



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE



TESIS

**EVALUACIÓN DEL ÁREA Y CO₂ EN BOFEDALES Y SU RELACIÓN AL
CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CUENCA HUANCANÉ MEDIANTE GOOGLE
EARTH ENGINE (2010 - 2022)**

PRESENTADA POR:

YESICA MAGNOLIA MAMANI ARPASI

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

PUNO, PERÚ

2024

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

EVALUACIÓN DEL ÁREA Y CO2 EN BOFEDALES Y SU RELACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CUENCA HUANCANÉ MENDOCINA

AUTOR

YESICA MAGNOLIA MAMANI ARPASI

RECuento de palabras

19389 Words

RECuento de caracteres

101362 Characters

RECuento de páginas

105 Pages

Tamaño del archivo

5.8MB

Fecha de entrega

Apr 22, 2024 7:46 AM CST

Fecha del informe

Apr 22, 2024 7:50 AM CST

● **15% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 14% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)


Dr. Edmundo G. Moreno Terrazas
PROFESOR PRINCIPAL
UNA - PUNO


Ing. Estadístico e Informática
CIP. 116625

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN
PUNO - PERÚ

Resumen



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

DOCTORADO EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

TESIS

EVALUACIÓN DEL ÁREA Y CO₂ EN BOFEDALES Y SU RELACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA CUENCA HUANCANÉ MEDIANTE EARTH ENGINE (2010 - 2022)



PRESENTADA POR:

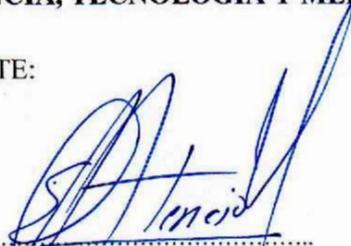
YESICA MAGNOLIA MAMANI ARPASI

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

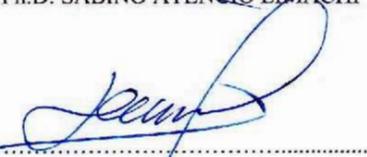
DOCTORIS SCIENTIAE EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

PRESIDENTE


.....
Ph.D. SABINO ATENCIO LIMACHI

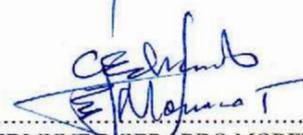
PRIMER MIEMBRO


.....
D.Sc. TEOFILO DONAIRES FLORES

SEGUNDO MIEMBRO


.....
Dr. JOSE ANTONIO MAMANI GOMEZ

ASESOR DE TESIS


.....
Dr. EDMUNDO GERARDO MORENO TERRAZAS

Puno, 25 de enero del 2024

ÁREA: Ciencias de la Ingeniería

TEMA: Evaluación del área y CO₂ en bofedales y su relación al cambio climático en la cuenca Huancané mediante Google Earth Engine (2010 - 2022)

LÍNEA: Recursos naturales y medio ambiente



DEDICATORIA

Doy gracias a Dios por tener la oportunidad de vivir y estar bien, así como por guiarme por el camino correcto en esta travesía de la vida. A mi familia, que siempre me ha apoyado y ha creído en mí, gracias por ser una parte tan importante de mi vida.

A mis queridos padres Pedro Pastor Mamani Chahuares y Jacinta Arpasi Vilca por ser los mejores padres del mundo, quienes a lo largo de sus vidas me han inculcado la cultura del trabajo y estudio. Nunca podré expresar lo mucho que aprecio su compromiso inquebrantable para que yo reciba una educación de calidad.

A mis hijas Marcela Sohail e Ivanna Alexa por ser mi motivación principal y la fuerza que me impulsan toda mi vida.

Yesica Magnolia Mamani Arpasi



AGRADECIMIENTOS

Al programa de posgrado de la Universidad Nacional del Altiplano en Puno, Perú, por ofrecerme una formación profesional de primera categoría que ayudará a mi nación a prosperar.

A mi Asesor Dr. Edmundo Gerardo Moreno Terrazas, que hizo posible la mejora de mi proyecto de investigación gracias a sus consejos, experiencia, enseñanza y cooperación; le estoy muy agradecida por su generosidad, fuerza de voluntad, ayuda incondicional y amistad.

Por último, gracias a todos y a cada uno de los miembros del jurado por su verificación, aportación y mejora del presente estudio.

Yesica Magnolia Mamani Arpasi



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
ACRÓNIMOS	ix
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1	Marco teórico	5
1.1.1	Dióxido de carbono (CO ₂)	5
1.1.2	Bofedales altoandinos	6
1.1.3	Cambio climático	7
1.1.4	Teledetección	7
1.1.5	Imágenes satelitales	9
1.1.6	Sistema de información geográfica	13
1.2	Antecedentes	14
1.2.1	Internacionales	14
1.2.2	Nacionales	16
1.2.3	Locales	19

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1	Identificación del problema	21
2.2	Enunciados del problema	22
2.2.1	Problema general	22
2.2.2	Problemas específicos	22
2.3	Justificación	22
2.4	Objetivos	23



2.4.1	Objetivo general	23
2.4.2	Objetivos específicos	24
2.5	Hipótesis	24
2.5.1	Hipótesis general	24
2.5.2	Hipótesis específicas	24
CAPÍTULO III		
MATERIALES Y MÉTODOS		
3.1	Lugar de estudios	25
3.2	Población	28
3.3	Muestra	28
3.4	Método de investigación	28
3.5	Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	29
3.5.1	Diseño metodológico	29
3.5.2	Tratamiento de pruebas estadísticas	34
3.5.3	Pruebas de normalidad	34
3.5.4	Coefficiente de correlación (r)	34
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		
4.1	Evaluación del area de los bofedales de la cuenca Huancané en época lluviosa y seca en el periodo 2010 - 2022.	36
4.2	Evaluación de la captura del CO ₂ en los bofedales de la cuenca Huancané en época lluviosa y seca en el periodo 2010-2022.	43
4.3	Análisis de las variables ambientales (cambio climático) en la cuenca Huancané en el periodo 2010-2022.	50
4.4	Proceso de la prueba de hipótesis	55
4.4.1	Prueba de hipótesis para el objetivo específico 1.	56
4.4.2	Prueba de hipótesis para el objetivo específico 2	58
4.4.3	Prueba de hipótesis para el objetivo específico 3	60
4.5	Discusión	66
CONCLUSIONES		68
RECOMENDACIONES		69
BIBLIOGRAFÍA		70
ANEXOS		76



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Resultado espectral Landsat L5	10
2. Definición espectral de las imágenes Landsat 8	11
3. Resolución espectral del producto MOD	13
4. Ubicación geopolítica de la cuenca Huancané	25
5. Insumos para la evaluación de los bofedales.	31
6. Ubicación de la estación meteorológica	33
7. Grados de correlación	35
8. Resultado del área de los bofedales en la época lluviosa del 2010-2022	37
9. Resultados estadísticos del área de los bofedales en la época lluviosa del 2010-2022	38
10. Resultado del área de los bofedales en época seca del 2010-2022	39
11. Resultados estadísticos del área de los bofedales en época seca del 2010-2022	40
12. Prueba de normalidad para el área de los bofedales para las dos épocas 2010-2022	41
13. Resultado de la captura del CO ₂ en época lluviosa del 2010-2022	44
14. Resultados estadísticos de la captura del CO ₂ en los bofedales en la época lluviosa del 2010-2022	44
15. Resultado de la captura del CO ₂ en época seca del 2010-2022	46
16. Resultados estadísticos de la captura del CO ₂ en los bofedales en la época lluviosa del 2010-2022	47
17. Prueba de normalidad para la captura del CO ₂ en los bofedales en las dos épocas 2010-2022	49
18. Resultados estadísticos de la precipitación acumulada (mm) durante el 2010-2022	51
19. Resultados estadísticos de la humedad relativa (%) durante el 2010-2022	53
20. Resultados estadísticos de la velocidad y dirección del viento durante el 2010-2022	54
21. Prueba de normalidad para las variables climáticas durante el 2010-2022	55
22. Matriz de correlación de Pearson de los bofedales con respecto a la precipitación acumulada.	56
23. Matriz de correlación de Pearson del CO ₂ con respecto a la precipitación acumulada	59

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Ciclo de dióxido de carbono	5
2. Esquema de un bofedal alto andinos	6
3. Cambio climático	7
4. Sistema de teledetección	8
5. Espectro electromagnético	9
6. Satélite Landsat L5	10
7. Satélite Landsat 8	11
8. Satélite de la misión MODIS	12
9. Ubicación de la cuenca Huancané	26
10. Épocas lluviosas y secas durante un año	28
11. Flujograma del diseño metodológico	29
12. Obtención de las imágenes satelitales de Google Earth Engine	30
13. Evaluación de los bofedales en R	31
14. Captura del CO ₂ de la plataforma geomática Google Earth Engine	32
15. Descarga de datos climáticos del portal Power Nasa	33
16. Mapa de área de los bofedales en la época lluviosa, del 2010-2022	36
17. Regresión lineal del área de los bofedales en época lluviosa, con respecto al tiempo	38
18. Área de los bofedales en época seca, del 2010-2022	39
19. Regresión lineal del área de los bofedales en época seca, con respecto al tiempo	40
20. Representación lineal del área de los bofedales en época lluviosa y seca, con respecto al tiempo	41
21. Gráfico de normalidad del área de los bofedales en época de lluvia	42
22. Gráfico de normalidad del área de los bofedales en época de seca	42
23. Mapa de captura del CO ₂ en bofedales y en época lluviosa, del 2010-2022	43
24. Regresión lineal de la captura del CO ₂ en los bofedales en época lluviosa, con respecto al tiempo	45
25. Mapa de captura del CO ₂ en bofedales y en época seca, del 2010-2022	46
26. Regresión lineal de la captura del CO ₂ en los bofedales en época seca, con respecto al tiempo	48



27.	Representación lineal de la captura del CO ₂ en los bofedales en época lluviosa y seca, con respecto al tiempo	48
28.	Gráfico de normalidad de la captura del CO ₂ en época de lluvia	49
29.	Gráfico de normalidad de la captura del CO ₂ en época seca	50
30.	Gráfico de precipitación acumulada (mm) durante el 2010 – 2022	51
31.	Gráfico de temperaturas máximas y mínimas (°C) durante el 2010 – 2022	52
32.	Gráfico de humedad relativa anual (%) durante el 2010 – 2022	53
33.	Gráfico de correlación de bofedales en época lluviosa con respecto a la precipitación acumulada	57
34.	Gráfico de correlación de bofedales en época seca con respecto a la precipitación acumulada	57
35.	Gráfico de correlación del CO ₂ en época lluviosa con respecto a la precipitación acumulada	59
36.	Gráfico de correlación del CO ₂ en época seca con respecto a la precipitación acumulada	60
37.	Gráfico de correlación del CO ₂ en época de lluvia con respecto a la temperatura máxima	61
38.	Gráfico de correlación del CO ₂ en época seca con respecto a la temperatura máxima	62
39.	Gráfico de correlación del CO ₂ en época de lluvia con respecto a la humedad relativa	62
40.	Gráfico de correlación del CO ₂ en época seca con respecto a la humedad relativa	63
41.	Gráfico de correlación del CO ₂ en época de lluvia con respecto a la velocidad del viento	63
42.	Gráfico de correlación del CO ₂ en época de lluvia con respecto a la dirección del viento	64
43.	Correlograma para las variables independientes y dependientes en símbolos y numericos	65



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Matriz de consistencia	76
2. Descarga de imágenes satelitales Landsat 5-8 de Google Earth Engine.	77
3. Evaluación de los bofedales en R.	78
4. Descarga de imágenes MODIS, productos PPB y PPN de CO ₂ .	79
5. Datos de variables climáticas	80
6. Supuesto de normalidad de datos por cada variable en R	89
7. Gráficos estadísticos en R	91
8. Analizas de la correlación: método “Pearson” en R	93



ACRÓNIMOS

BFA	: Biomasa Forestal Aérea
C	: Carbono
CO ₂	: Dióxido de Carbono
EOS	: Sistema Observación de la Tierra
EVI	: Índice de Vegetación Mejorado
GEE	: Google Earth Engine
GEI	: Gases de Efecto Invernadero
GPP	: Producción Primaria Bruta
HLZ	: Zonas de Vida de Holdridge
IB	: Índice de Bofedales.
ID	: Imágenes Digitales
LSU	: Fraccional de Píxeles Individuales
NASA	: Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio
NDII	: Índice Diferencia de humedad Normalizada
NDVI	: Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada
NDWI	: Índice de Diferencia Normalizada de Agua
NPP	: Producción Primaria Neta
OLI	: Captador Terrestre Operativo
SIG	: Sistema de Información Geográfico
SAVI	: Índice de Vegetación Ajustado al Suelo
TIRS	: Sensor Infrarrojo Térmico
TM	: Mapa Temático
TOA	: Luminosidad de la Parte Superior de la Atmósfera

RESUMEN

Los bofedales del Altiplano ofrecen importantes servicios ecosistémicos. El objetivo fue estimar la captura del CO₂ en bofedales con imágenes satelitales y su relación con el cambio climático en la cuenca Huancané, Puno 2010 - 2022. Se utilizó Google Earth Engine y R-Studio (v4.3.1), en lenguajes JavaScript y R. El método fue fraccional de píxeles individuales o Linear Spectral Unmixing (LSU), el estudio fue en época lluviosa y seca. Se usó imágenes satelitales misión Landsat: 5-8 para determinar el área de bofedales, corregidas de valores digitales a reflectancia (Ecuación del Índice de Bofedal, IB). La estimación el flujo del CO₂, fue con imágenes satelitales misión MODIS (GPP/NPP), los datos climatológicos y relación del CO₂ en bofedales, con el cambio climático con geo portal Power-NASA. Los resultados muestran disminución en áreas de bofedales (lluvia-seca), -109.43 km² y -85.6 km² (en 13 años), la tendencia es negativa representando 61,50% y 62,40% de pérdida. La captura del CO₂ en bofedales ha disminuido en época lluviosa y seca -16,994 kg*C/m² y -12,012 kg*C/m² en 13 años, la tendencia es negativa (-), representando 68,40% y 60,30% de variación. Se concluye, por la prueba estadística, haber obtenido valores significativos (> 0.05), de que los bofedales y la captura del CO₂ han disminuido, en referencia al descenso de las precipitaciones, al aumento de las temperaturas máximas y mínimas, al descenso de la humedad relativa y al aumento de la velocidad y dirección de los vientos.

Palabras clave: Bofedales, Dióxido de carbono, Google Earth Engine, Imágenes satelitales, Índices espectrales.

ABSTRACT

The Bofedales of the Altiplano offer important ecosystem services. The objective was to estimate the capture of CO₂ in Bofedales with satellite images and its relationship with climate change in the Huancané Basin, Puno 2010 - 2022. Google Earth Engine and R-Studio (v4.3.1) were used, in JavaScript and R languages. The method was fractional of individual pixels or Linear Spectral Unmixing (LSU), in rainy and dry seasons. Landsat mission: 5-8 satellite images were used for the Bofedal area, corrected from digital values to reflectance (Bofedal Index Equation, IB). The CO₂ flow was estimated with satellite images from the MODIS mission (GPP/NPP), climatological data and relationship of CO₂ of Bofedales with climate change with Power-NASA geo portal. The results show a decrease in the area of Bofedales (rain-dry), -109.43 km² and -85.6 km² (in 13 years), the trend is negative representing 61.50% and 62.40% loss. The capture of CO₂ in Bofedales has decreased in rainy and dry seasons -16,994 kg*C/m² and -12,012 kg*C/m² in 13 years, the trend is negative (-), representing 68.40% and 60.30% of variation. It is concluded, through the statistical test, to have obtained significant values (> 0.05), that the Bofedales and the capture of CO₂ have decreased, in reference to the decrease in precipitation, the increase in maximum and minimum temperatures, the decrease in relative humidity and the increase in wind speed and direction.

Keywords: Bofedales, Carbon dioxide, Google Earth Engine, Satellite images, Spectral indices.



Dr. Edmundo G. Moreno Terra
PROFESOR PRINCIPAL
UNA - PUNO

INTRODUCCIÓN

La zona de investigación se sitúa en la región sur del territorio peruano, en el departamento de Puno. La cuenca Huancané tiene un área de 3.633,52 km² y un rango de elevación de 5.059 m.s.n.m. en el cerro Surupana a 3.806 m.s.n.m. en la estación hidrométrica de puente Huancané. Los bofedales en la cuenca Huancané están sufriendo una reducción de su área, debido a la ausencia de precipitaciones y al aumento de temperaturas, todo este efecto desencadena la liberación del CO₂, suscitándose de la misma manera el cambio climático (Brito et al., 2017).

Los bofedales capturan el CO₂ de la atmósfera y por tanto, contribuyen a la regulación del cambio climático. Cuando disminuyen los bofedales, ese efecto beneficioso se pierde y el carbono almacenado en los bofedales se libera en la atmósfera agravando el efecto invernadero, a lo que llamamos el cambio climático (Quinteros, 2022).

Le propósito de la investigación es evaluar el área y la captura del CO₂ en humedales y su incidencia con el cambio climático en la cuenca Huancané mediante la plataforma geomática Google Earth Engine (2010-2022). Así mismo el conocimiento de la reducción de los bofedales y la liberación del CO₂ capturado, también sumarlo al cambio climático, esto permitirá prever, planificar, sensibilizar y preparar al gobierno peruano, dentro de ellas autorizando sus instituciones competentes con respecto al tema.

Así, el actual estudio de investigación se llevó a cabo debido al empleo de metodologías novedosas de aplicación e investigación, en el tema de estimación del CO₂ en los bofedales de la cuenca Huancané, y efectos del cambio climático, de tal manera que los gobernantes o instituciones, tomen en cuenta y puedan prevenir la desaparición de los bofedales y en ellas poder almacenar el carbono.

La investigación fue no experimental porque se basaba en observar los acontecimientos tal y como suceden en su entorno natural, gracias al método de teledetección con las herramientas geomáticas Google Earth Engine y el software R-Studio (v4.3.1), para después analizarlos, las correlaciones de las variables, porque se ha medido la captura y el área.

La investigación consta de cuatro capítulos:

En el Capítulo I, se muestra la revisión literatura que sustenta la investigación, donde se define los principales conceptos y se indican los antecedentes que guardan relación con el tema de investigación y objetivos de la investigación, desde una perspectiva internacional, nacional y local.

En el Capítulo II, se aborda el planteamiento del problema de la investigación, desde una perspectiva global, nacional y local, también se indican las justificaciones, donde responde la investigación que tan relevante es la misma, de igual manera se indican los objetivos de acuerdo al título de la investigación, por último, se presentan las hipótesis que se han sugerido para la comprobación del estudio, mediante estadísticas.

En el Capítulo III, se generó el desarrollo de la parte metodológica, de la evaluación del área y la captura del CO₂ en bofedales y su relación con el cambio climático en la cuenca Huancané mediante la plataforma geomática Google Earth Engine (2010-2022), también el capítulo se aprecia la población y el tamaño de la muestra seleccionado, así mismo de detalla la parte metodológica por cada objetivo específico y por último se detalla la parte de los modelos de supuestos y estadísticos.

En el Capítulo IV, se exponen el análisis estadístico, las conclusiones del estudio y los resultados para los 3 objetivos específicos de la investigación, donde también se incluyen las tablas y figuras muestran los resultados estadísticos obtenidos para respaldar las afirmaciones planteadas. Además, se incluyen las conclusiones correspondientes. por cada objetivo específico, recomendaciones, por cada objetivo específico, también están incluidas las bibliografías de acuerdo al tema de la investigación y por último se muestra el anexo donde comprenden los instrumentos para el desarrollo de la investigación.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 Marco teórico

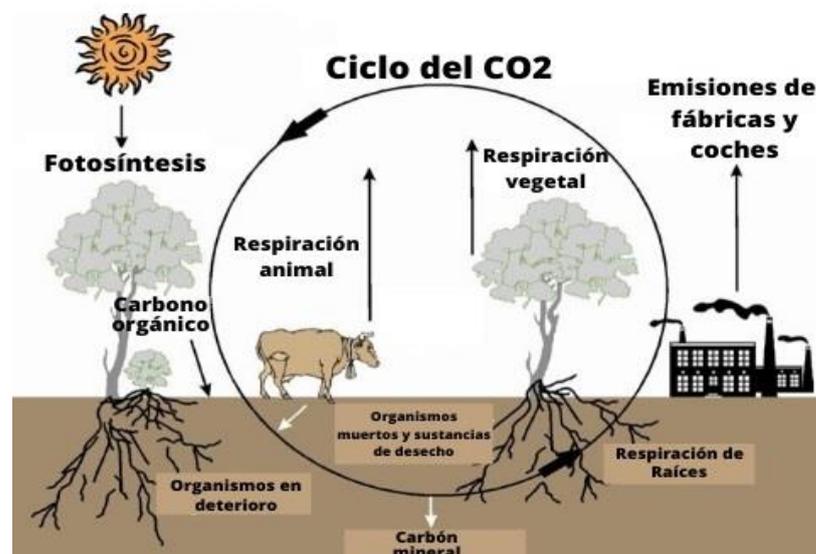
1.1.1 Dióxido de carbono (CO₂)

Un átomo de carbono y dos de oxígeno que forman enlaces covalentes para generar este gas incoloro e inodoro. De hecho, el CO₂ forma parte de la naturaleza y es necesaria para la vida en nuestro planeta. De no existir el CO₂ las plantas no existirían, ya que éstas lo necesitan para realizar la fotosíntesis (Pacheco, 2020).

Dado que el CO₂ es un gas que todos los seres vivos exhalan al respirar, en realidad no es peligroso en el sentido de causar lesiones o envenenamiento cuando se inhala. Se encuentra de forma natural en el aire ambiente en concentraciones que varían entre 300 ppm a 550 ppm dependiendo de si medimos en entornos rurales o urbanos (Howard et al., 2020).

Figura 1

Ciclo de dióxido de carbono



Nota. Elaborado por Tafur et al. (2022).

El dióxido de carbono (CO₂) es uno de los componentes del ciclo biogeoquímico que transporta el carbono entre las capas de la atmósfera, los mares y

las reservas terrestres. Esto hace posible el reciclaje de los átomos de carbono y el mantenimiento de la vida en la Tierra (Rivera, 2015).

La respiración de las plantas libera una parte del CO₂ de vuelta a la atmósfera, o lo que se conoce como "exhalación". Los animales que consumen plantas descomponen las moléculas de azúcar de las plantas para producir energía. Liberan parte del CO₂ a la atmósfera a través de sus procesos de respiración, excreción y descomposición (Quinteros, 2022).

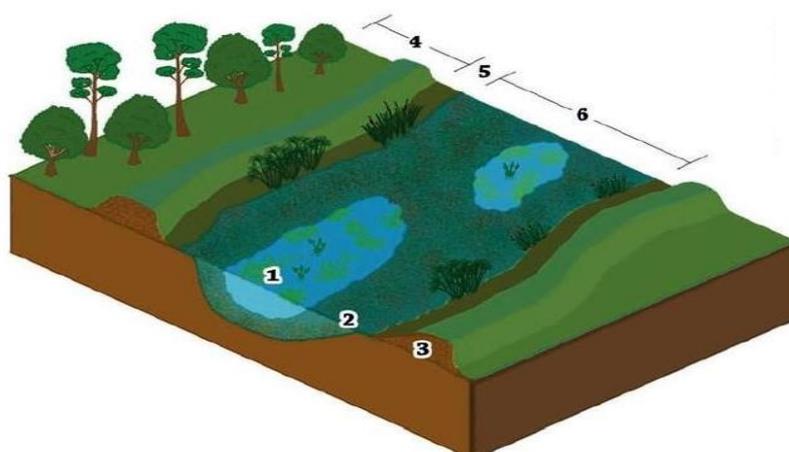
1.1.2 Bofedales altoandinos

Este tipo de medio andino hidro mórfico presenta una flora herbácea hidrófila y puede encontrarse en los Andes en suelos llanos, ligeramente inclinados o llenos de depresiones que están continuamente inundados o saturados de agua corriente. También se puede encontrar "turba" profunda en suelos orgánicos. (Carrasco et al., 2020).

Se trata de hábitats esenciales para los biomas de la puna y los altos andes. Estos ecosistemas son oasis en el desierto árido del altiplano, por lo cual son la fuente de agua y comida para los animales silvestres y las poblaciones humanas que habitan la región (Chimner et al., 2020).

Figura 2

Esquema de un bofedal alto andinos



Nota. Elaborado por Chimner et al. (2020).

Según Chimner et al. (2020), en el esquema nos muestra que el 1: es la transparencia de agua, 2: región colmatado, 3: Jarillón, 4: área terrestre, 5: sector de borde con o sin Jarillón, 6: área permanente inundada.

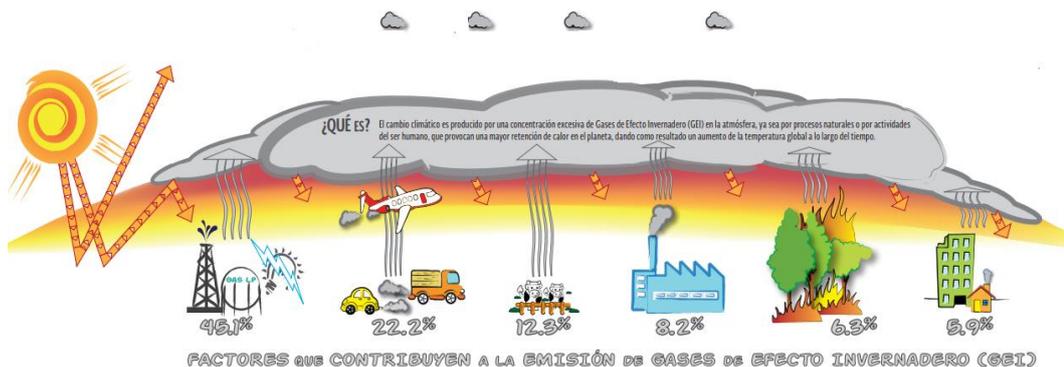
1.1.3 Cambio climático

La amplia alteración de la temperatura de la Tierra provocada tanto por fuentes naturales como humanas se denomina "cambio climático". La causa principal de esta variación es la actividad humana, que incluye otros procesos industriales, agrícolas y de transporte, además de otros factores como la combustión de combustibles fósiles y la tala de bosques, que hacen que la atmósfera retenga más calor del sol, el "efecto invernadero" es el nombre que recibe este último atributo. Entre los gases que producen dicho efecto se encuentran el dióxido de carbono, el óxido nitroso y el metano (González et al., 2020).

Dentro de las consecuencias en curso que ha originado el calentamiento global, están el aumento de la temperatura media, modificación de los patrones de lluvia, nieve, alza del nivel del mar, reducción de la superficie cubierta por nieves y glaciares, tormentas y sequías (Segado et al., 2020).

Figura 3

Cambio climático



Nota. Elaborado por Segado et al. (2020).

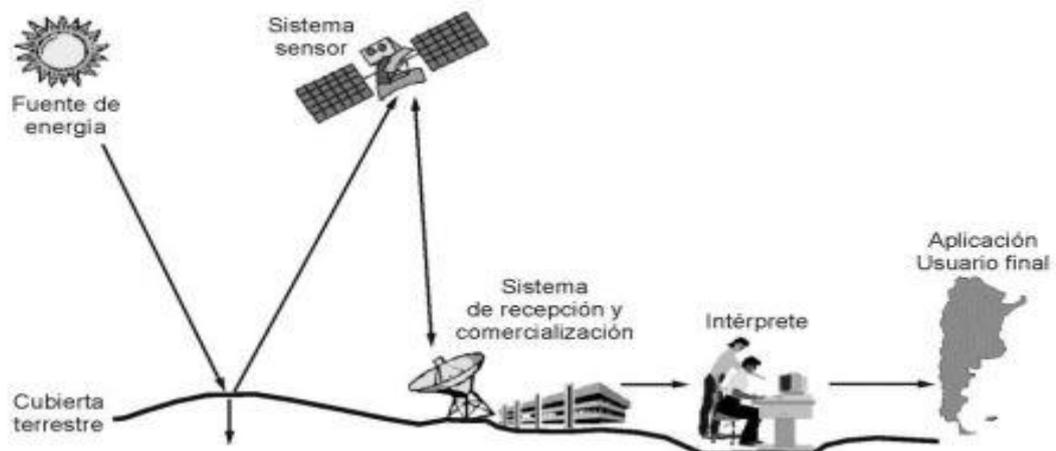
1.1.4 Teledetección

Es la ciencia que permite identificar o analizar sin contacto las propiedades de los objetos de interés (Flores, 2019).

Mediante una técnica llamada teledetección, se puede obtener información sobre objetos lejanos sin necesidad de tocarlos físicamente. La presencia o creación de campos de fuerza entre el dispositivo sensor y el objeto identificado lo hace posible (Logroño et al., 2020).

Figura 4

Sistema de teledetección



Nota. Elaborado por Logroño et al. (2020).

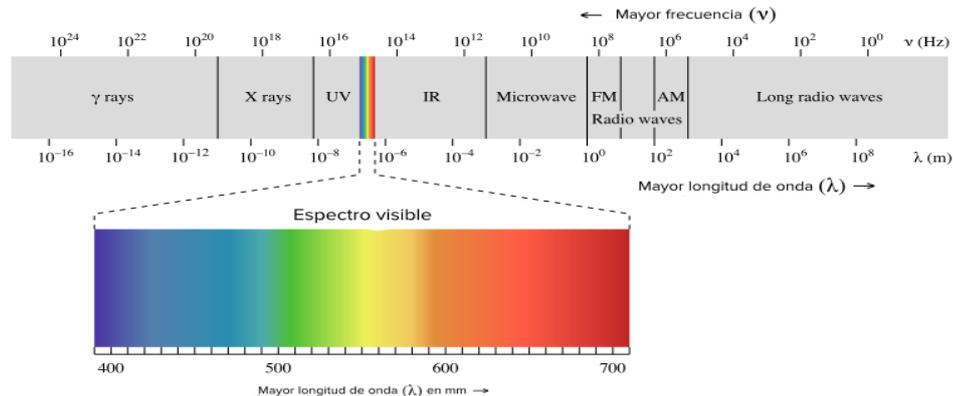
A. Espectro electromagnético

Varios sensores a bordo de satélites de teledetección pueden detectar la luz visible, como la que captan las fotos de las cámaras, pero también pueden captar radiaciones invisibles para el ojo humano, como la luz infrarroja y las ondas de radar (Álvarez et al., 2017).

La medición de la radiación electromagnética, o energía emitida por un objeto o material, es la base de todas las imágenes a distancia.

Figura 5

Espectro electromagnético



Nota. Elaborado por Rodríguez, (2015).

B. Firma espectral

Todos los materiales y objetos emiten energía dentro de un espectro, a veces denominado firma espectral, que es una gama de longitudes de onda. Por ello, incluso a enormes distancias, es posible distinguir entre los numerosos materiales presentes en la superficie terrestre (Aguirre, 2015).

Los sensores a bordo de satélites ofrecen una ventaja significativa sobre otros sistemas de observación remota de la Tierra porque pueden medir la energía en una amplia gama de longitudes de onda (Salazar, 2017).

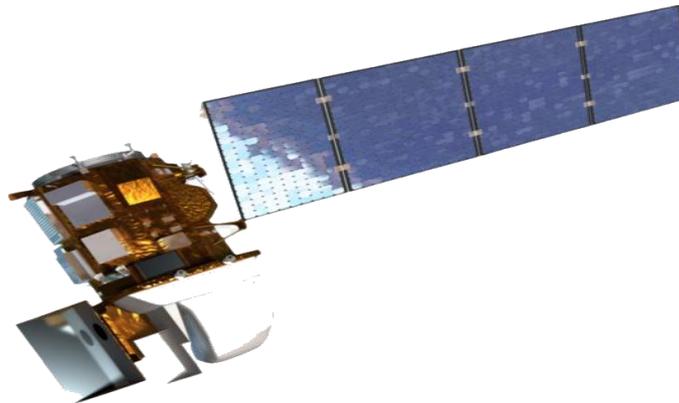
1.1.5 Imágenes satelitales

A. Landsat 5 (TM)

Las bandas 1 a 5 y la banda 7 de las imágenes Landsat 5 Thematic Mapper (TM) poseen cada una una resolución espacial de treinta metros. La banda infrarroja térmica 6, tiene una resolución espacial de 120 metros, re muestreada a 30 metros/píxel. El tamaño aproximado de la escena es de 170 km de norte a sur por 183 km de este a oeste (Claverie et al., 2015).

Figura 6

Satélite Landsat L5



Nota. Elaborado por USGS, (1998).

Tabla 1

Resultado espectral Landsat L5

Sensor	Número de banda	Nombre de banda	Longitud de onda (μm)	Resolución (m)
5-MT	1	Azul visible	0,45 – 0,52	30
5-MT	2	Verde visible	0,52 – 0,60	30
5-MT	3	Rojo visible	0,63 – 0,69	30
5-MT	4	NIR	0,76 – 0,90	30
5-MT	5	SWIR 1	1,55 – 1,75	30
5-MT	6	Térmico	10.40 – 12.50	30
5-MT	7	SWIR 2	2,08 – 2,35	30

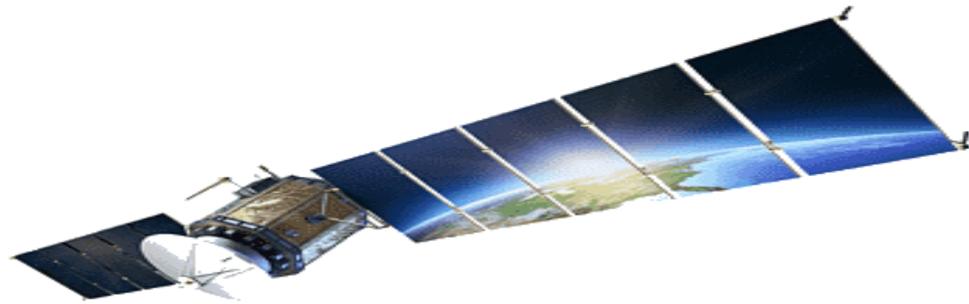
Nota. Elaborado por USGS, (1985).

B. Landsat 8

Landsat 8 recoge datos en 11 bandas procedentes de dos sensores distintos: el Operational Land Imager (OLI) y el Thermal Infrared Sensor (TIRS), a diferencia de los satélites anteriores, que sólo llevaban un sensor. (Pacheco, 2020).

Figura 7

Satélite Landsat 8



Nota. Elaborado por USGS, (2014)

Hay nueve bandas espectrales en las emisiones de los sensores Thermal Infrared Sensor (TIRS) y Landsat 8 Operational Land Imager (OLI). Las bandas 1 a 7 y 9 tienen una resolución espacial de treinta metros. Los estudios de la orilla del mar y de los aerosoles se benefician de la nueva banda 1 (ultra - azul). Cuando se buscan cirros, la nueva banda 9 resulta útil. Las bandas térmicas 10 y 11, que se recogen con una resolución de 100 metros, y la banda 8 (pancromática) tienen una resolución de 15 metros, son útiles para suministrar temperaturas de superficie más precisas. El tamaño aproximado de la escena es de 170 km de norte a sur por 183 km de este a oeste (Ghaleb et al., 2015).

Tabla 2

Definición espectral de las imágenes Landsat 8

Bandas	Nombre	Longitud de Onda (μm)	Resolución (m)
1	Aerosol Costa	0.43 - 0.45	30
2	Azul	0.45 - 0.51	30
3	Verde	0.53 - 0.59	30
4	Rojo	0.64 - 0.67	30
5	NIR	0.85 - 0.88	30
6	SWIR 1	1.57 - 1.65	30
7	SWIR 2	2.11 - 2.29	30
8	Pancromática	0.50 - 0.68	15
9	Cirrus	1.36 - 1.38	30
10	TIRS 1	10.60 - 11.19	100
11	TIRS 2	11.50 - 12.21	100

Nota. Elaborado por USGS, (2014).

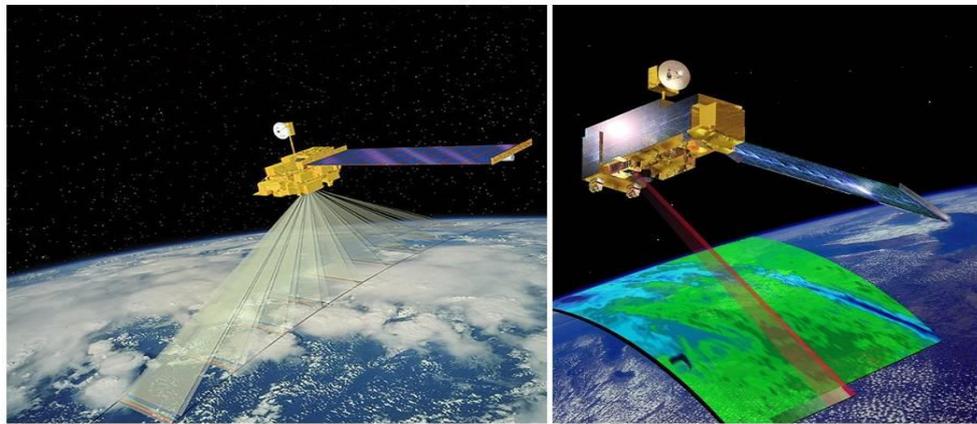
C. Modis (Mod 17)

MODIS Producción Primaria Bruta (GPP)/Producción Primaria Neta (PNP)

Es proporcionar estimaciones continuas de la producción primaria bruta/neta (GPP/NPP) en toda la superficie terrestre con vegetación de la Tierra. Los resultados de MOD17 GPP/NPP son útiles para la gestión de recursos naturales y tierras, el análisis del ciclo global del carbono (Platnick et al., 2017).

Figura 8

Satélite de la misión MODIS



Nota. Elaborado por Terra y Nasa, (2014).

Los productos de producción primaria están diseñados para proporcionar una medida periódica precisa del crecimiento de la vegetación terrestre. La producción se determina calculando primero un valor neto diario de fotosíntesis que luego se compone en un intervalo de observaciones de ocho días durante un año. El producto es un compuesto acumulativo de valores GPP basados en el concepto de eficiencia en el uso de la radiación que puede usarse como entrada para modelos de datos para calcular la energía terrestre, el carbono, los procesos del ciclo del agua y la biogeoquímica de la vegetación (Leeuw et al., 2019).

Tabla 3

Resolución espectral del producto MOD

Nombre del producto	Terra Prod ID/ Enlace DAAC	Resolución (m)
Productividad primaria bruta 8 días L4 Global 1 km	MOD17A2H	500
Producción Primaria Neta Anual L4 Global 1km	MOD17A3HF	500

Nota. Elaborado por MOD, (1985).

1.1.6 Sistema de información geográfica

El término general para una serie de normas relacionadas, pero no relacionadas es SIG. Por un lado, se utiliza para consultar el programa informático o software utilizado para controlar los mapas, y esta es la sensación con la intención de ser utilizado en esas notas (Da Silva & Cardozo, 2015).

Un sistema de datos geográficos o SIG, es un marco para recopilar, analizar e interpretar datos, basado en la creación geográfica, el SIG combina muchos métodos estadísticos. Analiza áreas y organiza capas de datos especiales para su visualización mediante mapas y escenarios tridimensionales (Da Silva & Cardozo, 2015).

A. Google Earth Engine (GEE)

Una plataforma para analizar datos medioambientales a escala planetaria es Google Earth Engine (GEE). Recopila más de 40 años de imágenes globales por satélite, tanto históricas como actuales, y ofrece la capacidad de procesamiento y los instrumentos analíticos necesarios para examinar y extraer información de este enorme volumen de datos. Entre una de sus aplicaciones es detección de cambios de la cubierta terrestre (Google, 2016).

GEE es una tecnología paralela masiva para el procesamiento de alto rendimiento de los datos geoespaciales, y alberga una copia de todo el catálogo de imágenes Landsat y otras imágenes (Venturino et al., 2014).

La GEE se utilizó principalmente en este trabajo para señalar alteraciones temporales y espaciales en los ecosistemas y las zonas que los rodean, como lagunas y humedales, con alternativa al tradicional tratamiento digital de imágenes (ID) mediante software comercial o libre.

B. Software R-Studio

El entorno de desarrollo del lenguaje de programación R se centra en el análisis estadístico y la creación de gráficos.

R ofrece un editor de sintaxis, herramientas para crear gráficos, una consola interactiva y funciones para administrar el espacio de trabajo son características esenciales en el entorno de desarrollo de R. y ejecución sencilla de código.

1.2 Antecedentes

1.2.1 Internacionales

Salazar et al. (2018) en Cantón Limón Indanza (Ecuador), con el objetivo de determinar la eficacia de los bosques para prestar servicios ecológicos y mantener las funciones de los ecosistemas, reportaron: que las 118 ha de bosque contienen 13 521 m³, o 115 m³ 160 /ha de madera, compuesta en gran parte por plantas de la familia *Melastomataceae*, entre ellas *Miconia sp.* Se han almacenado 4.835 t de carbono, lo que equivale a 41 t/ha. La *Miconia sp.* es la especie con el máximo almacenamiento de carbono (8 t/ha), y la familia *Melastomataceae* tiene el mayor contenido de carbono (13 t/ha).

Aguirre et al. (2018) en el Parque Universitario Francisco Vivar Castro de Loja, Ecuador, con el fin de estimar la cantidad de carbono almacenado en los estratos arbóreo, arbustivo, herbáceo y necromásico, así como conocer la composición florística de la zona, reportaron: las densidades básicas de cada especie y se multiplicó por 0,5 para determinar la cantidad total de carbono. Los resultados revelaron 92 especies en total, de las cuales 24 son herbáceas, 33 son árboles y 35 son arbustos. En una hectárea de bosque andino, que incluye árboles, arbustos, hierbas y necromasa, la cantidad total de carbono fijado es de 42,29 mg*C/ha; en las

12,93 ha de bosque existente, la cantidad total de carbono fijado sería de 546,86 mg*C/ha.

Tafur et al. (2022) en las amazonas de (Colombia), con el objetivo de describir y comparar diferentes técnicas no destructivas del cálculo de biomasa forestal aérea (BFA), como la teledetección y los modelos alométricos, reportaron: que los modelos alométricos son el método no destructivo más preciso para calcular la BFA, pero dependiendo de la plataforma, la aplicación de la teledetección ofrece mejores beneficios en términos de resolución temporal, resolución espacial y libre disponibilidad para estudios de biomasa.

Rivera (2015) en el municipio de San Blas (México), con el objetivo de evaluar las reservas de carbono en la biomasa aérea del bosque de manglar en el sistema estuarino San Cristóbal, San Blas, Nayarit, reporto: la conservación y el uso sostenible de todos los recursos naturales, especialmente bosques, selvas y todo tipo de flora, es una de las soluciones sugeridas, ya que es una forma barata de reducir la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera. Según los datos, hay 2455,06 mg*/ha en biomasa y 1.138,96 mg*C/ha en reservas de carbono

Perea et al. (2021) en los bosques altoandinos de Boyacá (Colombia), con el objetivo de determinar la biomasa aérea (BSA) y el carbono (C) en los bosques del santuario de flora y fauna Iguaque (SFFI), Boyacá, Colombia, con uso de la teledetección, reportaron: índices de vegetación (NDVI, SAVI y EVI) derivados de dos imágenes Landsat 8 OLI en época seca y lluviosa del 2016. Resulto: el mejor modelo (R^2 ajustado = 0,79 y error cuadrático medio = 17,1 mg/ha) se basó en el NDVI durante la estación seca, los bosques SFFI retuvieron una media de 36,6 mg*C/ha. Además, los bosques recogieron de la atmosfera 163 mil millones de gramos (g) de CO₂ en forma de emisiones, para evitar el cambio en el ambiente.

Rojas (2019) en el departamento de Antioquia (Colombia), cuyo objetivo principal fue cuantificar las emisiones de GEI generados en el embalse de Rio grande II localizado en el norte del departamento de Antioquia, reporto: que los sistemas remotos como la teledetección, en este caso, con los productos MODIS-Terra son muy útiles. La correlación entre los flujos calculados a partir de la teledetección, las temperaturas superficiales adquiridas del satélite MODIS-Terra, se alcanzó tras este proceso, y fue de $R^2 = 0,71$, lo que indica que los resultados fueron adecuados. En

general, Se descubrió que utilizando las temperaturas superficiales registradas por MODIS-Terra, los modelos desarrollados para este estudio pueden ser utilizados para estimar los flujos difusivos de este biogás ($F(\text{CO}_2)$) en el depósito RGII.

Brito et al. (2017) en el municipio Petrolina (Brasil), el objetivo del presente estudio es analizar el secuestro de carbono en áreas de caatinga del municipio de Petrolina, mediante técnicas de teledetección. Con la ayuda de imágenes del sensor MODIS, referidas al producto MOD 17, esto incluye los valores aproximados de la Producción Primaria Neta (PPN) y la Producción Primaria Bruta (PPB), reportaron: la temporada de lluvias, en las áreas de caatinga mostraron mayores valores de asimilación total (hasta 160 g C/m^2 en enero de 2011) y secuestro de carbono, mientras que al final del periodo seco se registraron valores inferiores a 20 g C/m^2 . En cuanto al total anual, en 2011 las áreas de caatinga preservada junto con la agricultura de regadío presentaron los valores más altos de PPB ($> 900 \text{ g C/m}^2$), mientras que en 2012 el PPB de las áreas de caatinga varió, en general, de 500 a 600 g C/m^2 , y algunas zonas alcanzan los 700 g C/m^2 . La PPN, es decir, el secuestro de carbono, osciló 248 entre 500 y 700 g C/m^2 en 2011 y entre 100 y 400 g C/m^2 en 2012.

1.2.2 Nacionales

Pamo y Oscco (2022) en la comunidad de Ancomarca (Tacna), con el objetivo de analizar el cambio en la superficie de humedales de la comunidad de Ancomarca entre 1990 y 2021. Descubrieron que, en el transcurso de un periodo de evaluación de 31 años, la superficie de humedales disminuyó en 77,94 ha, o una tasa de variación anual del -0,42%, hasta 629,01 ha y 551,07 ha, respectivamente. El cambio climático, el pastoreo excesivo y la sobreexplotación de las aguas subterráneas pueden ser factores que contribuyan a la disminución de la superficie bofedal.

Chávez (2021) en la comunidad de Laupay del distrito de Santillana (Ayacucho), donde el objetivo fue evaluar la influencia antrópica en la captura de carbono por los pastizales naturales del distrito de Santillana (Laupay), Ayacucho, reporte: el escenario A (pastizales con alta perturbación) tiene la capacidad de capturar en promedio 7.8 t C/Ha , mientras que el escenario B (pastizales de baja perturbación) puede capturar en promedio 12.7 t C/ha . Expresado en términos

porcentuales, Dado que el escenario A sólo es capaz de secuestrar el 24% del carbono que el escenario B, la actividad humana afecta negativamente a la capacidad de los pastizales naturales de la comunidad de Laupay para almacenar carbono (C).

De La Cruz y Gamarra (2021) en el área protegida vida silvestre Laquipampa (Lambayeque), el propósito del proyecto es examinar cómo, entre 1990 y 2020, la variabilidad atmosférica ha impactado la cobertura vegetal del Refugio de Vida Silvestre Laquipampa, obtuvieron: las características atmosféricas en la zona de estudio durante los 30 años anteriores, registraron un aumento anual de las precipitaciones de 0,6 mm, un incremento de la temperatura de 0,05 °C y un aumento de las emisiones de CO₂ de 30 kt/año. Además, observaron una disminución de los arbustos y del suelo desnudo, con tasas de cambio de -0,32 y -0,31, 291 respectivamente. La relación RHO Spearman reveló correlaciones significativas entre las categorías vegetación dispersa CO₂ (0,607), vegetación dispersa/vapor de agua (0,593), y bosque montano subhúmedo/precipitación (0,786) y matorral semiárido/vapor de agua (-0,778), entre otras, lo que demuestra que la variabilidad atmosférica tiene un efecto inmediato y directo sobre la cubierta vegetal.

Chirinos (2023) en la cuenca del río Cabanillas (Puno), el objetivo de la presente investigación fue determinar la incidencia de la variabilidad climática y los cambios de cobertura de la tierra en la disponibilidad de los caudales naturales de la cabecera de la cuenca del río Cabanillas, reporto: el efecto de El Niño Oscilación del Sur (ENOS) afecta a la variabilidad de la temperatura, a la disminución de las precipitaciones y a los caudales naturales. Además, no se encontraron cambios sustanciales en la cubierta del suelo, lo que indica que el impacto del cambio de la cubierta del suelo sobre los caudales naturales no es especialmente destacable.

Chanta (2019) en el distrito Huaros (Lima), la presente investigación tiene como objetivo determinar los posibles escenarios climáticos y su influencia en la extensión del bofedal Escotacay al 2030, reporto: los escenarios climáticos para la precipitación neta en el distrito de Huaros del 2019 al 2030, así como sus fluctuaciones porcentuales en base a la línea de tendencia, los cuales tienen un impacto directo en la extensión que puede alcanzar el humedal de Escotacay. De ello se desprende que la expansión del humedal Escotacay se beneficiará directamente

del incremento de la precipitación neta, lo que se traducirá en un mayor volumen de agua aportada en los años siguientes.

Paredes (2023) en el distrito de Paras (Ayacucho), el objetivo principal de este estudio fue evaluar las propiedades fisicoquímicas de las aguas superficiales del humedal Guitarrachayoc, reporto: los valores de pH de 3,0 a 6,8 fueron encontrados en la quinta y tercera estaciones permanentes, respectivamente, en los sistemas lénticos, mientras que valores de pH de 3,0 a 6,8 fueron encontrados en la quinta y tercera estaciones permanentes, respectivamente, para la conductividad presentaron valores de 43,3 microsiemens por centímetro (S/cm). Mientras que el sistema léntico tenía pH, el sistema lótico presentaba valores de conductividad que oscilaban entre 138,6 S/cm y 157,3 S/cm y no mostraban variaciones significativas.

Justo (2023) en Huarochirí (Lima), cuyo objetivo es determinar cómo se ven afectadas las superficies de los humedales de Huanza por la temperatura y las precipitaciones, reporto: los humedales de Huanza se redujeron de 5,6 km² a 2 km², una pérdida del 64% con una tasa de variación anual de 0,068 km²/año. Esta reducción de tamaño también se reflejó en la variabilidad climática, que registró un descenso de las precipitaciones a 0,046 mm/año y un aumento de la temperatura media a 0,052 °C/año.

Huamán (2022) en la microcuenca de Pomacochas y Ventilla (Amazonas), con el objeto de evaluar la composición florística y degradación espacial de pastizales en las microcuencas ganaderas de Pomacochas y Ventilla, reporto: el índice de vegetación normalizado (NDVI) es muy relevante, sobre todo en los métodos que se consiguieron diferenciar entre cuatro niveles de degradación: S4-Fuerte (PVC, 40%), S3-Moderada (PVC, entre 40-50%), S2-Ligera (VPS3, entre 50-60%), y S1-No degradada (PVC, >60%). Los pastizales de las microcuencas se clasificaron como degradados, moderadamente degradados o ligeramente degradados basándose en una evaluación visual, y las características fisicoquímicas de los suelos se determinaron utilizando los parámetros de validación.

Machuca y Uzquiano (2021) en la microcuenca Acocancha (Lima), tuvo como objetivo principal determinar el estado de salud de bofedales mediante teledetección en la microcuenca de Acocancha-Lima 2021, reportaron: el Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), Índice diferencial normalizado de

agua (NDWI) derivados de las imágenes satelitales Landsat 8 de los años 2013, 2017 y 2019 en épocas secas y húmedas en el software ENVI. El NDVI de los periodos establecidos se determinó mediante fotos de satélite, El rango del NDWI fue de 0 a 1, con un valor máximo de 0,081. El NDWI osciló entre un valor mínimo de 1 a 1 y un valor máximo de -1 a 0,009, lo que tiene sentido dado que los humedales sirven como principal suministro de agua para los habitantes de Huaros y el río Chillón. Esto sugiere que es necesario restaurar y conservar los humedales porque han disminuido.

Mamani (2021) en la laguna Paucarani (Tacna), con el objetivo de determinar la relación entre los índices de vegetación y el cambio climático, haciendo una evaluación multitemporal de imágenes Landsat durante el periodo 1972 - 2018, en la laguna Paucarani – Tacna, reporto: el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) y el índice de agua de diferencia normalizada (NDWI) para los años 1986, 1995, 2010 y 2018, muestran que los valores medios de NDVI son más elevados, con valores iguales o superiores a 0,1, que corresponden a los meses de diciembre a mayo. Por el contrario, los valores típicos de NDVI caen en julio y agosto, oscilando entre 0,078 en 1986 y 0,065 en 2018. Los datos de temperatura máxima media anual mostraron valores superiores en 0,42 grados centígrados a la media de 12,92 grados centígrados para el 2010. Se confirmó que estos valores son prácticamente uniformes a lo largo de los años examinados.

1.2.3 Locales

Maldonado y Aparicio (2021) Con el fin de estimar la capacidad de almacenamiento de carbono de los macrófitos de la bahía interior del lago Titicaca (Puno), se realizó un estudio. Para ello se reportó biomasa, carbono, CO₂, pH, temperatura, profundidad y transparencia de *Schoenoplectus tatora*, *Potamogeton strictus*, *Myriophyllum elatinoides* y *Elodea potamogeton*; *P. strictus* tuvo un porcentaje del 47,4%, *M. elatinoides* del 47,5%, *S. tatora* del 55% y *E. potamogeton* del 48%. Basándose en los datos, se determinó que *S. tatora* tenía la mayor capacidad máxima con 1.276 g.m², seguida de *M. elatinoides* con 298,8 g.m², *E. potamogeton* con 313,7 g.m² y *P. strictus* con 84,5 g.m², son las especies que más carbono capturaron. Estos resultados estuvieron más influidos por la profundidad y la transparencia.

Diaz et al. (2023) en la cordillera de Carabaya (Puno), con el objetivo de evaluar del cambio climático sobre los ecosistemas de montaña en la cordillera Carabaya, reportaron: nueve zonas de vida de Holdridge (HLZ), siendo la tundra (14,6%), el bosque montano húmedo (20,3%) y la pampa (41,2%) las más extensas. Las HLZ y el mapa ecológico peruano fueron altamente concordantes (índice Kappa: 0,83). Los ecosistemas que se encuentran en las HLZ de Nival, Tundra y Páramo serían los más afectados por el cambio climático (CC), disminuyendo en -96,1, -92,7 y -33,9% para 2050 y -98,8, -99,2 y -71,7% para 2070, respectivamente, a medida que se desplazan a mayores altitudes. En cambio, los ecosistemas del bosque húmedo montano aumentarían un +86,8%.

Mamani y Mamani (2019) en el distrito de Putina (Puno), con el propósito de ubicar sumideros de carbono en el suelo que almacenan dióxido de carbono: Puya de Raimondi, Pajonal con Chillihuales y Bofedal en el caserío Bellavista, distrito de Putina, departamento de Puno, reportaron: que no hay diferencias significativas entre los sumideros ($p = 0,012 > p = 0,01$), pero sí las hay en las profundidades ($p = 0,005$ $P = 0,01$), Según la prueba de Duncan, los tres sumideros con mayor secuestro de dióxido de carbono fueron los bofedales del Pajonal, Chillihuales y Puyas de Raimondi, con valores de 501,96 (44%), 442,05 (39%) y 187,68 (17%) t CO₂/Ha, respectivamente.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Identificación del problema

A escala global, el efecto invernadero es el principal impulsor del cambio climático. La atmósfera terrestre contiene CO₂ que atrapa el calor solar e impide que escape al espacio, como el cristal de un invernadero. Este es un proceso normal, sin embargo, el problema es el incremento de gases invernadero, entre ellos el CO₂, provocando así el calentamiento global. Los gases de efecto invernadero se producen de forma natural, pero, se incrementan debido a las actividades antropogénicas como la tala y quema de bosques, conjuntamente con problemas de agricultura, minería intensiva y migratoria que persisten en el planeta (Salazar, 2017).

La consecuencia del cambio climático en el planeta es preocupante por los cambios negativos que están sufriendo diversos ecosistemas. A su vez, esto conlleva a la liberación de CO₂ incrementándose el calentamiento global.

En el Perú, como en la mayoría de países, el aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero es lo que provoca el cambio climático. En condiciones de niveles normales de gases de efecto invernadero, es un proceso que se produce de forma natural cuando el calor de los rayos solares permanece sobre la tierra. Esto ha mantenido la temperatura del planeta y permitido la existencia de la vida. Sin embargo, el incremento de gases, a medida que aumenta la temperatura del planeta debido al CO₂ en la atmósfera, conocido como calentamiento global. Particularmente, el principal gas de efecto invernadero emitido por el ser humano es el dióxido de carbono (CO₂) como resultado de la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) utilizados para la producción de energía y el transporte (Chávez, 2021).

El efecto del cambio climático en el Perú es principalmente preocupante debido a las consecuencias de cambios que está sufriendo la amazonia con la deforestación, minería, agricultura y sobrepoblación, todas esas actividades registradas esta conllevado al incremento de la liberación del CO₂, generando el cambio del clima ambiental en el territorio peruano (Diaz et al., 2023).

Existen muchos ecosistemas que hacen frente al fenómeno del calentamiento global. La actividad de la vegetación es fundamental en el proceso. En la cuenca Huancané, uno de esos ecosistemas son los bofedales, ecosistemas muy particulares del altiplano. Estos ecosistemas, a pesar de su importancia, se cree que el drenaje, la urbanización, la agricultura, la construcción de presas, el sobrepastoreo, el desarrollo de carreteras y la contaminación han reducido su capacidad de ofrecer bienes y servicios medioambientales.

Los humedales contribuyen a la regulación del clima absorbiendo CO₂ de la atmósfera. Este impacto positivo se pierde al desaparecer los humedales, y el carbono que almacenan se libera a la atmósfera, intensificando el efecto invernadero.

2.2 Enunciados del problema

2.2.1 Problema general

- ¿Cuál es el área de los bofedales de la cuenca Huancané y la cantidad de CO₂ que éstos capturan del ambiente y cómo es su relación con el cambio climático en la cuenca Huancané, en el periodo 2010-2022?

2.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es el área de los bofedales de la cuenca Huancané en la época lluviosa y seca en el periodo 2010 - 2022?
- ¿Cuál es la captura del CO₂ en los bofedales de la cuenca Huancané en época lluviosa y seca en el periodo 2010 - 2022?
- ¿Cómo es la relación entre la captura del CO₂ con las variables ambientales (cambio climático) en la cuenca Huancané, 2010 - 2022?

2.3 Justificación

El estudio actual se centra en cómo el efecto invernadero, un fenómeno natural, provoca el cambio climático debido al calentamiento global, la mayor parte de las concentraciones del CO₂ incrementando mayor calor y quedando atrapado en la atmósfera terrestre, creando así cambios en el clima nunca antes presentados. Hay que tener en cuenta que la concentración de CO₂ en la atmósfera nunca había alcanzado más de 300 ppm (Brito et al., 2017).

Se justifica por el hecho de que los avances en la tecnología de teledetección permiten vigilar la superficie, los elementos, el tipo de cubierta vegetal, el ecosistema y otros aspectos, las concentraciones de CO₂ y diferentes tipos de climas, gracias a la disponibilidad de los datos que están almacenados dentro de la plataforma geomática Google Earth Engine, están presentes las imágenes satelitales está mejorando constantemente en términos de resolución espacial, espectral, radiométrica y temporal. con una alta resolución.

Así mismo el conocimiento de estos efectos del cambio climático y decrecimiento de los bofedales permitirá alertar actualmente a la población humana que la temperatura a nivel global está aumentando, y para bajar esa temperatura se debe almacenar el carbono. Una manera de poder almacenar el carbono es reforestando, educación ambiental y enfocados en el desarrollo sostenible.

En el Perú, como en la mayoría de países, el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero es lo que provoca el cambio climático. En condiciones de niveles normales de gases de efecto invernadero, es un proceso que se produce de forma natural cuando el calor de los rayos solares permanece sobre la tierra. Esto ha mantiene la temperatura del planeta y permitido la existencia de la vida. Sin embargo, el incremento de gases, ya que la temperatura del planeta aumenta debido a la presencia de CO₂ en la atmósfera, conocido como calentamiento global. Particularmente, el principal gas de efecto invernadero emitido por el ser humano es el dióxido de carbono (CO₂) como resultado de la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) utilizados para la producción de energía y el transporte (Álvarez, 2015).

Entonces, este proyecto de investigación se justifica por el uso de técnicas innovadoras. de aplicación e investigación, en el tema de estimación del CO₂ en los bofedales de la cuenca Huancané, y efectos del cambio climático, de tal manera que los gobernantes o instituciones, tomen en cuenta y puedan prevenir la desaparición de los bofedales y en ellas poder almacenar el carbono.

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo general

- Evaluar el área de los bofedales de la cuenca Huancané y la cantidad de CO₂ que éstos capturan del ambiente y analizar su relación con el cambio

climático en la cuenca Huancané en el periodo 2010 – 2022.

2.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar el área de los bofedales de la cuenca Huancané en época lluviosa y seca en el periodo 2010-2022.
- Evaluar la captura del CO₂ en los bofedales de la cuenca Huancané en época lluviosa y seca en el periodo 2010-2022.
- Analizar la relación entre la captura del CO₂ y las variables ambientales (cambio climático) en la cuenca Huancané en el periodo 2010-2022.

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis general

- El área de los bofedales de la cuenca Huancané y los niveles de CO₂ que éstos capturan del ambiente han disminuido y su relación con el cambio climático en la cuenca Huancané es alta, en el periodo 2010-2022.

2.5.2 Hipótesis específicas

- El área de los bofedales de la cuenca Huancané ha disminuido en referencia al régimen de lluvia y en el tiempo 2010-2022.
- La captura del CO₂ en los bofedales de la cuenca Huancané han disminuido en referencia al régimen de lluvias y en el tiempo 2010-2022.
- La relación entre la captura del CO₂ y las variables ambientales (cambio climático) en la cuenca Huancané en el periodo 2010-2022 es alta.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de estudios

La cuenca hidrográfica Huancané, específicamente se ubica en las zonas aledañas de Puno, donde es el sitio del proyecto de investigación. La cuenca tiene una extensión de 3.633,52 km² y un rango de elevación de 5.059 msnm en el cerro Surupana a 3.806 msnm en la estación hidrométrica de Puente Huancané.

3.1.1 Ubicación Geopolítica

Tabla 4

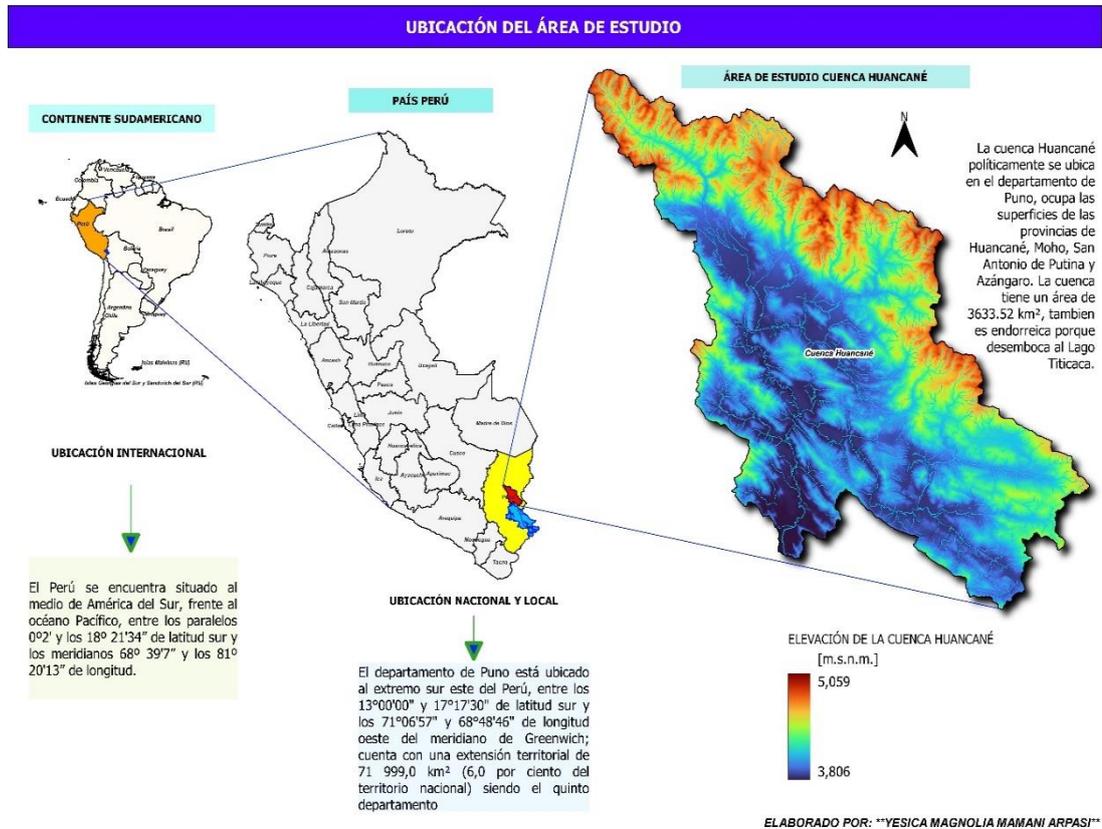
Ubicación geopolítica de la cuenca Huancané

Región	Provincias	Distritos	
Puno	Azángaro	▪ Muñani	
		▪ Putina	
	San Antonio de Putina		▪ Ananea
			▪ Quilcapuncu
			▪ Pedro vilca Apaza
			▪ Huatasani
			▪ Inchupalla
	Huancané		▪ Cojata
			▪ Huancane
			▪ Vilque chico
			▪ Rosas pata
			▪ Moho
	Moho		▪ Huayrapata

Geográficamente el lugar de estudios se encuentra enmarcada en Sudamérica en el país Perú, específicamente en el departamento de Puno como se presenta en la siguiente figura 8.

Figura 9

Ubicación de la cuenca Huancané



3.1.2 Características generales del área de Estudio.

A. Características geológicas

Para la descripción geológica de la cuenca del río Huancané, utilizando como guía las cartas geológicas del Instituto de Geología Minera de 1975 (Fuente: Dirección General de Asuntos Ambientales del Ministerio de Agricultura), se han identificado 19 y 12 tipos diferentes de geología para las cuencas de Huancané, que se distribuyen a lo largo de las diversas regiones de la cuenca de estudio. En general, se describen de la siguiente manera: La Formación Huancané (Ki-hu), la Formación Chupa (Ki.chu) y la Formación Huancané (Ki-hu) son las formaciones en cuestión, Formación Muni (Ki-mun), Formación Moho (Km-mo), Grupo Cotacucho (Ks-co), Formación Muñani (Ks-mñ, Formación Vilquechico (Ks-vq) (Sancho, 2022).

3.1.3 Suelo

Se extiende por las subcuencas del bajo Huancané, Llache, Tuyto y Pistune, en la zona baja de la cuenca del Huancané. Es cultivable, intensiva y apta para diversos tipos de cultivos, representa el tipo de agricultura más severa y, debido a su elevada productividad, constituye una tierra de baja calidad agrológica. Este tipo de suelo tiene una calidad agrológica baja y es bueno para los pastos con las limitaciones de la sal y el clima. También es excelente para cultivos permanentes.

Esta clasificación de uso mayor de tierra ocupa una extensión de 414.04 km², que representa el 11.40% del área total de la cuenca, área que sirve para cultivo en limpio (Ingaluque, 2023).

3.1.4 Clima

Con una superficie de 34,80 km², la cuenca de Huancané representa el 0,96% de la superficie total de la cuenca, es la zona habitacional menos representativa. Su elevación oscila entre los 4,800 y 4,950 msnm y su clima es extremadamente húmedo y frío, con 650 a 700 mm de precipitaciones, una temperatura media anual de entre 4,5 y 5,2°C, y estas son sus características, también con un rango de 50 a 84% de humedad relativa y 960 a 1440 mm de evapotranspiración potencial. Hay poca vegetación, sólo macizos esporádicos de pastos altoandinos, tayas y algunos cactus, las condiciones topográficas y ecológicas son factores que limitan toda actividad antrópica dentro de esta zona de vida (Sancho, 2022).

3.1.5 Ecología

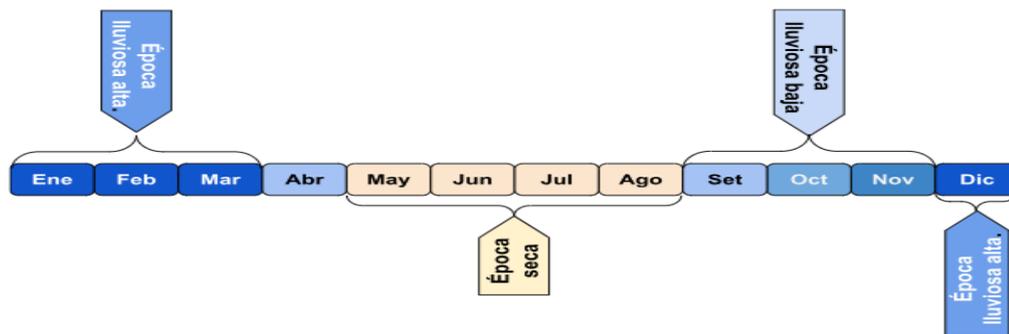
En las cuencas de los ríos Huancané se han identificado cuatro (4) zonas de vida ecológica, con predominio del páramo muy húmedo subalpino subtropical (pmh- SaS), que ocupa 52.41% del total de la superficie de la cuenca Huancané (Sancho, 2022).

3.1.6 Épocas de lluviosa y seca en la cuenca Huancané

De abril a octubre se considera la estación seca, siendo julio y agosto los meses más secos y soleados. Estos meses son ideales para hacer caminatas y disfrutar de los paisajes montañosos. La temporada de lluvias en la cuenca Huancané generalmente son de noviembre a marzo (Sancho, 2022).

Figura 10

Épocas lluviosas y secas durante un año



3.2 Población

Está constituida por las escenas de las imágenes satelitales abarcadas en un área individual de 1.111 por 1.111 kilómetros, correspondientes a la cuenca Huancané, con (24) escenarios digitales.

3.3 Muestra

La muestra es la integridad de la cuenca Huancané. En este estudio, al evaluarse la extensión y el CO₂ de los bofedales de la cuenca Huancané, existe similitud entre Población y muestra. Precizando, la cuenca Huancané, con un área de 677 3,611.915 km². por los píxeles de 500 metros de resolución

3.4 Método de investigación

El diseño de este estudio es correlacional y no experimental.

Fue no experimental porque no se ha manipulado ninguna variable independiente para ver sus efectos en la variable dependiente, tal como señala (Manterola & Otzen, 2015).

Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, gracias al método de teledetección, para después analizarlos, es correlacional, porque se ha medido el nivel, grado o relación entre las variables como aluden (Ferrández, 2015).

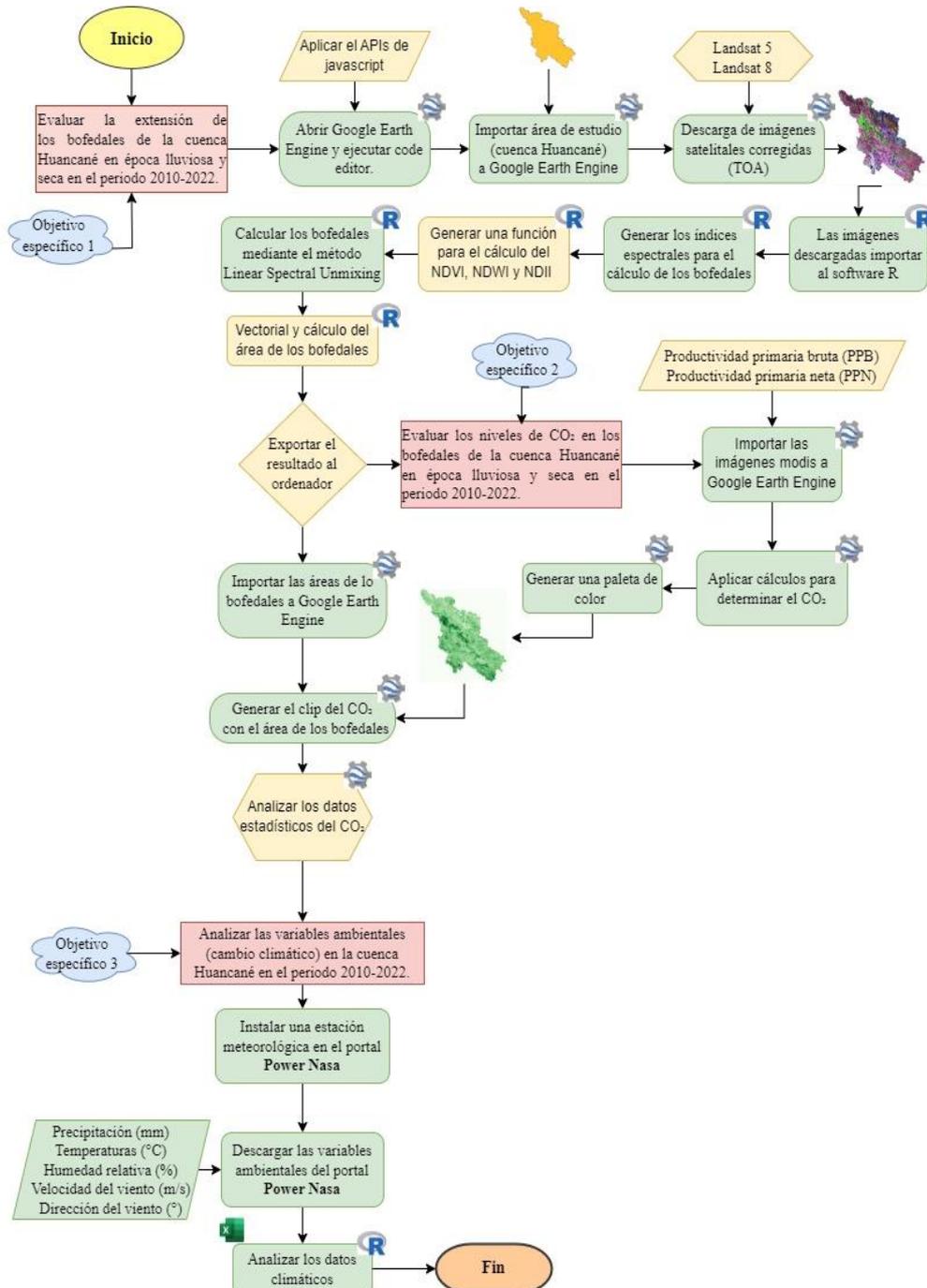
3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

3.5.1 Diseño metodológico

El diseño metodológico que se mostró fue el siguiente.:

Figura 11

Flujograma del diseño metodológico

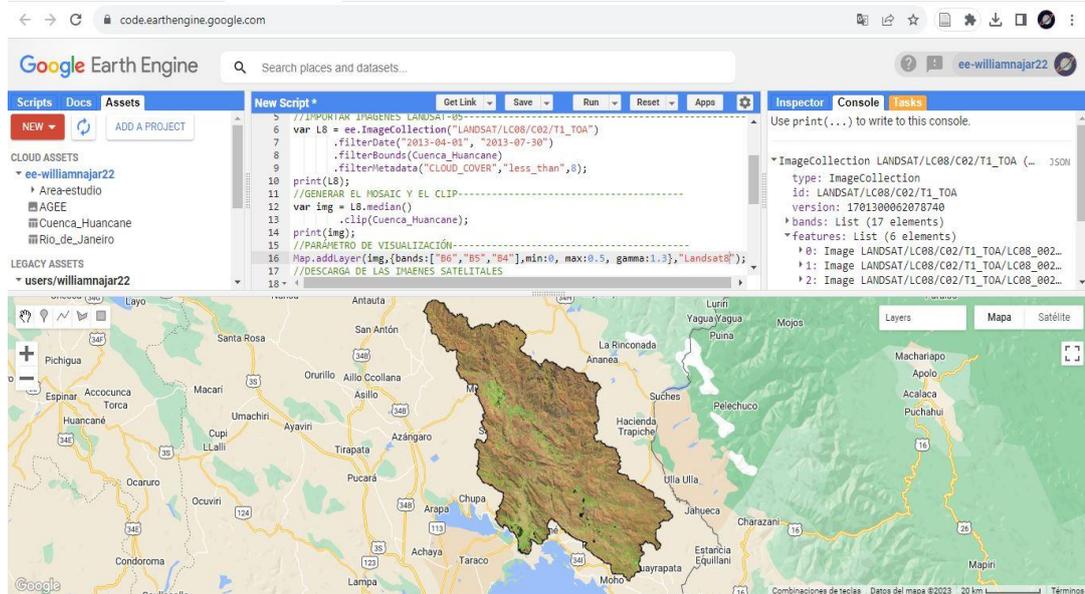


3.5.2 Diseño metodológico del objetivo específico: evaluación la extensión de los bofedales

Se ha utilizado el lenguaje de programación JavaScript para evaluar el primer objetivo trabajando en la plataforma geomática Google Earth Engine, para determinar el área de los bofedales en épocas lluviosas y secas, se evaluó con las imágenes satelitales misión Landsat: 5 y 8, corregidas de valores digitales a reflectancia (TOA), los cuales fueron obtenidos dentro de la plataforma Google Earth Engine, luego en la misma desarrollada el geoprocesamiento de “Mosaic y clip” y posteriormente descargadas al ordenador de la computadora.

Figura 12

Obtención de las imágenes satelitales de Google Earth Engine



Luego las imágenes satelitales se importaron al software R-Studio (v4.3.1), para la evaluación del Índice de bofedal (IB) o bofedales, donde primeramente dentro del entorno R se aplicó el lenguaje de programación, en la misma se creó una función para evaluar los bofedales mediante los índices espectrales que fueron 3: La humedad superficial y la vegetación se evaluaron mediante el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), una medida de la vitalidad de las plantas, y el Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI) y el Índice de Humedad (NDII).

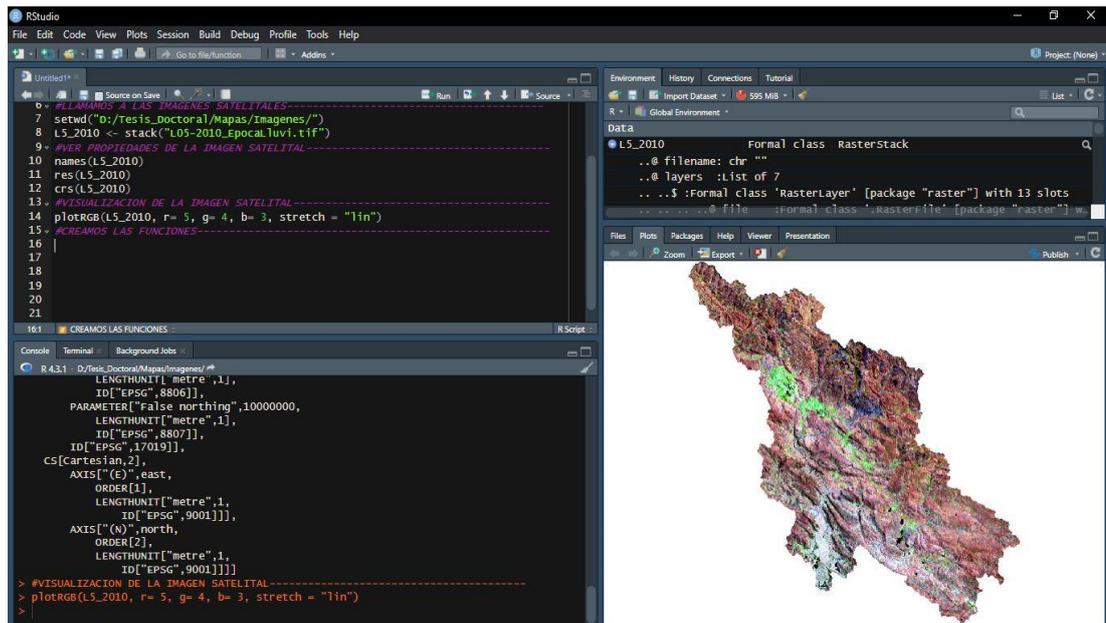
Tabla 5

Insumos para la evaluación de los bofedales.

Índices	Aplicación
$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}}$	Vegetación
$NDWI = \frac{\rho_{GREEN} - \rho_{NIR}}{\rho_{GREEN} + \rho_{NIR}}$	Contenido de agua de la vegetación
$NDII = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{SWIR}}{\rho_{NIR} + \rho_{SWIR}}$	Humedad de Suelo

Figura 13

Evaluación de los bofedales en R



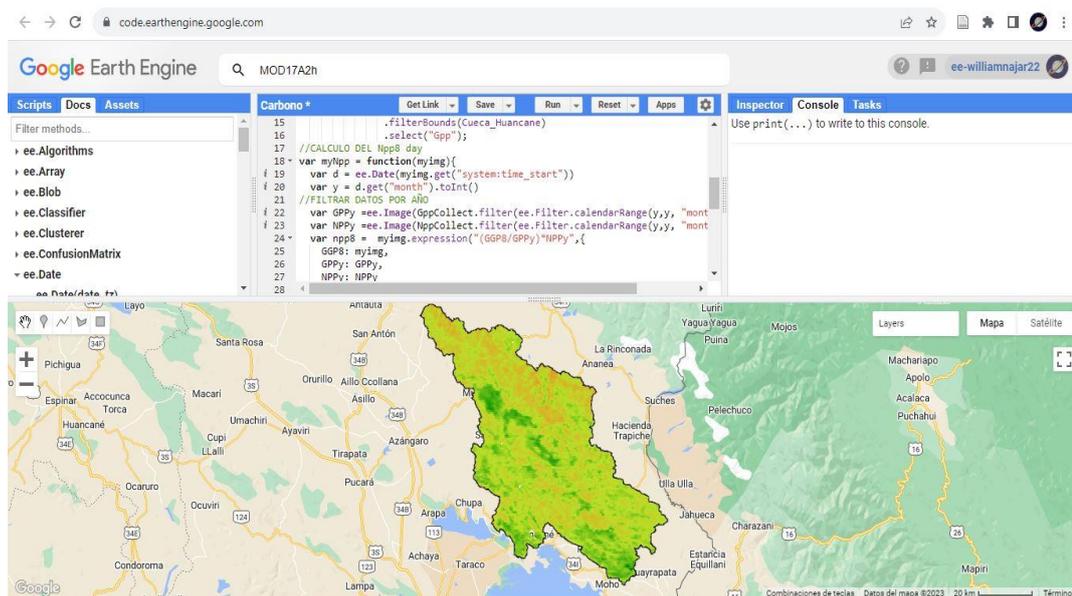
Dentro del software R-Studio se ha utilizado el método fraccional de píxeles individuales o Linear Spectral Unmixing (LSU) que contienen tipos de bofedales u otras clases, este método se utilizó especialmente para calcular el Índice Bofedal (IB).

3.5.3 Diseño metodológico del objetivo específico: evaluación de la captura de CO₂ en los bofedales.

Se el lenguaje de programación JavaScript para evaluar el segundo objetivo trabajando con la plataforma geomática Google Earth Engine, para evaluar la captura de CO₂, se utilizaron imágenes satelitales MODIS o también conocido satélite EOS de la NASA. Estas imágenes satelitales tuvieron una resolución espacial (tamaño de píxel) de 500 metros, y cada escena tenían un tamaño de 1.111 por 1.111 km.

Figura 14

Captura del CO₂ de la plataforma geomática Google Earth Engine



En la plataforma geomática Google Earth Engine, dentro del interfaz de editor se importaron los productos denominados “Productividad primaria bruta (GPP, siglas en inglés) 8-Day L4 Global 1km y Productividad primaria neta (NPP, siglas en inglés) 1 year y L4 Global 1km”.

Para la evaluación del CO₂, dentro del editor de Google Earth Engine, se creó una función para determinar el CO₂, mediante los productos denominados Productividad primaria bruta (GPP) / Productividad primaria neta (NPP). Luego se aplicó el geoprocesamiento “clip”, para la evaluación del CO₂ dentro de los bofedales, bien para la época lluviosa y seca.

3.5.4 Diseño metodológico del objetivo específico: Analizar las variables ambientales (cambio climático)

La información meteorológicos se obtuvieron descargándolos de la base de datos Power (NASA), que contiene información sobre las condiciones históricas y contemporáneas. Sin embargo, primero se utilizó la tecnología de "teledetección" para identificar una estación meteorológica dentro de la cuenca de Huancané. La estación se ubicó adecuadamente en un área abierta, lejos de cualquier obstrucción que le impidiera captar correctamente los datos meteorológicos. Además de las estadísticas sobre precipitaciones totales (mm), temperaturas máxima y mínima (°C), humedad relativa (%), dirección del viento (°) y velocidad del viento (m/s), también se dispone de la siguiente información.

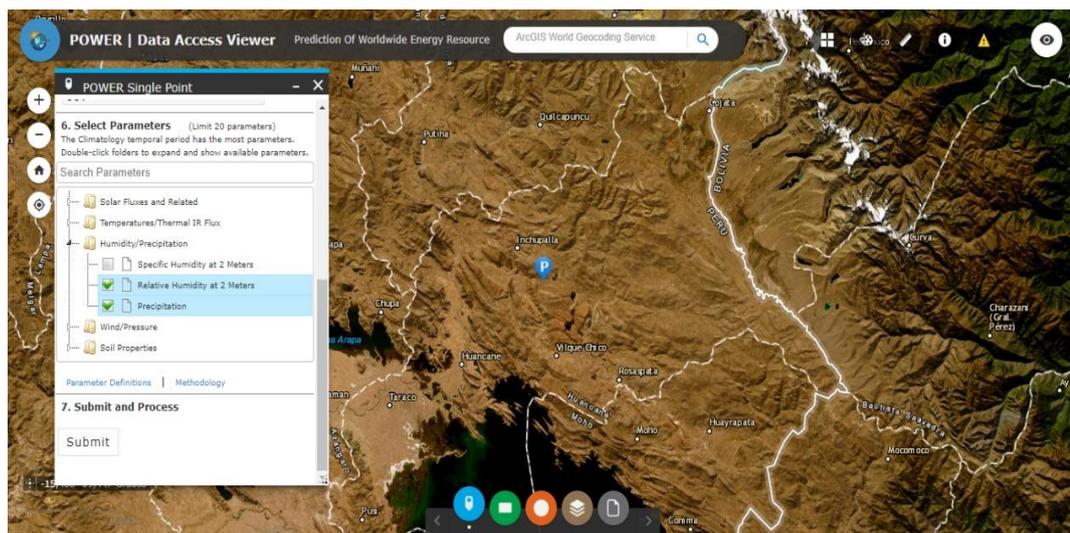
Tabla 6

Ubicación de la estación meteorológica

Ubicación geográfica de la estación meteorológica			
Estación	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
P01	-15.0743	-69.6493	4258

Figura 15

Descarga de datos climáticos del portal Power Nasa



3.5.5 Tratamiento de pruebas estadísticas

Una de las fases más importantes en la investigación cuantitativa, consiste en el procesamiento, análisis e interpretación de los datos recolectados mediante el instrumento respectivo, para lo cual en este trabajo de investigación se aplicará la estadística inferencial, aquella que ayuda al investigador a encontrar significatividad a sus resultados (Platnick et al., 2017).

3.5.6 Pruebas de normalidad

Antes de elegir una prueba estadística de correlación adecuada para explicar las correlaciones entre las variables, fue necesario establecer el supuesto paramétrico de normalidad de los datos.

Para determinar si los valores tienen una distribución normal, se aplica el test de Shapiro-Wilk (Shapiro & Wilk, 1965) mayormente empleada en conjuntos de datos con un número inferior a 50 valores. Se aplica a la prueba un nivel de significación del 95% (0,05); se determina una "distribución normal" si el resultado (valor p) es superior a 0,05, y una "distribución no normal" si el resultado es inferior a 0,05. (Artusi et al., 2002).

Si se cumplen las pruebas paramétricas de normalidad, se aconseja emplear una prueba paramétrica, en función de los resultados de la prueba. Se aconseja analizar las asociaciones entre los datos mediante una prueba no paramétrica si los datos no cumplen alguno de estos dos requisitos.

3.5.7 Coeficiente de correlación (r)

Se describe como el grado de asociación lineal que determina el grado de relación que existe en dos variables (Asuero et al., 2006). Para pruebas paramétricas se aplica el coeficiente de correlación por el método de Pearson, caso contrario, el coeficiente de correlación por el método de Spearman (Artusi et al., 2002).

El coeficiente de correlación se determinarse mediante la siguiente fórmula:

$$r = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{N}}{\sqrt{\left(\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}\right)} \sqrt{\left(\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{N}\right)}}$$

Los rangos de los coeficientes de correlación, que van de -1 a +1, se utilizan para determinar la intensidad de la conexión, como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7

Grados de correlación

R	Interpretación
0.90 - 1.00	Correlación muy alta
0.70 - 0.89	Correlación alta
0.50 - 0.69	Correlación moderada
0.30 - 0.49	Correlación baja
0.00 - 0.29	Poca correlación

3.5.8 Prueba de contraste de las hipótesis

El planteamiento se realizó de la siguiente manera: teniendo en cuenta el proceso estadístico de comprobación de hipótesis, se examinó la captura de CO₂ y su correlación con el cambio climático en la cuenca de Huancané entre 2010 y 2022. Se empleó la regresión lineal simple de "Pearson" con un nivel de confianza del 95% y un nivel de significación de $\alpha = 0,05$ utilizando el software estadístico R-Studio.

Criterio para decidir:

P-valor = $< \alpha$, se rechaza la H_N (Se acepta la H_A).

P-valor = $> \alpha$, se acepta la H_N (Se rechaza la H_A).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Evaluación del área de los bofedales de la cuenca Huancané en época lluviosa y seca en el periodo 2010 - 2022.

Se evaluó el área de los bofedales en la cuenca Huancané, para las dos épocas lluviosa y seca, durante los periodos 2010 y 2022. De acuerdo con las imágenes satelitales Landsat 5-8, obtenidas de la plataforma geomática Google Earth Engine ya corregidas de valores digitales a reflectancias (TOA), tan solo aplicando el lenguaje de programación JavaScript como se muestra en el (Anexo 1), la adquisición de descarga se tomó con una cobertura de nubosidad menor al 10%. La evaluación de las extensiones de los bofedales se evaluó con el software de programación y estadístico R-Studio como también se muestran en los (Anexos 2).

Figura 16

Mapa de área de los bofedales en la época lluviosa, del 2010-2022

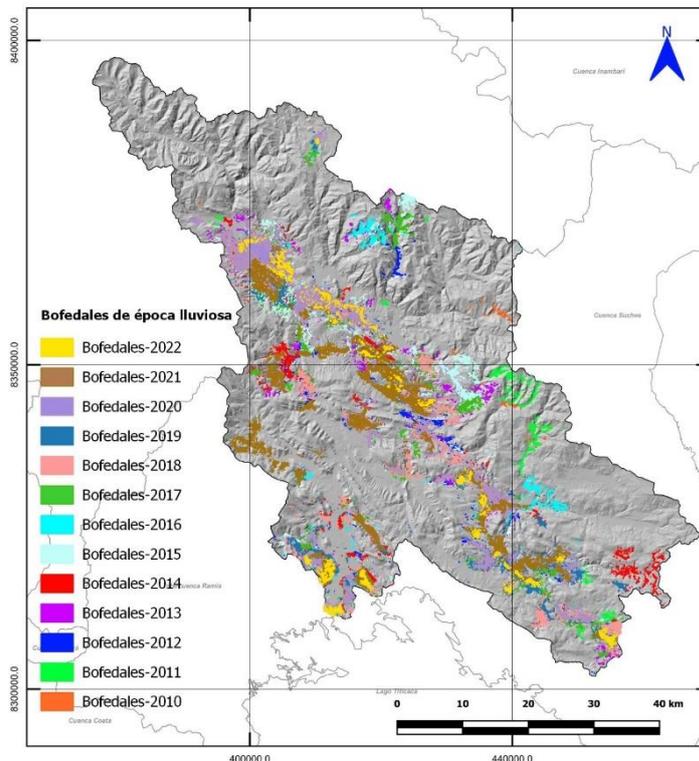


Tabla 8*Resultado del area de los bofedales en la época lluviosa del 2010-2022*

Periodos	Áreas		
	m ²	km ²	%
2010	13,8060000	138.06	8
2011	17,3540000	173.54	10
2012	15,8680000	158.68	9
2013	17,3600000	173.6	10
2014	18,1720000	181.72	11
2015	15,4200000	154.2	9
2016	97,720000	97.72	6
2017	15,2280000	152.28	9
2018	13,0940000	130.94	8
2019	96,260000	96.26	6
2020	11,8570000	118.57	7
2021	78,310000	78.31	5
2022	28,630000	28.63	2
Total	1,682,510.0000	1682.51	100

En la figura 16 y en la tabla 8, se muestran el área de los bofedales en la época lluviosa, de la cuenca Huancané durante el 2010-2022, donde en el año 2010 se tuvo una extensión de los bofedales al 8%, en el año 2011 al 10%, en el año 2012 al 9%, en el año 2013 al 10%, en el año 2014 al 11%, en el año 2015 al 9%, en el año 2016 al 6%, en el año 2017 al 9%, en el año 2018 al 8%, en el año 2019 al 6%, en el año 2020 al 7%, en el año 2021 al 5%, en el año 2022 al 2%.

Tabla 9

Resultados estadísticos del área de los bofedales en la época lluviosa del 2010-2022

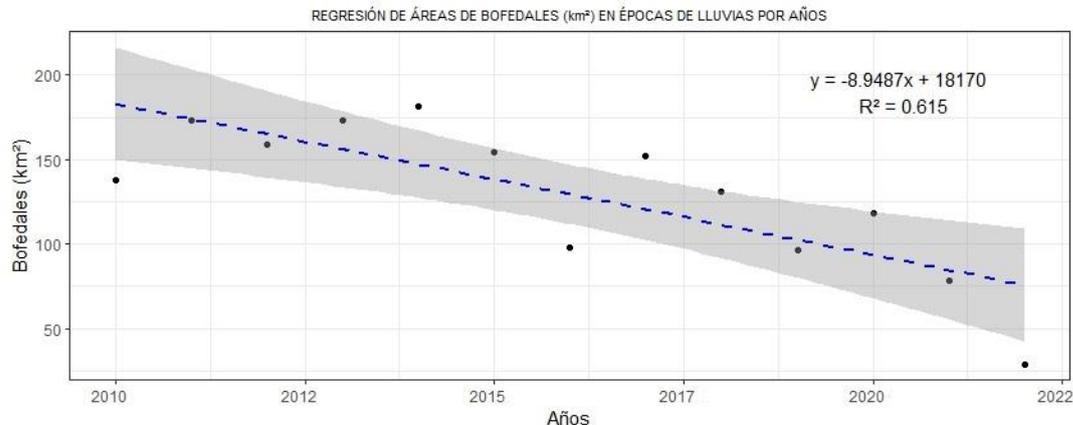
VARIABLES	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Curtosis
Bofedales en época lluviosa	129.42	138.06	44.43	28.63	181.72	0.624

Nivel de confianza (95.0%)

En la tabla 9, se presenta un valor mínimo de 28,63 km² y un valor máximo de 181,72 km², las estadísticas descriptivas de la superficie de los humedales durante la estación lluviosa de 2010 a 2022 también mostraron una media de 129,42 km² y una desviación típica de 44,43 km². La curtosis de los datos indicó una distribución normal con un valor atípico de 0,624.

Figura 17

Regresión lineal del área de los bofedales en época lluviosa, con respecto al tiempo



En la figura 17, se presenta la correlación entre las áreas de los bofedales en época lluviosa en concordancia al tiempo, la fórmula refleja una tendencia negativa (-), con un coeficiente de compensación cuadrática $R^2 = 0,615$, lo que indica que el 61,50% de variación de la variable dependiente (bofedales en km²) con respecto a la variable independiente (años). Con esta regresión lineal, se evidencia una disminución significativa de los bofedales en la época lluviosa con respecto al año.

Figura 18

Área de los bofedales en época seca, del 2010-2022

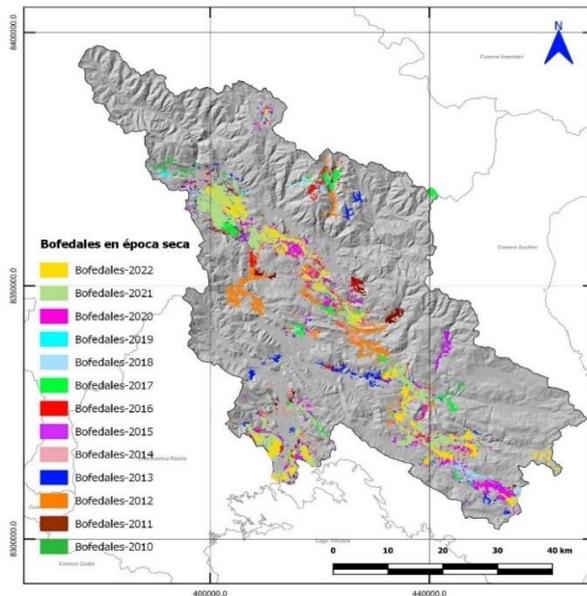


Tabla 10

Resultado del área de los bofedales en época seca del 2010-2022

Periodos	Áreas		
	m ²	km ²	%
2010	10,7370000	107.37	10
2011	11,6260000	116.26	10
2012	10,8130000	108.13	10
2013	10,1730000	101.73	9
2014	8,1300000	81.3	7
2015	9,1870000	91.87	8
2016	8,6990000	86.99	8
2017	9,3420000	93.42	8
2018	6,6930000	66.93	6
2019	6,3950000	63.95	6
2020	9,2650000	92.65	8
2021	7,7190000	77.19	7
2022	2,1770000	21.77	2
Total	11,095,60000	1109.56	100

En la figura 18 y en la tabla 10, se muestran el área de los bofedales en la época seca, de la cuenca Huancané durante el 2010-2022, donde en el año 2010 se tuvo una extensión

de los bofedales al 10%, en el año 2011 al 10%, en el año 2012 al 10%, en el año 2013 al 9%, en el año 2014 al 7%, en el año 2015 al 8%, en el año 2016 al 8%, en el año 2017 al 8%, en el año 2018 al 6%, en el año 2019 al 6%, en el año 2020 al 8%, en el año 2021 al 7%, en el año 2022 al 2%.

Tabla 11

Resultados estadísticos del área de los bofedales en época seca del 2010-2022

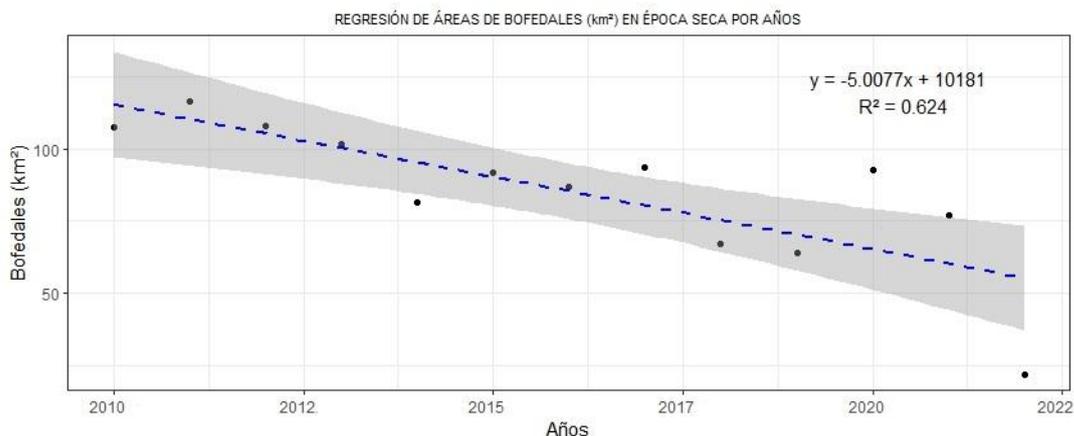
Variables	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Curtosis
Bofedales en época seca	85.35	91.87	24.68	21.77	116.26	2.81

Nivel de confianza (95.0%)

En la tabla 11, se muestran los datos descriptivos de la superficie de los humedales durante la estación seca de 2010 a 2022, el valor mínimo es de 21,77 km², el valor máximo es de 116,26 km², la media es de 85,35 km² y la desviación típica es de 24,68 km². La curtosis muestra una distribución normal con un valor atípico de 2,81.

Figura 19

Regresión lineal del área de los bofedales en época seca, con respecto al tiempo

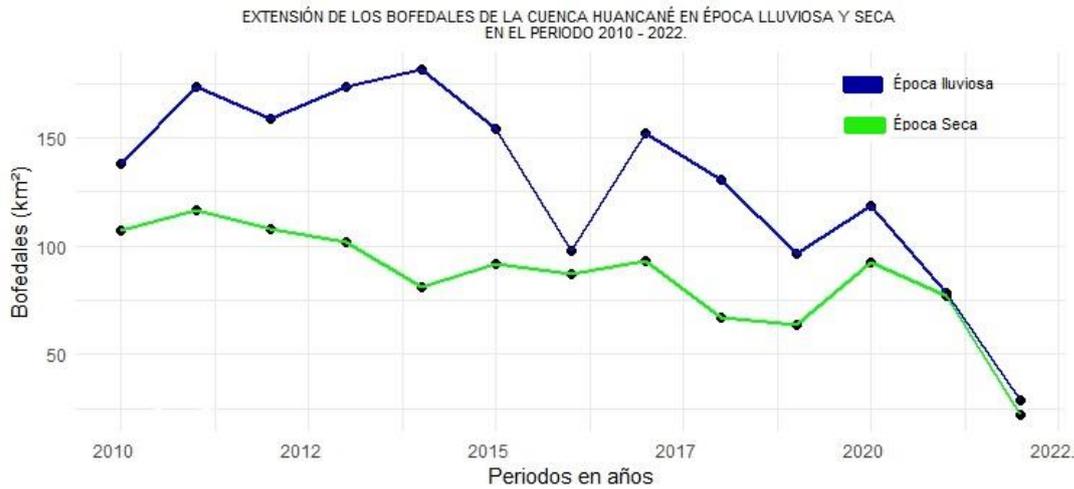


En la figura 19, se observa una evaluación entre las áreas de los bofedales durante la época lluviosa y el tiempo, representada por una tendencia negativa (-) en la ecuación de regresión. El coeficiente de evaluación cuadrática $R^2 = 0,624$ indica que el 62,40% de variación de la variable dependiente (bofedales km²) por la variable independiente (años).

Con esta regresión lineal, se demostró una disminución significativa de los bofedales durante la época seca.

Figura 20

Representación lineal del área de los bofedales en época lluviosa y seca, con respecto al tiempo



En la figura nos muestra la extensión de los bofedales con respecto al tiempo, para las dos épocas, donde los bofedales tuvieron una decrecían sorprendente para el año 2022.

Tabla 12

Prueba de normalidad para el área de los bofedales para las dos épocas 2010-2022

Pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk (Nivel de significancia al 95%)		
Variables	Statistic (w)	p-value
Bofedales en época lluviosa	0.922	0.269
Bofedales en época seca	0.895	0.114

Figura 21

Gráfico de normalidad del área de los bofedales en época de lluvia

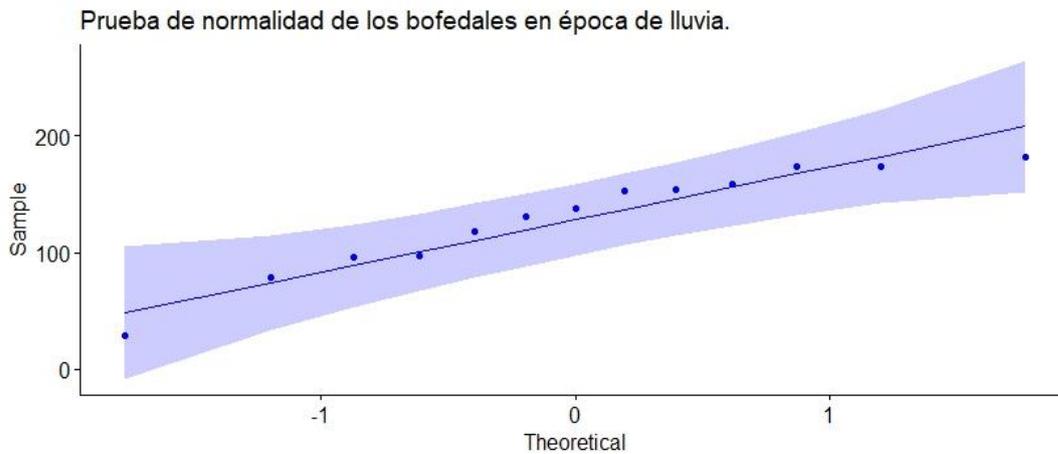
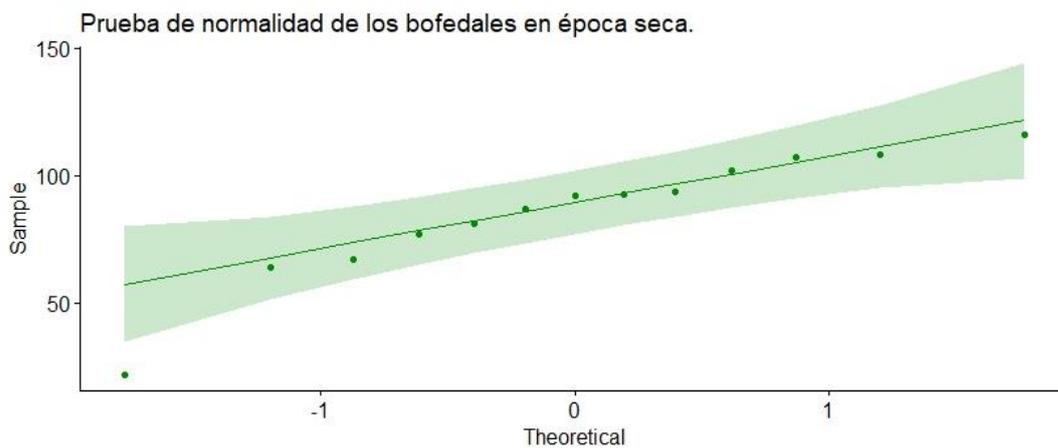


Figura 22

Gráfico de normalidad del área de los bofedales en época de seca



En la tabla 12 y en las figuras 21 y 22, se presentan los datos de la superficie de los humedales para las dos estaciones, y tienen una distribución normal durante el periodo 2010-2022, como demuestra la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, que los valores para el humedal en la estación lluviosa ($p = 0,269$) y el humedal en la estación seca ($p = 0,114$) son ambos superiores ($>$) a 0,05 (con un nivel de significación del 95%). Llegamos a la conclusión de que los valores de los humedales se distribuyen normalmente para las dos estaciones, lo que demuestra que se cumple la prueba de normalidad y que los valores de los humedales son paramétricos para las dos estaciones.

4.2 Evaluación de la captura del CO₂ en los bofedales de la cuenca Huancané en época lluviosa y seca en el periodo 2010-2022.

Se evaluó la captura de CO₂ en los bofedales de la cuenca Huancané en época lluviosa y seca en el periodo 2010-2022. De acuerdo con las imágenes satelitales MODIS, mediante los productos denominados, productividad primaria bruta (GPP) / productividad primaria neta (NPP), obtenidas de la plataforma geomática Google Earth Engine, tan solo aplicando el lenguaje de programación JavaScript como se muestra en el (Anexo 3).

Figura 23

Mapa de captura del CO₂ en bofedales y en época lluviosa, del 2010-2022

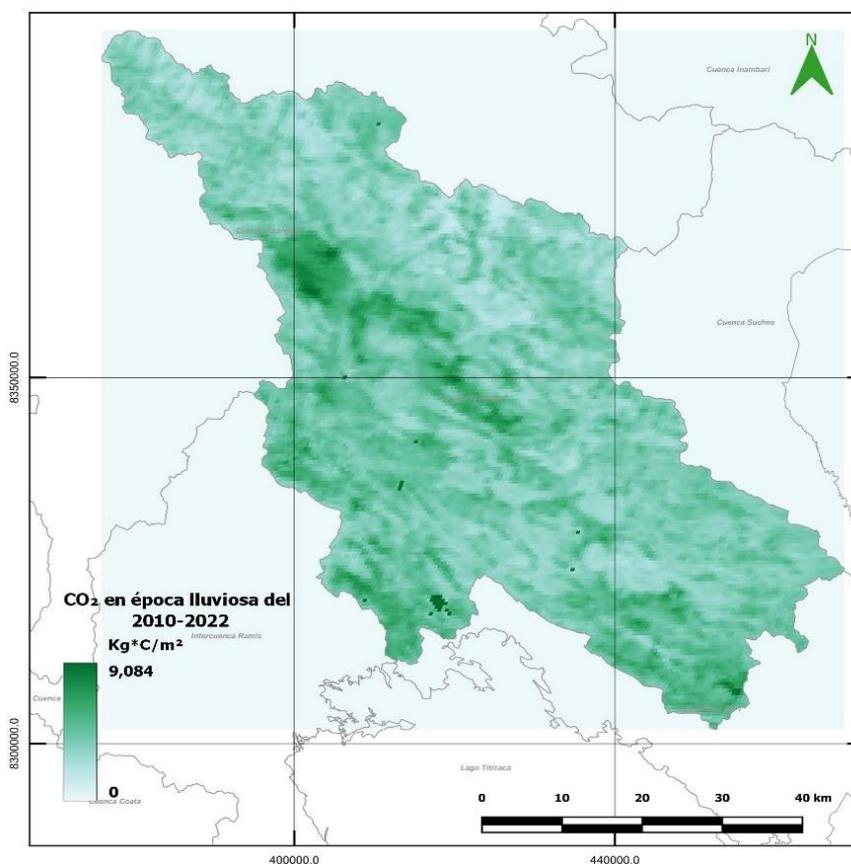


Tabla 13

Resultado de la captura del CO₂ en época lluviosa del 2010-2022

Periodos	Cantidad	
	kg*c/m ²	%
2010	26,979	10
2011	28,234	11
2012	22,327	8
2013	24,605	9
2014	20,302	8
2015	19,935	8
2016	18,092	7
2017	18,902	7
2018	21,101	8
2019	17,701	7
2020	14,036	5
2021	21,214	8
2022	9,985	4
Total	263,413	100

En la en la figura 23 y en la tabla 13, se muestran la captura del CO₂ en bofedales y en la época lluviosa, de la cuenca Huancané durante el 2010-2022, donde en el año 2010 se tuvo una captura del CO₂ al 10%, en el año 2011 al 11%, en el año 2012 al 8%, en el año 2013 al 9%, en el año 2014 al 8%, en el año 2015 al 8%, en el año 2016 al 7%, en el año 2017 al 7%, en el año 2018 al 8%, en el año 2019 al 7%, en el año 2020 al 5%, en el año 2021 al 8%, en el año 2022 al 4%.

Tabla 14

Resultados estadísticos de la captura del CO₂ en los bofedales en la época lluviosa del 2010-2022

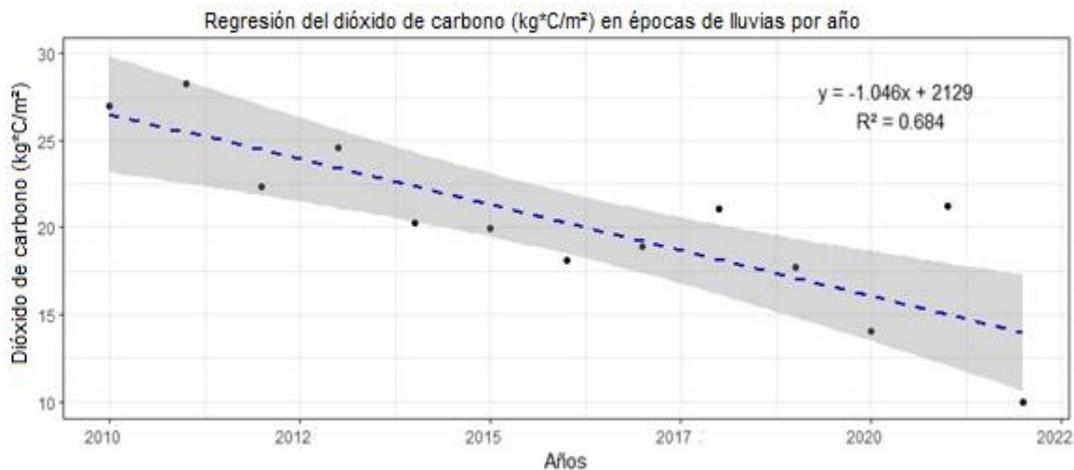
Variable	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Curtosis
CO ₂ en la época lluviosa	20,262	20,302	4,924	9,985	28,234	0,568
Nivel de confianza (95.0%)						

En la tabla 14 se aprecia la estadística descriptiva de la captura del CO₂ en los bofedales en la época lluviosa durante el 2010-2022, donde tuvo un valor mínimo de 9.985

kg*C/m² y un valor máximo de 28,234 kg*C/m², también tuvo una media de 20,22 kg*C/m² y una desviación estándar de 4,924 kg*C/m², la curtosis demostró una distribución normal con un valor atípico de 0,568.

Figura 24

Regresión lineal de la captura del CO₂ en los bofedales en época lluviosa, con respecto al tiempo



En la figura 24, se presenta la correlación entre la captura del CO₂ en los bofedales y en la época lluviosa con respecto al tiempo, donde la formula presenta una tendencia inversa (-), con un coeficiente de asociación cuadrática $R^2 = 0,684$, indica que la variable independiente (años) el 68,40% de variación con respecto a la variable dependiente captura del CO₂ kg*C/m², con la regresión lineal se demostró una tendencia de disminución considerable del CO₂ en los bofedales y en la época lluviosa, lo cual es significativa.

Figura 25

Mapa de captura del CO₂ en bofedales y en época seca, del 2010-2022

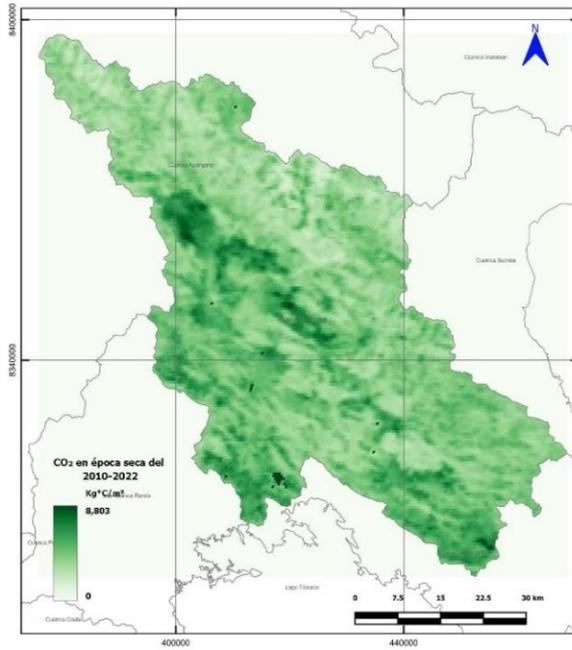


Tabla 15

Resultado de la captura del CO₂ en época seca del 2010-2022

Periodos	Cantidad	
	kg*C/m ²	%
2010	19,103	11
2011	16,981	10
2012	14,749	8
2013	13,981	8
2014	16,234	9
2015	15,845	9
2016	10,951	6
2017	10,909	6
2018	15,922	9
2019	12,602	7
2020	10,084	6
2021	13,107	7
2022	7,091	4
Total	177,559	100

En la figura 25 y en la tabla 15, se muestran la captura del CO₂ en bofedales y en la época seca, de la cuenca Huancané durante el 2010-2022, donde en el año 2010 se tuvo una captura del CO₂ al 11%, en el año 2011 al 10%, en el año 2012 al 8%, en el año 2013 al 8%, en el año 2014 al 9%, en el año 2015 al 9%, en el año 2016 al 6%, en el año 2017 al 6%, en el año 2018 al 9%, en el año 2019 al 7%, en el año 2020 al 6%, en el año 2021 al 7%, en el año 2022 al 4%.

Tabla 16

Resultados estadísticos de la captura del CO₂ en los bofedales en la época lluviosa del 2010-2022

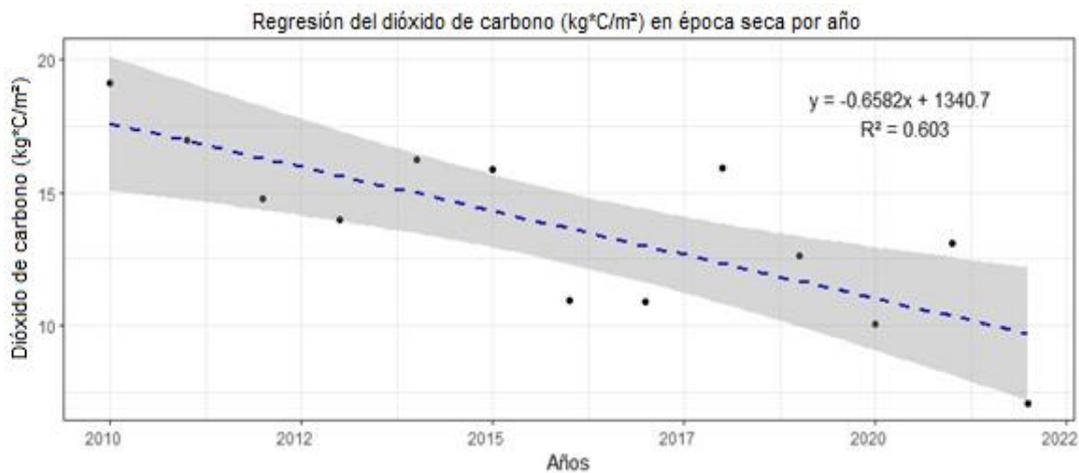
Variable	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Curtosis
CO ₂ en época seca.	13.658	13.981	3.300	7.091	19.103	0.173

Nivel de confianza (95.0%)

En la tabla 16, se presenta el análisis descriptivo de la captura del CO₂ en los bofedales en la época seca durante el 2010-2022, donde tuvo un valor mínimo de 7.091 kg*C/m² y un valor máximo de 19.103 kg*C/m², también tuvo una media de 13.658 kg*C/m² y una desviación estándar de 3.300 kg*C/m², la curtosis demostró una distribución normal con un valor atípico de 0,173.

Figura 26

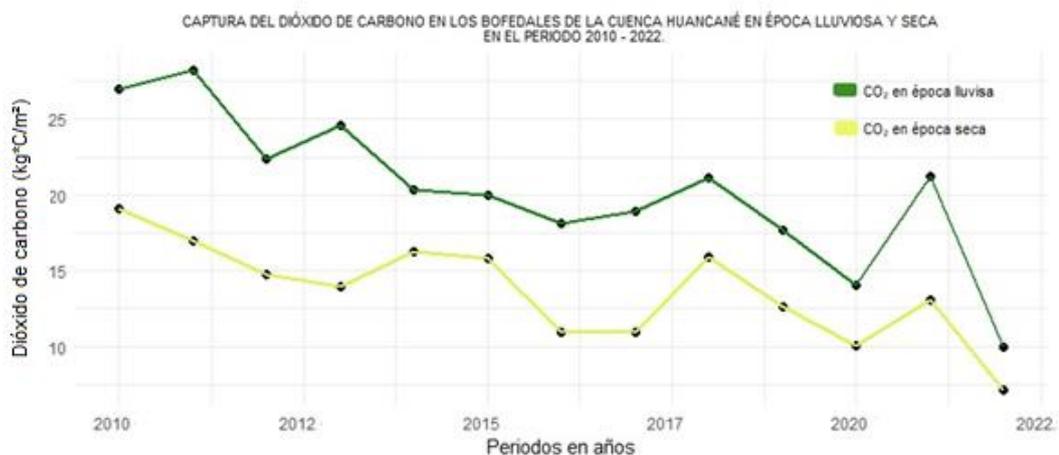
Regresión lineal de la captura del CO₂ en los bofedales en época seca, con respecto al tiempo



En la figura 26, se presenta la correlación entre la captura del CO₂ en los bofedales y en la época seca con respecto al tiempo, donde la fórmula demostró una tendencia negativa (-), con un coeficiente de asociación cuadrática $R^2 = 0,603$, indica que la variable independiente (años) el 60,30% de variación con respecto a la variable dependiente (captura del CO₂ en kg*C/m²), con la actual regresión lineal demostramos una tendencia inversa del CO₂ en los bofedales y en la época seca, indicando significativa.

Figura 27

Representación lineal de la captura del CO₂ en los bofedales en época lluviosa y seca, con respecto al tiempo



En la figura 27, nos muestra la captura del CO₂ en bofedales con respecto al tiempo, para las dos épocas, donde la captura del CO₂ en kg*C/m² tuvieron una disminución sorprendente para el año 2022.

Tabla 17

Prueba de normalidad para la captura del CO₂ en los bofedales en las dos épocas 2010-2022

Pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk (Nivel de significancia al 95%)		
VARIABLES	Statistic (w)	p-value
CO ₂ en época lluviosa	0.968	0.875
CO ₂ en época seca	0.978	0.969

Figura 28

Gráfico de normalidad de la captura del CO₂ en época de lluvia

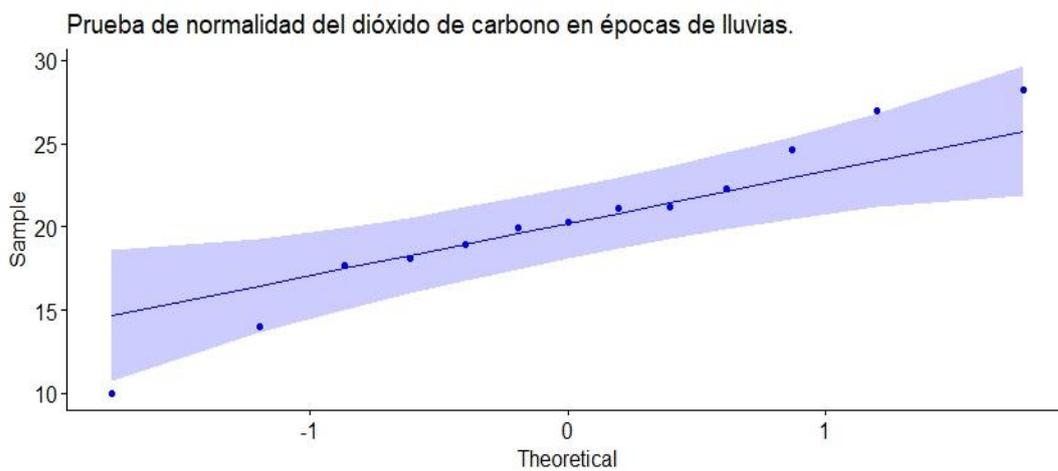
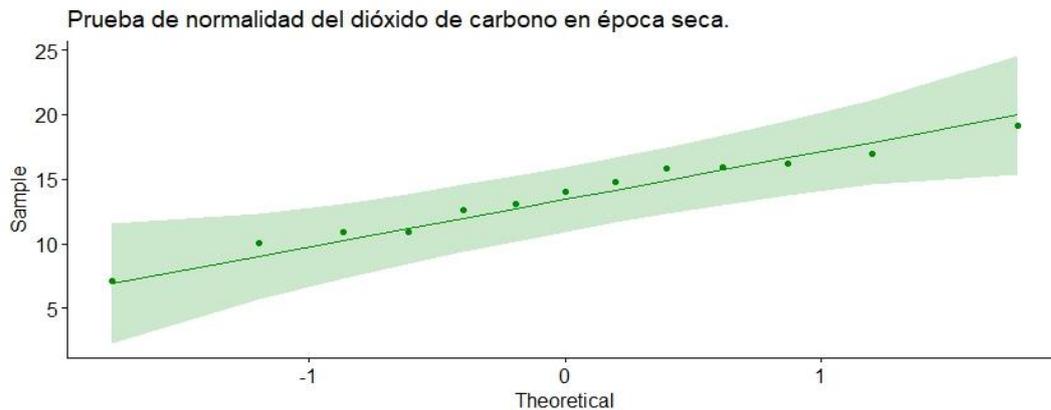


Figura 29

Gráfico de normalidad de la captura del CO₂ en época seca



En la tabla 17 y en las figuras 28 y 29, Los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk demuestran que los datos de capturas de CO₂ para las dos estaciones tienen una distribución normal a lo largo del periodo 2010-2022, como indican los valores p de 0,875 y 0,969 para las capturas de CO₂ durante las estaciones lluviosa y seca, respectivamente, que son superiores (>) a 0,05 a un nivel de significación del 95%. En consecuencia, sacamos la conclusión de que los valores de captura de CO₂ para las dos estaciones son paramétricos y que siguen el supuesto de normalidad, ya que las cifras se distribuyen regularmente.

4.3 Análisis de las variables ambientales (cambio climático) en la cuenca Huancané en el periodo 2010-2022.

Para los periodos del 2010 y 2022, se obtuvieron los registros del clima de la estación instalada del geo porta (Power NASA), para la cuenca Huancané, procesado a una escala mensual/anual como se puede visualizar en el (Anexo 4), para las variables de precipitación acumulada (mm), temperatura máxima y mínima (°C), humedad relativa (%), velocidad del viento (m/s) y dirección del viento (°).

Figura 30

Gráfico de precipitación acumulada (mm) durante el 2010 – 2022



Analizando la figura 30, Podemos confirmar que la cantidad de precipitaciones caídas durante el periodo de estudio ha disminuido con el tiempo. Por ejemplo, en 2012, la cantidad de precipitaciones alcanzó un máximo de 1.289,8 mm, pero en 2022 había descendido a 626,5 mm. Esto indica que los efectos de las sequías que se han venido produciendo durante este periodo han disminuido.

Tabla 18

Resultados estadísticos de la precipitación acumulada (mm) durante el 2010-2022

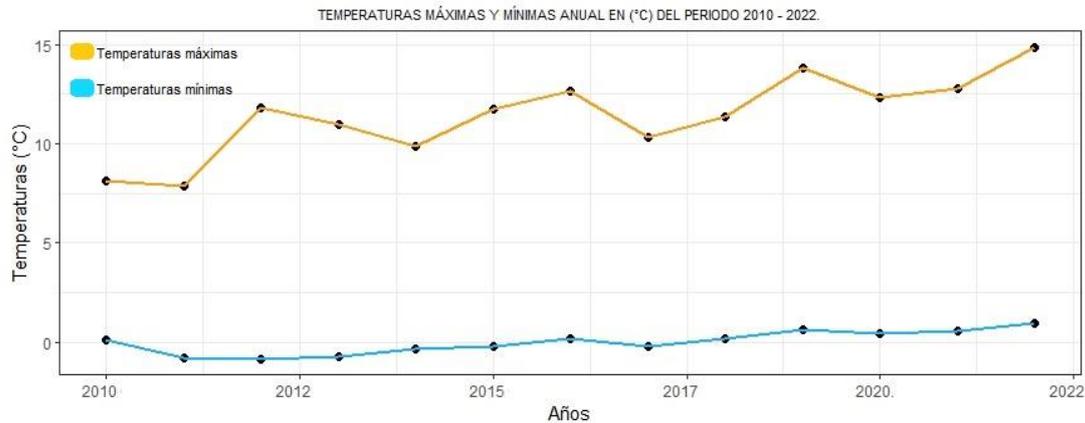
Variable	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Curtosis
Precipitación acumulada (mm)	989.31	1001.57	180.98	626.48	1235.31	-0.386

Nivel de confianza (95.0%)

Al analizar la tabla 18, la precipitación media (promedio) es de 989,31 mm, con una desviación típica de 180,98 mm, según las estadísticas descriptivas. Esto indica que existe una desviación media de 180,98 mm con respecto a la media en las mediciones de precipitaciones. Con un valor atípico de -0,386, la curtosis también muestra una distribución comparativamente plana.

Figura 31

Gráfico de temperaturas máximas y mínimas (°C) durante el 2010 – 2022



Al analizar la Figura 31, podemos concluir que la temperatura máxima experimentó un aumento a lo largo del período de estudio. Por ejemplo, en el año 2022, la temperatura alcanzó su punto máximo más alto, llegando a 14,89 °C. En contraste, en el año 2011, las temperaturas eran significativamente más bajas, con 7.89 °C, se evidencian que los impactos de las sequias que se está viviendo.

Tabla 19

Resultados estadísticos de las temperaturas máximas y mínimas (°C) durante el 2010-2022

Variables	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Curtosis
Temperatura máxima (°C)	11.42	11.78	2.03	7.89	14.89	-0.15
Temperatura mínima (°C)	-0.01	0.12	0.57	-0.88	0.94	-0.98

Nivel de confianza (95.0%)

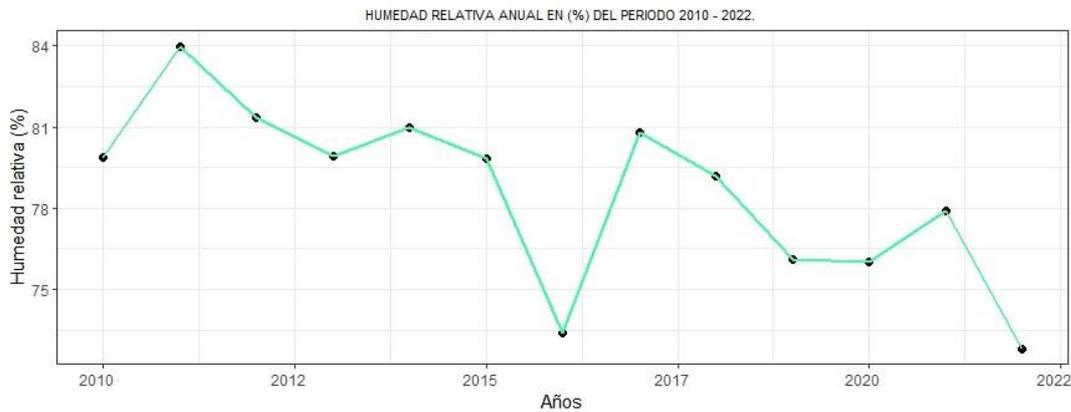
En la tabla 19, la temperatura media (promedio) de la temperatura máxima, determinada mediante la evaluación de los datos descriptivos, es de 11,42 °C, con una desviación típica de 2,03 °C. Esto muestra que existe una desviación media de 2,03 °C con respecto a la media en los datos de temperatura máxima. La curtosis muestra una distribución relativamente plana, con un valor atípico de -0,15.

Con respecto a la temperatura mínima, la media es de -0,01 °C, con una desviación estándar de 0,57 °C. Esto implica que, en promedio, las mediciones de temperatura mínima

se desvían en aproximadamente $0,57\text{ }^{\circ}\text{C}$ con respecto a la media. La curtosis muestra una distribución comparativamente plana con un valor atípico de $-0,98$.

Figura 32

Gráfico de humedad relativa anual (%) durante el 2010 – 2022



Analizando la figura 32, basándonos en la información proporcionada, podemos afirmar que la humedad relativa (%) durante el transcurso del período de estudio experimentó un descenso con el paso del tiempo. Por ejemplo, en el año 2011, la humedad relativa alcanzó su punto máximo más alto, llegando a $83,98\%$. Sin embargo, en el año 2022, la humedad relativa descendió a $72,78\%$. Estos datos sugieren que se están experimentando impactos relacionados con sequías.

Tabla 20

Resultados estadísticos de la humedad relativa (%) durante el 2010-2022

Variable	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Curtosis
Humedad relativa (%)	78.63	79.84	3.24	72.78	83.98	-0.28

Nivel de confianza (95.0%)

Analizando la tabla 20, con la ayuda de los estadísticos descriptivos de la media y la desviación típica, podemos determinar cuánto se desvía un conjunto de puntuaciones de la media por término medio. En este caso, la humedad de la muestra se desvía de la media en un $3,24\%$, como indica la curtosis, que muestra una distribución relativamente plana con

un valor atípico de -0,28. La humedad media (promedio) es de 78,63 (%) y la desviación típica es de 3,24.

Tabla 21

Resultados estadísticos de la velocidad y dirección del viento durante el 2010-2022

VARIABLES	Media	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo	Curtosis
Velocidad del viento (m/s)	2.07	2.06	0.05	1.99	2.19	-0.20
Dirección del viento (°)	144.09	145.16	4.17	135.90	151.19	-0.23

Nivel de confianza (95.0%)

En la tabla 21, podemos comprender en qué medida un grupo de puntuaciones se desvía, por término medio, de la media observando los estadísticos descriptivos de la media y la desviación típica. Encontramos que la velocidad del viento de la muestra se desvía de la media una media de 0,05 (m/s), tal y como indica la curtosis, que tiene una distribución relativamente plana con un valor atípico de -0,20. La velocidad media del viento de la muestra es de 2,07 (m/s), y la desviación típica es de 0.05, en cuanto a la dirección del viento, la media de la muestra fue de 144,09 (°), con una desviación estándar de 4,17. Esto significa que la temperatura mínima de la muestra se desvía de la media en 4,17 (°) por término medio. Esto significa que la temperatura mínima de la muestra se desvía de la media en 4,17 (°) de media. La curtosis muestra una distribución relativamente plana con un valor atípico de -0,23.

Tabla 22*Prueba de normalidad para las variables climáticas durante el 2010-2022*

Pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk (Nivel de significancia al 95%)		
Variabes	Statistic (w)	p-value
Precipitación acumulada (mm)	0.962	0.781
Temperatura máxima (°C)	0.968	0.874
Temperatura mínima (°C)	0.955	0.676
Humedad relativa (%)	0.940	0.451
Velocidad del viento (m/s)	0.954	0.654
Dirección del viento (°)	0.973	0.928

En la tabla 22, los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk demuestran que los datos de las variables climáticas presentan una distribución normal para los años 2010 a 2022. La precipitación acumulada (mm) tiene un valor p de 0,781, que es superior (>) a 0,05. Las temperaturas máxima y mínima tienen valores p de 0,874 y 0,676, respectivamente, que son mayores (>) que 0,05. La humedad relativa (%) tiene un valor p de 0,451, y la velocidad del viento (m/s) y la dirección (°) tienen valores p de 0,928 y 0,654, respectivamente, para la velocidad del viento (m/s) y la dirección (°). Estos resultados son significativos al nivel del 95%. Por consiguiente, se concluye que los valores de las variables climáticas siguen una distribución normal, lo que demuestra que los datos son paramétricos y cumplen el supuesto de normalidad.

4.4 Proceso de la prueba de hipótesis

Regla de decisiones:

P-valor = < α , se rechaza la HN (Se acepta la HA).

P-valor = > α , se acepta la HN (Se rechaza la HA).

Se indica la hipótesis alternativa (HA) y la hipótesis nula (HN). Además, se menciona el nivel de significación ($\alpha = 0,05$) con un nivel de confianza del 95%.

4.4.1 Prueba de hipótesis para el objetivo específico 1.

Formulación de la hipótesis estadística

H_A: El área de los bofedales de la cuenca Huancané ha disminuido en referencia al régimen de lluvia y en el tiempo 2010-2022.

H_N: El area de los bofedales de la cuenca Huancané no ha disminuido en referencia al régimen de lluvia y en el tiempo 2010-2022.

Resultado de la prueba de hipótesis

En la tabla 23 y en las figuras 33, 34, esto muestra los resultados de las pruebas estadísticas de correlación y regresión lineal de los humedales con respecto a la precipitación acumulada. Los humedales de la estación lluviosa tuvieron un valor de significación $p = 0,0068$ con respecto a la precipitación, mientras que los humedales de la estación seca tuvieron un valor de significación $p = 0,0054$ con respecto a la precipitación acumulada, que es inferior al valor alfa de 0,05. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la:

Hipótesis Alternativa = El area de los bofedales de la cuenca Huancané a disminuido en referencia al régimen de lluvia y en el tiempo 2010-2022.

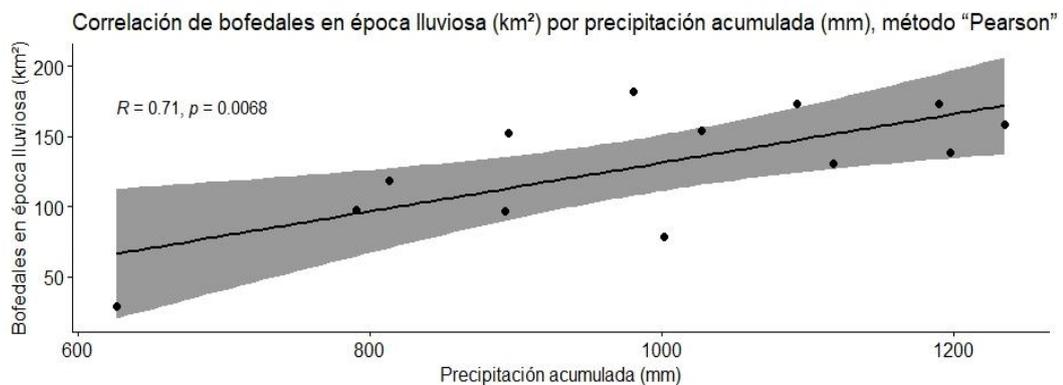
Tabla 23

Matriz de correlación de Pearson de los bofedales con respecto a la precipitación acumulada.

Variables		Bofedales en época lluviosa (km ²)	Bofedales en época seca (km ²)	Precipitación acumulada (mm)
Bofedales en época lluviosa (km ²)	Mét. Pearson (r)	1	0.79	0.71
	p-valúe	< 2.2e-16	0.0012	0.0068
Bofedales en época seca (km ²)	Mét Pearson (r)	0.79	1	0.72
	p-valúe	0.0012	< 2.2e-16	0.0054
Precipitación acumulada (mm)	Mét Pearson (r)	0.71	0.72	1
	p-valúe	0.0068	0.0054	< 2.2e-16

Figura 33

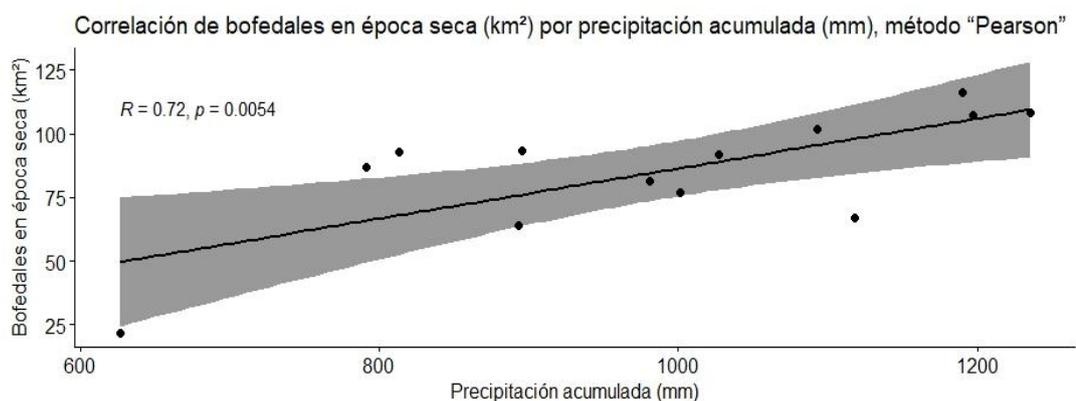
Gráfico de correlación de bofedales en época lluviosa con respecto a la precipitación acumulada



Para el análisis de correlación entre precipitación acumulada (mm) y los bofedales en época lluviosa, se seleccionaron los datos entre estas dos variables (Figura 33). De los resultados de correlación mediante el método de Pearson, se determinó que los bofedales en época lluviosa presentan una correlación alta y proporcionalmente positiva con precipitación acumulada ($r = 0.71$), demostrando una gran influencia de las precipitaciones sobre los bofedales en la época lluviosa.

Figura 34

Gráfico de correlación de bofedales en época seca con respecto a la precipitación acumulada



Para el análisis de correlación entre precipitación acumulada en (mm) y los bofedales en época seca, se seleccionaron los datos entre estas dos variables (Figura 34). De los resultados de correlación mediante el método de Pearson, se determinó que los bofedales en época lluviosa presentan una correlación alta y proporcionalmente positiva con precipitación acumulada ($r = 0.72$), demostrando una gran influencia de las precipitaciones sobre los bofedales en la época seca.

4.4.2 Prueba de hipótesis para el objetivo específico 2

Formulación de la hipótesis estadística

H_A: La captura del CO₂ en los bofedales de la cuenca Huancané han disminuido en referencia al régimen de lluvias y en el tiempo 2010-2022.

H_N: La captura del CO₂ en los bofedales de la cuenca Huancané no han disminuido en referencia al régimen de lluvias y en el tiempo 2010-2022.

Resultado de la prueba de hipótesis

En la tabla 24 y en las figuras 35, 36, se aprecia que la regresión lineal y las pruebas estadísticas de correlación del CO₂ con respecto a la precipitación acumulada muestran que, de acuerdo con la prueba estadística de Pearson, se ha obtenido un valor de significación de p-valor = $2e-05$ para el CO₂ con respecto a la precipitación en la estación lluviosa, y también se ha obtenido un valor de significación de p-valor = 5. En la estación seca, los niveles de CO₂ son inferiores en $4e-05$ con respecto al valor alfa 0,05 en relación con las precipitaciones acumuladas. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la:

Hipótesis Alterna = La captura del CO₂ en los bofedales de la cuenca Huancané han disminuido en referencia al régimen de lluvias y en el tiempo 2010-2022.

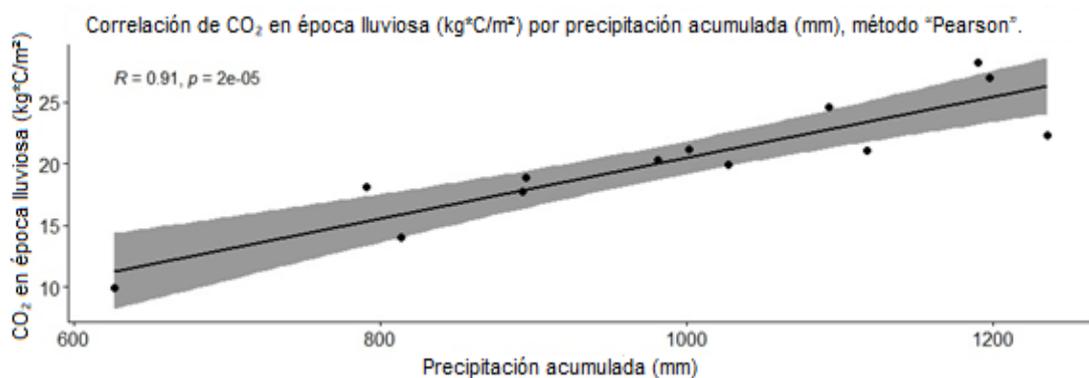
Tabla 24

Matriz de correlación de Pearson del CO₂ con respecto a la precipitación acumulada

Variables		CO ₂ en época lluviosa (kg*C/m ²)	CO ₂ en época seca (kg*C/m ²)	Precipitación acumulada (mm)
CO ₂ en época lluviosa (kg*C/m ²)	Mét. Pearson (r)	1	0.87	0.91
	p-valúe	< 2.2e-16	0.00011	2e-05
CO ₂ en época seca (kg*C/m ²)	Mét Pearson (r)	0.87	1	0.89
	p-valúe	0.00011	< 2.2e-16	5.4e-05
Precipitación acumulada (mm)	Mét Pearson (r)	0.91	0.89	1
	p-valúe	2e-05	5.4e-05	< 2.2e-16

Figura 35

Gráfico de correlación del CO₂ en época lluviosa con respecto a la precipitación acumulada

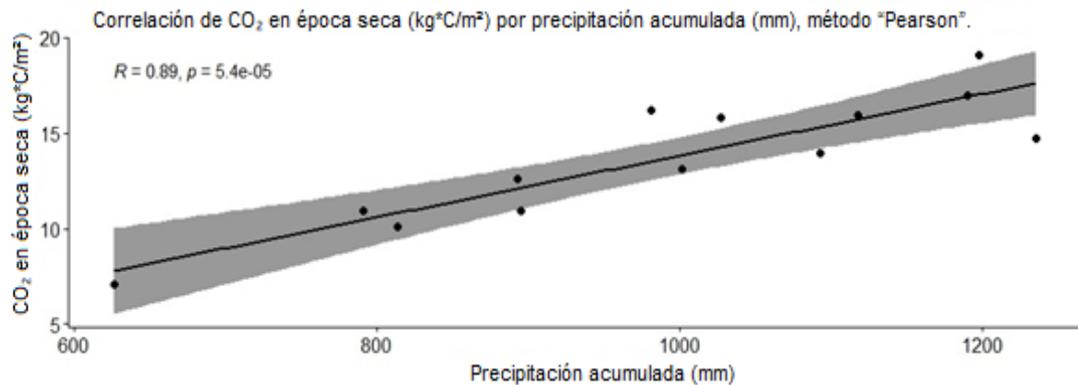


Por otra parte, la correlación entre precipitación acumulada anual en (mm) y el CO₂ en época de lluvia (kg*C/m²) se seleccionaron los datos entre estas dos variables (Figura 35). De los resultados de correlación mediante el método de Pearson, se determinó que el CO₂ en época de lluvia (kg*C/m²) presentan una correlación muy alta y proporcionalmente positiva con precipitación acumulada (r =

0.91), demostrando una gran influencia de las ausencias de las precipitaciones sobre la disminución del CO₂ en época de lluvia (kg*C/m²).

Figura 36

Gráfico de correlación del CO₂ en época seca con respecto a la precipitación acumulada



La correlación entre precipitación acumulada anual en (mm) y el CO₂ en época seca (kg*C/m²) se seleccionaron los datos entre estas dos variables (Figura 36). De los resultados de correlación mediante el método de Pearson, se determinó que el CO₂ en época de seca (kg*C/m²) presentan una correlación muy alta y proporcionalmente positiva con precipitación acumulada ($r = 0.89$), demostrando una gran influencia de las ausencias de las precipitaciones sobre la disminución del CO₂ en época de seca (kg*C/m²).

4.4.3 Prueba de hipótesis para el objetivo específico 3

A. Formulación de la hipótesis estadística

H_A: La relación entre la captura del CO₂ y las variables ambientales (cambio climático) en la cuenca Huancané en el periodo 2010-2022 es alta.

H_N: La relación entre la captura del CO₂ y las variables ambientales (cambio climático) en la cuenca Huancané en el periodo 2010-2022 es baja.

B. Resultado de la prueba de hipótesis

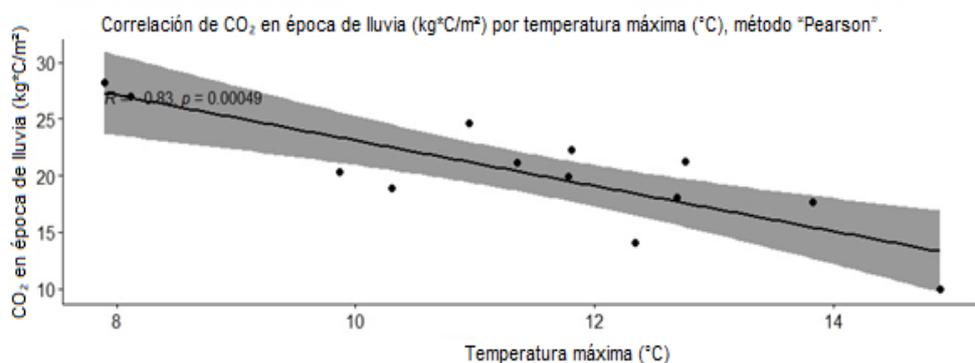
En las figuras 43, 44 y de 37 al 42, ee ha obtenido un valor de significación de p-valor = 2e-05 para el CO₂ en la estación lluviosa con respecto a la precipitación, y un valor de significación de p-valor = 5,4e-05

para el CO₂ en la estación seca con respecto a la precipitación, según la prueba estadística de Pearson. Se muestra la prueba estadística de correlación y regresión lineal del CO₂ con respecto a la precipitación acumulada, comparado con el valor alfa 0.05 es menor. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la:

Hipótesis Alternativa = La relación entre la captura del CO₂ y las variables ambientales (cambio climático) en la cuenca Huancané en el periodo 2010-2022 es alta.

Figura 37

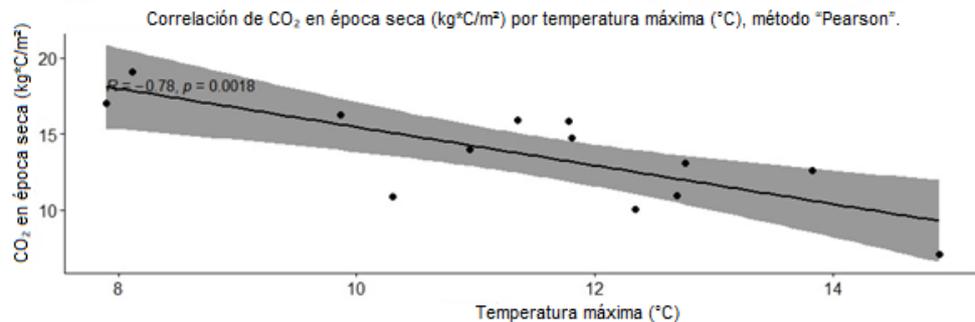
Gráfico de correlación del CO₂ en época de lluvia con respecto a la temperatura máxima



La correlación entre temperatura máxima en (°C) y el CO₂ en época de lluvia (kg*C/m²), se seleccionaron los datos entre estas dos variables (Figura 37). De los resultados de correlación mediante el método de Pearson, se determinó que el CO₂ en época de lluvia (kg*C/m²) presentan una correlación muy alta y proporcionalmente inversa con temperatura máxima en ($r = -0.83$), demostrando una gran influencia del aumento de la temperatura máxima sobre la disminución del CO₂ en época de lluvia (kg*C/m²).

Figura 38

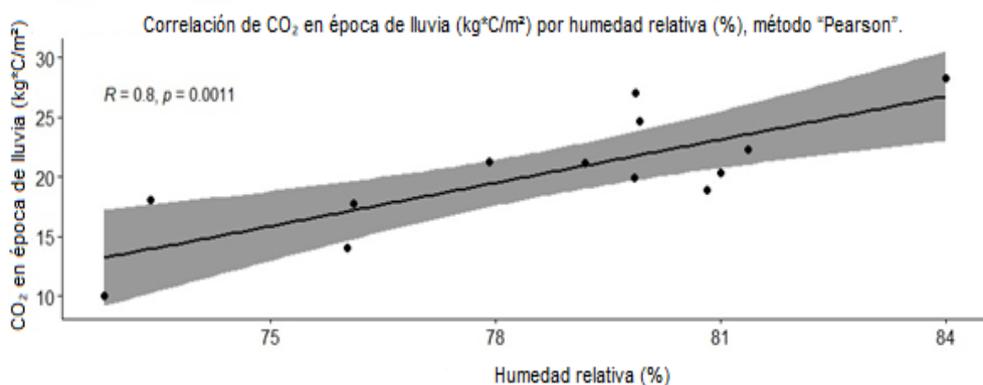
Gráfico de correlación del CO₂ en época seca con respecto a la temperatura máxima



La correlación entre precipitación temperatura máxima en (°C) y el CO₂ en época seca (kg*C/m²), se seleccionaron los datos entre estas dos variables (Figura 37). De los resultados de correlación mediante el método de Pearson, se determinó que el CO₂ en época seca (kg*C/m²) presentan una correlación muy alta y proporcionalmente inversa con temperatura máxima en ($r = -0.83$), demostrando una gran influencia del aumento de la temperatura máxima sobre la disminución del CO₂ en época de seca (kg*C/m²).

Figura 39

Gráfico de correlación del CO₂ en época de lluvia con respecto a la humedad relativa

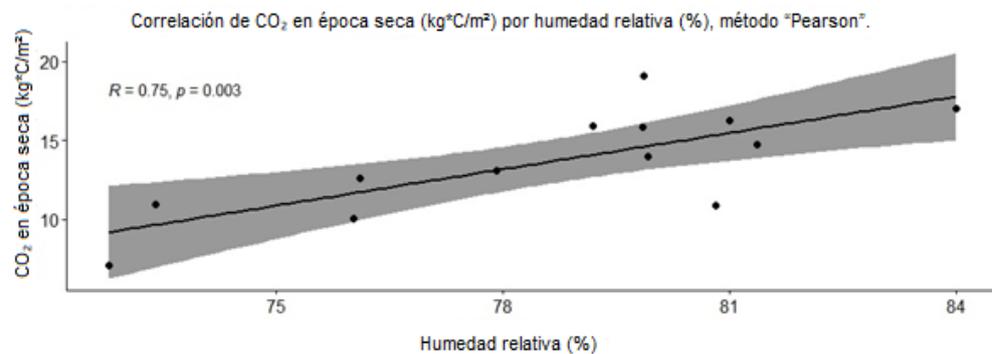


La correlación entre humedad relativa y el CO₂ en época de lluvia (kg*C/m²), se seleccionaron los datos entre estas dos variables (Figura 39). De los resultados de correlación mediante el método de Pearson, se determinó que el CO₂ en época de lluvia (kg*C/m²) presentan una correlación muy alta y proporcionalmente positiva con la humedad relativa en ($r = 0.8$),

demostrando una gran influencia del aumento de la humedad relativa sobre la disminución del CO₂ en época de lluvia (kg*C/m²).

Figura 40

Gráfico de correlación del CO₂ en época seca con respecto a la humedad relativa



La correlación entre humedad relativa y el CO₂ en época seca (kg*C/m²), se seleccionaron los datos entre estas dos variables (Figura 39). De los resultados de correlación mediante el método de Pearson, se determinó que el CO₂ en época seca (kg*C/m²) presentan una correlación moderada y proporcionalmente positiva con la humedad relativa en ($r = 0.75$), demostrando una gran influencia del aumento de la humedad relativa sobre la disminución del CO₂ en época seca (kg*C/m²).

Figura 41

Gráfico de correlación del CO₂ en época de lluvia con respecto a la velocidad del viento

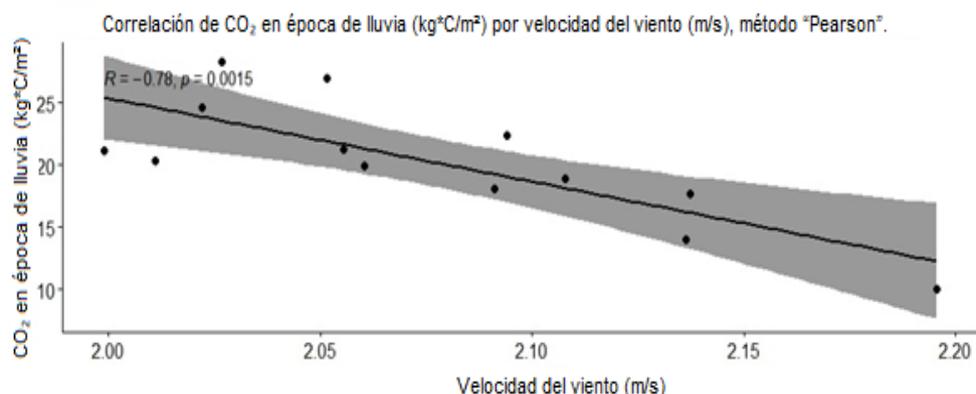
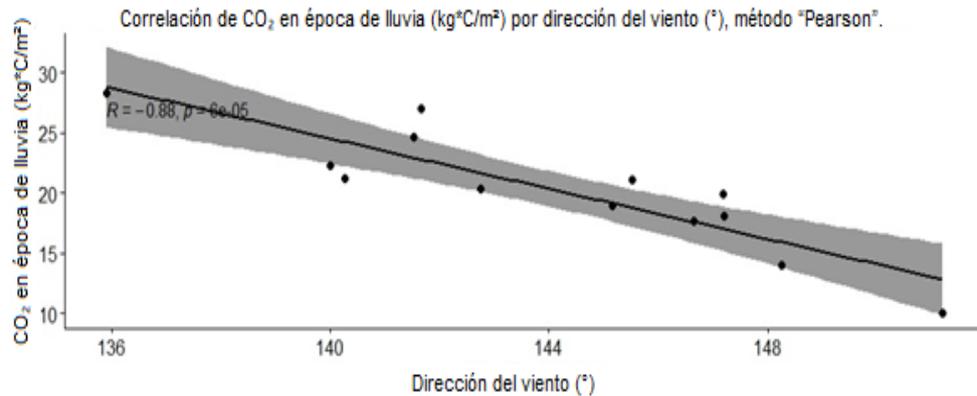


Figura 42

Gráfico de correlación del CO₂ en época de lluvia con respecto a la dirección del viento

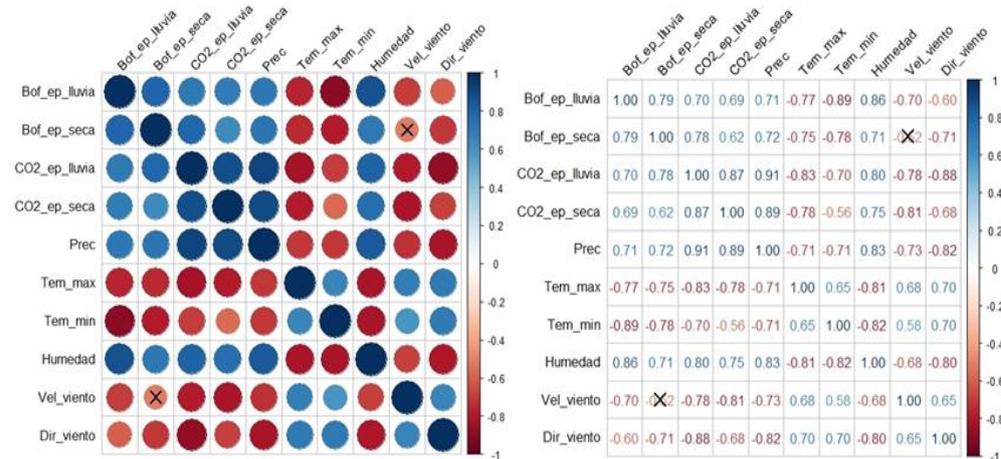


Finalmente, la correlación entre dirección del viento y el CO₂ en época de lluvia (kg*C/m²), se seleccionaron los datos entre estas dos variables (Figura 39). De los resultados de correlación mediante el método de Pearson, se determinó que el CO₂ en época de lluvia (kg*C/m²) presentan una correlación muy alta y proporcionalmente inversa con la dirección del viento en ($r = -0.88$), demostrando una gran influencia del aumento de la dirección del viento sobre la disminución del CO₂ en época de lluvia (kg*C/m²).

Como los registros cumplieron las pruebas de normalidad, para el cálculo de la correlación se determinó el análisis estadístico paramétrico de Pearson. De esta manera, se analizaron las correlaciones entre bofedales de la cuenca Huancané y la cantidad de CO₂ con el cambio climático, presentados en la figura 43 y en la figura 44

Figura 43

Correlograma para las variables independientes y dependientes en símbolos y numericos



En la figura 43, nos muestran los correlogramas para las dos variables, detección de áreas de los bofedales de la Cuenca Huancané y la cantidad de CO₂ con respecto al cambio climático. Los resultados obtenidos de la correlación por el método de Pearson, determinaron que los bofedales en la época seca y lluviosa con respecto a las precipitaciones tuvieron una correlación proporcionalmente alta y positiva de (0.71 y 0.72), los bofedales en la época seca y lluviosa con respecto a las temperaturas máximas tuvieron una correlación proporcionalmente alta e inversa de (-0.77 y -0.75). Por otro lado, el CO₂ en la época seca y lluviosa con respecto a las precipitaciones tuvieron una correlación proporcionalmente alta y positiva de (0.91 y 0.89), también el CO₂ en la época seca y lluviosa con respecto a las temperaturas máximas tuvieron una correlación proporcionalmente alta e inversa de (-0.83 y -0.78). Concluyendo de acuerdo a los resultados obtenidos, indicamos que la desaparición de los bofedales en las dos épocas, durante los años de estudio es causado por el cambio climático, de la misma manera indicamos la disminución de la captura del CO₂ en las dos épocas, durante los años de estudio es causado por el cambio climático. Analizando mientras que los bofedales van reduciendo su área, el CO₂ se va liberando hacia la atmósfera causando por el mismo el cambio climático.

4.5 Discusión

Con los resultados obtenidos en porcentajes podemos deducir claramente desde el 2010 al 2022 los fofedales se redujeron el 6%.

Por otra parte, *Justo (2023)*, en Huarochirí (Lima), durante los años 2015 y 2022 los humedales se redujeron de 5,6 km² a 2 km², una pérdida del 64%. Por otra parte *Machuca & Uzquiano (2021)*, en la microcuenca Acocancha (Lima), en los años 2013, 2017 y 2019 los resultados oscilaron entre un valor mínimo de 0 a 1 y un valor máximo de 0,081. El NDWI osciló entre un valor mínimo de 1 a 1 y un valor máximo de -1 a 0,009, lo cual lo bofedales han disminuido, dado que los bofedales son el principal suministro de agua tanto para el río Chinón como para los habitantes de Huaros, deben ser restaurados y conservados.

Los bofedales durante los periodos del 2010 al 2022 a reducido el 8 % de los bofedales. Los resultados obtenidos por *Pamo & Oscco (2022)*, en la comunidad de Ancomarca (Tacna), reportaron: la disminución del área de bofedal desde el año 1990 hasta el año 2021, con un período de 31 años de evaluación; con 629.01 ha y 551.07 ha respectivamente, representando una disminución de 77.94 ha. La pérdida del área de bofedal podría estar vinculada a la sobreexplotación de aguas subterráneas, sobrepastoreo y al cambio climático.

De acuerdo a los datos obtenidos en porcentajes podemos deducir claramente que la captura del CO₂ en los bofedales durante los periodos de estudio han decrecido el 7% significativamente. Por otro lado *Rivera (2015)*, en el municipio de San Blas (México), reporto: la conservación y el uso sostenible de todos los recursos naturales, especialmente bosques, selvas y todo tipo de flora, es una de las soluciones sugeridas, ya que es una forma barata de reducir la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera. Según los datos, hay 2455,06 mg*/ha en biomasa y 1.138,96 mg*C/ha en reservas de carbono

De acuerdo a los resultados obtenidos del cambio climático; se indica que hubo un incremento de las temperaturas máximas y mínimas, también se evidencio las ausencias de las precipitaciones. Por otro lado, *Justo (2023)*, en Huarochirí (Lima), reporto: durante los años 2015 y 2022, un aumento de la temperatura media a 0,052 °C/año. Por otro lado *Mamani (2021)*, en la laguna Paucarani (Tacna), durante el periodo 1972 - 2018, reporto: los datos de temperatura máxima media anual mostraron valores superiores en 0,42 grados centígrados a la media de 12,92 grados centígrados para el 2010. Se confirmó que estos valores son prácticamente uniformes a lo largo de los años examinados. Por otro lado, *Justo (2023)*, en Huarochirí (Lima), reporto: durante los años 2015 y 2022, la variabilidad



climática, registró un descenso de las precipitaciones a 0,046 mm/año.

CONCLUSIONES

- Al evaluar el área de los bofedales de la cuenca Huancané en época lluviosa y seca, durante el periodo 2010-2022. Se concluye que los bofedales en época lluviosa disminuyeron su área a -109.43 km^2 durante los 13 años esta tendencia es negativa (-), esto indica que: presento el 61,50% de bofedales ha variado en época lluviosa, de la misma manera los bofedales en la época seca disminuyeron su área a -85.6 km^2 durante los 13 años, la tendencia es negativa (-), lo que indica, que el 62,40% varió en época seca, de acuerdo a la prueba estadística se han obtenido un valor de significancia de $p\text{-valor} = 0.0068$ y $p\text{-valor} = 0.0054$, para los bofedales en época lluviosa y seca, comparado con el valor alfa 0.05 es menor, lo que nos indica que los bofedales disminuyeron por el descenso de las precipitaciones.
- Al evaluar la captura del CO_2 en los bofedales de la cuenca Huancané en época lluviosa y seca, durante el periodo 2010-2022. Se concluye que la captura del CO_2 en bofedales disminuyó $-16,994 \text{ kg}^*\text{C}/\text{m}^2$ durante los 13 años, esta tendencia es negativa (-), indica que: durante los 13 años el 68,40% el CO_2 varió en época lluviosa, de la misma manera el CO_2 en la época seca disminuyó a $-12,012 \text{ kg}^*\text{C}/\text{m}^2$ durante los 13 años, la tendencia es negativa (-), lo que indica que: durante los 13 años el 60,30% el CO_2 varió en época seca, de acuerdo a la prueba estadística se ha obtenido un valor de significancia de $p\text{-valor} = 2e-05$ y $p\text{-valor} = 5.4e-05$, para la captura del CO_2 en época lluviosa y seca, comparado con el valor alfa 0.05 es menor, lo que nos indica que la captura del CO_2 en los bofedales de la cuenca Huancané han disminuido en referencia al descenso de las precipitaciones.
- Al analizar la relación entre la captura del CO_2 y las variables ambientales (cambio climático) en la cuenca Huancané, durante el periodo 2010-2022, Se concluye de acuerdo a la prueba estadística, se obtuvo valores significativos, menores ($<$) al alfa 0.05, indicando que la captura del CO_2 en los bofedales disminuyó en referencia al descenso de las precipitaciones, al aumento de las temperaturas máximas y mínimas, al descenso de la humedad relativa y al aumento de la velocidad y dirección de los vientos.

RECOMENDACIONES

- Para las próximas investigaciones sobre aspectos climáticos en ecosistemas de alta montaña (bofedales) se aconseja el uso de software libre para la recogida y desarrollo de datos. Esto se basa en el alto grado de ajuste de los resultados del Linear Spectral Unmixing (LSU) o fraccional de píxel individual aplicado para el análisis multitemporal de los bofedales utilizando Google Earth Engine y el software R-Studio (v4.3.1), así como la adquisición de información más detallada que permite la observación de un mayor número de años en un análisis multitemporal
- La captura de CO₂ en los bofedales debe evaluarse en relación con las variaciones de temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento. Esto puede hacerse utilizando datos de teledetección y ajustando adecuadamente un punto de muestreo en el geosítio Power NASA.
- Se aconseja realizar más investigaciones sobre la conexión entre la captación de CO₂ en los humedales y el cambio climático en la sierra del sur de Perú, ya que se ha investigado muy poco en este campo y, lo que es peor, donde se están produciendo los mayores cambios ambientales.
- De acuerdo a los resultados obtenidos en porcentajes podemos deducir claramente que la captura del CO₂ en los bofedales durante el 2010 al 2022 el 6% disminuyó.
- Según Aguirre et al. (2018), en el parque universitario Francisco Vivar Castro, Loja (Ecuador), reportaron: las densidades básicas de cada especie y se multiplicó por 0,5 para determinar la cantidad total de carbono. Los resultados revelaron 92 especies en total, de las cuales 24 son herbáceas, 33 son árboles y 35 son arbustos. La cantidad total de carbono fijado en una hectárea de bosque andino, incluyendo árboles, arbustos, hierbas y necromasas, es de 42,29 mg*C/ha; en 12,93 ha de bosque actual, la cantidad total de carbono sería de 546,86 mg*C/ha. Por otra parte Salazar et al. (2018), en Cantón Limón Indanza (Ecuador), reportaron: que las 118 ha de bosque contienen 13 521 m³, o 115 m³ 160 /ha de madera, compuesta en gran parte por plantas de la familia Melastomataceae, entre ellas Miconia sp. Se han almacenado 4.835 t de carbono, lo que equivale a 41 t/ha. La familia Melastomataceae tiene el mayor contenido de carbono (13 t/ha), y Miconia sp. es la especie con mayor almacenamiento de carbono (8 t/ha).

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre coronel, L. M. (2015). *Desarrollo de un sistema de consultas de firmas espectrales del maíz duro, papa y arroz para el Instituto Espacial Ecuatoriano* [bachelorThesis, Quito, 2015.]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10797>
- Aguirre Mendoza, Z., Quizhpe C, W., & Pinza, D. (2018a). Estimación del carbono acumulado en una parcela permanente de bosque andino en el parque universitario Francisco Vivar Castro, Loja, Ecuador. *Arnaldoa*, 25(3), 939-952. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.253.25307>
- Aguirre Mendoza, Z., Quizhpe C, W., & Pinza, D. (2018b). Estimación del carbono acumulado en una parcela permanente de bosque andino en el parque universitario Francisco Vivar Castro, Loja, Ecuador. *Arnaldoa*, 25(3), 939-952. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.253.25307>
- Álvarez Jiménez, J. P. (2015). *Estudio del impacto de un mercado secundario del espectro electromagnético en Colombia bajo el aspecto técnico y de las medidas regulatorias*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/54136>
- Álvarez-Lires, M. M., Arias-Correa, A., Lorenzo-Rial, M. A., & Serrallé-Marzoa, F. (2017). Educación para la Sustentabilidad: Cambio Global y Acidificación Oceánica. *Formación universitaria*, 10(2), 89-102. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062017000200010>
- Brito Morais, Y. C., Bezerra de Araújo, M. do S., de Moura, M. S. B., Galvêncio, J. D., & de Queiroga Miranda, R. (2017). Análise do Sequestro de Carbono em Áreas de Caatinga do Semiárido Pernambucano. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 32, 585-599. <https://doi.org/10.1590/0102-7786324007>
- Carrasco, C., Rayme, C., Alarcón, R.-P., Ayala, Y., Arana, J., & Aponte, H. (2020). Macroinvertebrados acuáticos en arroyos asociados con bofedales altoandinos, Ayacucho Perú. *Revista de Biología Tropical*, 68, 116-131. <https://doi.org/10.15517/rbt.v68is2.44344>
- Chanta Vargas, C. A. (2019). Escenarios climáticos y su influencia en la extensión del bofedal Escotacay al 2030, Huaros—Canta. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57597>

- Chavez Huerta, A. (2021). *Influencia antrópica en la captura de carbono por los pastizales naturales del distrito de Santillana (Laupay), Ayacucho*. <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/f7e63d41-af89-4751-b14c-9bc57c69a8f4>
- Chimner, R. A., Boone, R., Bowser, G., Bourgeau-Chavez, L. L., Fuentealba, B. D., Gilbert, J., Ñaupari, J. A., Polk Molly, H., Resh, S., Turin, C., Young, K. R., & Zarria-Samanamud, M. (2020). *Andes, Bofedales, and the Communities of Huascarán National Park, Peru*. https://www.researchgate.net/publication/346497087_Andes_Bofedales_and_the_Communities_of_Huascarán_National_Park_Peru.
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5013>
- Chirinos, T. (2023). Variabilidad climática y cambios de cobertura de la tierra en los caudales de cabecera de Cuenca del río Cabanillas: Climatic variability and land cover changes in the headwater flows of the Cabanillas river basin. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(2), Article 2. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.1030>
- Claverie, M., Vermote, E. F., Franch, B., & Masek, J. G. (2015). Evaluation of the Landsat-5 TM and Landsat-7 ETM+ surface reflectance products. *Remote Sensing of Environment*, C(169), 390-403. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.08.030>
- Da Silva, C. J., & Cardozo, O. D. (2015). *Evaluación multicriterio (EMC) y sistemas de información geográfica aplicados a la definición de espacios potenciales para uso del suelo residencial en Resistencia, (Argentina)*. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/37459>
- De La Cruz Ancajima, F. D. R., & Gamarra Bustamante, R. J. (2021). Efecto de la variabilidad atmosférica en la cobertura vegetal del Refugio de vida silvestre Laquipampa entre 1990-2020. *Repositorio Institucional - SENAMHI*. <http://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/1647>
- Diaz Aguilar, R. D., Machaca, A., Belizario Quispe, G., & Lujano, E. (2023). Efectos del Cambio Climático Sobre los Ecosistemas de Montaña en la Cordillera Carabaya—Perú. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 38. <https://doi.org/10.1590/0102-778638230088>

- Ferrández, M. A. G. (2015). *Análisis de series de datos de teledetección de índices de vegetación* [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universitat d'Alacant / Universidad de Alicante]. <https://documat.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=45809>
- Flores Crisostomo, N. E. (2019). Evaluación de las unidades de vegetación mediante sistemas de información geográfica y teledetección en Pantanos de Villa, Chorrillos—Lima. *Universidad Católica Sedes Sapientiae*. <https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/706>
- Ghaleb, F., Mario, M., & Sandra, A. N. (2015). Regional Landsat-Based Drought Monitoring from 1982 to 2014. *Climate*, 3(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/cli3030563>
- González Gaudiano, E. J., Meira Cartea, P. Á., González Gaudiano, E. J., & Meira Cartea, P. Á. (2020). Educación para el cambio climático: ¿Educar sobre el clima o para el cambio? *Perfiles educativos*, 42(168), 157-174. <https://doi.org/10.22201/iissue.24486167e.2020.168.59464>
- Howard, F. S. C., Rojas, L. A. R., Martínez, J. F. G., Castro, D. G. M., & Pérez, O. F. A. (2020). Evaluación de las propiedades mecánicas de ladrillos elaborados con residuos de vidrio y plástico. Análisis de las emisiones de dióxido de carbono. *Lámpsakos*, 24, 60-73.
- Huamán Puscán, M. M. (2022). *Composición florística y distribución espacial según niveles de altitud y degradación de pastizales en las microcuencas ganaderas de Pomacochas y Ventilla, Amazonas—2021*. <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/2643>
- Jumbo-Salazar, C. A., Delgado, C. D. A., & Ramirez-Cando, L. J. (2018). Medición de carbono del estrato arbóreo del bosque natural Tinajillas-Limón Indanza, Ecuador. *La Granja*, 27(1), Article 1. <https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.04>
- Logroño-Naranjo, S. I., López-Paredes, C. R., Moyano-Jácome, M. G., & Oyague-Bajaña, E. S. (2020). El alcance de la teledetección satelital utilizando modelos estadísticos y físicos y sus beneficios en áreas contables. *Dominio de las Ciencias*, 6(2), Article 2. <https://doi.org/10.23857/dc.v6i2.1142>

- Machuca Peña, E. H., & Uzquiano Céspedes, F. J. (2021a). Evaluación del estado de salud de bofedales mediante teledetección en la microcuenca de Acocancha-Lima 2021. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/74862>
- Machuca Peña, E. H., & Uzquiano Céspedes, F. J. (2021b). Evaluación del estado de salud de bofedales mediante teledetección en la microcuenca de Acocancha-Lima 2021. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/74862>
- Maldonado Jimenez, I., & Aparicio Saavedra, M. (2021). Estimación del almacenamiento de carbono en la biomasa de macrófitas en la Bahía interior de Puno, lago Titicaca. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(2 (Mayo-Agosto)), 3.
- Mamani Quispe, D. M., & Mamani Mamani, H. O. (2019). Determinación del secuestro de dióxido de carbono (CO₂) en el suelo mediante sumideros de carbono: Puyas de Raimondi (*Puya raimondii* Harms), Pajonal con Chillihuales y Bofedal, en el distrito de Putina – Puno, 2018. *Universidad Peruana Unión*.
<https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/2181>
- Mamani Vargas, A. J. P. (2021a). Determinación de la relación entre los índices de vegetación y el cambio climático, haciendo una evaluación multitemporal de imágenes Landsat durante el periodo 1972—2018, en la laguna Paucarani – Tacna. *Universidad Privada de Tacna*.
<http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1925>
- Mamani Vargas, A. J. P. (2021b). Determinación de la relación entre los índices de vegetación y el cambio climático, haciendo una evaluación multitemporal de imágenes Landsat durante el periodo 1972—2018, en la laguna Paucarani – Tacna. *Universidad Privada de Tacna*.
<http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1925>
- Manterola, C., & Otzen, T. (2015). Estudios Experimentales 2 Parte: Estudios Cuasi-Experimentales. *International Journal of Morphology*, 33(1), 382-387.
<https://doi.org/10.4067/S0717-95022015000100060>

- Pacheco Gutiérrez, C. A. (2020). Estimación del almacenamiento y retención de Dióxido de carbono en el arbolado urbano público de la zona de Achumani de la ciudad de La Paz a través de una aplicación móvil. *Fides et Ratio - Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 19(19), 153-174.
- Pamo-Sedano, J., & Oscco-Coa, C. E. (2022a). Análisis espacio temporal del bofedal de la comunidad de Ancomarca (Tacna—Perú) durante el período 1990 – 2021, con técnicas de teledetección. *Revista Ciencias Biológicas y Ambientales*, 1(1), Article 1. <https://doi.org/10.33326/29585309.2022.1.1587>
- Pamo-Sedano, J., & Oscco-Coa, C. E. (2022b). Análisis espacio temporal del bofedal de la comunidad de Ancomarca (Tacna—Perú) durante el período 1990 – 2021, con técnicas de teledetección. *Revista Ciencias Biológicas y Ambientales*, 1(1), Article 1. <https://doi.org/10.33326/29585309.2022.1.1587>
- Paredes Gomez, J. J. (2023). *Característica fisicoquímica de las aguas superficiales del bofedal alto andino Guitarrachayocc, distrito de Paras. Cangallo—Ayacucho. 2018—2019*. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5708>
- Perea Ardila, M. A., Andrade Castañeda, H. J., & Segura Madrigal, M. A. (2021). Estimación de Biomasa Aérea y Carbono con Teledetección en Bosques Alto-Andinos de Boyacá, Colombia. Estudio de caso: Santuario de Fauna y Flora Iguaque. *Revista Cartográfica*, 102, 91-123.
- Platnick, S., Meyer, K. G., King, M. D., Wind, G., Amarasinghe, N., Marchant, B., Arnold, G. T., Zhang, Z., Hubanks, P. A., Holz, R. E., Yang, P., Ridgway, W. L., & Riedi, J. (2017). The MODIS cloud optical and microphysical products: Collection 6 updates and examples from Terra and Aqua. *IEEE transactions on geoscience and remote sensing : a publication of the IEEE Geoscience and Remote Sensing Society*, 55(1), 502-525. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2016.2610522>
- Quinteros Sánchez, V. D. P. (2022). *Captura de carbono en un aguajal en el Área de Conservación Municipal Asociación Hídrica Aguajal Renacal Alto Mayo, sector río Avisado*. <https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/1608>

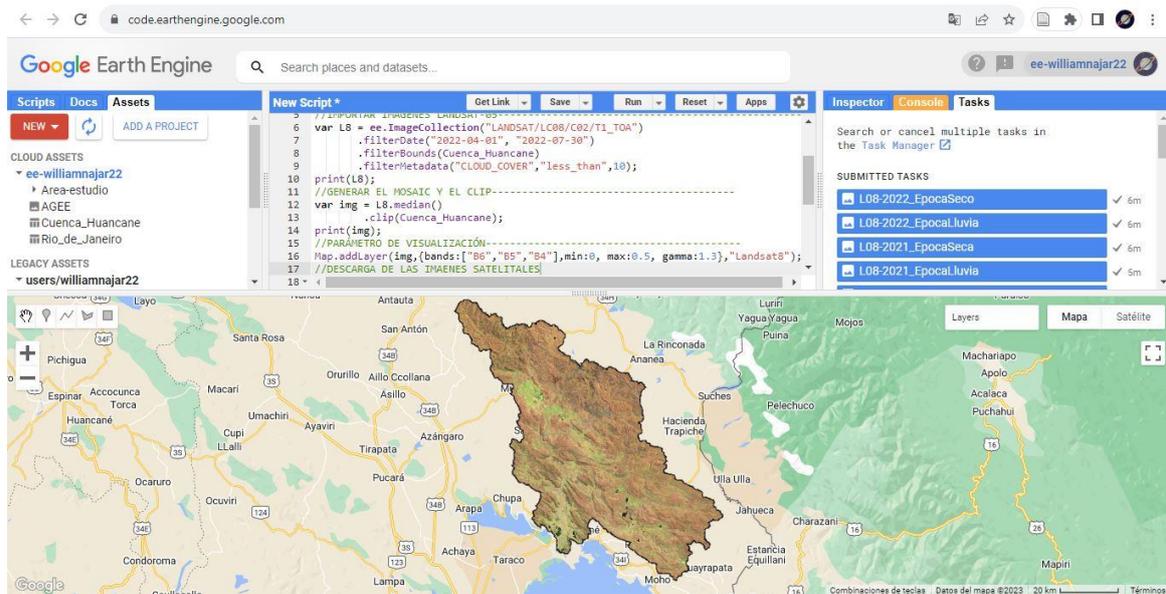
- Ramos, G. M. E. (2023). Acidificación oceánica: Una consecuencia preocupante del aumento de CO₂ en la atmósfera. *Revista de Divulgación Científica AQUACIENCIA*, 2(1), Article 1.
- Rivera Aldaco, Y. M. (2015a). *RESERVAS DE CARBONO EN LA BIOMASA AEREA DEL BOSQUE DE MANGLAR*.
<http://dspace.uan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/1234>
- Rivera Aldaco, Y. M. (2015b). *Reservas de carbono en la biomasa aérea del bosque de Manglar*. <http://dspace.uan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/1234>
- Rodríguez Lainz, J. L. (2015). Análisis del espectro electromagnético de señales inalámbricas: Rastreo de dispositivos Wi-Fi. *Diario La Ley*, 8588, 1.
- Rojas P., M. G. (2019). *Evaluación del uso de imágenes satelitales para la cuantificación de flujos de CO₂ en ecosistemas acuáticos continentales*.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77527>
- Salazar, C. A. J., Delgado, C. D. A., & Ramirez-Cando, L. J. (2018). Medición De Carbono Del Estrato Arbóreo Del Bosque Natural Tinajillas-Limón Indanza, Ecuador. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*, 27(1), 51-63.
- Salazar Marín, R. A. (2017). Análisis del impacto geoambiental de pasivos ambientales aplicando sensoramiento remoto y firmas espectrales utilizando envi, provincia de Hualgayoc, Cajamarca, 2016. *Universidad Nacional de Cajamarca*.
<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1419>
- Segado-Boj, F., Díaz-Campo, J., & Navarro Sierra, N. (2020). *Emociones y difusión de noticias sobre el cambio climático en redes sociales. Influencia de hábitos, actitudes previas y usos y gratificaciones en universitarios*. <https://doi.org/10.4185/RLCS-2020-1425>
- Tafur, E., Veneros, J., García, L., Gamarra, Ó., Farje, J., & Santistevan, M. (2022). Técnicas no destructivas para la estimación de la biomasa forestal aérea. *Idesia (Arica)*, 40(3), 7-17. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292022000300007>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>GENERAL ¿Cuál es el área de los bofedales de la cuenca Huancané y la cantidad de CO₂ que éstos capturan del ambiente y cómo es su relación con el cambio climático en la cuenca Huancané, en el periodo 2010-2022?</p> <p>ESPECÍFICOS ¿Cuál es el área de los bofedales de la cuenca Huancané en la época lluviosa y seca en el periodo 2010 - 2022?</p> <p>¿Cuál es la captura del CO₂ en los bofedales de la cuenca Huancané en época lluviosa y seca en el periodo 2010 - 2022?</p> <p>¿Cómo es la relación entre la captura del CO₂ con las variables ambientales (cambio climático) en la cuenca Huancané, 2010 - 2022?</p>	<p>GENERAL Evaluar el área de los bofedales de la cuenca Huancané y la cantidad de CO₂ que éstos capturan del ambiente y analizar su relación con el cambio climático en la cuenca Huancané en el periodo 2010 - 2022.</p> <p>ESPECÍFICOS Evaluar el área de los bofedales de la cuenca Huancané en época lluviosa y seca en el periodo 2010-2022.</p> <p>Evaluar la captura del CO₂ en los bofedales de la cuenca Huancané en época lluviosa y seca en el periodo 2010-2022.</p> <p>Analizar la relación entre la captura del CO₂ y las variables ambientales (cambio climático) en la cuenca Huancané en el periodo 2010-2022.</p>	<p>GENERAL El área de los bofedales de la cuenca Huancané y los niveles de CO₂ que éstos capturan del ambiente han disminuido y su relación con el cambio climático en la cuenca Huancané es alta, en el periodo 2010-2022.</p> <p>ESPECÍFICOS El área de los bofedales de la cuenca Huancané ha disminuido en referencia al régimen de lluvia y en el tiempo 2010-2022.</p> <p>La captura del CO₂ en los bofedales de la cuenca Huancané han disminuido en referencia al régimen de lluvias y en el tiempo 2010-2022.</p> <p>La relación entre la captura del CO₂ y las variables ambientales (cambio climático) en la cuenca Huancané en el periodo 2010-2022 es alta.</p>	<p>Independiente: Captura del dióxido de carbono (CO₂)</p> <p>Dependiente: Cambio climático Bofedales</p>	<p>Productividad primaria neta (npp).</p> <ul style="list-style-type: none"> Mensual (Kg*C/m²) Anual (Kg*C/m²) <p>Productividad primaria bruta (gpp)</p> <ul style="list-style-type: none"> Mensual (Kg*C/m²) Anual (Kg*C/m²) <p>Temperaturas</p> <ul style="list-style-type: none"> Mensual (°C) Anual (°C) <p>Precipitación</p> <ul style="list-style-type: none"> Mensual(mm) Anual (mm) <p>Humedad relativa</p> <ul style="list-style-type: none"> Anual (%) <p>Área</p> <ul style="list-style-type: none"> km² Ha % 	<p>Técnica Linear Spectral Unmixing (LSU)</p> <p>Instrumento:</p> <p>1) Programas computacionales - Google Earth Engine. - R-Studio (v4.3.1).</p> <p>2) Estadísticos:</p> <p>a) Tendencias b) Normalidad c) Correlación d) Regresión lineal</p>

Anexo 2. Descarga de imágenes satelitales Landsat 5-8 de Google Earth Engine.



```

Imports (1 entry)
var Cuenca_Huancane: Table projects/ee-williamnajar22/assets/Cuenca_Hu...

1 //IMPORTAR EL ÁREA DE ESTUDIO-----
2 var color = {color:"black", fillColor:"#ffffff00"};
3 Map.addLayer(Cuenca_Huancane.style(color));
4 Map.centerObject(Cuenca_Huancane, 9);
5 //IMPORTAR IMÁGENES LANDSAT-05-----
6 var L8 = ee.ImageCollection("LANDSAT/LC08/C02/T1_TOA")
7   .filterDate("2022-04-01", "2022-07-30")
8   .filterBounds(Cuenca_Huancane)
9   .filterMetadata("CLOUD_COVER","less_than",10);
10 print(L8);
11 //GENERAR EL MOSAIC Y EL CLIP-----
12 var img = L8.median()
13   .clip(Cuenca_Huancane);
14 print(img);
15 //PARÁMETRO DE VISUALIZACIÓN-----
16 Map.addLayer(img,{bands:["B6","B5","B4"],min:0, max:0.5, gamma:1.3},"Landsat8");
17 //DESCARGA DE LAS IMAENES SATELITALES
18 Export.image.toDrive({
19   image:img.select("B1","B2","B3","B4","B5","B6","B7"),
20   description: 'L08-2022_EpocaSeco',
21   folder: 'AGEE',
22   region:Cuenca_Huancane,
23   scale:30
24 });
25

```

Anexo 3. Evaluación de los bofedales en R.

```

# LLAMAMOS A LAS IMÁGENES SATELITALES-----
7 setwd("D:/Tesis_Doctoral/Mapas/Imagenes/")
8 L5_2010 <- stack("L05-2010_EpocaLluvi.tif")
9 #VER PROPIEDADES DE LA IMAGEN SATELITAL-----
10 names(L5_2010)
11 res(L5_2010)
12 crs(L5_2010)
13 #VISUALIZACIÓN DE LA IMAGEN SATELITAL-----
14 plotRGB(L5_2010, r= 5, g= 4, b= 3, stretch = "lin")
15 #CREAMOS LAS FUNCIONES-----
16
17
18
19
20
21
  
```

```

#LIMPIAR ENVIRONMENT-----
rm(list = ls())
#CARGAMOS LAS LIBRERÍAS-----
require(pacman)
pacman::p_load(sf, raster, dplyr)
#LLAMAMOS A LAS IMÁGENES SATELITALES-----
setwd("D:/Tesis_Doctoral/Mapas/Imagenes/")
L5_2010 <- stack("L05-2010_EpocaLluvi.tif")
#VER PROPIEDADES DE LA IMAGEN SATELITAL-----
names(L5_2010)
res(L5_2010)
crs(L5_2010)
#VISUALIZACIÓN DE LA IMAGEN SATELITAL-----
plotRGB(L5_2010, r= 5, g= 4, b= 3, stretch = "lin")
#CREAMOS UNA FUNCIÓN-----
Yesica <- function(img, k, i) {
  bk <- img[[k]]
  bi <- img[[i]]
  Yesica <- (bk - bi) / (bk + bi)
  return(Yesica)
}
#EVALUACIÓN CON LA FUNCIÓN CREADA EL NDWI = ÍNDICE DE AGUA
ndwi <- Yesica(L5_2010,2,4)
names(ndwi) <- paste("NDWI")
plot(ndwi)
#EVALUACION CON LA FUNCION CREADA EL NDII = INDICE DE HUMEDAD
ndii <- Yesica(L5_2010,4,5)
names(ndii) <- paste("NDII")
plot(ndii)
#EVALUAR LOS BOFEDALES IDB
cal_idb <- stack(ndii, ndwi)
idb <- Yesica(cal_idb,1,2)
plot(idb)
#-----
getwd()
setwd("D:/Tesis_Doctoral/Mapas/IDF/")
writeRaster(idb,filename = "IDF_2010_EpocaLluvia.tif")
  
```

Anexo 4. Descarga de imágenes MODIS, productos PPB y PPN de CO₂.

The screenshot displays the Google Earth Engine web interface. At the top, the browser address bar shows 'code.earthengine.google.com'. The main interface includes a 'Scripts' panel on the left with a tree view of folders like 'ee.Algorithms', 'ee.Array', etc. The central area is a code editor titled 'Carbono *' containing JavaScript code for processing MODIS data. Below the code editor is a map of the Huancané region in Peru, showing a shaded area in green and yellow. The bottom panel shows the 'Imports' section with three entries: 'var Npp: ImageCollection MODIS/061/MOD17A3HGF', 'var Gpp: ImageCollection MODIS/061/MOD17A2H', and 'var Cueca_Huancane: Table projects/ee-williamnajar22/assets/Cueca_Huancane'. Below the imports is a large block of JavaScript code for data processing, including filtering by date and calculating NPP8 day.

```

15     .filterBounds(Cueca_Huancane)
16     .select("Gpp");
17 //CALCULO DEL Npp8 day
18 var myNpp = function(myimg){
19   var d = ee.Date(myimg.get("system:time_start"))
20   var y = d.get("year").toInt()
21 //FILTRAR DATOS POR AÑO
22   var GPPy = ee.Image(GppCollect.filter(ee.Filter.calendarRange(y,y, "year")).sum())
23   var NPPy = ee.Image(NppCollect.filter(ee.Filter.calendarRange(y,y, "year")).mean())
24   var npp8 = myimg.expression("(GGP8/GPPy)*NPPy",{
25     GGP8: myimg,
26     GPPy: GPPy,
27     NPPy: NPPy
28   });
29   return npp8.copyProperties(myimg,["system:time_start"])
30 };
31
32 var npp8Collect = ee.ImageCollection(GppCollect.map(myNpp))
33

```

```

Imports (3 entries)
var Npp: ImageCollection MODIS/061/MOD17A3HGF
var Gpp: ImageCollection MODIS/061/MOD17A2H
var Cueca_Huancane: Table projects/ee-williamnajar22/assets/Cueca_Huancane

1 //ÁREA DE ESTUDIO CUENCA HUANCANÉ-----
2 var col = {color:"black", fillColor:"#ffffff00"};
3 Map.addLayer(Cueca_Huancane.style(col));
4 Map.centerObject(Cueca_Huancane,9);
5 //FILTRAR FECHAS POR ESTACIÓN DE LLUVIA Y SECA PARA CADA AÑO DE ESTUDIO-----
6 var FechaInicio = ee.Date.fromYMD(2010,1,1)
7 var FechaFinal = ee.Date.fromYMD(2010,04,31)
8 //FILTRAR COLECCIÓN-----
9 //Npp "Productivida primaria neta"
10 var NppCollect = Npp.filterDate(FechaInicio,FechaFinal)
11     .filterBounds(Cueca_Huancane)
12     .select("Npp");
13 //Gpp "Productivida primaria bruta"
14 var GppCollect = Gpp.filterDate(FechaInicio,FechaFinal)
15     .filterBounds(Cueca_Huancane)
16     .select("Gpp");
17 //CALCULO DEL Npp8 day
18 var myNpp = function(myimg){
19   var d = ee.Date(myimg.get("system:time_start"))
20   var y = d.get("year").toInt()
21 //FILTRAR DATOS POR AÑO
22   var GPPy = ee.Image(GppCollect.filter(ee.Filter.calendarRange(y,y, "year")).sum())
23   var NPPy = ee.Image(NppCollect.filter(ee.Filter.calendarRange(y,y, "year")).mean())
24   var npp8 = myimg.expression("(GGP8/GPPy)*NPPy",{
25     GGP8: myimg,
26     GPPy: GPPy,
27     NPPy: NPPy
28   });
29   return npp8.copyProperties(myimg,["system:time_start"])
30 };
31
32 var npp8Collect = ee.ImageCollection(GppCollect.map(myNpp))
33

```

Anexo 5. Datos de variables climáticas

Área de estudio		Estación meteorológica												Coordenadas geográficas			Altitud (msnm)
Cuenca Huancané		P01												Latitud	Longitud		4258
Precipitación acumulada (mm)																	
Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total, general				
2010	105.49	113.67	60.94	19.03	45.08	17.91	23.6	3.66	3.02	69.22	40.38	95.52	1197.52				
2011	84.1	198.37	134.2	72.78	33.75	22.83	22.58	10.18	30.43	41.3	71.74	137.59	1189.85				
2012	128.47	139.36	130.93	103.81	19.06	35.96	8.94	20.57	16.97	24.09	67.66	139.49	1235.31				
2013	151.86	151.36	83.05	43.9	19.85	51.8	5.08	25.97	27.29	67.31	56.28	165.9	1092.65				
2014	236.73	173.79	107.05	39.92	32.71	30.6	19.12	16.07	107.64	60.07	33.65	93.49	980.84				
2015	194.55	109.15	92.9	96.94	86.54	24.82	37.89	19.28	41.1	46.29	74.49	82.95	1026.9				
2016	96.22	190.57	97.17	87.25	18.63	23.72	37.87	23.06	22.96	70.79	27.45	55.12	790.81				
2017	119.56	97.57	135.91	97.01	57.75	22.8	0.24	26.36	33.94	70.86	58.77	164.32	895.09				
2018	152.84	143.23	158.47	56.12	50.81	24.15	10.87	49.08	23.71	194.93	101	152.57	1117.82				
2019	104.78	150.12	119.93	105.75	78.52	27.94	24.39	0.07	20.5	47.82	107.9	205.01	892.73				

2020	92.49	226.41	109.87	26.2	5.84	16.28	21.19	20.09	19.14	52.67	50.63	172.7	813.51
2021	175.73	197.73	124.26	81.68	16.31	56.17	5.87	6.3	35.1	109.29	131.3	210.84	1001.57
2022	108.19	138.51	95.66	35.98	21.63	6.67	8.02	7.13	28.25	37.12	19.78	119.54	626.48
Total, general	1751.01	2029.8	1450.3	866.37	486.5	361.65	225.7	227.82	410.05	891.76	841.1	1795.04	12861.08

Área de estudio	Estación meteorológica					Coordenadas geográficas					Altitud (msnm)		
	P01					Latitud	Longitud						
Cuenca Huancané						-15.0743	-69.6493					4258	
Temperatura máxima (°C)													
Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total, general
2010	12.65	12.83	10.01	13.74	9.97	7.45	10.59	13.47	14.38	13.36	14.23	12.92	8.12
2011	12.07	10.99	10.91	11.09	11.43	11.12	11.13	12.04	11.87	13.81	14.40	11.85	7.90
2012	11.65	10.59	10.96	10.68	11.48	10.86	11.01	11.58	12.96	14.35	13.62	11.86	11.80
2013	11.36	11.30	12.07	11.92	11.65	10.30	10.36	11.65	13.06	13.24	13.98	12.46	10.95
2014	11.48	11.03	11.97	11.53	11.49	12.02	10.99	11.38	11.41	12.63	13.61	12.83	9.87
2015	10.44	11.54	11.36	10.63	10.62	10.99	10.83	11.59	12.72	13.82	13.72	13.14	11.78

2016	13.48	12.80	13.36	12.46	12.27	11.37	11.34	12.17	12.97	12.72	13.75	13.59	12.69
2017	12.42	12.79	11.79	11.31	11.24	11.61	11.82	12.61	12.35	13.37	13.65	12.69	10.30
2018	10.92	11.12	11.33	10.95	11.27	10.17	11.16	10.19	12.97	11.55	12.60	12.02	11.35
2019	11.47	11.11	12.02	11.87	11.33	10.95	10.82	12.29	12.61	12.60	12.88	11.90	13.82
2020	11.93	11.78	11.88	11.93	12.01	11.72	12.23	13.57	12.50	13.35	14.73	12.87	12.34
2021	11.34	11.06	10.89	11.56	11.43	10.35	11.22	12.46	12.97	13.81	12.37	11.60	12.76
2022	11.54	11.30	11.49	12.73	12.56	11.13	12.75	12.85	14.40	15.24	15.50	13.11	14.89
Total, general	11.75	11.56	11.77	11.72	11.67	11.16	11.40	12.14	12.86	13.37	13.77	12.53	11.43

Área de estudio		Estación meteorológica			Coordenadas geográficas					Altitud (msnm)			
Cuenca Huancané		P01			Latitud	Longitud						4258	
					Temperatura mínima (°C)								
Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total, general
2010	2.32	2.31	1.64	0.71	-0.71	-1.37	-2.83	-2.10	-0.87	0.58	1.26	1.97	0.13
2011	1.99	1.15	1.40	0.26	-1.08	-2.06	-2.32	-1.51	-0.84	0.83	0.81	1.19	-0.82
2012	0.79	0.95	0.24	0.88	-1.43	-2.25	-3.11	-2.85	-0.62	0.69	1.62	1.77	-0.88
2013	1.52	1.56	1.92	0.08	-0.29	-1.72	-2.67	-2.59	-1.48	0.71	1.11	1.69	-0.72
2014	1.70	1.84	1.65	0.73	-0.95	-1.62	-2.52	-1.88	-0.19	0.46	0.86	1.89	-0.35
2015	1.25	1.71	1.23	0.88	-0.39	-1.66	-2.83	-1.84	-0.80	0.37	1.00	2.00	-0.21
2016	2.08	2.73	2.00	0.66	-1.56	-2.30	-2.72	-2.10	-0.80	0.20	0.78	1.65	0.19
2017	1.60	2.19	1.14	0.75	0.55	-1.52	-2.57	-1.78	0.08	0.54	1.83	2.07	-0.19
2018	1.47	1.29	1.81	0.18	-1.57	-2.45	-2.60	-1.93	-1.37	1.15	2.31	0.70	0.19
2019	1.73	1.96	1.84	1.00	-0.95	-1.74	-2.30	-2.45	-0.71	0.12	0.98	2.30	0.60
2020	2.36	2.41	1.80	0.71	-1.08	-1.28	-2.31	-1.95	-0.43	0.63	2.06	2.36	0.43

2021	1.75	1.35	1.08	0.64	-0.67	-1.89	-2.34	-1.68	0.63	1.08	1.93	1.47	0.57
2022	1.34	1.65	1.26	0.35	-1.09	-2.76	-1.48	-1.98	-0.45	0.42	-0.22	1.32	0.94
Total, general	1.68	1.78	1.46	0.60	-0.86	-1.89	-2.51	-2.05	-0.60	0.60	1.26	1.72	-0.01

Área de estudio	Estación meteorológica												Coordenadas geográficas						Altitud (msnm)	
	P01												Latitud	Longitud	4258					
Humedad relativa (%)																				
Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total, general							
2010	81.50	81.90	79.50	74.30	74.86	74.91	65.40	65.47	67.20	70.61	70.16	76.33	79.86							
2011	78.93	84.15	85.63	81.58	73.52	75.31	73.29	71.74	73.41	72.75	71.72	78.79	83.99							
2012	80.03	84.55	84.27	84.42	75.21	76.17	68.88	65.66	73.10	70.41	73.06	81.11	81.36							
2013	81.99	84.44	82.63	75.81	76.31	76.51	73.81	67.44	68.88	74.86	71.43	78.49	79.91							
2014	83.04	84.22	82.01	81.05	75.36	72.75	69.47	73.19	77.19	76.68	73.72	77.35	80.99							
2015	83.88	83.24	83.02	85.17	78.46	75.26	69.16	69.77	71.69	71.39	74.96	76.73	79.84							
2016	76.94	83.18	80.31	78.17	70.35	70.10	73.69	71.06	72.75	73.92	68.44	74.23	73.40							

2017	78.51	79.59	83.22	82.55	81.27	75.22	71.56	67.23	76.75	72.05	75.93	78.20	80.81
2018	82.81	84.97	85.80	81.21	76.25	79.35	73.90	74.76	69.50	81.82	80.01	77.88	79.19
2019	83.86	86.11	84.28	81.43	78.91	71.45	74.24	67.69	76.52	73.04	76.94	83.40	76.11
2020	82.52	86.22	83.96	80.04	69.46	73.14	68.03	70.57	74.36	73.71	71.32	79.50	76.03
2021	83.89	84.60	85.40	81.26	77.59	76.20	71.32	72.72	76.04	74.73	79.73	82.79	77.92
2022	82.92	84.20	84.83	77.11	72.97	68.42	72.24	66.34	65.37	62.93	62.54	74.09	72.79
Total, general	81.60	83.96	83.45	80.32	75.43	74.21	71.15	69.51	72.52	72.99	73.07	78.38	78.63

Área de estudio		Estación meteorológica												Coordenadas geográficas			Altitud (msnm)				
Cuenca Huancané		P01												Latitud	-15.0743	Longitud	-69.6493				4258
Velocidad del viento (m/s)																					
Periodos	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total, general								
2010	2.40	2.32	2.31	2.02	1.77	1.75	1.76	2.09	2.49	2.36	2.23	2.33	2.05								
2011	2.52	2.36	2.48	1.97	1.56	1.68	1.82	1.77	2.10	2.32	2.59	2.37	2.03								
2012	2.30	2.50	2.40	2.01	1.35	1.49	1.64	1.85	2.32	2.50	2.41	2.39	2.09								

2013	2.22	2.54	2.01	1.47	1.63	1.90	1.74	1.99	2.04	2.05	2.46	2.26	2.02
2014	2.34	2.09	2.17	1.97	1.55	1.45	1.57	1.83	1.88	2.68	2.24	2.34	2.01
2015	2.43	2.48	2.52	2.10	1.38	1.43	1.71	1.91	1.81	2.33	2.47	2.07	2.06
2016	2.25	2.43	2.06	1.86	1.55	1.53	1.66	1.88	2.28	2.21	1.99	2.57	2.09
2017	2.90	2.58	2.42	1.82	1.59	1.67	1.52	1.72	2.18	2.16	2.32	2.46	2.11
2018	2.26	2.25	2.11	2.06	1.49	1.83	1.90	1.60	1.96	2.20	1.94	2.06	2.00
2019	2.67	2.21	2.33	1.78	1.59	1.65	1.66	1.76	2.72	2.56	2.52	2.20	2.14
2020	2.33	2.31	2.39	1.65	1.49	1.50	1.54	2.19	2.37	2.90	2.71	2.94	2.14
2021	2.38	2.76	2.55	1.87	1.48	1.33	1.57	1.84	2.42	2.24	2.08	2.20	2.06
2022	2.52	2.68	2.53	1.76	1.51	1.66	1.77	1.83	1.87	1.92	2.49	2.39	2.20
Total, general	2.43	2.42	2.33	1.87	1.53	1.61	1.68	1.87	2.19	2.34	2.34	2.35	2.08

Área de estudio		Estación meteorológica												Coordenadas geográficas			Altitud (msnm)	
Cuenca Huancané		P01												Latitud	-15.0743	Longitud	-69.6493	4258
Dirección del viento (°)																		
Periodos	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total, general					
2010	109.92	133.34	92.30	134.34	184.23	161.34	203.60	163.56	152.18	146.87	117.11	123.92	141.67					
2011	99.45	124.93	84.12	110.64	153.83	205.12	204.53	180.27	119.72	136.86	98.47	111.55	135.91					
2012	102.92	98.14	90.41	105.52	179.65	193.74	199.65	151.07	128.31	127.89	128.40	124.16	139.99					
2013	113.58	99.13	104.62	142.29	156.71	196.19	173.15	163.36	185.64	146.22	107.65	143.16	141.53					
2014	119.05	123.42	123.59	119.42	184.70	198.64	203.88	144.04	158.25	82.92	132.03	122.46	142.76					
2015	106.00	101.40	81.52	107.13	184.93	169.18	199.95	181.46	174.12	143.04	162.38	151.56	147.19					
2016	133.68	112.47	108.71	153.91	186.53	202.15	191.82	181.14	131.76	152.16	134.11	119.25	147.20					
2017	99.87	101.48	108.81	142.73	196.98	196.49	162.54	183.67	153.50	149.22	122.40	121.18	145.17					
2018	124.71	113.60	112.58	106.92	159.61	218.58	178.21	187.49	155.26	142.35	139.74	152.40	145.52					
2019	119.35	131.62	105.47	142.56	203.44	183.72	195.14	155.11	145.40	131.52	120.17	121.38	146.64					
2020	121.65	106.54	74.26	122.80	173.67	194.86	183.05	199.69	135.01	100.33	107.88	102.11	148.26					

2021	109.95	94.61	71.17	145.34	187.63	199.80	192.32	174.99	119.13	132.04	119.74	132.79	140.27
2022	108.92	94.12	86.95	141.23	192.96	201.16	175.75	173.62	187.42	151.98	129.64	117.34	151.19
Total, general	113.00	110.33	95.73	128.83	180.38	193.92	189.51	172.27	149.67	134.11	124.59	126.40	144.10

Anexo 6. Supuesto de normalidad de datos por cada variable en R

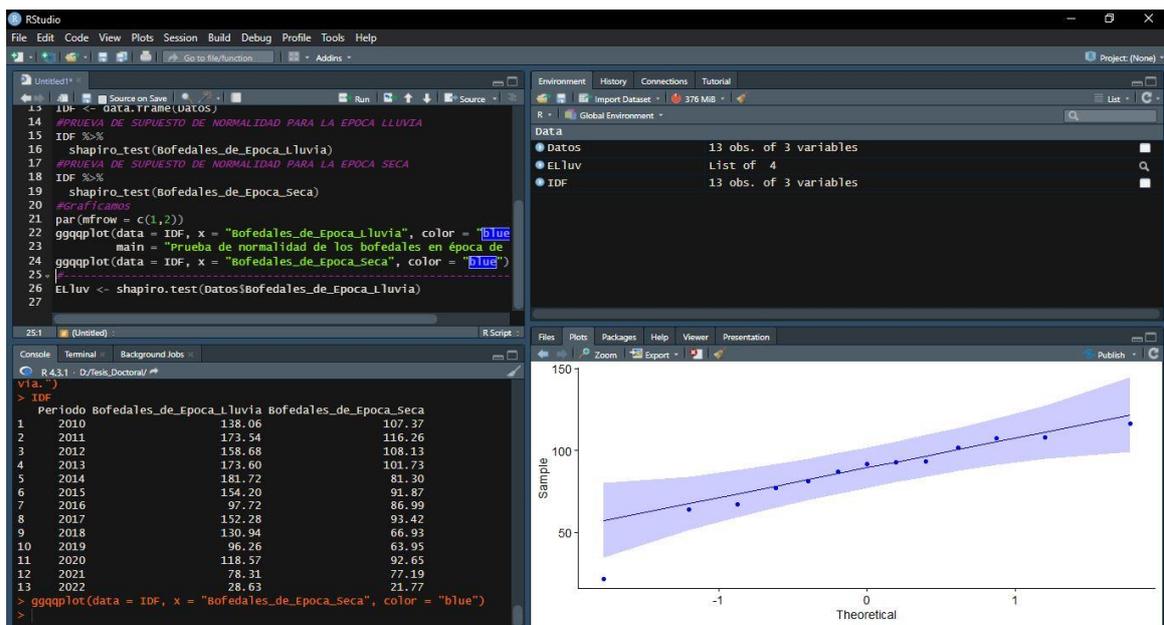
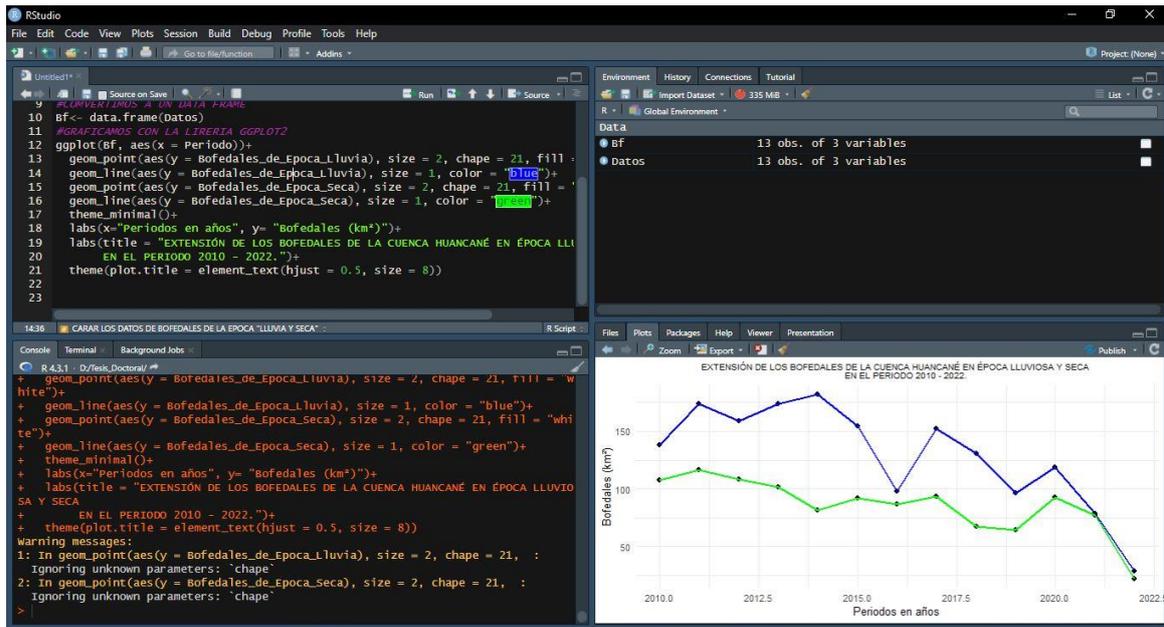
```
> #PRUEVA DE SUPUESTO DE NORMALIDAD PARA LA EPOCA LLUVIA
> IDF %>%
+ shapiro_test(Bofedales_de_Epoca_Lluvia)
# A tibble: 1 × 3
  variable      statistic      p
  <chr>          <dbl> <dbl>
1 Bofedales_de_Epoca_Lluvia  0.922 0.269
> #PRUEVA DE SUPUESTO DE NORMALIDAD PARA LA EPOCA SECA
> IDF %>%
+ shapiro_test(Bofedales_de_Epoca_Seca)
# A tibble: 1 × 3
  variable      statistic      p
  <chr>          <dbl> <dbl>
1 Bofedales_de_Epoca_Seca    0.895 0.114
> |
```

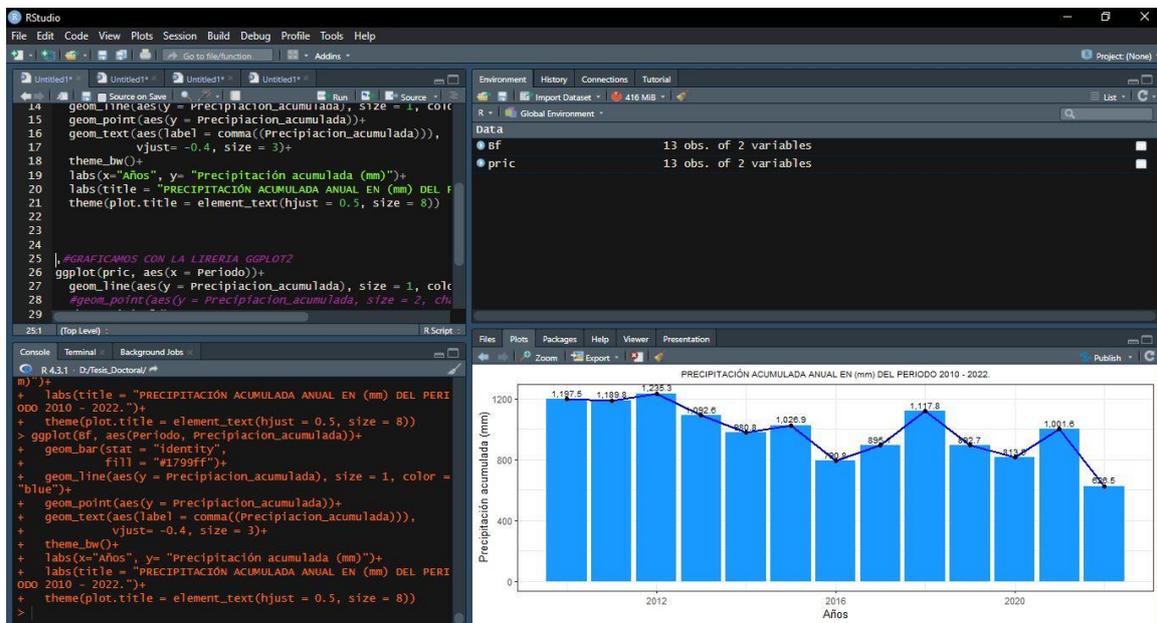
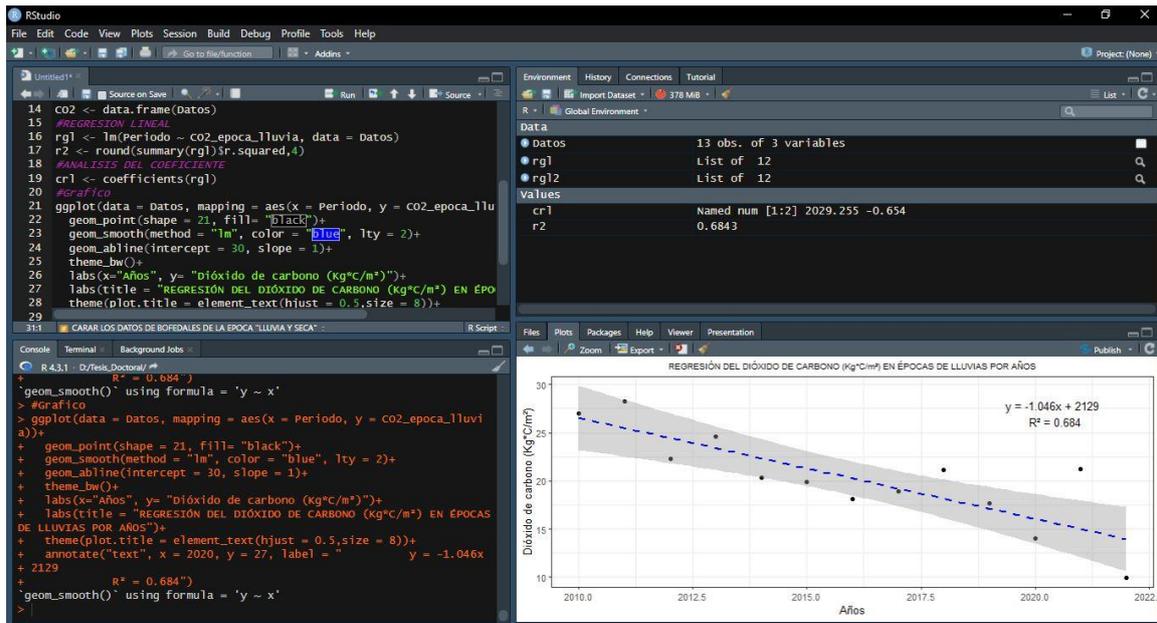
```
> #PRUEVA DE SUPUESTO DE NORMALIDAD PARA LA EPOCA LLUVIA
> CO2 %>%
+ shapiro_test(CO2_epoca_lluvia)
# A tibble: 1 × 3
  variable      statistic      p
  <chr>          <dbl> <dbl>
1 CO2_epoca_lluvia  0.968 0.875
> #PRUEVA DE SUPUESTO DE NORMALIDAD PARA LA EPOCA SECA
> CO2 %>%
+ shapiro_test(CO2_epoca_seca)
# A tibble: 1 × 3
  variable      statistic      p
  <chr>          <dbl> <dbl>
1 CO2_epoca_seca    0.978 0.969
> |
```

```
> Est %>%
+ shapiro_test(Prec)
# A tibble: 1 × 3
  variable statistic      p
  <chr>          <dbl> <dbl>
1 Prec           0.962 0.781
> ##Supuestos
> Est %>%
+ shapiro_test(Tem_max)
# A tibble: 1 × 3
  variable statistic      p
  <chr>          <dbl> <dbl>
1 Tem_max       0.968 0.874
> ##Supuestos
> Est %>%
+ shapiro_test(Tem_min)
# A tibble: 1 × 3
  variable statistic      p
  <chr>          <dbl> <dbl>
1 Tem_min       0.955 0.676
> ##Supuestos
> Est %>%
+ shapiro_test(Humedad)
# A tibble: 1 × 3
  variable statistic      p
  <chr>          <dbl> <dbl>
1 Humedad       0.940 0.451
> ##Supuestos
> Est %>%
+ shapiro_test(vel_viento)
# A tibble: 1 × 3
  variable statistic      p
  <chr>          <dbl> <dbl>
1 vel_viento    0.954 0.654
```

```
> ##Supuestos
> Est %>%
+ shapiro_test(Humedad)
# A tibble: 1 × 3
  variable statistic      p
  <chr>          <dbl> <dbl>
1 Humedad       0.940 0.451
> ##Supuestos
> Est %>%
+ shapiro_test(vel_viento)
# A tibble: 1 × 3
  variable statistic      p
  <chr>          <dbl> <dbl>
1 vel_viento    0.954 0.654
> ##Supuestos
> Est %>%
+ shapiro_test(Dir_viento)
# A tibble: 1 × 3
  variable statistic      p
  <chr>          <dbl> <dbl>
1 Dir_viento    0.973 0.928
> |
```

Anexo 7. Gráficos estadísticos en R





Anexo 8. Analizas de la correlación: método “Pearson” en R

```
> Matriz_cor
# A tibble: 10 × 11
  rowname      Bof_ep_lluvia Bof_ep_seca co2_ep_lluvia co2_ep_seca  Prec Tem_max Tem_min Humedad Vel_viento Dir_viento
* <chr>      <dbl>      <dbl>      <dbl>      <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl> <dbl>
1 Bof_ep_lluvia      1          0.79          0.7          0.69 0.71 -0.77 -0.89 0.86 -0.7 -0.6
2 Bof_ep_seca        0.79          1          0.78          0.62 0.72 -0.75 -0.78 0.71 -0.52 -0.71
3 CO2_ep_lluvia      0.7          0.78          1          0.87 0.91 -0.83 -0.7 0.8 -0.78 -0.88
4 CO2_ep_seca        0.69          0.62          0.87          1          0.89 -0.78 -0.56 0.75 -0.81 -0.68
5 Prec               0.71          0.72          0.91          0.89 1 -0.71 -0.71 0.83 -0.73 -0.82
6 Tem_max            -0.77          -0.75          -0.83          -0.78 -0.71 1 0.65 -0.81 0.68 0.7
7 Tem_min            -0.89          -0.78          -0.7          -0.56 -0.71 0.65 1 -0.82 0.58 0.7
8 Humedad            0.86          0.71          0.8          0.75 0.83 -0.81 -0.82 1 -0.68 -0.8
9 Vel_viento         -0.7          -0.52          -0.78          -0.81 -0.73 0.68 0.58 -0.68 1 0.65
10 Dir_viento        -0.6          -0.71          -0.88          -0.68 -0.82 0.7 0.7 -0.8 0.65 1
```

```
> rstatix::cor_mark_significant(Matriz_cor)
rowname Bof_ep_lluvia Bof_ep_seca co2_ep_lluvia co2_ep_seca  Prec Tem_max Tem_min Humedad Vel_viento Dir_viento
1 Bof_ep_lluvia
2 Bof_ep_seca      0.79**
3 CO2_ep_lluvia    0.7** 0.78**
4 CO2_ep_seca      0.69** 0.62* 0.87***
5 Prec             0.71** 0.72** 0.91*** 0.89***
6 Tem_max          -0.77** -0.75** -0.83*** -0.78** -0.71**
7 Tem_min         -0.89*** -0.78** -0.7** -0.56* -0.71** 0.65*
8 Humedad         0.86*** 0.71** 0.8** 0.75** 0.83*** -0.81*** -0.82***
9 Vel_viento      -0.7** -0.52 -0.78** -0.81*** -0.73** 0.68* 0.58* -0.68*
10 Dir_viento     -0.6* -0.71** -0.88*** -0.68* -0.82*** 0.7** 0.7** -0.8** 0.65*
```



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo YESICA MAGNOLIA MAMANI ARPASI,
identificado con DNI 01342864 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
“ EVALUACIÓN DEL ÁREA Y CO2 EN BOFEDALES Y SU RELACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO
EN LA CUENCA HUANCANÉ MEDIANTE GOOGLE EARTH ENGINE (2010 - 2022) ”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 24 de ABRIL del 20 24


FIRMA (obligatoria)



Huella



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo YESICA MAGNOLIA MAMANI ARPASI
identificado con DNI 01342864 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“ EVALUACIÓN DEL ÁREA Y CO2 EN BOFEDALES Y SU RELACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

EN LA CUENCA HUANCANÉ MEDIANTE GOOGLE EARTH ENGINE (2010 - 2022) ”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 24 de ABRIL del 20 24

FIRMA (obligatoria)



Huella