Ricardo, Casassa, Gino, y Rozzi, Ricardo. (2021). Gradientes Climáticos y su alta influencia en los ecosistemas terrestres de la Reserva de la Biosfera Cabo de Hornos, Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 49, 13. Epub 16 de enero de 2022. <https://dx.doi.org/10.22352/aip202149012>
- Alata, A. (2018). *Análisis Multitemporal de la explotación minera con aplicación de percepción remota y SIG en los distritos de Ananea 1975-2017*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Aliaga, M., y Díaz V., Yeraldí. (2014). Efectos de la variabilidad climática sobre las fluctuaciones del nivel de las aguas y actividad ganadera en humedales altoandinos. *Ciren.cl*. <https://doi.org/0378-1844>
- Alvis-Ccoropuna, Tania, Villasante-Benavides, José Francisco, Pauca-Tanco, Gregory Anthony, Quispe-Turpo, Johana del Pilar, y Luque-Fernández, César Raúl. (2021). Cálculo y valoración del almacenamiento de carbono del humedal altoandino de Chalhuanca, Arequipa (Perú). *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(3), 139-148. <https://dx.doi.org/10.18271/ria.2021.314>

- Alzerreca, H., Prieto, G., Laura, J., Luna, D., y Laguna, S. (2001). Características y distribución de los bofedales en el ámbito boliviano. La Paz: *Asociación Integral de Ganaderos en Camélidos de los Andes Altos (AIGACAA)*.
- Ansar, A., Flyvbjerg, B., Budzier, A. y Lunn, D. (2014). Should we build more large dams? The actual costs of hydropower megaproject development. *Energy Policy*, 69, 43-56.
- Anthelme, F., M, I., y Dangles, O. (2014). Métodos para estudiar el efecto del cambio climático sobre los bofedales y sus servicios ambientales inherentes. *Ciren.cl*.  
<https://doi.org/https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/26589>
- Aparecio, V. y Avendaño, L. . (2018). *Análisis geoespacial de la dinámica de los humedales Meandro del Say y Santa María del Lago: Conflictos de usos del suelo y su pérdida de área*. Colombia: Obtenido de:  
<file:///C:/Users/user/Google%20Drive/ANTECEDENTES/2.pdf>.
- Aponte, J. y Ospina, J. (2019). *Evaluando el desempeño de índices espectrales para identificar humedales alto andinos*. Colombia: Obtenido de:  
<file:///C:/Users/user/Google%20Drive/ANTECEDENTES/9.pdf>.
- Aquino, Willy, Condo, Florangel, Romero, Johan, Yllaconza, Rayda, y La Torre, María I. (2018). Composición florística del distrito de Huarochirí, provincia de Huarochirí (Lima, Perú). *Arnaldoa*, 25(3), 877-922.  
<https://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.253.25305>
- Arevalo, V., Gonzalez, J., y Ambrosio, G. (2004). Corrección Geométrica de Imágenes de Satélite de Distinta Resolución. *Research Gate*.  
[researchgate.net/publication/266478543 Correccion Geometrica de Imagenes de Satelite de Distinta Resolucion in spanish](https://researchgate.net/publication/266478543_Correccion_Geometrica_de_Imagenes_de_Satelite_de_Distinta_Resolucion_in_spanish)
- Autoridad Nacional del Agua.(2016). Priorización de Cuencas para la Gestión de los Recursos Hídricos.  
[http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/priorizacion de cuencas para la gestion de los recursos hidricos ana.pdf](http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/priorizacion_de_cuencas_para_la_gestion_de_los_recursos_hidricos_ana.pdf)
- Baghdadi, N., Mallet, C., y Zribi, M. (2020). *Qgis y las herramientas genericas*. London: Science Publishing.

- Belizarío Quispe, German. (2015). Efectos del cambio climático en la agricultura de la cuenca Ramis, Puno-Perú. *Revista Investigaciones Altoandinas*, 17(1), 47–52. <https://doi.org/https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5157125.pdf>
- Bosquet, G. (2019). Los efectos nocivos de la radiación solar y la forma de combatirlos. *Offarm*, 22(5), 68–76. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-los-efectos-nocivos-radiacion-solar-13047747>
- Capador Aguilar, Y. E., González Angarita, G. P., y Suarez Daza, P. A. (2021). Análisis de la cobertura vegetal en incendios forestales mediante índices espectrales: caso de estudio Cerros Orientales (Bogotá, Colombia). *Avances Investigación En Ingeniería*, 18(1). <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.6931>
- Carelli, J. y. (2016). *Teledetección*. Perú <file:///C:/Users/user/Google%20Drive/Bases%20Teoricas/Imagen%20Satelital%20y%20correcciones/2.pdf>.
- Caro, Claudia, Sánchez, Edgar, Quinteros, Zulema, y Castañeda, Liz. (2014). Respuesta de los pastizales altoandinos a la perturbación generada por extracción mediante la actividad de "champeo en los terrenos de la Comunidad Campesina Villa de Junín, Perú. *Ecología Aplicada*, 13(2), 85-95. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-22162014000200003&lng=es&tylng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162014000200003&lng=es&tylng=es).
- Castillo, A., y Lorena, C. (2019). *Evaluación del estado ambiental del bofedal altoandino "Yanacancha" comunidad campesina de Miraflores - Yauyos 2019*. Ucv.edu.pe. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12692/51229>
- Castro Pablo, J. (2021, August 20). *Variación De Cobertura Vegetal De Los Bofedales En Los Centros Poblados De Tinyaclla Y Pueblo Libre En Los Años 2016-2018- Huancavelica*. Unh.edu.pe; Universidad Nacional de Huancavelica. <https://repositorio.unh.edu.pe/items/3183a27e-37cb-479a-a289-fdf20f1e336b>
- Cerrón, J.; del Castillo, J.; Mathez-Stiefel, S.; Thomas, E. (2017): Lecciones aprendidas de experiencias de restauración en el Perú. *Estudio financiado por la German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety (BMUB)*

- Cervantes, Ronal, Sánchez, José Miguel, Alegre, Julio, Rendón, Eric, Baiker, Jan R., Locatelli, Bruno, y Bonnesoeur, Vivien. (2021). Contribución de los ecosistemas altoandinos en la provisión del servicio ecosistémico de regulación hídrica. *Ecología Aplicada*, 20(2), 137-146. <https://dx.doi.org/10.21704/rea.v20i2.1804>
- Choy Galindo, Alfredo Manho, y Anaya Raymundo, Mario Antonio. (2018). Hidroquímica y su variabilidad espacio temporal en un bofedal altoandino de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas, Perú. *Idesia (Arica)*, 36(4), 87-97. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018005002603>
- Chuvieco, E. (1995). *Fundamentals de teledetección espacial*. Madrid-España: Editorial Rialp.
- Chuvieco, E. (2008). *Teledeteccion ambiental: la observacion de la tierra desde el espacio*. España: Ariel S.A. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=aKsNXCVCtcQCypriintsec=frontcoverydq=teledeteccionyhl=es-419ysa=Xyved=2ahUKEwiX6KCBndbrAhXjH7kGHfgAD3AQ6AEwCHoEAcQAg#v=onepageyq=teledeteccionyf=false>
- Cleaver, F. (2018). Everyday water injustices and the politics of accommodation. En Boelens, R., Perreault, T. y Vos, J. (Eds.). *Water Justice*. Cambridge: Cambridge University Press, 246-259.
- Cochi, Néstor, Prieto, Guillermo, Dangles, Olivier, Rojas, Abel, Ayala, Celso, Condori, Bruno, y Casazola, José Luis. (2014). Metodología para evaluar el potencial productivo y la dinámica socioecológica de la ganadería en bofedales altoandinos. *Ecología en Bolivia*, 49(3), 120-131. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttextpid=S1605-25282014000300011ylng=esylng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttextpid=S1605-25282014000300011ylng=esylng=es).
- Correa, A. y Gallardo, Y. (2015). *El cambio climático y sus evidencias en las precipitaciones*. Cuba: Obtenido de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttextpid=S1680-03382015000100007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttextpid=S1680-03382015000100007).
- Cuartas, E. y. (2020). *Análisis espacio temporal del SARS-coV-2*. Colombia: Obtenido de: <file:///C:/Users/user/Google%20Drive/Bases%20Teoricas/Analisis%20Temporal/2.pdf>.

- Dangles, O., Rabatel, A., Kraemer, M., Zeballos, G., Soruco, A., Jacobsen, D., y Anthelme, F. (2017). Ecosystem sentinels for climate change? Evidence of wetland cover changes over the last 30 years in the tropical Andes. *Plos One*, 12(5), e0175814. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175814>
- Dangles, Olivier, Meneses, Rosa Isela, y Anthelme, Fabien. (2014). BIOTHAW: Un proyecto multidisciplinario que propone un marco metodológico para el estudio de los bofedales altoandinos en un contexto de cambio climático. *Ecología en Bolivia*, 49(3), 6-13. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttextypid=S1605-25282014000300002yIng=esytIng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttextypid=S1605-25282014000300002yIng=esytIng=es).
- Delgado, J. y Tenjo, C. (2016). *Aplicaciones de Sentinel-2 a estudios de vegetación y calidad de aguas continentales*. Argentina: [https://www.researchgate.net/publication/311572244\\_Aplicaciones\\_de\\_Sentinel-2\\_a\\_estudios\\_de\\_vegetacion\\_y\\_calidad\\_de\\_aguas\\_continental](https://www.researchgate.net/publication/311572244_Aplicaciones_de_Sentinel-2_a_estudios_de_vegetacion_y_calidad_de_aguas_continental).
- Díaz Villalobos, Yeraldy, y Meza Aliaga, Mónica (2014). Efectos De La Variabilidad Climática Sobre Las Fluctuaciones Del Nivel De Las Aguas Y Actividad Ganadera En Humedales Altoandinos. *Interciencia*, 39(9),651-658. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33932147007>
- Domingo, G.y Agüero, J. (2013). *Sistemas de Información y Ordenamiento Territorial EEA La Rioja*. Chile: <file:///C:/Users/user/Google%20Drive/Bases%20Teoricas/Software%20QGis/2.pdf>.
- Eduardo, U. (2015). *El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina*. EE.UU: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39855/S1501295\\_en.pdf?sequence=1](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39855/S1501295_en.pdf?sequence=1).
- Escuer, J. (2007). Análisis multitemporal mediante el uso de imágenes del satélite Landsat. Innovación y formación Otoño.
- Esperanza, F y Zerda, H. (2002). *Potencialidad de los índices de vegetación Para la discriminación de coberturas forestales*. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Facultad de Ciencias Forestales, Santiago del Estero
- ESRI. (2002). *¿Que es ArcGIS?* New York: ESRI.

- Estrada, F., Barba E. y Ramos, R. (2013). *Cobertura Temporal De Los Humedales En La Cuenca Del Usumacinta, Balancán.* México: <file:///C:/Users/user/Google%20Drive/ANTECEDENTES/15.pdf>.
- Felipe, y Mesa. (2015). Cambio Climático Y Variabilidad Espacio - Temporal De La Precipitación En Colombia. *Revista EIA*, 24, 131–150. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttextypid=S1794-12372015000200009](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttextypid=S1794-12372015000200009)
- Flores, E. R. (2016). Cambio Climático: Pastizales Altoandinos y Seguridad Alimentaria. *Revista de Glaciares Y Ecosistemas de Montaña*, 1, 8–8. <https://revista.inaigem.gob.pe/index.php/RGEM/article/view/7>
- Flórez, G., Rincon, A., Santiago, P., y Alzate, A. (2016). Multitemporal analysis of the vegetation cover in the area of influence of the mines located in the high part of Maltería in Manizales. *Dyna*, 95-101. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/496/49650911012.pdf>
- Franco, Juan. (2017). Bofedales alto andinos de la Provincia de Candarave-Tacna y su caracterización trófica empleando organismos bioindicadores como herramienta ambiental. [https://doi.org/proin\\_067\\_2016](https://doi.org/proin_067_2016)
- Francou, Bernard. (2013). El rápido retroceso de los glaciares en los Andes tropicales: Un desafío para el estudio de la dinámica de los ecosistemas de alta montaña. *Ecología en Bolivia*, 48(2), 69-71. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttextypid=S1605-25282013000200001ylng=esytlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttextypid=S1605-25282013000200001ylng=esytlng=es).
- Fuentealba, B., y Mejía, M. (2017). Caracterización ecológica y social de humedales altoandinos del Parque Nacional Huascarán. *Aporte Santiaguino*, 9(2), pág. 303-316. <https://doi.org/10.32911/as.2016.v9.n2.203>
- Fuentes, J. (2016). *Iniciación a la Meteorología y Climatología.* España: <https://www.redalyc.org/pdf/3761/376146819013.pdf>.
- García, E. y Llellish, A. (2012). *Cartografiado de bofedales usando imágenes de satélite Landsat en una cuenca altoandina del Perú.* Perú. <file:///C:/Users/user/Google%20Drive/ANTECEDENTES/19.peru.pdf>.



- García, E. y Otto, M. (2015). *Caracterización Ecohidrológica De Humedales Alto Andinos Usando Imágenes De Satélite Multitemporales En La Cabecera De Cuenca Del Río Santa*. Perú: <file:///C:/Users/user/Google%20Drive/ANTECEDENTES/10-peru.pdf>.
- García, E., y Llellish, M. (2018). Caso práctico Cartografiado de bofedales usando imágenes de satélite Landsat en una cuenca altoandina del Perú. [http://www.aet.org.es/revistas/revista38/Numero38\\_09.pdf](http://www.aet.org.es/revistas/revista38/Numero38_09.pdf)
- García, E., y Otto, M. (2015). Caracterización ecohidrológica de humedales altoandinos usando imágenes de satélite multitemporales en la cabecera de Cuenc del río Santa. Lima: UNALM - Departamento Académico de Biología
- García, Mary Carolina, Meneses, Rosa Isela, Naoki, Kazuya, y Anthelme, Fabien. (2014). Métodos para evaluar el efecto del pastoreo sobre las comunidades vegetales de bofedales. *Ecología en Bolivia*, 49(3), 91-103. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1605-25282014000300009&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282014000300009&lng=es&tlng=es).
- Gates, D. (1965). Spectral properties of plants. *Applied Optics*
- German, I. y Franco, L. (2013). *Factores de la vulnerabilidad de los humedales altoandinos de Colombia al cambio climático global*. Colombia. [file:///C:/Users/user/Downloads/Dialnet-FactoresDeLaVulnerabilidadDeLosHumedalesAltoandino-4410560%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/Dialnet-FactoresDeLaVulnerabilidadDeLosHumedalesAltoandino-4410560%20(1).pdf).
- Gómez Mamani, R., Arias Escobar, J., Machaca Yana, J., y Velásquez Ccosi, P. F. (2021). Compuestos funcionales en dos accesiones de *Tropaeolum Tuberosum* durante el almacenamiento. *Ingeniería Investiga*, 3(2), 3–15. <https://doi.org/10.47796/ing.v3i2.527>
- Gómez, C., White, J., y Wulder, M. (2016). Optical remotely sensed time series data for land cover classification: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 116, 55–72. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.03.008>
- Gomez, V. (2016). *Marco Conceptual y Metodológico para Estimar el Estado de Salud de Bofedales de Alta Montaña*. Lima – Perú. <file:///C:/Users/user/Google%20Drive/Bases%20Teoricas/Bofedal/P01-C349-T.pdf>.

- Gonzaga, C. (2015). Aplicación de índices de vegetación derivados de imágenes satelitales para análisis de coberturas vegetales en la provincia de Loja, Ecuador. *Cedamaz*, 30-41. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/43/41>
- Gonzales, Rosario Karina, Quenta, Estefania, Molina-Rodriguez, Jorge, Dangles, Olivier, y Jacobsen, Dean. (2014). Propuesta metodológica para estimar la heterogeneidad ambiental, diversidad y estructura de comunidades acuáticas de pozas de agua en bofedales altoandinos. *Ecología en Bolivia*, 49(3), 56-72. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1605-25282014000300006&lng=es&tylng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282014000300006&lng=es&tylng=es).
- Gracia, M. y Terneus, E. (2020). *Análisis comparativo del estado ecológico de la vegetación acuática en dos humedales altoandinos del volcán Antisana*. Ecuador. <file:///C:/Users/user/Google%20Drive/ANTECEDENTES/5.pdf>.
- Gutiérrez Quenta, Yessica. (2016). Determinación de la dinámica espacial de bofedales mediante imágenes satelitales Landsat frente a escenarios del cambio climático en la cuenca del río Coata durante el período de 1984 - 2016. Unap.edu.pe. <https://doi.org/http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/9641>
- Harris geospatial solutions. (2017). ENVI - Environment for Visualizing Images. Exelis Visual Information Solutions, Inc: [https://www.harrisgeospatial.com/docs/using\\_envi\\_Home.html](https://www.harrisgeospatial.com/docs/using_envi_Home.html)
- Hernández, J., y Montaner, D. (2009). Patrones de Respuesta Espectral. Chile: Universidad de Chile - Facultad De Ciencias Forestales - Lab.Geomática, 3-14
- Hernández, María Elizabeth. (2020). Suelos de humedales como sumideros de carbono y fuentes de metano. *Terra Latinoamericana*, 28(2), 139-147. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792010000200005&lng=es&tylng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792010000200005&lng=es&tylng=es).
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGrawHill. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

- Hidalgo, J. P., Boelens, R., Isch, E. (2020). The Daule-Peripa Multipurpose Hydraulic Scheme: technocratic reconfiguration of a hydro-social territory and dispossession in coastal Ecuador. *Latin American Research Review*, 53(3), 517-534
- Hoffmann, Dirk, Tarquino, Rodrigo, Corro Ayala, Javier Fernando, y Lavadenz, Liz. (2014). Métodos para caracterizar la dinámica de los sistemas socio-ecológicos asociados a los bofedales altoandinos (Cordillera Real, Bolivia). *Ecología en Bolivia*, 49(3), 132-140. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&id=S1605-25282014000300012&lng=es&tylng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&id=S1605-25282014000300012&lng=es&tylng=es).
- Holguino Huarza, Antonio, Olivera Marocho, Luis, y Escobar Copa, Katterine Ursula. (2018). Confort térmico en una habitación de adobe con sistema de almacenamiento de calor en los andes del Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(3), 289-300. <https://dx.doi.org/10.18271/ria.2018.394>
- Hombres, Lena. (2019). Desarrollo hidroeléctrico y reconfiguraciones territoriales históricas en la cuenca del Rímac, en Lima, Perú. *Estudios atacameños*, (63), 233-249. <https://dx.doi.org/10.22199/issn.0718-1043-2019-0032>
- Hoogesteger, J., Boelens, R. y Baud, M. (2016). Territorial pluralism: water users' multi-scalar struggles against state ordering in Ecuador's highlands. *Water International*, 41, 91-106.
- Horton, N., y Kleinman, K. (2015). *Using R and RStudio for Data Management, Statistical Analysis, and Graphics*. Boston: Taylor Francis. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=yid=W1G3BgAAQBAJ&yoi=fnd&pg=PP1&dq=R+y+Rstudio&yots=X2hqr9FoM2&sig=nXTJCKkp1cWAeX0WlpzOBfXxWAM#v=onepage&q=R%20y%20Rstudio&yf=false>
- Huaman, Y., Moreira-Turcq, P., Espinoza, R., Llanos, R., Apaéstegui, J., Turcq, B., y Willems, B. (2020). Influencia De Los Cambios Climáticos En La Acumulación De Carbono En Bofedales Altoandinos Durante Los Últimos 2 500 Años. *Ecología Aplicada*, 19(1), 35. <https://doi.org/10.21704/rea.v19i1.1444>
- Huaman, Yizet, Moreira-Turcq, Patricia, Espinoza, Raúl, Llanos, Romina, Apaéstegui, James, Turcq, Bruno, y Willems, Bram. (2020). Influencia de los cambios climáticos en la acumulación de carbono en Bofedales Altoandinos durante los últimos 2 500 años. *Ecología Aplicada*, 19(1), 35-41. <https://dx.doi.org/10.21704/rea.v19i1.1444>

- Hurtado Quispe, C., y Cruz Anchapuri, C. (2019). Evaluación Y Soportabilidad De Los Bofedales De La Cuenca Del Uchusuma Zona Altoandina De Tacna - 2006. *Ciencia y Desarrollo*, 10, 103–106. <https://doi.org/10.33326/26176033.2006.10.211>
- IGN. (2017). *Teledetección*. Madrid - España: Obtenido de: <file:///C:/Users/user/Google%20Drive/Bases%20Teoricas/teledeteccion/OBS-Teledeteccion.pdf>.
- INEI. (2018). *Anuario de Estadísticas Ambientales*. Perú: Obtenido de: <https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/anuario-inei-2018.pdf>.
- Javier Silva, L. A., Portal Quicaña, E., y Alcántara Boza, F. A. (2021). Evaluación de la cobertura vegetal en bofedales altoandinos en función de la napa freática y precipitación utilizando imágenes de satélite. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia Y Ciencias Geográficas*, 24(48), 299–306. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i48.19521>
- Javier. A y Carlos E. (2017). *Teledetección*. Argentina: Obtenido de: <file:///C:/Users/user/Google%20Drive/Bases%20Teoricas/teledeteccion/TELEDET ECCI%C3%93N.pdf>.
- Keshtkar, H. y Winfried, V. (2016). Potential Impacts of Climate and Landscape Fragmentation Changes on Plant Distributions: Coupling Multi temporal Satellite Imagery with GISBased Cellular Automata Model. *Ecological Informatics* 32, 145 – 55
- Knipling, E. (1970). Physical and Physiological basis for the reflectance of visible and near-infrared radiation from vegetation. *Remote Sensing of Environment*.
- Komperda, R. (2017). Análisis de datos de encuestas tipo Likert con R y RStudio. *ACS Publications*, 91-116. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/bk-2017-1260.ch007>
- Lao, B., y Pelaez, D. (2018). La teledetección y los Sistemas de Información Geográfica para el manejo de las tierras. *Scielo*. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542018000100006](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542018000100006)

- Llully, A. (2018). Gestión del agua y cambio climático. Vegetación en los Bofedales de Choquecota y Belén de Andamarca - Oruro. Oruro: HELVETAS Swiss Intercooperation. Cooperación Suiza en Bolivia.
- Lopez, D. y. (2014). *Diplomado de análisis de información Geoespacial*. Perú: Obtenido de: <file:///C:/Users/user/Google%20Drive/Bases%20Teoricas/Imagen%20Satelital%20y%20correcciones/1.pdf>.
- Lopez, J., Vasquez, V., Gomez, L., y Priego, A. (2010). *Humedales*. Mexico: Gobierno del Estado de Veracruz. <https://cdigital.uv.mx/handle/123456789/9655>
- Lopez, T. (2017). *Fundamentos de SIG*. Perú. <file:///C:/Users/user/Google%20Drive/Bases%20Teoricas/arcgis/1.pdf>.
- Lorini, Horacio (2014). Los bofedales como aliados en la resiliencia y mitigación del cambio climático. [https://www.weadapt.org/sites/weadapt.org/files/2017/november/estrategia\\_de\\_adaptacion\\_al\\_cambio\\_climatico\\_para\\_humedales\\_altoandinos.pdf](https://www.weadapt.org/sites/weadapt.org/files/2017/november/estrategia_de_adaptacion_al_cambio_climatico_para_humedales_altoandinos.pdf)
- Loza Herrera, Susi, Meneses, Rosa. I., y Anthelme, Fabien. (2015). Comunidades vegetales de los bofedales de la Cordillera Real (Bolivia) bajo el calentamiento global. *Ecología en Bolivia*, 50(1), 39-56. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1605-25282015000100004&lng=es&tylng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282015000100004&lng=es&tylng=es).
- Loza-Del-Carpio, A., y Taype-Huamán, I. (2021). Análisis multitemporal de asociaciones vegetales y cambios de uso del suelo en una localidad altoandina, Puno-Perú. *Uniciencia*, 35(2), 1–19. <https://doi.org/10.15359/ru.35-2.3>
- Lozano-Rivas, William Antonio. (2013). Construcción de estaciones meteorológicas. Colombia: Universidad Piloto de Colombia. Capítulo 5: Precipitación o Lluvia de Altura. <http://www.digitaliapublishing.com/visor/39194>
- Maestro C., I., y Recio R., J. (2004). Análisis comparativo de los distintos métodos de estimación de la superficie glaciar en el Pirineo axial aragonesa partir de Imágenes Landsat
- Maldonado, Monica. (2018). Introducción a los bofedales de la región altoandina Peruana. <https://doi.org/1819-754X>

- Mamani, A. y. (2021). índice de vegetación y cambio climático: una evaluación multitemporal de imágenes Landsat en la Laguna Paucarani en el periodo 1972 al 2018. *Ingeniería Investiga.*
- Manho, A. (2018). Caracterización hidroquímica y su variabilidad espacio - temporal en los bofedales altoandinos de la reserva paisajística Nor Yauyos Cochas, sector Moyobamba. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.14095/559>
- Maria y Gloria. (2017). *Gestión Sustentables de Bofedales del Salar del Huasca*. Chile: [file:///C:/Users/user/Google%20Drive/Bases%20Teoricas/Bofedal/Guia\\_Metodologica\\_Bofedales.pdf](file:///C:/Users/user/Google%20Drive/Bases%20Teoricas/Bofedal/Guia_Metodologica_Bofedales.pdf).
- Marquet P.A., A. Altamirano, M. T. K. Arroyo, M. Fernández, S. Gelcich, K. Górski, E. Habit, A. Lara, A. Maass, A. Pauchard, P. Pliscoff, H. Samaniego y C. Smith-Ramírez (editores) (2019). Biodiversidad y cambio climático en Chile: Evidencia científica para la toma de decisiones. Informe de la mesa de Biodiversidad. Santiago: Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.
- Martín y Rivera. (2018). *Cambio Climático y Desarrollo Sostenible*. España. <https://www.fundacioncarolina.es/wp-content/uploads/2019/06/SEGIB-Informe-La-Ra%CC%81bida-2018-completo.pdf>.
- Martínez, E. (2015). *Análisis multitemporal de la cubierta forestal del Parque Natural*. Zaragoza: Universidad de Zaragoza. <https://books.google.com.pe/books?id=buuFDwAAQBAJyPg=PA71yDq=analisis+multitemporalyhl=es-419ysa=Xyved=2ahUKEwjmyfXmV9brAhXblnIEHWiSC5MQ6AEwAHoECAMQAg#v=onepageyq=analisis%20multitemporalyf=false>
- Martínez, Ñ. (2021). Comportamiento Y Estrategias De Conservación Del Recurso Hídrico De Bofedales En Callqui Chico, Huancavelica - 2021. Unh.edu.pe; Universidad Nacional de Huancavelica. <https://repositorio.unh.edu.pe/items/351e333d-1cfa-4eb7-871b-6cc96af86464>
- Martínez-Austria, Polioptro F., y Patiño-Gómez, Carlos. (2012). Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México. *Tecnología y ciencias del agua*, 3(1), 5-20. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttextypid=S2007-24222012000100001yIng=esytlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttextypid=S2007-24222012000100001yIng=esytlng=es).

- Martínez-Barbáchano, R., y Solís-Miranda, G. (2018). Caracterización Espectral y Detección de Flecha Seca en Palma Africana en Puntarenas, Costa Rica. *Revista Geográfica De América Central*, 2(61), 349-377. <https://doi.org/10.15359/rgac.61-2.13>
- Mazzarino, M., y Finn, J. T. (2016). An NDVI analysis of vegetation trends in an Andean watershed. *Wetlands Ecology and Management*, 24(6), 623–640. <https://doi.org/10.1007/s11273-016-9492-0>
- Medina-García, Guillermo, Echavarría-Chairez, Francisco G., Díaz-Padilla, Gabriel, Ruiz-Corral, José Ariel, Soria-Ruiz, Jesús, y Sánchez-Cohen, Ignacio. (2014). Inducción de lluvia mediante sembrado de nubes con yoduro de plata en la región norte-centro de México en la temporada de lluvia 2012. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(10), 1951-1962. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttextpid=S2007-09342014001401951ylng=esytlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttextpid=S2007-09342014001401951ylng=esytlng=es).
- Mendoza , M., Salas , R., y Barboza, E. (2017). Análisis multitemporal de la deforestación usando la clasificación basada en objetos, distrito de Leymebamba (Perú). *Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable*, 67-76. [doi:10.25127/indes.201502.008](https://doi.org/10.25127/indes.201502.008)
- Meneses, Rosa I., Loza Herrera, Susi, Lliully, Ariel, Palabral, Arely, y Anthelme, Fabien. (2014). Métodos para cuantificar diversidad y productividad vegetal de los bofedales frente al cambio climático. *Ecología en Bolivia*, 49(3), 42-55. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttextpid=S1605-25282014000300005ylng=esytlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttextpid=S1605-25282014000300005ylng=esytlng=es).
- Meneses, Rosa I., Loza Herrera, Susi, Lliully, Ariel, Palabral, Arely, y Anthelme, Fabien. (2014). Métodos para cuantificar diversidad y productividad vegetal de los bofedales frente al cambio climático. *Ecología en Bolivia*, 49(3), 42-55. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttextpid=S1605-25282014000300005ylng=esytlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttextpid=S1605-25282014000300005ylng=esytlng=es).
- MINAGRI. (2018). *Manual tecnico: metodologia para clasificacion de coberturas a partir del procesamiento de imagenes satelitales*. Peru: Biblioteca nacional del Peru.

[http://www.gisandbeers.com/RRSS/Publicaciones/Manual-de-procesamiento-de-  
imagenes-satelite-ENVI.pdf](http://www.gisandbeers.com/RRSS/Publicaciones/Manual-de-procesamiento-de-imagenes-satelite-ENVI.pdf)

MINAM. (2010). *El Perú y el cambio climático*. Perú: Obtenido de: <https://unfccc.int/resource/docs/natc/pernc2s.pdf>.

MINAM. (2014). *Protocolo: Ortorectificación de Imágenes Satelitales Landsat*. Lima-Perú: Ministerio del Ambiente.

MINAM. (2016). *Tercera Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Perú. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/tercera-comunicacion-nacional-peru-convencion-marco-las-naciones>.

MINAM-Ministerio del Ambiente. (2012). Memoria descriptiva del mapa de cobertura vegetal del Perú. Lima, Perú

Montilla, A., Zambrano, M. y Reyna, C. (2017). *Análisis de las condiciones geográficas y ecológicas del humedal La Segua*. Ecuador. <file:///C:/Users/user/Google%20Drive/ANTECEDENTES/14.pdf>.

Morales Baquero, R., Pérez Martínez, C., y Reche, I. (2021). Ecosistemas de alta montaña, las atalayas de la troposfera: *Ecosistemas*, 10(3). <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/320>

Morales, D., Rodríguez, P., Dell'Amico, J. A., Torrecillas, A., y Sánchez-Blanco, M. D. J. (2016). Efecto De Altas Temperaturas En Algunas Variables Del Crecimiento Y El Intercambio Gaseoso En Plantas De Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. CV. AMALIA). *Cultivos Tropicales*, 27(1), 45-48.

Moreno, V., y Rodríguez, E. (1990). Determinación Experimental De La Firma Espectral De La Vegetación. Una Sencilla Práctica De Introducción A La Teledetección. <http://dns2.aet.org.es/congresos/viii/alb99.pdf>

Munoz, François, Anthelme, Fabien, y Raavel, Valérie. (2014). Procesos ecológicos a múltiples escalas que afectan a las dinámicas de comunidades de plantas en los humedales altoandinos de Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 49(3), 104-119. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1605-25282014000300010&lng=es&tyng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282014000300010&lng=es&tyng=es).



- Muñoz, P. (2013). *Apuntes de Teledetección: Índices de vegetación*. Chile: Centro de Información de Recursos Naturales.
- Muñoz, D., (2019). Reseña de Santa Eulalia del Campo en los retos del siglo XXI. *Investigaciones Geográficas* (71), 241-242.  
<https://doi.org/10.14198/INGEO2019.71.12>
- Muñoz, P. (2013). *Apuntes de Teledetección: Índices de vegetación*. Centro de Información de Recursos Naturales.
- Murtha, J. (1978). Remote Sensing and vegetation damage a theory for detection and assessment. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*
- Naoki, Kazuya, Meneses, Rosa Isela, Gómez, M. Isabel, y Landivar, Carlos Miguel. (2014). El uso del método de puntos de intercepción para cuantificar los tipos de vegetación y hábitats abióticos en los bofedales altoandinos. *Ecología en Bolivia*, 49(3), 84-90.  
[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1605-25282014000300008&lng=es&tyng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282014000300008&lng=es&tyng=es).
- Noa, A. (2016). Estudio comparativo de la cobertura vegetal de dos bofedales influenciados por q'ochas naturales y artificiales en época de lluvias y seca en sector Baibilla del distrito de Kunturkanki - provincia de Canas -Cusco. Unsaac.edu.pe.  
<https://doi.org/253T20160610>
- Nuñez, Tino. (2020). Calor y agua en la montaña. Oxígeno; Oxígeno.  
[https://www.revistaoxigeno.es/tecnica/calor-agua-en-montana\\_160436\\_102.html](https://www.revistaoxigeno.es/tecnica/calor-agua-en-montana_160436_102.html)
- OMM. (2011). Guía de prácticas climatológicas. Suiza: Organización Meteorológica Mundial (OMM).
- Ordoñez Gálvez, Juan Julio.(2011). Balance Hídrico Superficial. Lima:Sociedad Geográfica de Lima y Global Water Partnership.Disponible en:  
[https://www.gwp.org/globalassets/global/gwpsam\\_files/publicaciones/varios/balance\\_hidrico.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwpsam_files/publicaciones/varios/balance_hidrico.pdf)
- Ordoñez, J. (2011). Cartilla Técnica: Balance Hídrico Superficial.  
[https://www.gwp.org/globalassets/global/gwpsam\\_files/publicaciones/varios/balance\\_hidrico.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwpsam_files/publicaciones/varios/balance_hidrico.pdf)

- Organizacion de las Naciones Unidas-ONU.(2021).Cambio climático: América Latina será una de las regiones más afectadas. <https://news.un.org/es/story/2021/08/1495582>
- Paicho, M., Meza, M. y Espinoza, G. (2016). *Impacto de eventos aluvionales sobre humedales de quebrada*. Chile. <file:///C:/Users/user/Google%20Drive/ANTECEDENTES/16.pdf>.
- Palacio, C. A., Y Jiménez, J. F. (2017). Climatología Urbana Y De Montañas. Dyna, 79(175), 61-69.
- Palacios, Rebeca. (2021). Determinación de humedad de suelo para la conservación de los humedales altoandinos-sector Moyobamba, Yauyos. Ucss.edu.pe. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.14095/1022>
- Palmeiro-Silva, Yasna K., Cifuentes, Luis A., Cortés, Sandra, Olivares, Macarena, y Silva, Ignacio. (2020). La amenaza del cambio climático a la salud de la población y la necesidad urgente de actuar. *Revista médica de Chile*, 148(11), 1652-1658. <https://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872020001101652>
- Perez, C., y Muñoz, A. (2006). *Teledeteccion: Nociones y aplicaciones*. España: Universidad de Salamanca. <https://books.google.com.pe/books?id=SfrGxbO1DT0Cyprintsec=frontcoverydq=teledeteccionyhl=es-419ysa=Xyved=2ahUKEwiX6KCBndbrAhXjH7kGHfgAD3AQ6AEwAXoECAUQAg#v=onepageyq=teledeteccionyf=false>
- Pucha, F., Fries, A., Cánovas, F., Oñate, F., y Pucha, D. (2017). *Fundamentos de SIG: Aplicaciones con ArcGIS*. Kindle. <https://books.google.com.pe/books?id=XOIsDwAAQBAJyprintsec=frontcoverydq=arcgisyl=es-419ysa=Xyved=2ahUKEwju3Jn1j9jrAhUoGLkGHUPfA2sQ6AEwAHoECAIQAg#v=onepageyq=arcgisyl=false>
- Quesada-Román, A., y Mora-Vega, A. (2017). Impactos ambientales y variabilidad climática en el humedal de San Vito, Coto Brus, Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales*, 51(1), 16. <https://doi.org/10.15359/rca.51-1.2>

- Quicaña, Edwin. (2019). Influencia de la Napa freática sobre la vegetación y capacidad de carga animal en bofedales altoandinos. Unmsm.edu.pe. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12672/10377>
- Quintero, R. (2019). Infraestructuras verdes vivas: características tipológicas, beneficios e implementación. *Cuadernos de Vivienda Y Urbanismo*, 12(23), 160–178. <https://www.redalyc.org/journal/6297/629765253007/html/>
- Quispe, J., y Révolo, R. H. (2020). Temperatura superficial y estado de la vegetación del bosque de *Polylepis* spp, distrito de San Marcos de Rocchac, Huancavelica – Perú. *Enfoque UTE*, 11(3), 69–86. <https://www.redalyc.org/journal/5722/572263177013/html/>
- Quispe, L. (2017). Análisis multitemporal de las variaciones superficiales de glaciares y bofedales debido a la precipitación en la cuenca Callancocha en el departamento de Huancavelica desde 1988 al 2017. Uap.edu.pe. <https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12990/6548>
- Ramos, C. y Luque, C. (2020). *Análisis espacio temporal y climático del humedal altoandino de Chalhuanca (Perú) durante el periodo 1986-2016*. Perú. <file:///C:/Users/user/Google%20Drive/ANTECEDENTES/13-peru.pdf>.
- Ramos, C. (2018). *Variación Espacio Temporal De Los Ecosistemas De Humedales Altoandinos En El Anexo De Chalhuanca Del Distrito De Yanque (Caylloma, Arequipa) Entre Los Años 1986-2016*. Perú: <file:///C:/Users/user/Google%20Drive/ANTECEDENTES/18.peru.pdf>.
- Ramsar. (2015). Estado de los humedales del mundo y de los servicios que prestan a las personas: una recopilación de análisis recientes. Nota informativa. <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/bn7s.pdf>
- Ranga, B., Forrest G, H., Piers J, S., y Marshak, A. (1995). The interpretation of spectral vegetation indexes
- Rebaudo, François, y Dangles, Olivier. (2014). Un modelo socio-ecológico para establecer escenarios de dinámica de bofedales frente a los cambios globales. *Ecología en Bolivia*, 49(3), 141-153. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1605-25282014000300013&lng=es&tyng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282014000300013&lng=es&tyng=es).

- Rodriguez, N. y Pabon, J. (2010). *Cambio climático y su relación con el uso del suelo en los con el uso del suelo en los*. Colombia. [file:///C:/Users/user/Downloads/cambio-climatico-y-su-relacion-con-el-uso-del-suelo-en-los-andes-colombianos%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/user/Downloads/cambio-climatico-y-su-relacion-con-el-uso-del-suelo-en-los-andes-colombianos%20(1).pdf).
- Rondoy-Infante, L., Mostacero- León, J., y De La Cruz- Castillo, A. (2020). Physical-chemical and phytoplankton characteristics of high Andean wetlands and their relationship with the presence of *Lymnaea Spp.* in Frías, Piura, Peru. *Manglar*, 17(1), 13–19. <https://doi.org/10.17268/manglar.2020.003>
- Rosa, M. (2019). *Humedales y Cambio Climatico*. Perú.
- Rouse, J. W., Hass, R. W., Schell, J. A., Deering, D. W., And Harlan, J. C.(1974).Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. NASA/GSFCT Type III Final Report, Greenbelt, MD, USA.
- Ruthsatz, B. (2012). Vegetación y ecología de los bofedales altoandinos de Bolivia. *Phytocoenologia*, 42(3-4), 133–179. <https://doi.org/10.1127/0340-269x/2012/0042-0535>
- Sacristán, F. (2006). La Teledetección satelital y los sistemas de protección ambiental. *AquaTIC*, 13-41. [http://www.revistaaquatic.com/aquatic/pdf/24\\_02.pdf](http://www.revistaaquatic.com/aquatic/pdf/24_02.pdf)
- Sánchez, J. (2018). Cómo se forman las nubes. Ecologiaverde.com; Ecologiaverde.com. <https://www.ecologiaverde.com/como-se-forman-las-nubes-1330.html>
- Sánchez, Saray, Crespo, G, Hernández, Marta, y García, Y. (2008). Factores bióticos y abióticos que influyen en la descomposición de la hojarasca en pastizales. *Pastos y Forrajes*, 31(2), 1. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942008000200001&lng=es&tyng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942008000200001&lng=es&tyng=es).
- Sandoval, A. (2012). Evaluación De La Composición Florística Del Parque Nacional Sajama, Con Énfasis En Los Bofedales” Temática: Bofedales. [https://www.weadapt.org/sites/weadapt.org/files/evaluacion\\_de\\_la\\_composicion\\_floristica.pdf](https://www.weadapt.org/sites/weadapt.org/files/evaluacion_de_la_composicion_floristica.pdf)
- Santalla, A. (2015). Efecto del cambio y la variedad climática en la regulación hídrica de bofedales en el parque Nacional Sajama - Oruro. Umsa.bo. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/123456789/5582>

- Sarango, D. D., Gástelo, J., Velásquez, T. O., Alata, C. A., y Montalvo, C. A. (2014). Simulación del sistema hidráulico e hidrológico de la cuenca del río Rímac-Santa Eulalia. *Revista De Investigación De Física*, 17(2), 1–11. <https://doi.org/10.15381/rif.v17i2.11539>
- Schomwandt, D. (2015). Teledetección Aplicada a las Ciencias Naturales Agronómicas y Recursos Naturales. Buenos Aires
- Sedapal (2014). Plan Maestro de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado. Lima.
- SEMARNAT. (2012). *Los humedales en México: Oportunidades para la sociedad*. Mexico: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- SENAMHI. (2015). Evolución De La Cobertura Glaciar De Las Cuencas Chillón, Rímac, Lurin Y Parte Alta Del Mantaro. <https://docplayer.es/66508045-Evolucion-de-la-cobertura-glaciar-de-las-cuencas-chillon-rimac-lurin-y-parte-alta-del-mantaro.html>
- Serrato , P. (2018). Conceptos basicos de interpretacion de aerofotografias e imagenes satelitales. *ResearchGate*, 1-21. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/329075501>
- Short, N. M. (1997). The remote sensing tutorial. Anonline handbook, en CD-ROM. NASA/GoddardSpace Flight Center.
- Siabato, W. (2017). *Sobre la evolución de la información geográfica: Sobre la evolución de la información geográfica*. Colombia: Obtenido de: <file:///C:/Users/user/Google%20Drive/Bases%20Teoricas/Analisis%20Temporal/1.pdf>.
- Sicart J.E., Rabatel A., Mourre L., Cochachin A, Santillán N., Dávila L., Tacsí A., Torres J., Colonia D., Santiago A., Suarez W., Byron Morera S. y Villacis M. (2018). Retroceso de los glaciares y recursos hídricos en los Andes peruanos en las últimas décadas. p. 113-122. <https://books.openedition.org/irdeditions/19832?lang=es>
- SIG. (2002). *Qué es ArcGIS*. EE.UU: Obtenido de: <file:///C:/Users/user/Google%20Drive/Bases%20Teoricas/arcgis/2.pdf>.
- Squeo, F., B. Warner, R. Aravena y D. Espinoza. (2006). Bofedales: high altitude peatlands of the central Andes. *Revista Chilena de Historia Natural* 79: 245-255

- Stocker, T., Quin, D., Plattner, K., Boschung, A., y Nauels, A. (2013). *Glosario "Cambio Climático"* Contribución del Grupo de trabajo al Quinto informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Reino Unido: IPCC
- Tobón, C. , y Valencia-Leguizamón, J. (2017). Influencia de la vegetación en el funcionamiento hidrológico de cuencas de humedales de alta montaña tropical. *Ecosistemas*, 26(2),10-17. ISSN: 1132-6344. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54052460002>
- UNODC. (2020). *Monitoreo de cultivos de Amapola*. Mexico: Oficina de las Naciones Unidas. <https://acortar.link/wVzdu>
- Uribe, E. (2015). *El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina*. México. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39855/S1501295\\_en.pdf?sequence=1](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39855/S1501295_en.pdf?sequence=1).
- USGS. (2015). *USGS Eros Archive - Sentinel-2*. EE.UU. [https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-sentinel-2?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-sentinel-2?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects).
- Valdiviezo, A. (2019). *Manejo del software QGIS para gestionar datos de redes de distribución de agua en a Urb. Miraflores*. Perú. <file:///C:/Users/user/Google%20Drive/Bases%20Teoricas/Software%20QGis/1.pdf>.
- Vargas, P. (2009). *El Cambio Climático y Sus Efectos en el Perú*. Perú. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Documentos-de-Trabajo/2009/Documento-de-Trabajo-14-2009.pdf>.
- Villasante, J. (2021). *Influencia del cambio climático sobre los humedales altoandinos: estudio comparativo entre un humedal manejado (Perca, Castilla, Arequipa) y uno no manejado (Ccallaccapcha, La Unión, Arequipa)*. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa
- Yager, K., Resnikowski, H., y Halloy, S. (2008). *Grazing and climatic variability In Sajama National Park*. Bolivia

Zeballos, G., Soruco, A., Cusicanqui, D., Joffré, R., y Rabatel, A. (2014). Uso de imágenes satelitales, modelos digitales de elevación y sistemas de información geográfica para caracterizar la dinámica espacial de glaciares y humedales de alta montaña en Bolivia. La Paz - Bolivia.

Zuñiga, Diego. (2015). Medición y análisis de la radiación neta y flujo de calor en el suelo en una zona experimental del páramo andino. *Ucuenca.edu.ec*.

<https://doi.org/http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/22222>

## ANEXOS

### Anexo 1. Registro de Imágenes Satelitales

DATOS GENERALES	
<b>TÍTULO:</b>	
<b>FECHA:</b>	
IMÁGENES SATELITALES	
<b>DATOS DE LA PROYECCIÓN</b>	1986-2022
Código	
Fecha de toma	
Zona UTM	
Elevación	
Azimut	
Fecha de adquisición	
Tiempo del centro de la escena	

Fuente: (Rodríguez y Rubianes, 2019)

### Anexo 2. Registro de precipitación y temperatura

DATOS GENERALES		
<b>TÍTULO:</b>		
<b>FECHA:</b>		
DATOS DE PRECIPITACION Y TEMPERATURA		
<b>AÑO</b>	Temperatura	PRECIPITACION
1986 - 2022	1986 - 2016	1986 - 2022

Fuente: (Rodríguez y Rubianes, 2019)

### Anexo 3. Registro de la cuantificación de variables

AÑO	1986 - 2022	
DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDIDA
Superficie de los bofedales	Área	Kilómetros cuadrados
Tasa de cambio	Tasa de cambio vegetativo anual	%
Precipitación	Precipitación mensual	mm/mes x km <sup>2</sup>
Temperatura	Temperatura promedio mensual	Celsius (°C)/ mes x km <sup>2</sup>

Fuente: (Prado, 2017)

### Anexo 4. Código para extraer los datos de precipitación y temperatura del producto grillado PISCO-SENAMHI



```
## Leer puntos de estaciones de datos PISCO de prec a partir de
# puntos de estaciones que estan almacenados en un archivo *.csv
# Autores: Adrian Huerta y Waldo Lavado
setwd("D:/pisco")# Esta es la ruta de la carpeta donde esta Pisco
# y deben estar el archivo *.csv con los puntos a extraer
# ojo que es / no \
# Descargar datos PISCO de: http://www.senamhi.gob.pe/?p=observacion-de-inundaciones
# En la parte
## PISCO_Pd_v2.0 son diarios y
# PISCO_Pm_v2.0 son mensuales
# Este ejemplo es para los datos mensuales PISCOpm.nc
rm(list = ls())
library(ncdf4)#cargar el paquete
## Leer el archivo long_lat.csv (ver el archivo ejemplo)
## para agregar solo disminuya o incremente las coordenadas de las filas
## XX Longitud e YY Latitud
long_lat <- read.csv("long_lat.csv", header = T)
### Ensamblamos los datos *.nc
raster_pp
## Asignamos las coordenadas
sp::coordinates(long_lat) <- ~XX+YY
# Igualamos las proyecciones del raster y de los puntos a extraer
raster::projection(long_lat) <- raster::projection(raster_pp)
# Extraemos los valores
points_long_lat
colnames(data_long_lat) <- as.character(long_lat$NN)
# Guardamos los datos como "data_long_lat.csv" Ud puede cambiar el nombre
# Las filas son los datos mensuales en este caso y las columnas son los puntos
seleccionados
# Ojo que el orden esta de acuerdo al archivo long_lat.csv, de la columna NN
write.csv(data_long_lat, "datao_rstudio.csv", quote = F)
```

Este código es la entrada más importante en el programa R y RStudio, ya que permite extraer la información del producto PISCO, para este estudio fue precipitación mensual para el periodo de análisis (1986-2016), indicar que esta codificación fue suministrada por el SENAMHI.

### Anexo 5. Matriz de Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b>  <b>Superficie de Bofedales</b>	Son coberturas vegetales con suelos inundados, su ubicación es a una altitud de 3400 a 5000 msnm (Aguilón, A. 2012, p.1).	Es la superficie de los bofedales se estimada mediante la teledetección de imágenes satelitales procesadas en ENVI 5.3 y ArcGis 10.8 Esta superficie será medida en kilómetros cuadrados.	Superficie / Tasa	Área	Kilómetros cuadrados
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> <b>Precipitación</b>	Es toda agua que cae en la superficie terrestre, tanto en forma líquida (llovizna y lluvia.) y sólida (nieve y granizo.) y las precipitaciones ocultas (rocío, la helada blanca, etc.) (Ordoñez, 2011).	Es el valor climático estimado a través de la interpolación geoespacial de datos estacionales, su valor será medido en milímetros.	Precipitación	Precipitación superficial	mm/km <sup>2</sup>
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> <b>Temperatura</b>	Es una magnitud para describir el estado de la atmósfera y medir el grado de movimiento de las partículas atmosféricas, cuanto mayor es la agitación, mayor será la temperatura (Rodríguez et al., 2004).	Es el valor de la temperatura extraída de la base de datos del SENAMHI y luego geoprocesadas en el software ArcGIS 10.8.	Temperatura	Temperatura máxima Temperatura mínima Temperatura media	Celsius (°C)/km <sup>2</sup>