

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Trabajo de Investigación

**Impacto del cambio climático en el humedal de Pucush  
Uclo-Chupaca durante el periodo 1989- 2019**

Kiara Nikol Chihuan Castro

Para optar el Grado de  
Bachiller en Ingeniería Ambiental

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental  
Trabajo de investigación



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

## **AGRADECIMIENTOS**

Expreso mi agradecimiento a mi asesor el PhD. Anieval Peña Rojas por orientarme y guiarme en el presente trabajo y brindarme su apoyo académico. Asimismo, al Mg. Daniel Álvarez Tolentino que me apoyo y recomendó programas para el procesamiento de los resultados y a las instituciones que se vieron involucradas en el trabajo aportando a que el tema de investigación se pueda realizar.

## **DEDICATORIA**

A Dios,

A mis padres Jessica y Manuel,

A mis tíos Olga y Ángel,

y en memoria a mi abuelo Reynaldo,

por su apoyo incondicional y guiar mi camino.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA .....	ii
ÍNDICE GENERAL .....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	1
ABSTRAC.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I.....	5
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	5
1.1 Planteamiento y formulación del problema .....	5
1.1.1 Planteamiento del problema .....	5
1.1.2 Formulación del problema .....	7
1.2 Objetivos .....	7
1.2.1 Objetivo General.....	7
1.2.2 Objetivo Específicos .....	7
1.3 Justificación e importancia.....	7
1.3.1 Ambiental .....	7
1.3.2 Social .....	8
1.4 Hipótesis y descripción de variables .....	9
1.4.1 Hipótesis General .....	9
1.4.2 Hipótesis Especificas.....	9
1.4.3 Operacionalización de variables .....	9
CAPÍTULO II.....	10
MARCO TEÓRICO .....	10
2.1 Antecedentes del Problema.....	10
2.1.1 Antecedentes Internacionales.....	10
2.1.2 Antecedentes Nacionales .....	12

2.2	Bases Teóricas.....	14
2.2.1	Teorías físicas .....	14
2.2.2	Teorías biológicas .....	18
2.2.3	Marco Legal.....	18
2.2.4	Metodología.....	20
2.3	Definición de términos básicos .....	21
CAPÍTULO III.....		23
METODOLOGÍA.....		23
3.1	Método y alcance de la investigación .....	23
3.1.1	Método .....	23
3.1.2	Nivel .....	23
3.1.3	Correlacional .....	23
3.1.4	Explicativo .....	24
3.2	Diseño de la Investigación .....	24
3.2.1	Diseño no experimental.....	24
3.3	Población y muestra .....	24
3.4	Técnica e instrumentos de recolección de datos .....	25
CAPÍTULO IV.....		28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		28
4.1	Resultados y análisis de información.....	28
4.1.1	Datos climáticos .....	28
4.1.2	Variación del área de estudio con Imágenes Satelitales .....	37
4.2	Prueba de Hipótesis .....	47
4.2.1	Hipótesis Específicas.....	47
4.2.2	Hipótesis General .....	51
4.3	Discusión de resultados.....	52
CONCLUSIONES.....		54
RECOMENDACIONES.....		55
REFERENCIAS .....		56



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	9
Tabla 2 Coordenadas del Humedal de Pucush Uclo - Chupaca.....	25
Tabla 3 Datos acerca de las imagenes satelitales del humedal de Pucush Uclo.....	27
Tabla 4 Categoría del Índice de Diferencia de Agua Normalizado .....	27
Tabla 5 Datos climáticos anuales de la Estación Huayao- Chupaca.....	28
Tabla 6 Mann Kendall para Precipitación.....	30
Tabla 7 Mann Kendall para Temperatura Mínima .....	32
Tabla 8 Mann Kendall para Temperatura Mínima .....	34
Tabla 9 Mann Kendall para Temperatura Media .....	35
Tabla 10 Datos de temperatura y precipitación mensuales de la Estación Huayao.....	36
Tabla 11 Categoría del Índice Diferencial Normalizado de Agua .....	37
Tabla 12 Área del Humedal de Pucush Uclo -1988.....	38
Tabla 13 Área del Humedal Pucush Uclo-1989.....	39
Tabla 14 Área del Humedal Pucush Uclo-1994.....	40
Tabla 15 Área del Humedal de Pucush Uclo-1999.....	41
Tabla 16 Área del Humedal de Pucush Uclo-2004.....	42
Tabla 17 Hectáreas del Humedal Pucush Uclo- 2009.....	43
Tabla 18 Área del Humedal de Pucush Uclo -2014.....	44
Tabla 19 Hectáreas del Humedal Pucush Uclo 2019 .....	45
Tabla 20 Análisis del área del Humedal de 1989-2019 .....	45
Tabla 21 NDWI del área del Humedal.....	47
Tabla 22 Prueba de normalidad para Precipitación.....	48
Tabla 23 Prueba de Pearson para Precipitación y Área.....	49
Tabla 24 Prueba de normalidad para la Temperatura Media .....	50
Tabla 25 Prueba de Pearson para la Temperatura Media.....	51
Tabla 26 Precipitación mensual y anual 1989-2019.....	66
Tabla 27 Temperatura media mensual y anual 1989-2019 .....	66
Tabla 28 Temperatura máxima mensual y anual 1989-2019.....	67
Tabla 29 Temperatura mínima mensual y anual 1989-2019 .....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Impacto en Ecosistemas Andinos .....	6
Figura 2 Humedal de Pucush Uclo.....	8
Figura 3 Ciclo Hidrológico.....	15
Figura 4 Sistema hidrológico.....	15
Figura 5 Distribución del agua .....	16
Figura 6 Procedimiento a seguir en la Investigación .....	20
Figura 7 Mapa de Ubicación del Humedal de Pucush Uclo.....	25
Figura 8 Precipitación de la Estación Huayao .....	30
Figura 9 Tabla de significancia de Mann Kendall .....	30
Figura 10 Precipitación mensual de la Estación Huayao.....	31
Figura 11 Temperatura mínima en la estación Huayao.....	32
Figura 12 Temperatura Máxima en la estación de Huayao .....	33
Figura 13 Temperatura Media en la estación de Huayao .....	34
Figura 14 Temperatura de la Estación Huayao .....	36
Figura 15 Climograma de la Estación Huayao-Chupaca.....	37
Figura 16 NDWI del Humedal Pucush Uclo 1989.....	39
Figura 17 NDWI del Humedal Pucush Uclo-1999 .....	41
Figura 18 NDWI del Humedal de Pucush Uclo -2004.....	42
Figura 19 NDWI del Humedal Pucus Uclo 2009.....	43
Figura 20 NDWI Del Humedal Pucush Uclo-2019.....	44
Figura 21 Aumento del Humedal Pucush Uclo.....	46
Figura 22 Dispersión Lineal para la Precipitación .....	48
Figura 23 Dispersión entre Temperatura Media y Área del Humedal .....	50
Figura 24 Mapa del área del Humedal Pucush Uclo 1989 .....	63
Figura 25 Mapa del área del Humedal Pucush Uclo-1999 .....	64
Figura 26 Mapa del área del Humedal de Pucush Uclo-2004 .....	64
Figura 27 Mapa del área de Humedal de Pucush Uclo-2009 .....	65
Figura 28 Mapa del área del Humedal Pucush Uclo -2019 .....	65

## RESUMEN

Los humedales son ecosistemas que brindan bienes y servicios a la sociedad uno de sus papeles importantes es el almacenamiento de dióxido de carbono y hábitat para diferentes tipos de especies, los humedales son considerados como ecosistemas vulnerables por alguna variación climática o fenómenos extremos en el clima, por ello que el objetivo de estudio es evaluar si el cambio climático influye en el aumento del Humedal Pucush Uclo-Chupaca (Perú) en un periodo de 1989-2019. El método es Inductivo, con un nivel de alcance desde descriptivo a explicativa, con un diseño no experimental. Para las variables climáticas se realizó una clasificación anual, análisis de medias móviles y tendencias lineales aplicando el software Trend para la prueba estadística Mann-Kendall. Para el área del humedal se obtuvo escenas Landsat de una temporada seca por 7 años 1989,1994,1999,2004, 2009,2014 y 2019 mediante la técnica índice diferencial normalizado de agua (NDWI), para saber la relación entre las variables se realizó la prueba estadística de Pearson con una regresión línea. Los resultados muestran que existe un cambio significativo creciente en las variables de temperatura mínima, máxima y media con un aumento de 1.50°C, 2.24°C y 1.59°C del año 1989-2019 y en precipitación no existe un cambio significativo. Respecto al área de humedal se muestra un crecimiento significativo con 4. 59 ha de 1989-2019 y 1530 m<sup>2</sup>/año, los análisis de correlación muestran que existe una relación significativa entre el área del humedal y la temperatura media para  $\alpha < 0.05$ .

**Palabras Clave:** Cambio climático, Índice diferencial Normalizado de Agua Landsat, Mann Kendall, Trend

## ABSTRAC

Wetlands are ecosystems that provide goods and services to society one of their important roles is the storage of carbon dioxide and habitat for different types of species, wetlands are considered vulnerable ecosystems due to some climatic variation or extreme phenomena in the climate, for this reason, the objective of the study is to evaluate whether climate change influences the increase in the Pucush Uclo-Chupaca Wetland (Peru) in a period from 1989-2019. The method is Inductive, with a scope from descriptive to explanatory, with a non-experimental design. For the climatic variables, an annual classification, analysis of moving averages and linear trends was carried out using the Trend software for the Mann-Kendall statistical test. For the wetland area, Landsat scenes of a dry season for 7 years 1989, 1994, 1999, 2004, 2009 and 2019 were obtained using the normalized differential water index (NDWI) technique. a regression line. The results show that there is a significant increasing change in the minimum, maximum and mean temperature variables with an increase of 1.50 ° C, 2.24 ° C and 1.59 ° C from 1989-2019 and there is no significant change in precipitation. Regarding the wetland area, a significant growth is shown with 4,59 ha and 1,530 m<sup>2</sup> / year, the correlation analyzes show that there is a significant relationship between the wetland area and the mean temperature for  $\alpha < 0.05$ .

**Key Words:** Climate change, Normalized differential Landsat Water Index, Mann Kendall, Trend

## INTRODUCCIÓN

Los humedales son reservas naturales de agua, hábitats para diferentes especies, son reguladores hidrobiológicos y contribuyen almacenar dióxido de carbono un gas de efecto invernadero. Los humedales se encuentran amenazados ya que por actividades antropogénicas y el cambio climático se volvieron más vulnerables. Los efectos del cambio climático en estos últimos años se han visto más frecuentes, en diferentes puntos del planeta se observan transformaciones cambiantes meteorológicas que se presentan por diferentes parámetros como temperatura y precipitación, estos parámetros son de suma importancia en los humedales ya que un cambio drástico ocasionaría la disminución de los cuerpos de agua o un efecto contrario inundaciones, pérdida de cobertura vegetal, liberación de siglos de carbono almacenado que afectarían drásticamente al planeta.

El Humedal de Pucush Uclo se formó en 1980 por escorrentía y filtraciones, a inicios tenía un área de 1 ha, cuando este humedal empezó aumentar, afectó a las tierras productivas que se encontraban alrededor del humedal, por lo cual los pobladores decidieron iniciar canales para otros distritos, debido a los grandes cambios ambientales que se evidenciaban y ahora en mayor grado, se observa un crecimiento en el humedal llegando a las tierras agrícolas. Además, este humedal alberga una considera cantidad de biodiversidad, es atractivo turístico y la población depende de ello para el riego de sus cultivos.

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el impacto del cambio climático en el Humedal de Pucush Uclo afectando a la territorialidad que se encuentra circundante, para un periodo de 30 años, esta investigación se divide en 4 capítulos: En el Capítulo I se trata sobre el planteamiento del estudio que se encuentra el objetivo general que es evaluar si el cambio climático influye en el Humedal de Pucush Uclo-Chupaca, la justificación en el sector ambiental y social, y el planteamiento de la hipótesis si el Cambio Climático influye en el aumento del Humedal de Pucush Uclo-Chupaca. En el capítulo II se trata sobre el marco teórico que son los antecedentes del problema internacionales como nacionales, bases teóricas, la definición de términos básicos y el marco legal que se utiliza en el estudio. En el capítulo III se trata sobre la metodología, en este caso que es el Método Científico Inductivo el diseño e investigación a utilizar, la descripción de nuestra área de estudio y las técnicas e instrumentos de recolección de datos. En el capítulo IV se trata sobre los resultados de nuestras variables climáticas como temperatura media, mínima, máxima y

precipitación y también para la variación del área del humedal Pucush Uclo, con los resultados se realiza la prueba de hipótesis y una discusión con los antecedentes.

Para finalizar se encuentran las conclusiones respecto a nuestro objetivo general y específicos, recomendaciones acerca del estudio de investigación y anexos donde se encuentran los mapas del área de ubicación de los 7 periodos de 1989-2019, también las tablas mensuales y anuales de los parámetros climáticos.

Gracias a esta investigación se dará a conocer al público en general si el cambio climático influye en el humedal, para que la población del lugar acompañado con la municipalidad pueda tomar medidas de adaptación ante tal evento. Además, que esta investigación aportara al ámbito científico y académico.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1 Planteamiento y formulación del problema

#### 1.1.1 Planteamiento del problema

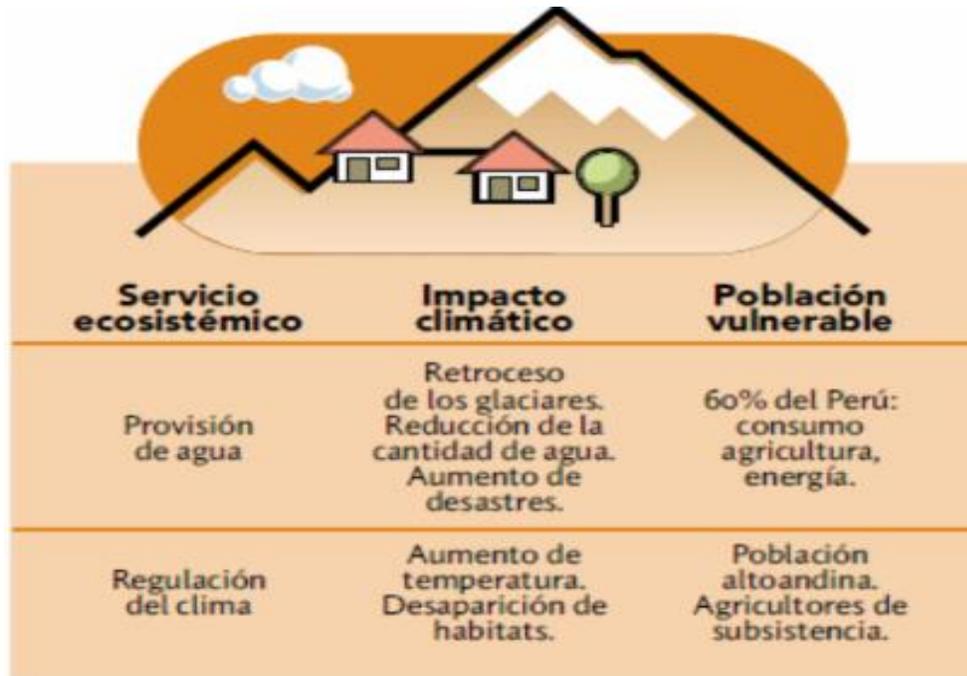
Los humedales están ligados estrechamente al funcionamiento hidrológico, aunque solo representa el 5-7% de la superficie terrestre, son de suma importancia por la calidad de bienes y servicios que brindan a la sociedad, son fuentes de agua, productividad y hábitat para especies vegetales y animales, los humedales cuentan con los ecosistemas más biodiversos y productivos(1). Desempeñan un papel de suma importancia en la mitigación del cambio climático ya que almacenan y absorben el carbón de forma natural, reservan un 35% de carbono de la biosfera a una escala global, constituyen barreras contra la subida del nivel de mar, reducen el impacto de las inundaciones y evitan las sequías ya que actúan como un almacén de agua. (2)

Estos ecosistemas han ido disminuyendo en altas tasas de degradación en su extensión, en tan solo el siglo XX se redujo un 64 y un 71% a escala global, y seguimos perdiendo humedales a un ritmo del 1% anual mayor a la actual tasa de deforestación (2). La degradación de estos humedales puede provocar daños importantes como e irreversibles. Los impactos del cambio climático pueden traer como consecuencia una liberación de CO<sub>2</sub> de siglos almacenados, como también modificaciones en el régimen hidrológico, un incremento de las tasas de evaporación, e intensificación de las sequías, inundaciones y tormenta. (3)

Según el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) en su tercer informe nos menciona que esto es fácil que suceda porque no tienen una capacidad de adaptarse al suceso del cambio climático, también hacen mención en su segundo informe de evaluación que los cambios climáticos refluirán intensamente en el ciclo hidrológico mundial y también tendría impactos en los recursos hídricos regionales.(4)

Los Humedales del Perú son ecosistemas vulnerables y sensibles por variaciones del clima y algunos fenómenos extremos del tiempo, además se puede sumar el impacto por algunas actividades antropogénicas como la cercanía que viven a los

ecosistemas, el inadecuado uso de los recursos que nos brindan y contaminación por residuos. En la figura 1 se puede observar el impacto del cambio climático en un ecosistema andino y la población vulnerable que es el 60% ya que utilizan para la agricultura y energía. (5)



**Figura 1 Impacto en Ecosistemas Andinos**

**Fuente: (6)**

El Ministerio del Ambiente con la Ley N°30754 que es la Ley Marco sobre Cambio Climático que se aprobó, se tiene conocimiento general acerca de la importancia y lo vulnerable que puedan llegar a ser los humedales, por lo cual tendrán una protección en los sistemas de agua de consumo y riego. El Ministerio del Ambiente hace mención que para los humedales se requiere una atención especial y se debe desarrollar estrategias de adaptación, pero para realizar estas estrategias primero se debe evaluar la relación entre vulnerabilidad-impactos. En el Perú hasta ahora solo se encuentran escasos estudios acerca de la relación y de los impactos que puede darse entre el Cambio Climático y los Humedales de nuestro país (6).

## **1.1.2 Formulación del problema**

### **1.1.2.1 Problemas Generales**

¿De qué manera el cambio climático influye en el aumento del humedal de Pucush Uclo- Chupaca?

### **1.1.2.2 Problemas Específicos**

- ¿Cómo influye la precipitación al aumento del Humedal Pucush Uclo-Chupaca?
- ¿Cómo influye la temperatura media al aumento del Humedal Pucush Uclo-Chupaca?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Evaluar si el Cambio Climático influye en el aumento del Humedal de Pucush Uclo- Chupaca.

### **1.2.2 Objetivo Específicos**

- Determinar la relación entre la precipitación y el aumento del Humedal de Pucush Uclo-Chupaca.
- Determinar la relación entre la Temperatura media y el aumento del Humedal de Pucush Uclo-Chupaca.

## **1.3 Justificación e importancia**

### **1.3.1 Ambiental**

El humedal de Pucush Uclo cuenta con una considerada biodiversidad de especies, albergan aves migratorias como endémicas (patito zambullidor), es uno de los ecosistemas acuático más atractivos del Valle del Mantaro, ecoturísticos donde se puede observar islas flotantes de totora, también cuenta con una amplia especie de plantas silvestres como álamo, sauco y una gran diversidad de macro invertebrados. (7). El aumento de temperatura puede afectar a la evapotranspiración de la vegetación, como también a la materia orgánica del suelo y al contenido de humedad, entonces los espejos del agua se verían afectados y el aumento de

precipitación cambiaría al pH del humedal volviéndolo ácido, entonces este humedal ya no sería habitable para la biodiversidad que se encuentra.



**Figura 2 Humedal de Pucush Uclo**

**Fuente: Propia**

### **1.3.2 Social**

El distrito de San Juan de Iscos, Tres de Diciembre y Chongos requieren de este humedal ya que es fuente de agua para el riego de sus cosechas como para la ganadería. El nombre que lleva de Pucush Uclo se debe a que Pucush = Significa Papa Harinosa y Uclo= Hondonada, alrededor se encuentran en mayor proporción cosechas de papa, también maíz, quinua, zanahoria.(8) Es importante realizar un estudio para averiguar cuanto influyo el cambio climático por indicadores de precipitación y temperatura en el aumento del humedal en los años 1990-2020, con los resultados obtenidos se presentara a la Municipalidad Provincial de Chupaca para que tome medidas de adaptación y la población que depende del humedal ya pueda tener conocimiento de cuanto les podría afectar a ellos como a la agricultura que se encuentra alrededor, también la población tendría conciencia sobre el impacto del cambio climático.

## 1.4 Hipótesis y descripción de variables

### 1.4.1 Hipótesis General

El cambio climático influye en el aumento del Humedal de Pucush Uclo-Chupaca.

### 1.4.2 Hipótesis Específicas

- La precipitación anual influye en el aumento del Humedal de Pucush Uclo.
- La temperatura media anual influye en el aumento del Humedal de Pucush Uclo.

### 1.4.3 Operacionalización de variables

Tabla 1 Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
V. Independiente Cambio Climático	Alteración del estado del clima, se verifica por medio de pruebas estadísticas, persiste durante periodos muy largos.(9)	Física meteorológico	Temperatura media °C/años  Temperatura Mínima °C/años  Temperatura Máxima °C/años  Precipitación mm/añual	Termómetro de mercurio  Pluviómetro
V. Dependiente Humedal Pucush Uclo	Área artificial, permanentes o temporales, con aguas que fluye, fresca de poca profundidad.(3)	Física Teledetección	Área del humedal m <sup>2</sup>  Índice de Diferencia Normalizado de Agua	Imágenes Satelitales (Landsat)

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes del Problema**

##### **2.1.1 Antecedentes Internacionales**

(10) Eusse Gonzáles en su tesis presenta como objetivo evaluar la vulnerabilidad ante el cambio climático de Humedales importantes para aves acuáticas en las sabanas inundables de la Orinoquía colombiana para el periodo de 2010-2039 y 2020-2049, el área de estudio se encuentra en los departamentos de Casanare y Boyaca ubicado a 100 m del río Meta y cerca de la cordillera Oriental. La metodología que se realizó fue el método de identificación, categorización y mapeo de variables se hizo uso de la herramienta Sistemas de Información Geográfica (SIG), que permitió definir criterios de vulnerabilidad de manera espacial. Para medir los sitios que fueron expuestos al cambio climático se empleó el método de Delta de Downscaling y también se utilizó la herramienta de Modeler builder para reducir los errores. Se llegó a los resultados el aumento de la temperatura anual promedio para el primero periodo del año 2010-2039 aumentará en 1 ° y 1.55° C y para el segundo periodo de 2020-2049 será entre 1.1. y 1.7°C. Del mismo modo la precipitación anual promedio en los meses diciembre y marzo aumentara hasta 120 mm y para el periodo de 2020-2049 en los meses lluviosos que son junio, julio disminuirá de 60 hasta 120mm. La vulnerabilidad para el primer periodo es bajo, mientras que para el segundo periodo será medio en el 94% en las unidades y alto en el otro 6%, en conclusión, los impactos indirectos del cambio climático para los humedales del área de estudio resulto entre baja y nula.

(11) Zhu Jie y otros autores en su artículo científico presentan como objetivo evaluar los posibles impactos del cambio climático en el nivel freático de humedales boscosos seleccionados en el sureste de los Estados Unidos. El área de estudio fueron 5 humedales, Refugio Nacional de Vida Silvestre (AR), Pocosin (LP), humedal de Estanque (FL-WET), Bosque de la bahía de Carolina (SC) y Bosque de pinos de corte ascendente (FL-UP), se escogieron por diferentes combinaciones en relación al clima, topografía y manejo antropogénico. La metodología que se usó para datos de región fue del Observatorio Naval de los EE. UU, para datos climáticos medios diarios se utilizaron 20 GCM (Global Climate Models) bajo las rutas de concentración representadas (RCP) con escenarios 4.5 y 8.5 y MACA (multivariate Adaptive

Constructed) para escenarios a futuros de (2040-2059) y finales del siglo XXI (2080-2099), se tomó línea base el periodo de (1950-2005). Se llegó a los resultados de los niveles de la capa freática se predijeron en exceso en el nivel normal, mientras que para el año 1993 las observaciones y las predicciones coincidieron, para el periodo base para el escenario RCP 8.5 en los cinco humedales la temperatura será aproximadamente 4°C, el humedal SC disminuiría en 57 % para 2099, humedal FL-WET aumentaría más en la pérdida de estanques de agua superficial de 40 a 93%, AR sería el único que permanecería 100 % saturado en los escenarios futuros. (10)

(12)Según Veas-Ayala y otros autores en su artículo científico titulado “Humedales del Parque Nacional Chirripó, Costa Rica: características, relaciones geomorfológicas y escenarios de cambio climático”, presentan como objetivo caracterizar el estado actual de estos ecosistemas, explicar cómo y por qué se forman, así como evaluar las posibles implicaciones en el ciclo hidrológico y el suministro de agua de estos humedales debido a las variaciones del clima a futuro, para el periodo de 2039-2059 y 2079-2099. El método que se utilizó para los escenarios de cambio climático fue de los 7 modelos de Coupled Model Intercomparison Project versión 5 o en sus siglas CMIP5, también se utilizó el método estadístico Capacidad de infiltración variable, sus siglas en inglés (VIC) y Modelo de Circulación General (GCM), para el periodo de 1979-1999 se realizó 12 salidas de campo para georreferenciar con GPS los humedales, también se utilizó fotografías aéreas del Proyecto BID-Catastro. Se llegó a los resultados para escenarios de cambio climático para finales del siglo XXI la temperatura se encontrará cerca de los 19°C, la precipitación en el siglo respectivo muestra una disminución menor a 250 mm. A mediados del siglo XXI los datos de temperatura fueron homogéneos con valores entre 2.5 y 2.6 °C, y para finales estuvo entre 4.2 y 4.4°C, para el caso de precipitación fueron muy pequeños. Para finales del siglo 2099 se evidencio una reducción de precipitación que permanecía entre 3.7 %, se recomienda que en menos de 100 años los cambios son significativos, lo cual algunas especies no podrán adaptarse, en conclusión, para el caso de la regulación hídrica se evidencia un probable incremento de precipitaciones implicando un impacto directo en los humedales, en particularmente en las lagunas estacionales.

(13)Según Kariem Ghazal y otros autores en su artículo científico presentan como objetivo de estudio la evaluación de los impactos del uso de tierra y los cambios climáticos en el balance hídrico de los componentes del humedal costero de Heeia,

esta área de estudio se encuentra en la costa noreste de Oahu-Hawaii. La metodología que se utilizó fue un modelo SWAT para la cuenca Heeia, este modelo se ejecutó durante el periodo de 2000 a 2014, para escenarios de Cambio Climático también se utilizó el mismo modelo, que incluye datos de temperatura, precipitación y radiación solar con la anomia de Timm y col. para los periodos de 2041-2070, como línea base se utilizó los periodos mencionados para la cuenca y para el escenario de suelos también se utilizó el método SWAT, donde el uso de la tierra fue la base de datos. Con la metodología se obtuvo resultados, para el periodo de línea base que fue de 2000 a 2014 no se encontró impactos pronunciados del CC en las subcuencas aguas arribas. Los resultados también indican que se predice que la cantidad de flujo de la corriente disminuirá para fines de la década de 2080 del escenario RCP 8.5, asimismo, se predice una disminución de hasta 44% en la escorrentía superficial durante la estación seca. En conclusión, la combinación de LUC y CC causara un cambio negativo en el flujo base debido a la compactación de la capa de suelo debajo de la superficie del suelo del campo y una disminución de lluvia.

### **2.1.2 Antecedentes Nacionales**

(14)Según Muñoz Asmat en su tesis presenta como objetivo evaluar los impactos de dos escenarios de cambio climático en los recursos hídricos del sistema hidrológico Quillacayhuanca. El área de estudio se ubica en los Andes glaciares del norte de Perú, tomándose como línea base el periodo de 1983 y 1998. La metodología que utilizaron fue un modelo hidrológico semidistribuido mensual con la ayuda del software RS Minerve, para datos del río, que fueron obtenidos de la estación hidrometeorológica que se encuentra alrededor de la zona de estudio, se utilizaron técnicas de Glabop y la formulación de Bahr que son las más eficientes, complementarias fueron el factor de corrección y el kriging ordinario para modelos glaciares, también se utilizó el modelo GMS para áreas glaciares y HBV para no glaciares, para escenarios futuros con un periodo de proyección para 2021-2050 se utilizó el Modelos Regionales del Clima (RCM) y complementarios fueron el RCP (Rossby Centre regional Atmospheric model, versión) 2.6 Y RCP 8.5. Se obtuvo los resultados de para los escenarios futuros de RCP 2.6 Y 8.5 habrá un incremento de temperatura de 1 y 1.5°C una disminución de precipitación de 649 mm en el periodo histórico a 665 entre el periodo futuro, con el escenario RCP 8.5 muestra una precipitación acumulada promedio multianual pasara de 649mm a 728mm, se espera una disminución mínima de 30%

del volumen glaciar para finales del 2050, como consecuencia del volumen glaciar ocasionara una alteración en el régimen hidrológico de Quillcayhuanca.

(15) Según Aponte Saravia y entre otros autores en su artículo presentan como objetivo caracterizar los humedales, determinar las áreas superficiales y evaluar los patrones de comportamiento de la magnitud de esorrentía para los años de 1986-2016. El área de estudio se ubica en la cordillera de La Viuda, en los Andes Centrales del Perú. La metodología que utilizaron fue la de imágenes satelitales Landsat del Programa TM5 con eso se obtuvo el Índice Normalizado de Vegetación (NDVI), para las variables climáticas se utilizaron datos de las estaciones meteorológicas circundantes al área de ubicación, para evaluar la esorrentía se utilizó el modelo de Índice Clima Topográfico en periodos de interdécadas, con este método se determinó el comportamiento de las áreas superficiales de los humedales en diferente tiempo. Con la metodología se obtuvo resultados de que existe una relación directa en el comportamiento del área superficial de la magnitud de escurrimiento y el área de los humedales en un tiempo.

(16) Según Pilares Hualpa y entre otros autores presentan como objetivo establecer un modelo para evaluar la disponibilidad hídrica de la unidad hidrográfica del río Cabanillas para diferentes escenarios de cambio climático, el área que es el río Cabanillas se forma por la unión de los ríos Verde y Cerrillo, siendo el último regulado por la presa Lagunillas. La Metodología que se utilizó fue el modelo (WEAP) que tomaron de línea base 1969 y 1993 para generar el modelo que evaluó el comportamiento de la disponibilidad para el sistema integral considerando los escenarios climáticos, se apoyó de la información cartográfica procesada por Sistema de Información Geográfica (SIG), se utilizó HadGEM-ES para la precipitación de la región de Puno y modelos globales, CANESM2, CNRM-CM5 y MPI-ESM-MR y escenarios de emisión RCP 4,5 escenario intermedio y RCP 8.5 escenario pesimista, el periodo futuro fue proyectado para el año 2005- 2099. Con esta metodología se obtuvo resultados que indican que la demanda hídrica para el Sistema Integral de Lagunillas representa una demanda total de 643.674 hm<sup>3</sup>, para el escenario futuro con la proyección CANESM2-RCP4.5 se tuvo un almacenamiento de 30 a 540 Mm<sup>3</sup>, para el escenario de CANES4.5. Y CANES8.5 el almacenamiento está en 30 Mm<sup>3</sup>, solo se satisface el 80% de la demanda, el cambio climático ejerce un efecto positivo sobre los aportes hídricos, que se manifiesta en un incremento de 15 a 20% de la disponibilidad hídrica para el Sistema de Lagunillas.

(17)Según Ramos Mamani y otros autores en su artículo científico presentan como objetivo de determinar la variación espacio temporal y climática del humedal altoandino de Chalhuanca (Perú), el periodo para determinar fue de 1986-2016. La metodología para este estudio fue mediante el uso de técnicas de teledetección que fueron escenas obtenidas de la página Landsat para el humedal, mientras que para el Cambio Climático se aplicó pruebas estadísticas no paramétricas de Mann-Kendall mediante correlación. Se obtuvo los resultados para este periodo fue que el humedal se incrementó en una razón de 12 ha/año, mientras que para la precipitación y temperatura máxima y mínima se obtuvo un incremento de 32 mm/dec, 0,3°C/dec y 0,6 °C/dec, con el análisis de correlación se obtuvo que si existe una relación respecto al área del humedal y precipitación con una significancia de  $\alpha < 0,01$  y respecto al área del humedal y temperatura son significativos para  $\alpha < 0,05$ .

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 Teorías físicas**

**Ciclo Hidrológico:** Se describe a la sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la atmósfera a la tierra y viceversa se puede observar en la **figura N°3**, el agua cambia de estado físico y de ubicación, en la figura N°3 se observa procesos que son evaporación, condensación, precipitación, infiltración y escorrentía o escurrimiento superficial, también se puede observar que es ciclo es un sistema cerrado esto se puede considerar a nivel global, pero en un ciclo hidrológico local se considera abierto o se deben complementar estudios donde definan las entradas y salidas del sistema (18).

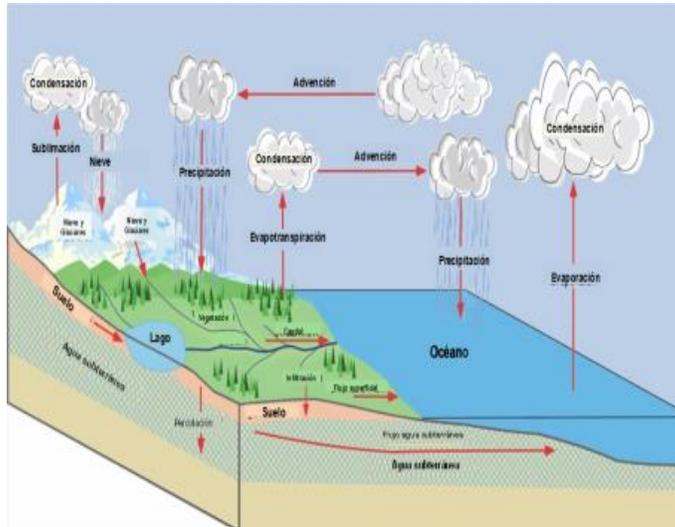


Figura 3 Ciclo Hidrológico

Fuente: (19)

**Sistema Hidrológico:** Los fenómenos hidrológicos son totalmente dificultosos por lo que no pueden ser conocidos todos, por lo cual se representan de una manera simple por un concepto de sistema, que viene a ser un conjunto de partes diferenciadas que entre ellas interactúan como un todo, los componentes en este sistema son: precipitación, escorrentía, evaporación y otras fases del ciclo como se muestra en la **figura N°4** (19).

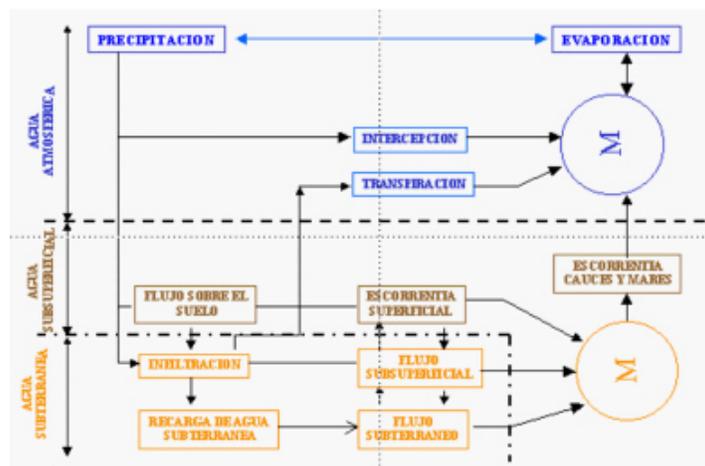
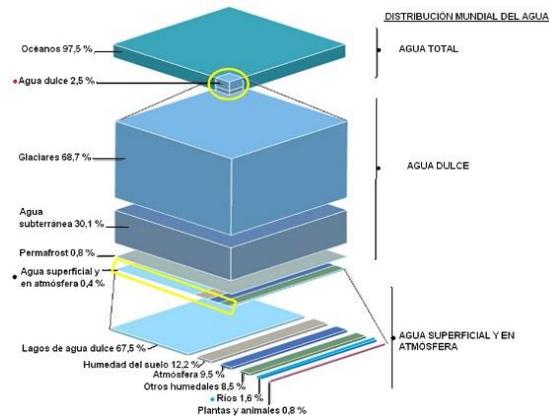


Figura 4 Sistema hidrológico

Fuente: (19)

Distribución del Agua, en la figura N°5 se puede observar que del agua del planeta el 97.5 % pertenece a agua salada y el otro 2.5% al agua dulce de esto el 0.4% pertenece al agua superficial y en la atmósfera, de esta división un 67.5 % pertenece a lagos de agua dulce y otro 8.5% a otros humedales.



**Figura 5 Distribución del agua**

**Fuente: (20)**

**Cambio climático:**

Para el IPCC definen al “cambio climático” como la alteración del estado del clima identificable, para definir si el clima fue alterado se realiza pruebas estadísticas en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, preserva durante periodos muy largos, la causa del cambio climático puede deberse a procesos naturales internos o forzamientos externos como erupciones volcánicas, o cambios antropogénicos que son persistentes por el uso del suelo y de la composición de la atmósfera(9).

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) define al “cambio climático como clima causado por la actividad humana de forma directa o indirecta que altera la composición de la atmósfera global y además se suma a la variabilidad natural del clima que es observada durante períodos de tiempo comparables”. La CMUNCC atribuible a causas naturales la variabilidad climática y la alteración de la composición atmosférica a las actividades humanas.

**Vulnerabilidad:**

El IPCC define como el grado que un sistema es incapaz de afrontar los efectos adversos del cambio climático, donde se incluye la variabilidad de climas extremos, es también una función del carácter, magnitud y rapidez de variación climática al que está expuesto un sistema, su sensibilidad y capacidad de adaptación.(9)

Es la incapacidad de un sistema para absorber, mediante auto-ajuste, los efectos externos en su ambiente, su incapacidad o inflexibilidad para adaptarse a esos factores de estrés. Los patrones regionales y locales de cambio ambiental, derivadas de los procesos de cambio global incluyendo el cambio climático, urbanizaciones, migraciones y recurrencia de eventos extraordinarios(21)

**Mann Kendall:** Es un test no paramétrico que permite la detección de las tendencias estadísticamente significativas al incremento o al decrecimiento, evaluar el comportamiento monótono de una serie de datos y es muy recomendado para el estudio de las variables de precipitación y temperatura, ya que no requiere normalidad ni linealidad.(22)

**Técnicas de Teledetección:**

Es una técnica que se puede adquirir datos de superficie terrestre por medio de sensores que son instalados en el espacio. La relación entre el terreno y el sensor es una interacción electromagnética que genera una serie de datos que posteriormente son procesados, esto nos ayuda a tener información acerca de la Tierra.(23)

**Imágenes satelitales:** Es el producto que se obtiene por un sensor instalado en un satélite artificial, que se da por medio de la captación de la radiación electromagnética que es emitida o reflejada por un cuerpo celeste, este producto más adelante se transmite a estaciones para su visualización, procesamiento y análisis, se encuentran diferentes tipos de imágenes, ya que depende del tipo de sensor y de la finalidad con la que es construido. La resolución espacial sirve para diferentes áreas como información del espionaje militar, monitoreo de incendios, el cambio climático, seguimiento de huracanes, evaluación de la vegetación y las imágenes de google earth.(24)

**Landsat:** Es el último satélite de la serie orbita alrededor de 705 km de altura y tiene un tiempo de demora de 16 días en escanear todo la superficie terrestre, esto fue lanzado el 15 de abril de 1999, este satélite permite obtener una serie de imágenes terrestres, gracias a esto se puede hacer un seguimiento de los cambios sucedidos en la superficie de nuestro planeta tierra, antes de este satélite existió el Landsat-1 que fue puesto en órbita en el año 1972, todo esto se encuentra dirigido por la NASA y el USGS de Estados Unidos (25).

**Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI):** Indica el contenido de cuerpos de agua, contenido de humedad en plantas, suelos y también ausencia del recurso hídrico. El cálculo se realiza mediante un análisis de imágenes satélite en programas como Arcgis, Qgis, los valores obtenidos del NDWI oscilan entre -1 y 1 cuyos valores describen la zona en 3 categorías, con alto contenido de agua de color azul, vegetación con contenido de agua de color verde y zonas terrestres con ausencia de humedad o escasez hídrica de color rojo esto, perteneciendo la categoría 1 a roja, 2 a verde y 3 azul (26).

### **2.2.2 Teorías biológicas**

**Humedal:** El término es reciente, como también el reconocimiento de que este tipo de ecosistema es diferente respecto a los acuáticos y terrestres, definen a un humedal como área natural o artificial, permanentes o temporales, con aguas estática o que fluye, fresca, salobre o salada que incluyen áreas de aguas marinas de poca profundidad, están pantanos, turberas y marismas. Brindan a la sociedad gran cantidad y calidad de bienes y servicios por lo cual son de suma importancia, están estrechamente ligados al funcionamiento hidrológico (3).

La Convención Internacional sobre los Humedales (RAMSAR) define a los humedales como extensiones de Ciénegas o marismas, pantanos y turberas o superficies cubiertas de aguas, sean de regímenes natural o artificiales, son permanentes o temporario, estancadas o corrientes, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de aguas marinas cuya profundidad en marea baja no exceda los 6 metros (27).

### **2.2.3 Marco Legal**

Ley N°28611-Ley General del Ambiente

Artículo 94.-De los Servicios Ambientales

Los componentes del ambiente y recursos naturales cumplen funciones que permiten mantener los ecosistemas y del ambiente, genera beneficios que se aprovechan sin compensación o retribución, por lo que el Estado establece mecanismos para mantener la provisión de servicios ambientales, para lograr así la conservación de los ecosistemas, diversidad biológica y demás recursos, como la protección del recurso hídrico, la biodiversidad y la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero.(28)

#### Artículo 98.- De la conservación de ecosistemas

Se orienta a conservar los ecosistemas como sus ciclos, procesos ecológicos, prever procesos de ocasionados por actividades antrópicas. Y en caso que suceda adoptar medidas de recuperación, especialmente a ecosistemas frágiles y especiales. (28)

#### Artículo 99.- De los ecosistemas frágiles

Se entiende como ecosistemas frágiles a desiertos, montañas, bofedales, lomas, bosques. El estado reconoce la importancia de los humedales como hábitat de biodiversidad en especial de aves migratorias, priorizando su conservación, por lo cual las autoridades públicas deben adoptar medidas de protección especialmente para estos ecosistemas, tomando en cuenta sus características y recursos singulares, también su relación con condiciones climáticas especiales.(28)

#### Artículo 124.- Del fomento de la investigación ambiental científica y tecnológica

Corresponde al Estado como a las Universidades públicas y privadas promover la investigación, desarrollo científico y tecnológico en materia ambiental, como la formación de capacidades humanas ambientales en la ciudadanía. El estado a través de organismos competentes de ciencia y tecnología aplica recursos en la formación de profesionales en la realización de estudios científicos en materia ambiental.(28)

#### Ley N° 30754- Ley marco sobre cambio climático

#### Artículo 3.- Enfoques para gestión integral del Cambio Climático

3.3. Mitigación y adaptación basada en ecosistemas: Implementar medidas para la protección, conservación y restauración de los ecosistemas, en especial de los

ecosistemas frágiles, con el fin de asegurar que estos continúen brindando servicios eco sistémicos.(29)

#### Artículo 4.- Gestión integral del Cambio Climático

Las medidas de adaptación y mitigación al cambio climático se añaden en las políticas, estrategias, planes y proyectos de inversión, de una manera coherente y complementaria, con un proceso participativo del sector privado y de la sociedad civil, a fin de integrar la gestión del cambio climático y al desarrollo del país en el ambiente. (29)

#### Artículo 19.-Investigación, tecnología e innovación

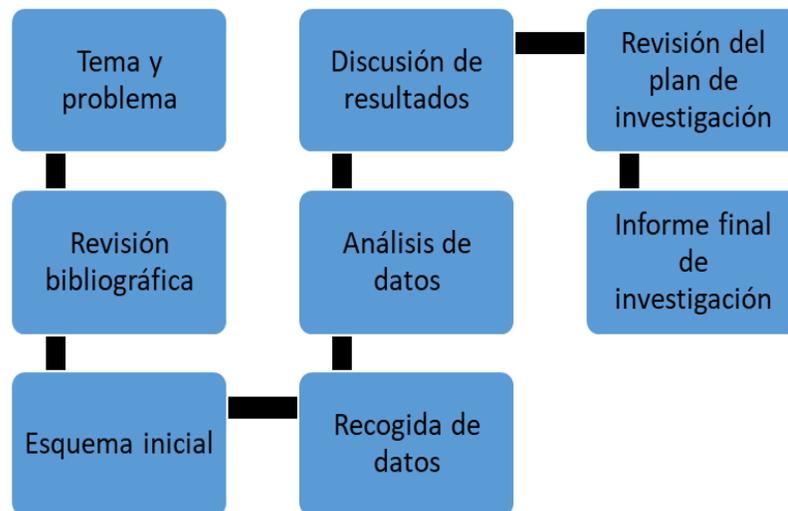
Las universidades públicas como privadas, fomentar la investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación en materia del cambio climático. (29)

### **Ley N°29338-Ley de Los Recursos Hídricos**

#### Artículo 172.- Del Programa Nacional de Adaptación al Cambio Climático:

La Autoridad Nacional del Agua (ANA), con el Ministerio del Ambiente, gobiernos regionales y locales, si se presentan alteraciones en el recurso hídrico, que son causado por variaciones en el clima, promoverá y coordinará a implementar acciones correspondientes al Programa Nacional de Adaptación al Cambio Climático. (30)

### **2.2.4 Metodología**



**Figura 6 Procedimiento a seguir en la Investigación**

### **2.3 Definición de términos básicos**

- a) Adaptación climática: Moderación de los efectos adversos del cambio climático que se puede evitar mediante una amplia gama de acciones que se dirige al sistema vulnerable (21).
- b) Agricultura: Actividad en la que se aprovecha de los recursos naturales que no han sufrido alguna transformación previa, entre las cuales pueden estar relacionadas con la explotación de especies vegetales, cultivadas en terrenos, parcelas, huertos, invernaderos, predios y viveros, mediante cultivos orgánicos y otro tipo como ramas, subramas y 54 clases de actividad. (31)
- c) Biodiversidad: Amplia variedad de animales, plantas y microorganismos existentes, también incluye las diferencias genéticas dentro de cada especie, entre las variedades de razas y cultivo de ganado y la variedad de ecosistemas que puedan albergar múltiples interacciones (32).
- d) Ecosistema: Es el área de la naturaleza en el cual se encuentre organismos vivientes y sustancias no vivientes, pero que tengan una interacción en donde se produzca un intercambio de materiales entre las partes vivas y no vivas. (33)
- e) Escorrentía: Cantidad de precipitación que aparece en las corrientes superficiales y lago, definida como lámina que puede cubrir un área de drenaje(19).
- f) Evapotranspiración: Combinación de la evaporación del agua y transpiración por la acción biológica de las plantas, pérdida de agua de la vegetación y de la superficie del suelo hacia la atmósfera en forma de vapor de agua(19).
- g) Infiltración: Proceso por el cual el agua de la superficie de la tierra entra en el suelo, se mide mediante la tasa de infiltración que consiste en obtener la capacidad de absorción de la precipitación o la irrigación en el suelo. (34)
- h) Precipitación: Se forma en las nubes procedentes del cambio de estado del vapor de agua de una masa de aire que, al ascender en la atmósfera, se enfría hasta llegar a la saturación, en las nubes se forman como cristalitas de hielo y una gran cantidad de gotitas minúsculas.(35)
- i) Sistema de Información geográfica (SIG): Herramientas de análisis que identifican las relaciones espaciales de los fenómenos que se estudiara, empleado para describir y categorizar la Tierra y otras geografías. Consiste en crear, compartir y aplicar productos de información basada en mapas, asimismo, como administrar la información geográfica pertinente. (36)

- j) Temperatura máxima: Se expresa en °C es la temperatura más alta que se puede alcanzar en un intervalo de tiempo, es registrado en las estaciones de meteorología (37).
- k) Temperatura media: Corresponde al promedio aritmético de los valores registrados de temperatura máxima y mínima en las estaciones de meteorología (37).
- l) Temperatura mínima: Es la temperatura más baja que se puede alcanzar en un intervalo de tiempo, es registrado por las estaciones de meteorología (37).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Método y alcance de la investigación**

##### **3.1.1 Método**

La investigación consiste en seguir diferentes pasos desde la observación del problema hasta la verificación de la hipótesis y conclusiones, al realizar estos pasos seguimos lo que es el método científico. (38)

El método es Inductivo ya que utiliza el razonamiento, porque primero se validará las dos hipótesis específicas que se planteó, para que así se pueda llegar a concluir la Hipótesis General. (38)

##### **3.1.2 Nivel**

Según Hernández Sampieri en su libro Metodología de la investigación, considera un nivel de investigación desde explicativa a Predictiva (39). Tomando como ejemplo este libro la investigación tiene un nivel desde Descriptivo hasta Explicativo por las siguientes razones que se presenta:

###### **3.1.2.1 Descriptivo**

La investigación utilizará el método descriptivo ya que a través de las variables de Cambio climático y Humedales se describirá su comportamiento independientemente de cada variable. Para la evaluación del comportamiento del Cambio Climático se realizará a través de dos indicadores que son Precipitación y Temperatura que se analizará el comportamiento mensual por un periodo de 30 años que la página de Sunami nos brindara. En lo que consiste al humedal se trabajará con el índice de vegetación y con el área, también se podrá observar la situación actual en la que se encuentra.

###### **3.1.3 Correlacional**

En la investigación también se utilizará el método correlacional ya que en la Hipótesis que se plantea se busca conocer si el Cambio Climático influye en el aumento del humedal de Pucush Uclo, ya que es un humedal Artificial que se formó por escorrentía

y depende de la precipitación. Asimismo, conocer el grado de impacto que puede generar el aumento del Humedal a la agricultura que se encuentra alrededor. Con la metodología se va conocer si las dos variables mencionadas tienen relación o son sistemas independientes, si tienen relación se podrá determinar el grado de asociación que pueden llegar a tener.

#### **3.1.4 Explicativo**

La investigación se encuentra también en el método explicativo ya que como el nombre lo menciona explicará a que se debe el aumento del Humedal Pucush Uclo, si la principal causa es el cambio climático o existen otros factores que influyen de manera más significativa y también explicar cómo se manifiestan estas condiciones.

### **3.2 Diseño de la Investigación**

#### **3.2.1 Diseño no experimental**

El diseño de investigación para este trabajo es el No Experimental ya que las variables no se pueden llegar a manipular, ni se pueden llegar a tener control directo sobre estas variables porque se observa en su contexto natural. (39)

##### **3.2.1.1 Diseño no experimental Longitudinal**

El tipo de investigación es longitudinal o evolutiva, ya que a través de los cambios del tiempo se podrá evidenciar si el cambio climático influyó en el aumento del Humedal de Pucush Uclo afectando a la territorialidad agrícola que se encuentra alrededor, se recolectará datos de precipitación, temperatura y del área del humedal, para poder así determinar sus consecuencias y como fue evolucionando o que cambios se dio durante el periodo de 1990-2020.

### **3.3 Población y muestra**

La población a estudiar es el Humedal de Pucush Uclo que se encuentra en el Distrito de San Juan de Iscos en la Provincia de Chupaca en el Departamento de Junín, a una altitud de 3233 msnm. El distrito limita por el Norte con el distrito de Ahuac y Chupaca, por el Sur con distrito de Chongos Bajos, por el Este con el distrito de Huamancaca Chico y Tres de Diciembre y por el Oeste con el distrito de Yanacancha. Aproximadamente su formación tiene alrededor de 30-40 años formada por escorrentía y filtración (40).

Tabla 2 Coordenadas del Humedal de Pucush Uclo - Chupaca

COORDENADAS	Área del Humedal	
	X	Y
Norte	470165.2	8662557.9
Este	470800.5	8662036.3
Sur	470589.2	8661759.6
Oeste	470589.2	8661759.6

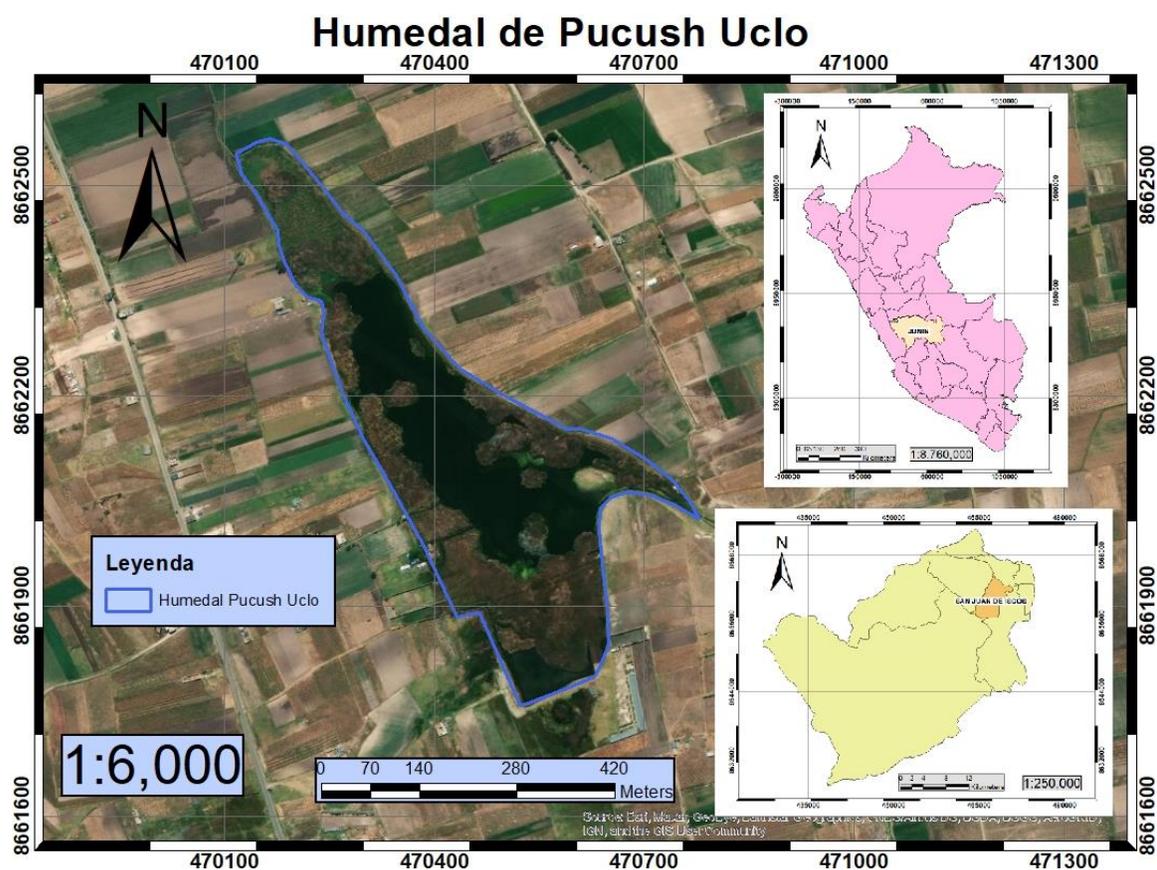


Figura 7 Mapa de Ubicación del Humedal de Pucush Uclo

### 3.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos

#### Procesamientos de Datos Climáticos

Para las mediciones de Precipitación y Temperatura se obtuvo datos a partir del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi) de la Estación Huayao (Latitud 12°2'2.47" y Longitud 75°19'13.8" ) a 3316 msnm, la razón por la cual tomamos esta estación es debido a que se encuentra en la Provincia de Chupaca en el Distrito de Huachac, estos datos se tomaron de un periodo de 31 años (1989-2019) porque la Organización Meteorología Mundial recomienda que para reflejar la evolución climática se debe evaluar un periodo mínimo de 30 años, los datos obtenidos fueron mensual y anual ya que la precipitación en la ciudad de Chupaca se da por 2 temporadas, meses mojados que son durante el mes de diciembre a marzo, y en el mes de febrero se genera mayor cantidad de precipitación, mientras la temporada seca se da a partir del mes de abril a diciembre, teniendo un mínimo en el mes de julio. (41)

Para el procesamiento de los datos meteorológicos se realizó con el programa Excel mediante gráficos de regresión lineal para poder analizar qué tan separados se encuentran los datos ingresados y la media móvil que nos ayuda a proyectar los valores en el período de pronóstico. También se utilizará el test de Mann-Kendall con el programa Trend con una significancia de 95%, con la prueba se demostrará si existen cambios y tendencias significativos en la serie de datos.

### **Área del Humedal e Índice de Diferencia Normalizado de Agua**

En lo que respecta al área del humedal y el índice de normalizado de agua (NDWI) se realizó mediante imágenes satelitales Landsat 8, Landsat 7 y Landsat 5 (Tabla 3), las imágenes se obtuvieron del servidor United States Geological Survey,(Earth Explorer) se tuvo en cuenta el periodo seco con baja cobertura de nubes al 10% en lo que respecta la zona, las imágenes satelitales fueron corregidas y procesadas mediante el software Arcgis 10.5 al obtener las imágenes satelitales están fueron procesadas en el cual las imágenes fueron convertidas a polígonos, para poder calcular el área del humedal. En lo que respecta para el Índice de Diferencia Normalizado de Agua (NDWI) se calculó el área de cuerpos de agua, vegetación con agua y suelos con escasez hídrica, mediante los resultados del NDWI que se expresan en -1 a 1 separándolo en 3 categorías y colores, el color rojo que significa escasez hídrica, verde vegetación con agua y azul cuerpos de agua (tabla 4), para poder calcular el área de cuerpos de agua se trabajó con el software Excel calculando mediante el promedio/píxel (17).

**Tabla 3 Datos acerca de las imagenes satelitales del humedal de Pucush Uclo**

<b>Año</b>	<b>Imagen Satelital</b>	<b>Fecha de adquisición</b>	<b>ID imagen</b>
1989	Landsat 4-5 TM C1 Level-1	23/06/1989	LT50060681989174CUB00
1994	Landsat 4-5 TM C1 Level-1	21/06/1994	LT50060681994172CUB00
1999	Landsat 4-5 TM C1 Level-1	08/06/1999	LT50060681999218CUB00
2004	Landsat 4-5 TM C1 Level-1	03/08/2004	LT50060682004216CUB02
2009	Landsat 4-5 TM C1 Level-1	30/06/2009	LT50060682009181COA01
2014	Landsat 8 OLI/TIRS C1 Level-1	12/06/2014	LT50060682004216CUB02
2019	Landsat 8 OLI/TIRS C1 Level-1	2019/06/26	LC80060692019177LGN00

**Tabla 4 Categoría del Índice de Diferencia de Agua Normalizado**

Rojo	Tierra
Verde	Vegetación
Azul	Cuerpo de agua

Fuente:(42)

### **Relación de las variables Cambio Climático y Área del Humedal**

Para la correlación de las dos variables se usó el programa de SPSS con la biviada de Pearson, esta correlación es lineal y si la variable independiente aumenta la otra puede disminuir o aumentar proporcionalmente, también se utilizará una significancia de ( $\alpha= 0.05$ ). Se realizó una regresión lineal con el cual se obtuvo el grado de asociación entre las variables mediante el valor de “r”, se obtuvieron gráficos de dispersión, se expresa mediante un ajuste lineal, donde se calculará el coeficiente de determinación  $R^2$ .(43)

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Resultados y análisis de información

##### 4.1.1 Datos climáticos

Se trabajó con un total de 11 323 datos del año 1989 a 2019 con las variables de precipitación, temperatura media, temperatura mínima y temperatura máxima de la estación meteorológica de Huayao- Chupaca. En la tabla 5 se puede observar los datos obtenidos por cada año separado en cada variable.

**Tabla 5 Datos climáticos anuales de la Estación Huayao- Chupaca**

AÑO	Precipitación	T. Media	T. Mínima	T. Máxima
1989	794.50	11.33	3.65	19.26
1990	875.90	11.74	4.21	19.53
1991	642.60	11.55	3.31	19.87
1992	501.30	11.96	3.71	20.54
1993	866.60	11.56	4.18	19.50
1994	837.90	11.87	3.92	19.69
1995	667.10	12.40	4.11	20.60
1996	600.20	12.21	4.05	20.19
1997	654.40	12.28	4.20	20.24
1998	726.70	12.93	5.14	20.73
1999	715.90	11.84	4.29	19.34
2000	675.70	12.08	4.50	19.66
2001	828.30	12.17	4.69	19.50
2002	813.50	12.48	5.22	19.71
2003	775.80	12.34	4.70	20.03
2004	618.00	12.33	4.69	20.04
2005	522.30	12.51	4.20	20.65
2006	619.90	12.26	4.59	19.73
2007	555.60	12.40	4.65	20.20
2008	493.90	12.07	4.20	19.96

2009	735.00	12.45	4.89	20.04
2010	603.90	12.73	4.48	20.99
2011	912.10	12.20	4.48	19.92
2012	696.90	12.25	4.38	20.12
2013	713.50	11.82	4.55	20.50
2014	828.60	12.31	4.32	20.30
2015	824.40	12.50	4.34	20.66
2016	946.20	12.61	3.74	21.49
2017	773.20	12.32	4.36	20.27
2018	733.70	12.58	4.50	20.65
2019	758.40	12.91	5.15	20.68

#### 4.1.1.1 Precipitación:

El resultado de este ajuste lineal de medias móviles muestra que no existe una relación lineal en las precipitaciones. El año 2008 se dio la menor precipitación (figura 8) con un total de 493.90 mm/año, ubicándose por debajo de la media que es 719.742 mm/año. Asimismo, se puede encontrar que para el año 2003 al 2008 se obtiene una reducción consecutiva de la precipitación con un total de 397.50mm por 4 años. Mientras para el año 2014 al 2016 se obtuvo un aumento con 117.60 mm por 3 años, teniendo como punto máximo al año 2016 con 946.20 mm/año. El mayor crecimiento de precipitación se realizó del año 1992 a 1993 con un resultado de 365.30 mm/año, en el año 1990 a 1991 se realizó la mayor caída de precipitación con 233.30 mm/año.

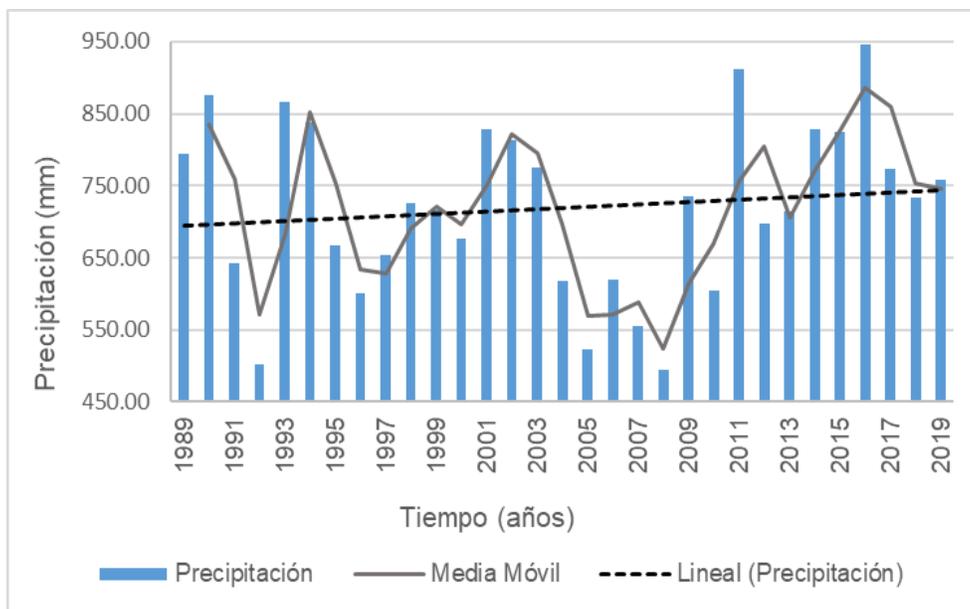


Figura 8 Precipitación de la Estación Huayao

### Mann Kendall para precipitación

Para saber si existe un cambio climático reflejados en las variables de temperatura y precipitación se realiza una prueba de Mann Kendall.

SIGNIFICANCIA	SIMBOLOGÍA	Z
Sin tendencia	ST	0
Tendencia significativa creciente	TSC	> + 1,96
Tendencia significativa decreciente	TSD	< - 1,96
Tendencia no significativa creciente	TNSC	< + 1,96
Tendencia no significativa decreciente	TNSD	> - 1,96

Figura 9 Tabla de significancia de Mann Kendall

Fuente: (44)

La precipitación de la Provincia de Chupaca con datos de la estación de Huayao tiene una media anual de 719.742 mm, un puntaje de S de 29 que indica una posible tendencia, y un valor estadístico Z de 0.476. Los datos de Precipitación anual no muestran una tendencia estadísticamente significativa ya que el valor es menor que 1.96 valor de Z para un nivel de confianza de 95%.

Tabla 6 Mann Kendall para Precipitación

Media	Mediana	Varianza	Desviación Estándar
719.742	726.7	14443.954	120.183
Puntaje S	Desviación Estándar	Varianza	Z- estadístico

29	58.836	3461.675	0.476
----	--------	----------	-------

### Precipitación mensual

La precipitación mensual en la estación Huayao se clasifica por 2 temporadas, la temporada mojada o donde se concentra mayor precipitación en los meses de diciembre a marzo (figura 9), con una media de 114.04 mm/mes. La temporada seca en los meses de mayo, junio, julio y agosto, con una media de 10.81 mm/mes.

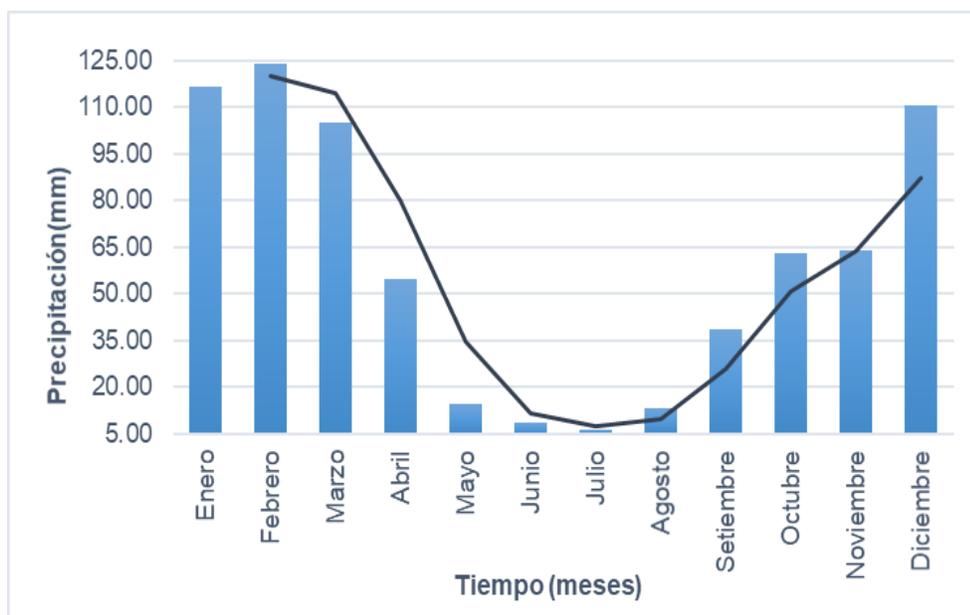
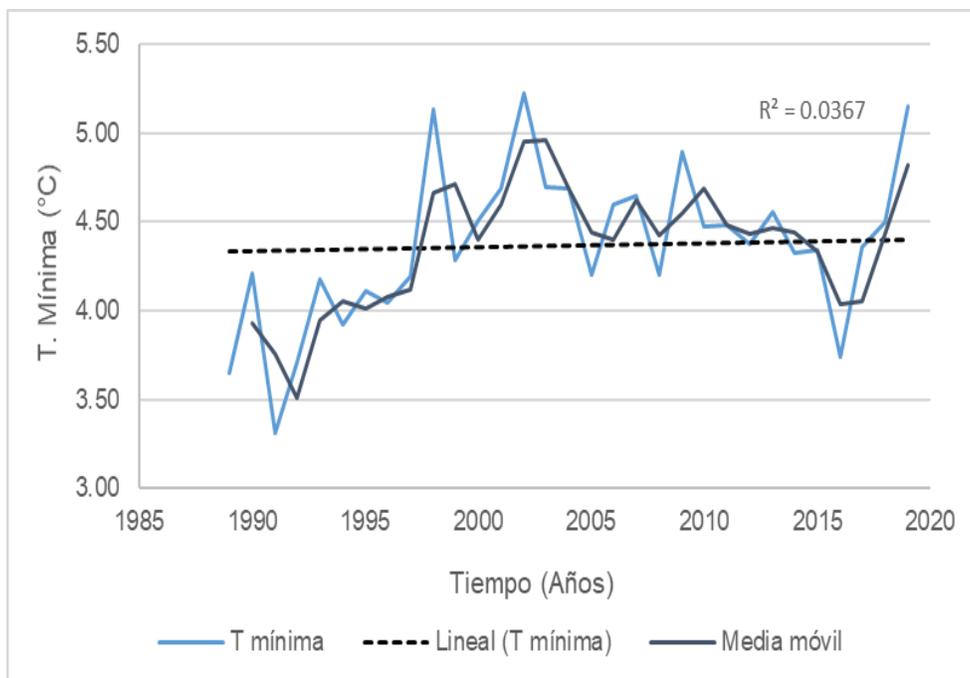


Figura 10 Precipitación mensual de la Estación Huayao

#### 4.1.1.2 Temperatura:

##### a) Temperatura Mínima

Los datos de temperatura se expresan en °C/año (figura 10), en el caso de temperatura si existe un ajuste lineal, obteniendo un  $R= 0.1916$ , obteniendo una tendencia mínima de que mientras aumenten los años también aumenta en menor proporción la temperatura mínima. Desde el año 1989 a 1997 se obtuvo temperaturas inferiores a 4.20 °C/año, a partir de ese momento se obtiene un cambio con tres picos de temperatura en el cual el primero corresponde al máximo del año 2002 con 5.22°C/año, segundo de 2009 con 4.89°C/año y tercero de 2019 con 5.15°C/año, después del pico 2002 no hay cambios significativos hasta el año 2015 con una disminución de 1.16°C, pero a partir del año 2018 se vuelve a realizar un aumento.



**Figura 11 Temperatura mínima en la estación Huayao**

### **Mann Kendall para Temperatura**

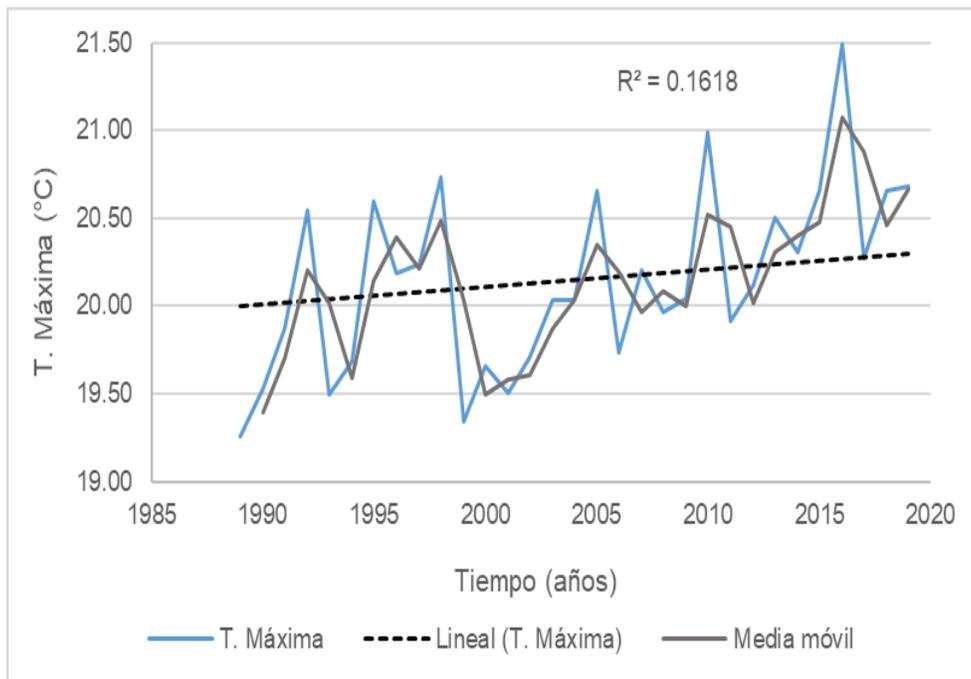
La temperatura mínima de la Provincia de Chupaca con datos de la estación de Huayao tiene una media de 4.368°C, mediana de 4.36°C, un puntaje S de 139 que indica una mayor tendencia y valor Z de 2.346 que es mayor que Z 1.96 que es el nivel de confianza para 95%, ya que es mayor se concluye que los datos de temperatura mínima si muestran una tendencia significativa creciente, también se observa un cambio significativo en el año de 1989-2013 con una media de 4.259°C y 2014-2019 con una media de 4.47°C con un aumento de 0.211°C.

**Tabla 7 Mann Kendall para Temperatura Mínima**

<b>Media</b>	<b>Mediana</b>	<b>Varianza</b>	<b>Desviación Estándar</b>
4.368	4.36	0.191	0.437
<b>Puntaje S</b>	<b>Desviación Estándar</b>	<b>Varianza</b>	<b>Z- estadístico</b>
139	58.836	3461.675	2.346

**b) Temperatura Máxima:**

En el caso de temperatura máxima también existe un ajuste lineal (figura 11), obteniendo un  $R= 0.4022$ , una tendencia mínima mientras aumenten los años también aumenta en media proporción la temperatura máxima. En la temperatura máxima se observa un crecimiento desde el año 1993 con  $19.50^{\circ}\text{C}/\text{año}$  a 1993 obteniendo una reducción de  $1.34^{\circ}\text{C}$ , después de 2003 se mantiene un crecimiento hasta 2016 con un pico de mayor temperatura de  $21.49^{\circ}\text{C}/\text{año}$ , la temperatura a partir de 2013 a 2019 disminuyen, pero su significancia es mínima comparada con los años de 1989 a 2003.



**Figura 12 Temperatura Máxima en la estación de Huayao**

**Mann Kendall para temperatura máxima**

La temperatura máxima de la Provincia de Chupaca con datos de la estación de Huayao tiene una media de  $20.148^{\circ}\text{C}$ , mediana de  $20.12^{\circ}\text{C}$ , un puntaje S de 202 que indica una mayor tendencia y valor Z de 3.416 que es mayor que Z 1.96 que es el nivel de confianza de  $\alpha=0.05$ , ya que es mayor se concluye que los datos de temperatura máxima anual si muestran una tendencia significativa creciente con un nivel de confianza de 95%. Se observa un cambio en el periodo de 2014 a 2019 con un aumento de  $0.495^{\circ}\text{C}$  respecto al periodo de 1989-2013.

Tabla 8 Mann Kendall para Temperatura Mínima

Media	Mediana	Varianza	Desviación Estándar
20.148	20.12	0.191	0.52
Puntaje S	Desviación Estándar	Varianza	Z- estadístico
202	58.836	3461.675	3.416

**c) Temperatura Media**

En los 3 casos de temperatura se puede observar que si existe un ajuste lineal, en este caso de la temperatura media obtenemos un valor de  $r = 0.40$ , y una tendencia significativa menor que la temperatura máxima, en este caso se observa que a partir del año 1989 a 1995 se obtiene valores menores a la línea media, a partir del año 1995 se observa un crecimiento obteniendo un pico en el año 1998 de  $12.93^{\circ}\text{C/año}$ , una reducción de  $1.10^{\circ}\text{C/año}$  para el año 1999, después se observa un crecimiento que se mantiene constante hasta el año 2013 con una reducción no tan significativa, después de 2013 los datos tienden a crecer con una variación evidente.

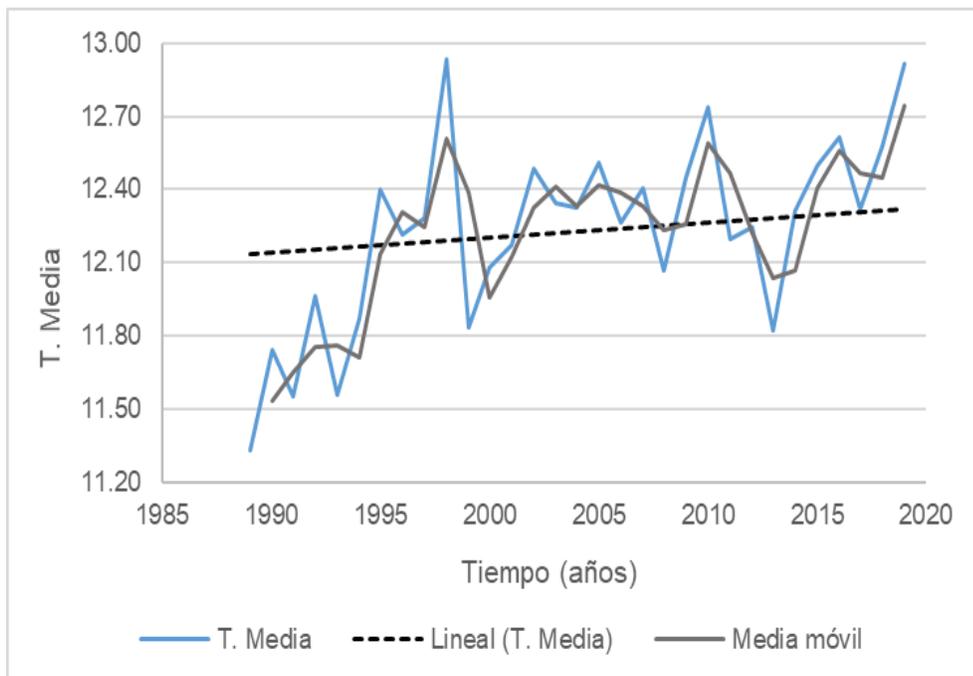


Figura 13 Temperatura Media en la estación de Huayao

### Mann Kendall para precipitación

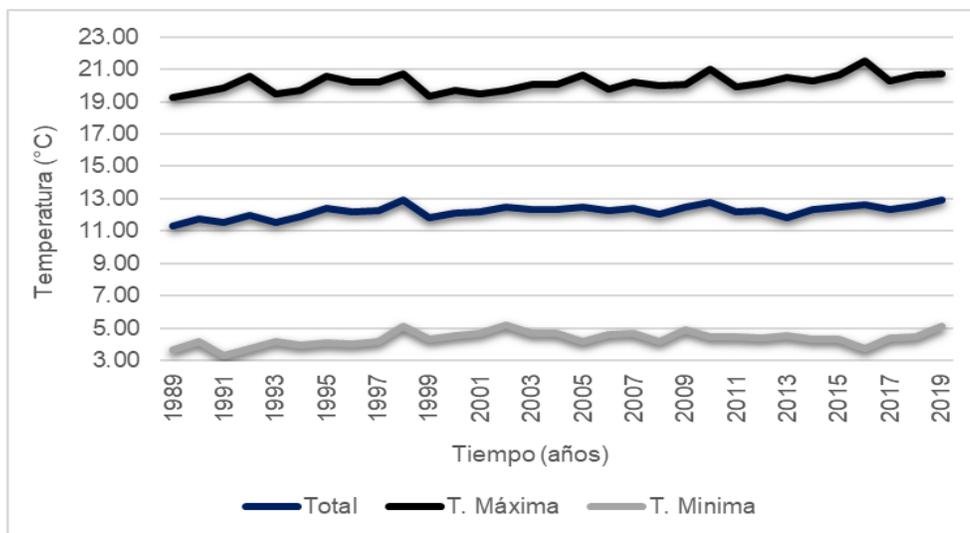
La temperatura media de la Provincia de Chupaca con datos de la estación de Huayao tiene una media de 12.225°C, mediana de 12.28°C, un puntaje S de 210 que indica una mayor tendencia y valor Z de 3.552 que es mayor que Z 1.96 que es el nivel de confianza de  $\alpha=0.05$ , ya que es mayor se concluye que los datos de temperatura media anual si muestran una tendencia significativa creciente con un nivel de confianza de 95%. Además, se obtiene un cambio significativo para el periodo de 1989-2013 con 12.049 °C y de 2014-2019 con 12.391 °C con un aumento de 0.342°C.

Tabla 9 Mann Kendall para Temperatura Media

Media	Mediana	Varianza	Desviación Estándar
12.225	12.28	0.145	0.381
Puntaje S	Desviación Estándar	Varianza	Z- estadístico
210	58.836	3461.675	3.552

### Temperatura

Se observa que en los extremos la temperatura media en 1989 la temperatura máxima y mínima aumenta por lo cual la temperatura media igual. Mientras en el año 1999 se observa un caso contrario con una disminución en la temperatura máxima y mínima y la temperatura media igual. En el 2005 y 2016 se observa un caso diferente ya que la temperatura máxima aumenta con 20.65 °C/año y la temperatura mínima disminuye en 4.20 °C/año, la temperatura media se adhiere a los dos casos con un resultado de 12.51°C/año.



**Figura 14 Temperatura de la Estación Huayao**

#### 4.1.1.3 Climograma:

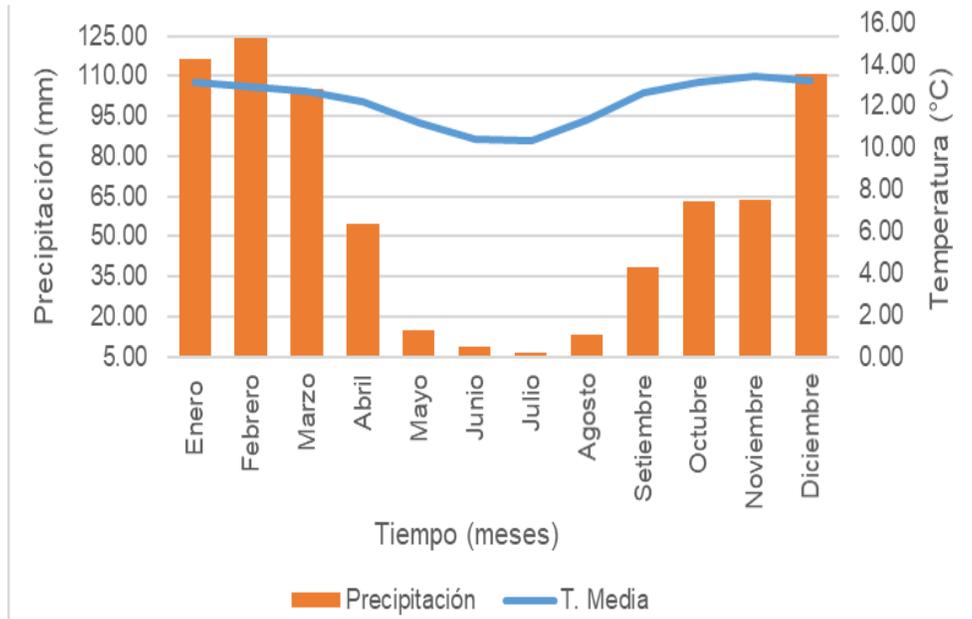
Para poder saber el clima de la Provincia de Chupaca donde se encuentra el Humedal se realizó un climograma con datos de precipitación y temperatura media mensual (Tabla 3).

**Tabla 10 Datos de temperatura y precipitación mensuales de la Estación Huayao**

Meses	Precipitación	T. Media
Enero	116.34	13.17
Febrero	123.94	12.93
Marzo	105.17	12.68
Abril	54.62	12.21
Mayo	14.85	11.24
Junio	8.68	10.45
Julio	6.53	10.36
Agosto	13.18	11.35
Setiembre	38.70	12.64
Octubre	63.21	13.12
Noviembre	63.80	13.41
Diciembre	110.72	13.21

El climograma nos muestra que el clima respecto a la temperatura es un clima frío ya que se encuentra en el rango de temperatura media que está entre 6 y 14 °C y nuestra temperatura media es de 12.225°C,

el clima según nuestras precipitaciones es seco ya que también se encuentra en el rango de precipitación total que está entre 300 y 800 mm y el de nosotros es 719.74 mm.



**Figura 15 Climograma de la Estación Huayao-Chupaca**

#### 4.1.2 Variación del área de estudio con Imágenes Satelitales

Para poder calcular el área del humedal mediante imágenes satélites se utilizó el índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI). Se expresa en valores de -1 a 1, donde los valores altos corresponden a cuerpos de agua identificándose por el color azul y los valores bajos representan escasez hídrica y una cobertura baja.

**Tabla 11 Categoría del Índice Diferencial Normalizado de Agua**

Categoría	Color	Lectura
1	Rojo	Suelo con escasas hídrica
2	Verde	Vegetación

3	Azul	Cuerpo de agua
---	------	-------------------

### Área del Humedal en 1988

El área del humedal de Pucush Uclo en 1988 muestra un 5.22 ha de masas de agua, mientras el 1.98 contenido de agua en la vegetación y 4.14 ha de suelo con escasas hídrica, haciendo un total del área del humedal de 11.34 ha.

En el año 1988 se observa mayor presencia de cuerpos de agua con un 46.03%, en menor proporción suelos con escasa humedad de 36.51% y una mínima proporción de agua con vegetación de solo el 17.46%.

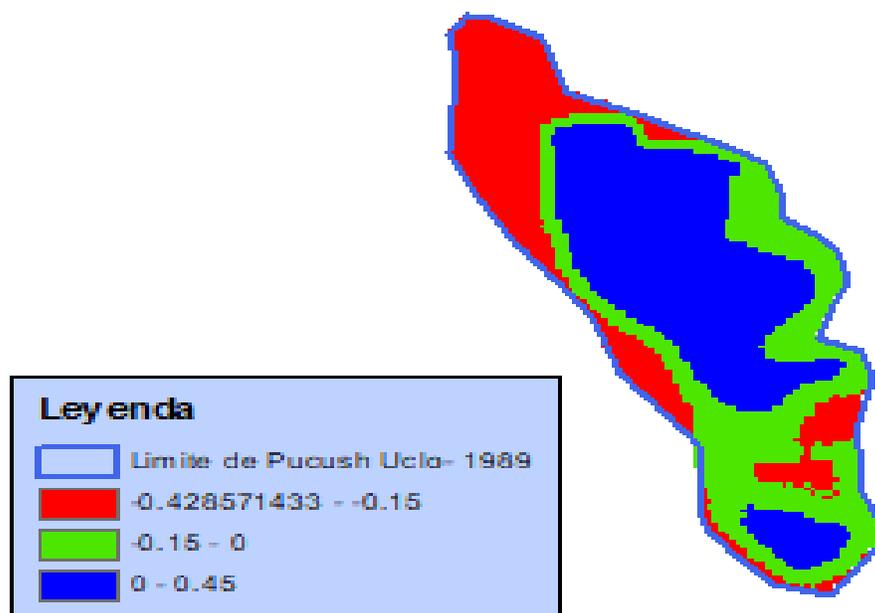
**Tabla 12 Área del Humedal de Pucush Uclo -1988**

1988			
Categoría	Píxeles	Ha	%
1	46	4.14	36.51
2	22	1.98	17.46
3	58	5.22	46.03
Total		11.34	100

Fuente: Propia

### Área del Humedal en 1989

El área del humedal de Pucush Uclo en 1989 muestra un área total de 11.42 ha, con 3.13 hectárea de suelo con escasa humedad, 4.66 ha de cuerpo de agua, y el 3.64 contenido de agua en la vegetación. La variación a un año anterior en el área de cuerpo de agua se reduce a 5700m<sup>2</sup>, caso contrario al contenido de agua en la vegetación que aumenta en 1.66 ha. Asimismo, también disminuye en 1.02 ha suelos con escasez hídrica.



**Figura 16 NDWI del Humedal Pucush Uclo 1989**

En el año 1989 se observa una mayor presencia de cuerpo de agua con 40.76 %, mientras para vegetación con agua un 31.87% y en menor proporción suelos con escasez hídrica de un 28%. A comparación del año anterior este humedal aumento en 800 m<sup>2</sup>.

**Tabla 13 Área del Humedal Pucush Uclo-1989**

Categoría	1989		
	Pixeles	Ha	%
1	1250	3.125	27.36
2	1456	3.64	31.87
3	1862	4.655	40.76
<b>Total</b>	4568	11.42	100

### Área del Humedal en 1994

El área del humedal de Pucush Uclo en 1994, 5 años después muestra 4.68 ha de cuerpo de agua, y una vegetación con humedad de 3.06 ha, a comparación del año anterior se puede observar un crecimiento de 4600 m<sup>2</sup>, reduciendo la vegetación a

5800 m<sup>2</sup>. Caso contrario el área de cuerpo de agua y el área con escasez hídrica aumentan en 200 m<sup>2</sup> y 1.02 ha.

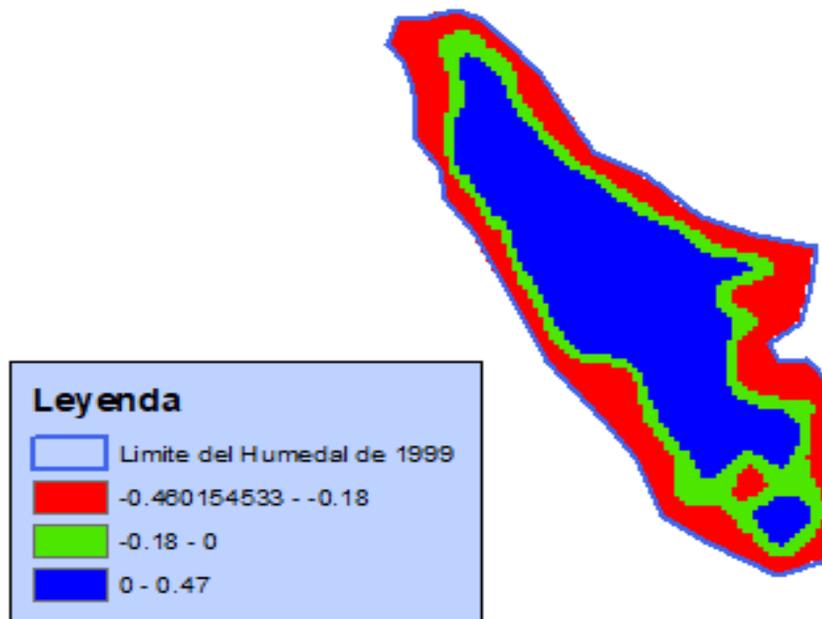
En el año 1994 se observa una mayor presencia de cuerpo de agua con 39.4 %, para suelos con escasez hídrica con 34.8% y en menor proporción vegetación con agua con 25.8%. A comparación del año anterior este humedal aumento en 4600m<sup>2</sup>.

**Tabla 14 Área del Humedal Pucush Uclo-1994**

<b>1994</b>			
<b>Categoría</b>	<b>Pixeles</b>	<b>Ha</b>	<b>%</b>
1	46	4.14	34.8
2	34	3.06	25.8
3	52	4.68	39.4
Total		11.88	100

### **Área del Humedal en 1999**

El área del humedal de Pucush Uclo en 1999, 5 años después tiene un área total de 12.24 ha, con 4.47 ha de cuerpo de agua, una vegetación con agua de 3.81 ha, y 3.96 ha de suelos con escases hídrica a comparación del año anterior se puede observar un crecimiento de 3600m<sup>2</sup>, aumentando el área de cuerpo de agua en 2100 m<sup>2</sup> y la vegetación en mayor proporción 7500m<sup>2</sup>, disminuyendo las zonas terrestres sin agua a 1800 m<sup>2</sup>.



**Figura 17 NDWI del Humedal Pucush Uclo-1999**

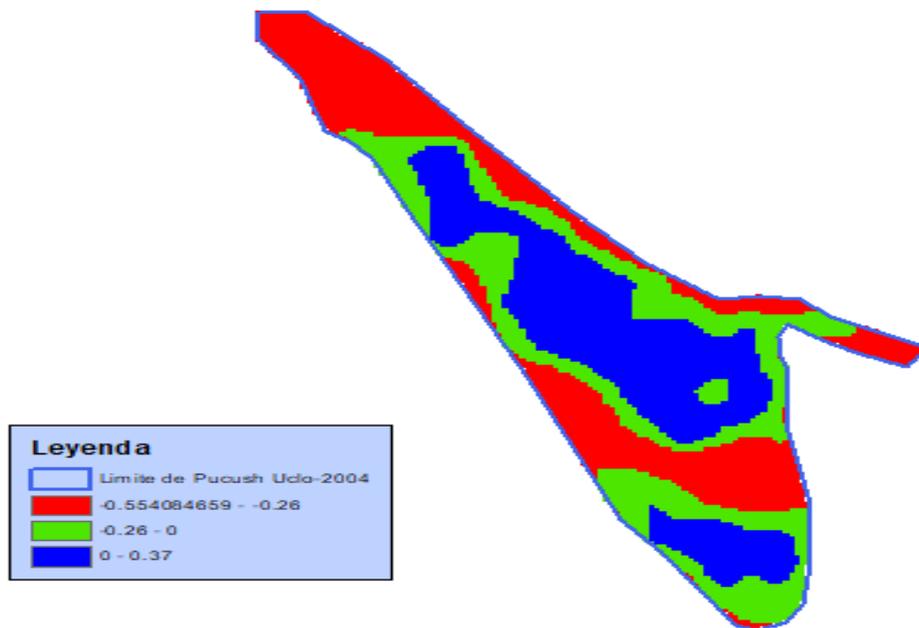
En el año 1999 el área total del humedal es de 11.88 ha con un porcentaje de 37% para cuerpo de agua, 32% para suelos con escasez hídrica y vegetación con agua en 31%. De 1994 a 1999 el humedal aumento en 3600 m<sup>2</sup>.

**Tabla 15 Área del Humedal de Pucush Uclo-1999**

1999			
Categoría	Píxeles	ha	%
1	1583	3.96	32
2	1523	3.81	31
3	1789	4.47	37
Total		12.24	100

#### **Área del Humedal en 2004**

El área del humedal de Pucush Uclo en 2004 muestra un área total de 13.12 ha, con 4.75 ha de área de cuerpo de agua, 4.31 ha de vegetación con agua, y el 4.06 suelo con escasa hídrica. La variación a 5 años en el área de cuerpo de agua aumenta en 2800 m<sup>2</sup>, en vegetación con agua el aumento es de 5100 m<sup>2</sup> y en suelos con escasez hídrica también aumenta en 1000.



**Figura 18 NDWI del Humedal de Pucush Uclo -2004**

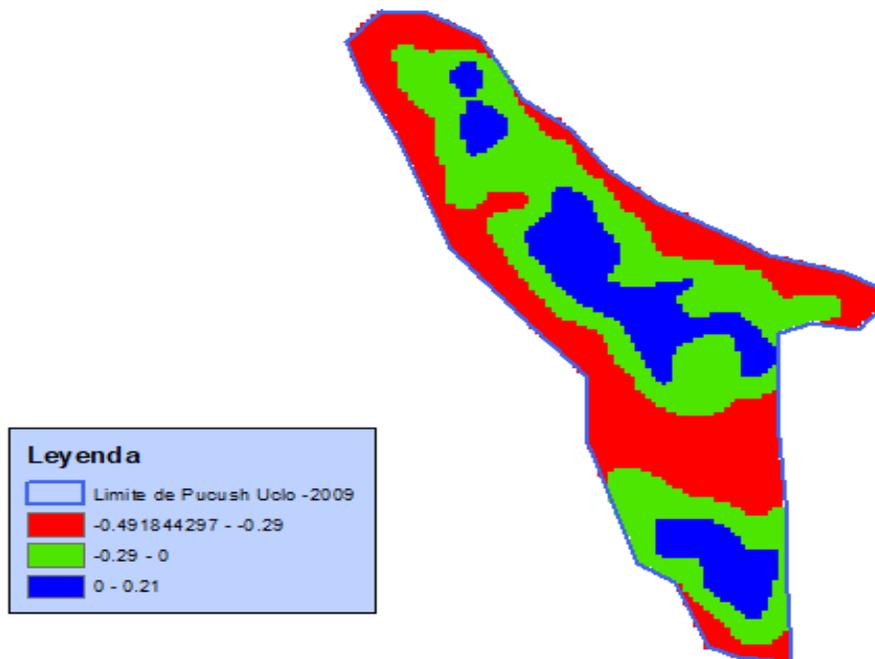
Para el año 2004 se observa una mayor presencia de cuerpo de agua con 36%, mientras para vegetación con agua un 31% y en menor proporción suelos con escasez hídrica de un 31%. A comparación del año anterior este humedal aumento en 8800 m<sup>2</sup>.

**Tabla 16 Área del Humedal de Pucush Uclo-2004**

2004			
Clase	Pixeles	Ha	%
1	1624	4.06	31
2	1725	4.31	33
3	1900	4.75	36
<b>Total</b>		13.12	100

### **Área del Humedal en 2009**

El área del humedal de Pucush Uclo en 2009, tiene un área total de 13.77 ha, con 2.34 ha de cuerpo de agua, y una vegetación con humedad de 6.39 ha y suelo con escasez hídrica de 5.04 ha, a comparación del año 2004 se puede observar una reducción del cuerpo de agua con de 2.41 ha, un aumento de vegetación de 2.08 ha y un aumento de 9800 m<sup>2</sup>.



**Figura 19 NDWI del Humedal Pucus Uclo 2009**

Para el año 2009 se observa una mayor presencia de área de vegetación con agua de 46%, mientras para suelos con escasez hídrica de 37% y en menor proporción cuerpo de agua de 17%. A comparación del año anterior este humedal aumento en 6500 m<sup>2</sup>.

**Tabla 17 Hectáreas del Humedal Pucush Uclo- 2009**

2009			
Categoría	Pixeles	Ha	%
1	56	5.04	37
2	71	6.39	46
3	26	2.34	17
<b>Total</b>	217	13.77	100

#### **Área del Humedal en 2014**

Para el año 2014, el área total es de 14.22 ha, con 1.89 ha de cuerpo de agua, suelos con escasez hídrica de 2.97 ha y una vegetación con humedad de 9.36 ha, a comparación del año 2009 se puede observar una reducción del cuerpo de agua con 4500 m<sup>2</sup>, también una reducción en suelos con escasez hídrica en 2.07ha, y un aumento de vegetación de 2.97 ha y un aumento de 2009-2014 de 4500 m<sup>2</sup>.

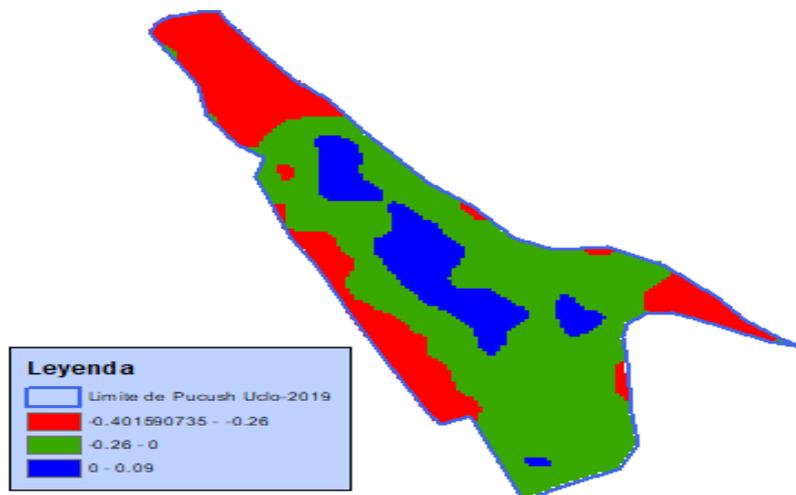
Para el año 2014 se observa una mayor presencia de área de vegetación con agua de 65.8%, mientras para suelos con escasez hídrica de 20.9% y en menor proporción cuerpo de agua de 13.3%. A comparación del año anterior este humedal aumento de 4500 m<sup>2</sup>, se puede observar que cada año aumenta la vegetación y se reduce los cuerpos de agua.

**Tabla 18 Área del Humedal de Pucush Uclo -2014**

2014			
Categoría	Pixeles	Ha	%
1	33	2.97	20.9
2	104	9.36	65.8
3	21	1.89	13.3
<b>Total</b>		14.22	100

### Área del Humedal en 2019

El área del humedal de Pucush Uclo en 2019, 30 años de 1989, muestra un área total de 15.93 ha, separadas en 2.88 ha de cuerpo de agua, una vegetación con agua de 8.91 ha, y un suelo con escasas hídrica de 4.14 ha. A comparación del primer año 1989 que se realizó la primera muestra se puede observar una reducción del cuerpo de agua de 1.78 ha; un aumento de vegetación de 5.27 ha. Respecto al 2014 el área de suelos con escasez hídrica aumenta en 1.17 ha y los cuerpos de agua aumentan en 9900 m<sup>2</sup>, al contrario, en vegetación con agua esto disminuye en 4500 m<sup>2</sup>.



**Figura 20 NDWI Del Humedal Pucush Uclo-2019**

En el año 2019 el área total del humedal es de 15.93 ha, para vegetación en el cuerpo de agua con 18% y 56% cuerpo de agua con vegetación. Del año 1989 al 2019 el aumento del humedal es de 4.51 ha en 30 años, respecto al 2014 el aumento en 5 años es de 1.71 ha.

**Tabla 19 Hectáreas del Humedal Pucush Uclo 2019**

<b>2019</b>			
<b>Categoría</b>	<b>Pixeles</b>	<b>Ha</b>	<b>%</b>
<b>1</b>	46	4.14	26
<b>2</b>	99	8.91	56
<b>3</b>	32	2.88	18
<b>Total</b>		15.93	100

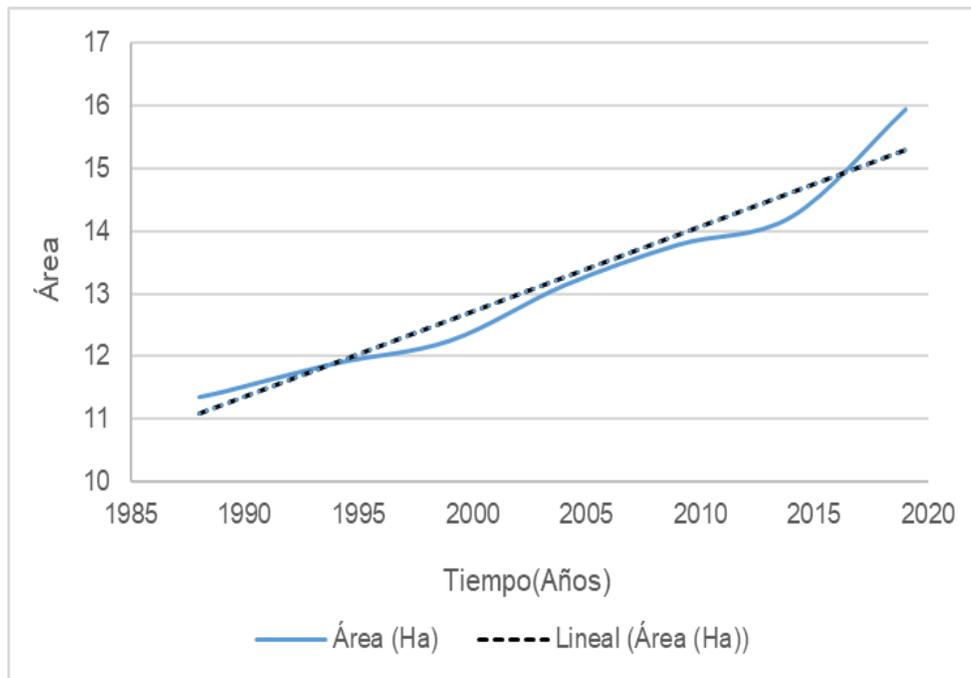
#### **Área total de 1989-2019**

Desde que se realizó el análisis en 1989 se puede observar un aumento en el Humedal de Pucush Uclo, de 11.34 ha al 2019, se observa un aumento acelerado a partir del año 2014 al 2019 con 1.71 ha, mientras para el periodo de 1994 a 1999 se observa un crecimiento en 1000 m<sup>2</sup>. El crecimiento del humedal es de 1530m<sup>2</sup>/año.

**Tabla 20 Análisis del área del Humedal de 1989-2019**

<b>Tiempo (años)</b>	<b>Área (Ha)</b>	<b>Aumento (Ha)</b>	<b>%</b>
<b>1988</b>	11.34	-	
<b>1989</b>	11.42	0.08	1.74
<b>1994</b>	11.88	0.46	10.02
<b>1999</b>	12.24	0.36	7.84
<b>2004</b>	13.12	0.88	19.17
<b>2009</b>	13.77	0.65	14.16
<b>2014</b>	14.22	0.45	9.80
<b>2019</b>	15.93	1.71	37.25
<b>Total</b>	103.92	4.59	100

El comportamiento del área del humedal Pucush Uclo a partir del año 1989 a 2019 se observa un crecimiento significativo creciente, en algunos años en menor proporción como en el periodo de 1999 a 2004 y en otros totalmente significativo como el último periodo.



**Figura 21 Aumento del Humedal Pucush Uclo**

En lo que respecta a las 3 variables del Índice Diferencial de Normalizado en el periodo de 1989-2019, en el cuerpo de agua se observa un aumento máximo en el periodo de 2014 a 2019 con 2.25 ha y una disminución mayor en el periodo 2004 a 2009 con una reducción de 2.41 ha, para el periodo total se observa una disminución de 1.08 ha. Para el caso de vegetación se observa un aumento en todo el periodo de 6.93 ha, a partir del año 1989 a 2014 se observó un crecimiento continuo en la vegetación de la zona, se alcanzó un aumento máximo en el periodo de 2009 a 2014 con 2.97 ha. Para el suelo con escasas hídrica se mantiene igual, en algunos periodos se obtuvo una disminución y aumento significativo.

Tabla 21 NDWI del área del Humedal

Tiempo (años)	Cuerpo de Agua	Cuerpo de agua (aumento)	Vegetación	Vegetación (aumento)	Suelo con escasez	Suelo (aumento)
1988	5.22		1.98		4.14	
1989	4.66	-0.56	3.06	1.08	3.13	-1.01
1994	4.68	0.02	3.64	0.58	4.14	1.01
1999	4.47	-0.21	3.81	0.17	3.96	-0.18
2004	4.75	0.28	4.31	0.5	4.06	0.1
2009	2.34	-2.41	6.39	2.08	5.04	0.98
2014	1.89	-0.45	9.36	2.97	2.97	-2.07
2019	4.14	2.25	8.91	-0.45	4.14	1.17
Total	32.15	-1.08	41.46	6.93	31.58	0

## 4.2 Prueba de Hipótesis

### 4.2.1 Hipótesis Específicas

En el caso de todas las variables de investigación correlacional se trabajará con una significancia de  $\alpha=0.05$ .

#### 4.2.1.1 Precipitación anual

$H_1$ : La precipitación anual de la Estación de Huayao influye en el área del Humedal Pucush Uclo- Chupaca.

$H_0$ : La precipitación anual de la Estación de Huayao no influye en el área del Humedal Pucush Uclo- Chupaca.

$H_0$ :  $\rho = 0$  (No hay correlación)

H<sub>1</sub>:  $\rho \neq 0$  (Si hay correlación)

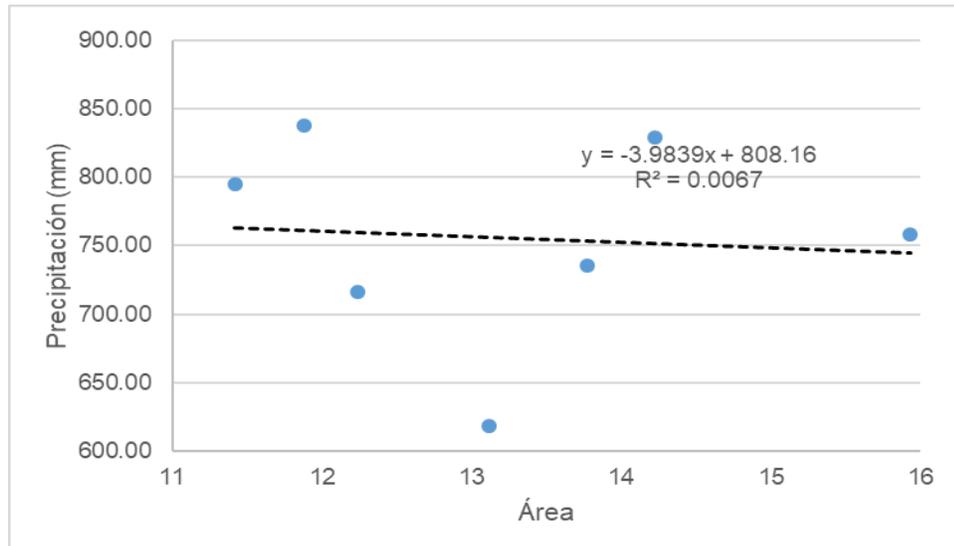


Figura 22 Dispersión Lineal para la Precipitación

Prueba de normalidad:

Tabla 22 Prueba de normalidad para Precipitación

Pruebas de normalidad			
	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Precipitación	,976	7	,577
Área	,902	7	,750

a. Corrección de significación de Lilliefors

H<sub>0</sub>: La distribución de datos de precipitación y área es normal

H<sub>1</sub>: La distribución de los datos de precipitación y área no es normal

Pvalor precipitación (Sig)= 0,577 >  $\alpha$  Aceptamos la H<sub>0</sub>

Pvalor área (Sig)= 0,750 >  $\alpha$  Aceptamos la H<sub>0</sub>

El sig de la Precipitación tiene un valor de 0.880 siendo mayor que  $\alpha = 0.05$  por lo cual se acepta la hipótesis nula Para el caso del área el valor de si es de 0.750 siendo mayor que  $\alpha = 0.05$  por lo cual en este caso también se acepta la hipótesis

normal, ya que para los dos casos la hipótesis nula se acepta la distribución es normal y se puede continuar a realizar la correlación.

**Prueba de Pearson:**

**Tabla 23 Prueba de Pearson para Precipitación y Área**

<b>Correlaciones</b>			
		<b>Precipitación</b>	<b>Área</b>
<b>Precipitación</b>	Correlación de Pearson	1	-,082
	Sig. (bilateral)		,861
	N	7	7
<b>Área</b>	Correlación de Pearson	-,082	1
	Sig. (bilateral)	,861	
	N	7	7

Pvalor (Sig)= 0,861 >  $\alpha$  Aceptamos la Ho

H<sub>0</sub>:  $\rho = 0$  (No hay correlación) Aceptamos la H<sub>0</sub>

H<sub>1</sub>:  $\rho \neq 0$  (Si hay correlación)

Nuestro índice de Pearson para este caso es de  $R_{\text{Pearson}} = -0,082$  y un  $R^2 = 0.0067$ ), nuestra precipitación tiene un p valor de 0.861 mayor que  $\alpha = 0.05$ , ya que es mayor aceptamos la hipótesis nula ya que no existe correlación entre precipitación y el área del humedal de Pucush Uclo.

La precipitación anual desde el año 1989 a 2019 de la estación de Huayao de Chupaca no influye en el aumento del área del Humedal Pucush Uclo- Chupaca, con una significancia de 95%.

**4.2.1.2 Temperatura media**

H<sub>1</sub>: La Temperatura media anual de la Estación de Huayao influye en el área del Humedal Pucush Uclo- Chupaca.

H<sub>0</sub>: La temperatura media anual de la Estación de Huayao no influye en el área del Humedal Pucush Uclo- Chupaca

H<sub>0</sub>:  $\rho = 0$  (No hay correlación)

H<sub>1</sub>:  $\rho \neq 0$  (Si hay correlación)

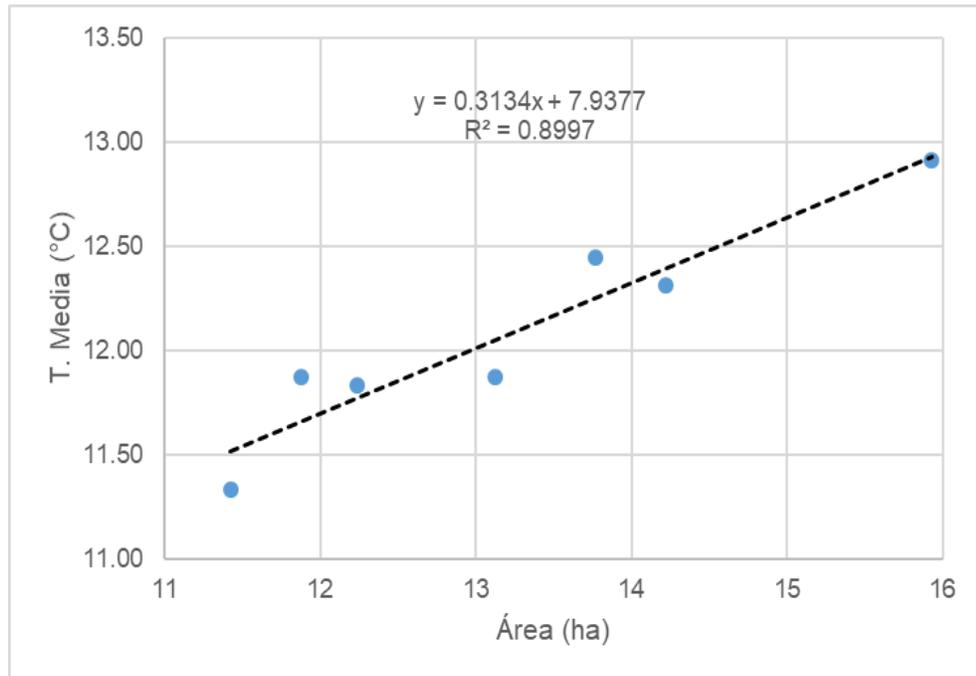


Figura 23 Dispersión entre Temperatura Media y Área del Humedal

Prueba de normalidad:

Tabla 24 Prueba de normalidad para la Temperatura Media

Pruebas de normalidad			
Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.
<b>T. Media</b>	,956	7	,780
<b>Área</b>	,952	7	,750

a. Corrección de significación de Lilliefors

H<sub>0</sub>: La distribución de datos de precipitación y área es normal

H<sub>1</sub>: La distribución de los datos de precipitación y área no es normal

Pvalor Temperatura Media (Sig)= 0,780 >  $\alpha$  Aceptamos la H<sub>0</sub>

Pvalor área (Sig)= 0,750 >  $\alpha$  Aceptamos la H<sub>0</sub>

El sig de la Temperatura media tiene un valor de 0.780 siendo mayor que  $\alpha = 0.05$  por lo cual se acepta la hipótesis nula Para el caso del área el valor de sig es de

0.750 siendo mayor que  $\alpha = 0.05$  por lo cual en este caso también se acepta la hipótesis normal, ya que para los dos casos la hipótesis nula se acepta la distribución es normal y se puede continuar a realizar la correlación.

**Prueba de Pearson:**

**Tabla 25 Prueba de Pearson para la Temperatura Media**

<b>Correlaciones</b>			
		<b>T. Media</b>	<b>Área</b>
<b>T. Media</b>	Correlación de Pearson	1	0,948
	Sig. (bilateral)		0,001
	N	7	7
<b>Área</b>	Correlación de Pearson	0,948	1
	Sig. (bilateral)	0,001	
	N	7	7

Pvalor (Sig)= 0,001 <  $\alpha$  Rechazamos la Ho

H<sub>0</sub>:  $\rho = 0$  (No hay correlación)

H<sub>1</sub>:  $\rho \neq 0$  (Si hay correlación) Aceptamos la H1

Nuestro índice de Pearson para este caso es de  $R_{\text{Pearson}} = -0,948$  y un  $R^2 = 0.90$ ), nuestra precipitación tiene un p valor de 0.001 menor que  $\alpha = 0.05$ , ya que es menor aceptamos la hipótesis alternativa, entonces si existe correlación entre temperatura media y el área del humedal de Pucush Uclo.

La temperatura media anual desde el año 1989 a 2019 de la estación de Huayao de Chupaca influye en el aumento del área del Humedal Pucush Uclo- Chupaca, con una significancia de 95%.

**4.2.2 Hipótesis General**

Se muestra un cambio significativo en la temperatura media, máxima y mínima con un 95% de confianza, en el caso de precipitación la tendencia o cambio a lo largo del periodo de 1989-2019 no es significativo. Una de los parámetros meteorológicos en el cual se muestran un efecto del cambio climático es la temperatura, en este caso ya que existe una tendencia significativa creciente se concluye que si existe el cambio climático en la zona y si tiene un impacto en el

aumento del Humedal Pucush Uclo con un r casi perfecto de  $R^2 = 0.90$  y  $r = 0.95$  una relación positiva a seguir aumentando.

### 4.3 Discusión de resultados

Para poder determinar el clima de una zona se requiere dos variables que son Temperatura y Precipitación media, pero para identificar si existe un cambio climático global el indicador más importante es la temperatura ya que en este se refleja la tendencia de calentamiento o enfriamiento (45). El análisis de tendencia con variables climáticas como en nuestro caso precipitación y temperatura nos ayuda a observar si existió algún cambio significativo o si las muestras son periódicas o casi periódicas en una serie de tiempo que es mínimo de 30 años para clima. (44)

La precipitación anual para la Provincia de Chupaca según el Test de Mann Kendall no tiene una tendencia climática y los cambios no son tan significativos. Según Alencar Nóbrega (44) en sus resultados con la estación del norte, las precipitaciones presentaron una tendencia no significativa creciente ya que los datos que se procesó tenían valores similares lo que resulto una mínima variabilidad en la precipitación de la zona Norte de la cuenca del río Moxotó en Brasil.

La temperatura media en la provincia de Chupaca tiene una tendencia creciente significativa, desde el año 1989 a 2019 se observó un crecimiento en la temperatura media, con pequeños puntos de quiebre. En la investigación de Ayuso, Togados y García (45) Menciona que existe unas tendencias crecientes en la temperatura y como genero un calentamiento en los últimos 30 años (1988-2018) debido a cambios en la temperatura mínima y media.

En nuestra investigación se hizo uso de las imágenes satelitales Landsat, debido a que se realiza un análisis de tendencia con una antigüedad de 30 años y se puede observar una evolución de los humedales. Gabriel y otros autores (46) en su investigación mencionan que para poder realizar estudios de humedales, cuencas y variables de factores climáticos es adecuado el uso de estas técnicas, con un procesamiento detallado.

El área del humedal de Pucush Uclo a lo largo de 30 años desde 1989 a 2019 en periodos de 5 años tuvo un aumento de 4.59 ha a lo largo del tiempo con un

crecimiento medio por cada año de 1530 m<sup>2</sup>/año. Según Paucar y otros autores en su investigación en lo que respecta al crecimiento del área del humedal de Chalhuanca en Perú para los años de 1986 y 2016 durante un periodo de 36 años este aumento en 12 ha/año. (47). En el análisis de correlación de las variables del área del humedal y la precipitación a un nivel de confianza de 95% obtuvimos un  $R^2 = 0.0067$  y  $r=0,082$ , por lo cual no tienen una relación directa ni indirecta, debido a que los datos de la precipitación están muy dispersos. Además, la precipitación no aumenta de forma creciente a comparación del área del Humedal Pucush Uclo. Según Pauca y otros autores en su investigación, ellos obtienen una relación perfecta de Humedal y Precipitación con un  $r=0,92$  y  $R^2 = 0.85$ , pero en sus conclusiones mencionan que al no ser constante ni significativo el aumento de la precipitación no se puede establecer una relación clara. Según Gabriel y otros autores (46) en su investigación mencionan que también existe un relación significativa entre humedales y precipitación espacial y temporal, pero esto también se debe a las condiciones físicas y paisajísticas de las cuencas asociadas a su estudio.

En el análisis de correlación de las variables del área del humedal y la temperatura media a un nivel de confianza de 95% es casi perfecta debido a que obtuvimos un  $R^2 = 0.90$  y  $r=0,948$ , por lo cual si tienen una relación directa y muy significativa. Los datos de temperatura media y área aumentan de forma creciente y consecutivamente Uclo. Según Pauca y otros autores en su investigación, ellos obtienen una relación apenas significativa entre Temperatura mínima y máxima y área del humedal, siendo el coeficiente más bajo de  $r=0,68$  y  $R^2 = 0,46$ , al no obtener una relación significativa ellos concluyen que probablemente el aumento del humedal en épocas secas sea debido a un proceso de desglaciación que estaría asociado a la temperatura.

## CONCLUSIONES

El análisis de espacio y tiempo temporal para las variables del cambio climático es de suma importancia ya que ayudan a visualizar como este aumento, disminuyo y como hubo puntos críticos, para lo cual los métodos adecuados son la T de Mann Kendall y un análisis lineal ya que nos muestran una tendencia a significativa a crecer, disminuir o simplemente no existe una tendencia ya que los datos no son tan variables.

En el caso de Precipitación anual no encontramos una tendencia durante el periodo de 1989 a 2019 ya que existen años donde la precipitación fue muy mínima como el año 2008 con un total de 493.90mm/año y después un aumento elevado en el 2016 con 946.20mm/año, la precipitación mensual clasifica a Chupaca como un clima seco ya que tenemos temporadas mojadas a partir del mes de diciembre a marzo y temporada seca desde el mes de mayo- agosto.

Para el caso de temperatura media, mínima y máxima si existen una tendencia significativa a crecer siendo la Temperatura máxima que aumento en mayor proporción de 1989 a 2019 en 2.23 °C, con un cambio significativo a partir del año 2010, respecto a la temperatura mínima se observa un cambio significativo a partir del año 1998, con un aumento de 1.5 °C durante el periodo de 7 años, después de 18 años en el 2016 una reducción de 0.6 °C/año. Para la temperatura media se observa una tendencia significativa creciente a partir del año 2001 con 0.84°C.

El área del Humedal de Pucush Uclo aumenta significativamente del año 1989-2019 aumento en 4.59 ha con un crecimiento anual de 1530 m<sup>2</sup>, en el caso del Índice Diferencial Normaliza de Agua (NDWI) en el cuerpo de agua se encuentra una disminución de 1.08 ha, un aumento de 6.93 ha en vegetación con agua y la zona terrestre con escasas hídrica en todo el periodo de 30 años quedo neutral.

Los análisis de correlación y la regresión lineal muestran que no existe una relación entre el área del humedal de precipitación debido a que la precipitación no presenta una tendencia significativa creciente como es el caso del área del humedal. Para el caso de la temperatura media si existe una relación significativa con el área del humedal con un coeficiente de  $R^2 = 0.90$  y  $r=0,948$  aumentando en todo el periodo de 1989-2019. Debido a que la temperatura es un indicador del cambio climático, se concluye que el cambio climático si influye en el aumento del Humedal.

## RECOMENDACIONES

Para confiar en la viabilidad de las imágenes satelitales es recomendable realizar una salida a campo y georreferenciar el lugar, poder comparar los datos ya que las imágenes satelitales pueden tener errores debido a que la distancia es de 30\*30 m.

El software Trend es muy efectivo para poder tener los datos de Mann Kendall, pero no es adecuado sino sabes interpretar los resultados, además los resultados que te brindan no son representados por imágenes ni con su respectiva lectura, por lo cual es recomendable trabajar con el software del programa R.

Para concluir que existe una relación muy significativa entre el Cambio Climático y Humedal se debe estudiar algunos otros parámetros como la concentración de Gases de Efecto Invernadero.

## REFERENCIAS

1. CONVENCIÓN RELATIVA A LOS HUMEDALES DE IMPORTANCIA INTERNACIONAL. La importancia de los humedales. *RAMSAR* [online]. 2014. [Accessed 7 May 2020]. Available from: <https://www.ramsar.org/es/acerca-de/la-importancia-de-los-humedales>
2. ROJAS URREGO MARTA. Los humedales son cruciales para hacer frente al cambio climático | Ramsar. *RAMSAR* [online]. 2016. [Accessed 7 May 2020]. Available from: <https://www.ramsar.org/es/nuevas/los-humedales-son-cruciales-para-hacer-frente-al-cambio-climatico>
3. ABRAHAM, Elena, QUINTANA, Rubén and MATALONI, Gabriela. *Agua+ Humedales* [online]. Universidad Nacional de San Martín. Argentina, 2018. [Accessed 7 May 2020]. ISBN 978-987-40-2768-9. Available from: [https://www.funintec.org.ar/\\_dev/wp-content/uploads/Agua-y-Humedales-Serie-FUTUROS-FUNINTEC-compressed.pdf](https://www.funintec.org.ar/_dev/wp-content/uploads/Agua-y-Humedales-Serie-FUTUROS-FUNINTEC-compressed.pdf)
4. GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO. *Cambio Climático 2014* [online]. GT II. Suiza, 2014. [Accessed 13 September 2020]. Available from: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5\\_wgII\\_spm\\_es-1.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wgII_spm_es-1.pdf)
5. WATANABE, Jorge E. Pastor. Riesgo al cambio climático, implicancias y adaptaciones sobre la producción agrícola, cuenca río Chacco - Ayacucho -2017. *Revista Investigación*. 2018. Vol. 26, no. 1, p. 37–44.
6. SARAVIDA, Rosa Morales. Humedales y Cambio Climático. . 2019. P. 21.
7. LÓPEZ, Silvia Torbellino, SOLEY, Nathan, CAMPOS, Analia Hormaza, MATAMORROS, Krisiris García and BONIFACIO, Jorge Laura. Abundancia relativa y diversidad de la ornitofauna en el humedal de Puchus Uclo, abril-mayo, 2017. *Ingenium* [online]. 30 June 2017. Vol. 2, no. 1. [Accessed 8 May 2020]. Available from: <https://journals.continental.edu.pe/index.php/ingenium/article/view/596>

8. CASTILLO, Martínez and ANTONIO, José. *Laguna de Pucush Uclo como Recursos Potencial para el Desarrollo del Ecoturismo en el Distrito de San Juan de Iscos*. [online]. Universidad Nacional del Centro del Peru, 2010. [Accessed 8 May 2020]. Available from: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/66>Accepted: 2016-10-12T18:16:10Z
  
9. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *WGI\_AR5\_glossary\_ES.pdf* [online]. 2013. [Accessed 24 May 2020]. Available from: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI\\_AR5\\_glossary\\_ES.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf)
  
10. GONZÁLEZ, Eusse and LUCCÍA, Diana. *Evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático de humedales importantes para aves acuáticas en las sabanas inundables de la Orinoquía en Colombia* [online]. 2013. [Accessed 11 May 2020]. Available from: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/2600>Accepted: 2014-04-07T16:13:03ZCompany: Quito, 2013Distributor: Quito, 2013Institution: Quito, 2013Label: Quito, 2013publisher: Quito, 2013
  
11. ZHU, Jie, SUN, Ge, LI, Wenhong, ZHANG, Yu, MIAO, Guofang, NOORMETS, Asko, MCNULTY, Steven, KING, John, KUMAR, Mukesh and WANG, Xuan. Modeling the Potential Impacts of Climate Change on the Hydrology of Selected Forested Wetlands in the Southeastern United States. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*. 18 April 2017. P. 1–28. DOI 10.5194/hess-2017-215.
  
12. VEAS-AYALA, Néstor, QUESADA-ROMÁN, Adolfo, HIDALGO, Hugo G., ALFARO, Eric J., VEAS-AYALA, Néstor, QUESADA-ROMÁN, Adolfo, HIDALGO, Hugo G. and ALFARO, Eric J. Humedales del Parque Nacional Chirripó, Costa Rica: características, relaciones geomorfológicas y escenarios de cambio climático. *Revista de Biología Tropical*. December 2018. Vol. 66, no. 4, p. 1436–1448. DOI 10.15517/rbt.v66i4.31477.
  
13. GHAZAL, Kariem, LETA, Olkeba T., EL-KADI, Aly and DULAIIOVA, Henrieta. Assessment of Wetland Restoration and Climate Change Impacts on Water Balance Components of the Heeia Coastal Wetland in Hawaii. *Hydrology*. 14 May 2019. Vol. 6, p. 37. DOI 10.3390/hydrology6020037.
  
14. MUÑOZ ASMAT, Randy. *Impacto del cambio climático en los recursos hídricos de la Subcuenca Quillcayhuanca, Perú* [online]. Universidad Politécnica de València, 2017. [Accessed 25 September 2020]. Available from: <https://riunet.upv.es/handle/10251/80276>Accepted: 2017-05-02T06:27:27Z

15. SARAVIA, Jhonathan Aponte, OSPINA, Jesús Efrén and POSADA, Elena. Caracterización y modelamiento espacial de patrones en humedales alto andinos, Perú, mediante algoritmos, periodo 1985-2016. *Revista Geográfica*. 2017. No. 158, p. 149–170.
16. HUALPA, Isidro A Pílares and MONTALVO, Néstor. Evaluation of water availability in the Cabanillas river basin of the Peruvian Altiplano under regionalized climatic scenarios. . 2018. No. 2, p. 14.
17. TANCO, A. Pauca, MAMANI, C. Ramos, FERNÁNDEZ, C. R. Luque, DELGADO, C. Talavera, BENAVIDES, J. F. Villasante, TURPO, J. P. Quispe and PAREDES, L. Villegas. Análisis espacio temporal y climático del humedal altoandino de Chalhuanca (Perú) durante el periodo 1986-2016. *Revista de teledetección: Revista de la Asociación Española de Teledetección*. 2020. No. 55, p. 105–118. Autorías: A. Pauca Tanco, C. Ramos Mamani, C. R. Luque Fernández, C. Talavera Delgado, J. F. Villasante Benavides, J. P. Quispe Turpo, L. Villegas Paredes. Localización: Revista de teledetección: Revista de la Asociación Española de Teledetección. N°. 55, 2020. Artículo de Revista en Dialnet.
18. ORDOÑEZ GALVEZ, Juan Julio. *Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral de Recurso Hídrico* [online]. 2011. Golbal Water Partnership. [Accessed 9 October 2020]. Available from: [https://www.academia.edu/11099629/\\_Contribuyendo\\_al\\_desarrollo\\_de\\_una\\_Cultura\\_del\\_Agua\\_y\\_la\\_Gesti%C3%B3n\\_Integral\\_de\\_Recurso\\_H%C3%ADdrico\\_CICLO\\_HIDROL%C3%93GICO\\_CICLO\\_HIDROL%C3%93GICO](https://www.academia.edu/11099629/_Contribuyendo_al_desarrollo_de_una_Cultura_del_Agua_y_la_Gesti%C3%B3n_Integral_de_Recurso_H%C3%ADdrico_CICLO_HIDROL%C3%93GICO_CICLO_HIDROL%C3%93GICO)
19. LUNGO, Manelik. *Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral de Recurso Hídrico* *CICLO HIDROLÓGICO CICLO HIDROLÓGICO* [online]. [Accessed 25 May 2020]. Available from: [https://www.academia.edu/11099629/\\_Contribuyendo\\_al\\_desarrollo\\_de\\_una\\_Cultura\\_del\\_Agua\\_y\\_la\\_Gesti%C3%B3n\\_Integral\\_de\\_Recurso\\_H%C3%ADdrico\\_CICLO\\_HIDROL%C3%93GICO\\_CICLO\\_HIDROL%C3%93GICO](https://www.academia.edu/11099629/_Contribuyendo_al_desarrollo_de_una_Cultura_del_Agua_y_la_Gesti%C3%B3n_Integral_de_Recurso_H%C3%ADdrico_CICLO_HIDROL%C3%93GICO_CICLO_HIDROL%C3%93GICO)
20. Laboratorio de ingeniería sanitaria. *emaze presentations* [online]. [Accessed 25 May 2020]. Available from: <https://app.emaze.com/@AZWLFRCZ/laboratorio-de-ingenieria-sanitaria> Check out my latest presentation built on emaze.com, where anyone can create & share professional presentations, websites and photo albums in minutes.

21. PEÑARRETA, Erreis and ANDRÉS, Robert. *Evaluación del Efecto del Cambio Climático en los cultivos de la Zona de Santa Rosa de Cusubamba, Cantón Cayambe, Provincia de Pichincha*. Ecuador : Universidad de las Fuerzas Armadas, 2015.
22. SARRICOLEA, Pablo, MESEGUER RUIZ, Oliver, ROMERO-ARAVENA, Hugo, SARRICOLEA, Pablo, MESEGUER RUIZ, Oliver and ROMERO-ARAVENA, Hugo. Tendencias de la Precipitación en el Norte Grande de Chile y su Relación con las Proyecciones de Cambio Climático. *Diálogo andino*. September 2017. No. 54, p. 41–50. DOI 10.4067/S0719-26812017000300041.
23. INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL. *Teledeteccion* [online]. España, 2015. [Accessed 19 July 2020]. Available from: <https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/OBS-Teledeteccion.pdf>
24. Teledet. *AFS Analytics* [online]. [Accessed 9 October 2020]. Available from: <http://www.teledet.com.uy/imagen-satelital.htm>
25. LABRADOR GARCÍA, Mauricio. *Satélites de Teledetección* [online]. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Aguas del Gobierno de Canarias, 2012. [Accessed 19 July 2020]. ISBN 978-84-695-3276-8. Available from: [http://www.gmrcanarias.com/wp-content/uploads/2016/01/20\\_catalogo\\_satelites\\_es.pdf](http://www.gmrcanarias.com/wp-content/uploads/2016/01/20_catalogo_satelites_es.pdf)
26. EARTH OBSERVING SYSTEM. Índice Diferencial Normalizado De Agua En Agricultura. [online]. 30 September 2020. [Accessed 29 November 2020]. Available from: <https://eos.com/es/ndwi/>
27. LA CONVENCION RELATIVA A LOS HUMEDALES DE IMPORTANCIA INTERNACIONAL. *Manual de la Convención de Ramsar* [online]. 4ta. Suiza, 2006. [Accessed 9 October 2020]. Available from: [https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/lib\\_manual2006s.pdf](https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/lib_manual2006s.pdf)
28. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Ley General del Ambiente* [online]. 2005. 28611. [Accessed 9 October 2020]. Available from: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>
29. MINISTERIO DEL AMBIENTE. *Ley Marco sobre Cambio Climático-LEY-N° 30754* [online]. 2018. 30754. [Accessed 9 October 2020]. Available from:

<http://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ley-marco-sobre-cambio-climatico-ley-n-30754-1638161-1/>

30. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO. *Ley de Recursos Hídricos* [online]. 2009. [Accessed 9 October 2020]. Available from: <http://repositorio.ana.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12543/228/ANA0000044.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

31. GÓMEZ-LIMÓN, José Antonio, PICAZO-TADEO, Andrés J and MARTÍNEZ, Ernest Reig. *Agricultura, desarrollo rural y sostenibilidad medioambiental*. . P. 25.

32. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACION, LA CIENCIA Y LA CULTURA. Día Internacional de la Diversidad Biológica. *UNESCO* [online]. 8 June 2020. [Accessed 2 December 2020]. Available from: <https://es.unesco.org/commemorations/biodiversityday>

33. CASTELLS, Xavier Elías. *Diccionario de términos ambientales: Reciclaje de residuos industriales* [online]. Ediciones Díaz de Santos, 2012. Energía, Medioambiente, Tratamiento de residuos. ISBN 978-84-9969-370-5. Available from: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=bJb06ouCmkMC&oi=fnd&pg=PA1155&dq=diccionario+de+t%C3%A9rminos+ambientales&ots=zwcS3dR4zB&sig=0YC7OAUPTKTRTkSUoy1Ma4pZe54#v=onepage&q=ecosistema&f=falseGoogle-Books-ID: bJb06ouCmkMC>

34. Infiltración del agua - Ciclo hidrológico (del agua). *Ciclo Hidrológico* [online]. [Accessed 8 October 2020]. Available from: [https://www.ciclohidrologico.com/infiltracin\\_del\\_agua](https://www.ciclohidrologico.com/infiltracin_del_agua)

35. *Unidad Didáctica Meteorología y Climatología* [online]. 2014. [Accessed 16 September 2020]. Available from: <https://www.fecyt.es/es/publicacion/unidad-didactica-meteorologia-y-climatologia> Unidad Didáctica realizada en el marco de la Semana de la Ciencia 2004.

36. Introducción a SIG | ArcGIS Resource Center. [online]. [Accessed 23 May 2020]. Available from: <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000t000000.htm>

37. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALE. *Glosario Meteorológico* [online]. 2019. [Accessed 29 November 2020]. Available from:

<http://www.ideam.gov.co/documents/11769/72085840/Anexo+10.+Glosario+meteorol%C3%B3gico.pdf/6a90e554-6607-43cf-8845-9eb34eb0af8e>

38. BERNAL, César A. *Metodología de la investigación* [online]. Tercera Edición. Colombia, 2010. ISBN 978-958-699-128-5. Available from: <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>

39. HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos and BAPTISTA LUCIO, Pilar. *Metodología de la investigación* [online]. Sexta. México, D.F. : McGraw-Hill Education, 2014. ISBN 978-1-4562-2396-0. Available from: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

40. CASTILLO, Martínez and ANTONIO, José. *Laguna de Pucush Uclo como Recursos Potencial para el Desarrollo del Ecoturismo en el Distrito de San Juan de Iscos*. [online]. Universidad Nacional del Centro del Peru, 2010. [Accessed 17 July 2020]. Available from: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/66>Accepted: 2016-10-12T18:16:10Z

41. WEATHER SPARK. Clima promedio en Chupaca, Perú, durante todo el año. [online]. [Accessed 9 October 2020]. Available from: <https://es.weatherspark.com/y/22266/Clima-promedio-en-Chupaca-Per%C3%BA-durante-todo-el-a%C3%B1o>

42. GIS Y BEERS. Cálculo del Índice Diferencial Normalizado de Agua. [online]. [Accessed 29 November 2020]. Available from: <http://www.gisandbeers.com/calculo-del-indice-ndwi-diferencial-de-agua-normalizado/>

43. SAENZ LOPEZ, Karla and TAMEZ GONZÁLEZ, Gerardo. *Métodos y técnicas cualitativas y cuantitativas aplicables a la investigación en ciencias sociales*. México, D.F. : Tirant Humanidades México, 2014. ISBN 978-84-16062-32-4.

44. ALENCAR DA SILVA ALVES, Keyla Manuela and SILVA NÓBREGA, Ranyére. Tendencia Pluviométrica y Concentración estacional de precipitación en la Cuenca Hidrográfica del Río Moxotó- Pernamcuco-Brasil. *Revista Geográfica de América Central*. 2 June 2017. Vol. 1, no. 58, p. 295. DOI 10.15359/rgac.58-1.12.

45. MUÑOZ, Jos, TOCADOS, Enrique, GARCIA, Marín and AYUZO, Ruiz. Identificación de Tendencias en las series históricas de temperaturas diarias en Córdoba (1960-2018).

[online]. 2020. [Accessed 25 November 2020]. Available from:  
[http://dspace.aepro.com/xmlui/bitstream/handle/123456789/2520/AT04-050\\_20.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://dspace.aepro.com/xmlui/bitstream/handle/123456789/2520/AT04-050_20.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

46. ZEBALLOS, Gabriel, SORUCO, Alvaro, CUSICANQUI, Diego, JOFFRÉ, Rafael and RABATEL, Antoine. Uso de imágenes satelitales, modelos digitales de elevación y sistemas de información geográfica para caracterizar la dinámica espacial de glaciares y humedales de alta montaña en Bolivia. *Ecología en Bolivia*. 1 December 2014. Vol. 49, p. 14–26.

47. TANCO, A. Pauca, MAMANI, C. Ramos, FERNÁNDEZ, C. R. Luque, DELGADO, C. Talavera, BENAVIDES, J. F. Villasante, TURPO, J. P. Quispe and PAREDES, L. Villegas. Análisis espacio temporal y climático del humedal altoandino de Chalhuanca (Perú) durante el periodo 1986-2016. *Revista de teledetección: Revista de la Asociación Española de Teledetección*. 2020. No. 55, p. 105–118.

# ANEXOS

## ANEXO N°1

### Mapas del área

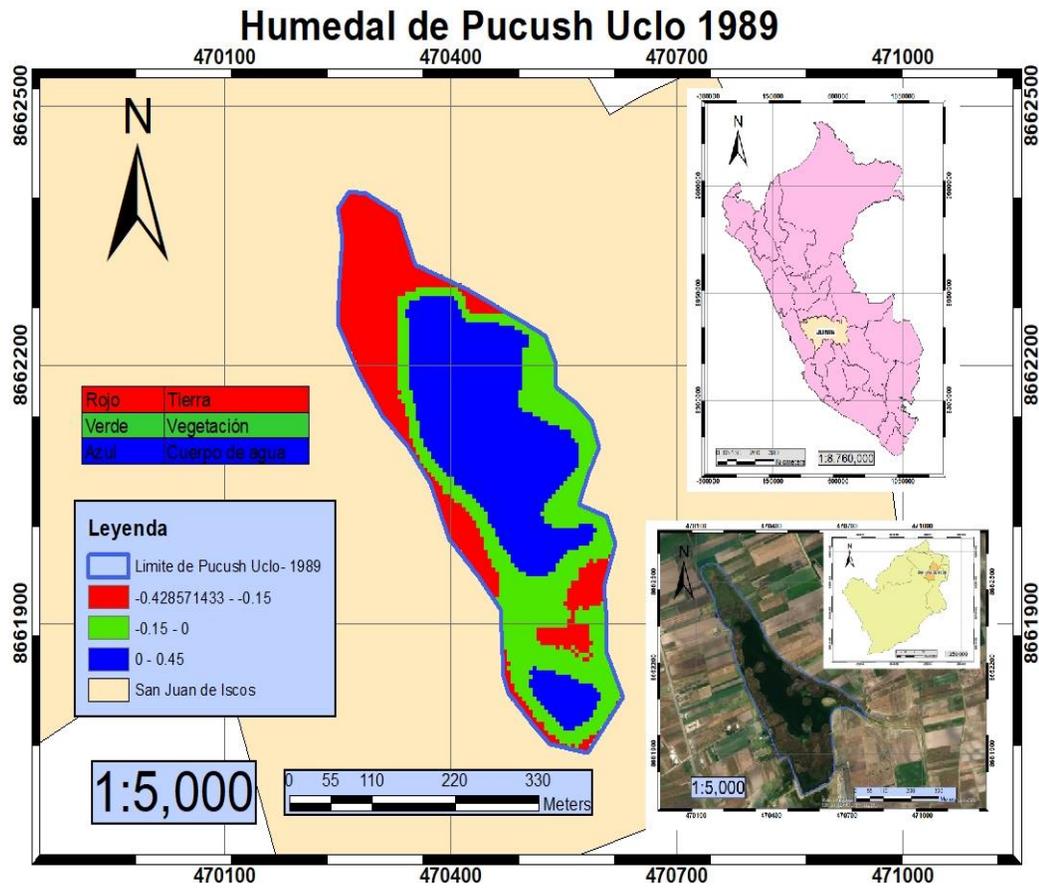


Figura 24 Mapa del área del Humedal Pucush Uclo 1989

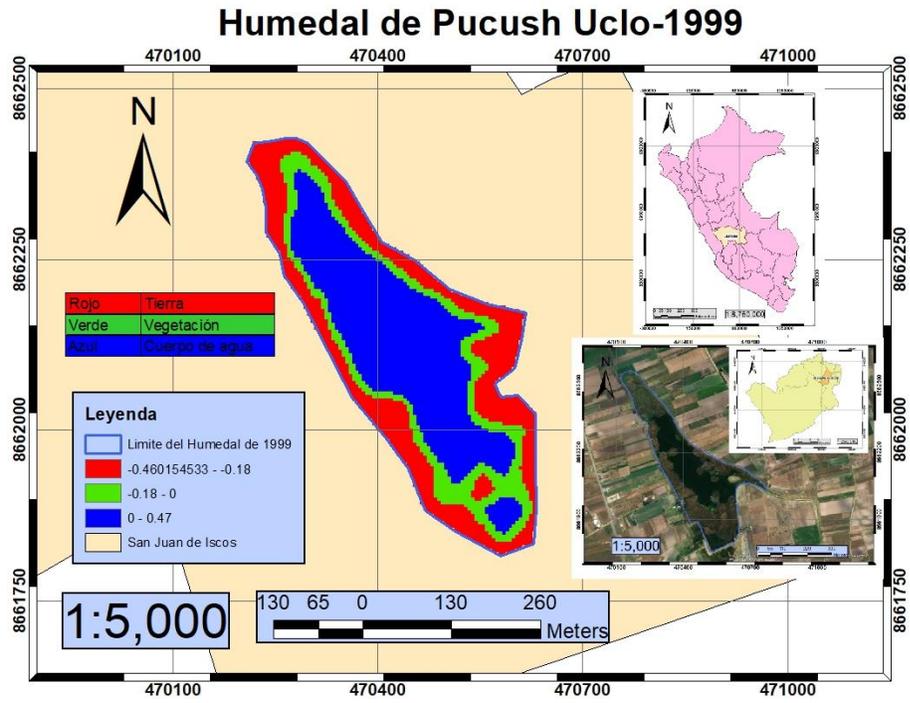


Figura 25 Mapa del área del Humedal Pucush Uclo-1999

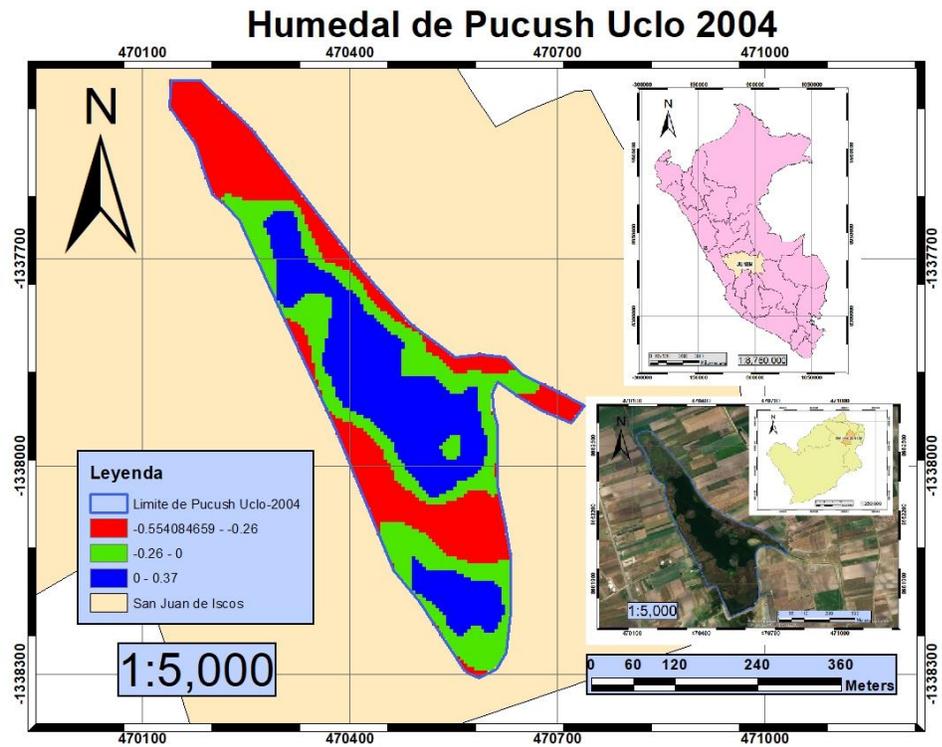


Figura 26 Mapa del área del Humedal de Pucush Uclo-2004

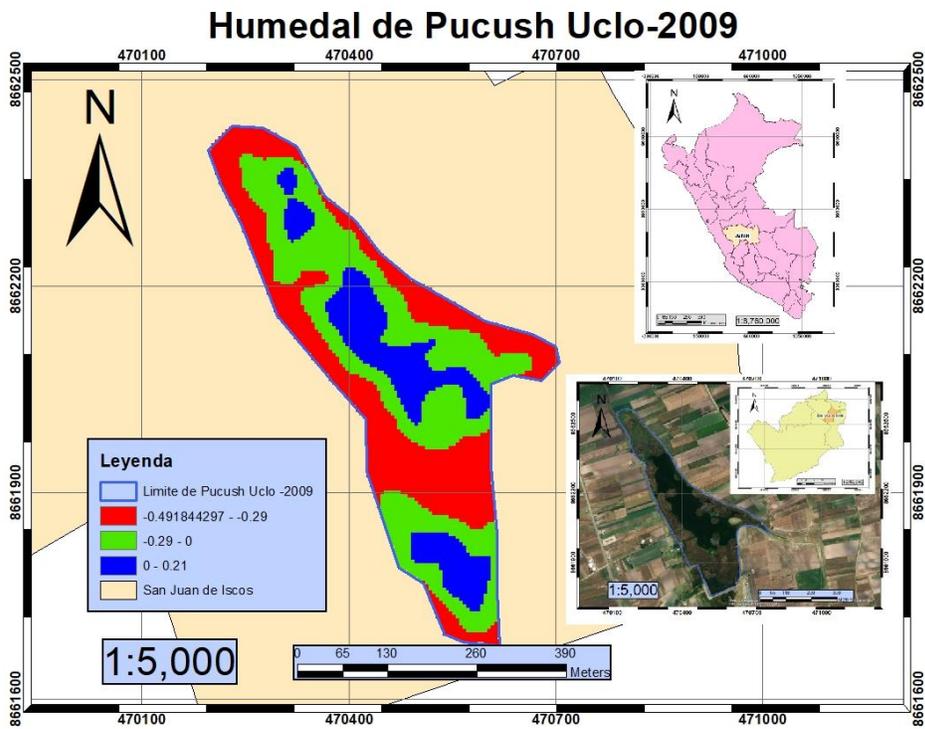


Figura 27 Mapa del área de Humedal de Pucush Uclo-2009

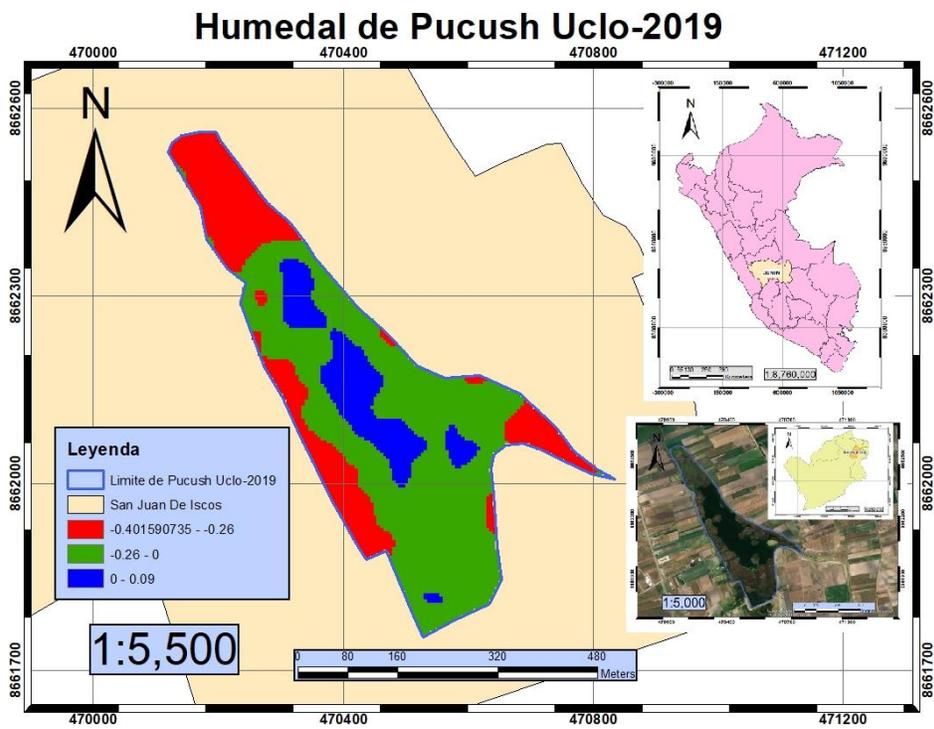


Figura 28 Mapa del área del Humedal Pucush Uclo -2019

## ANEXO N°2

### Tabla 26 Precipitación mensual y anual 1989-2019

Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
1989	96.6	188.9	145.3	88.9	19.2	15.1	0.5	17.5	13.5	123	45.2	40.8	794.5
1990	119.1	135.6	100.7	41.1	20.1	63	10.2	21.5	61	75.1	133.1	95.4	875.9
1991	71	54.4	163.3	82.1	34.4	16.6	1.4	0	57.4	57.6	65.7	38.7	642.6
1992	77.9	102.8	82.2	23.2	8.1	17.2	4.5	11.7	26.7	51.6	34.9	60.5	501.3
1993	139.9	144.6	107.2	103.2	18.6	1	3.7	25.1	14.5	66	109.1	133.7	866.6
1994	121.2	198	128.3	90.9	31.1	1.5	1.3	16.9	16.5	58.7	61.8	111.7	837.9
1995	68.9	131.3	125.4	19.6	26.9	2.6	9.2	16.4	36.5	76	56	98.3	667.1
1996	121.4	113.8	105.2	37.7	4.6	1.3	0	16.3	22.8	58.8	32.3	86	600.2
1997	103.9	137.9	70.6	37.5	2.9	0.3	1.3	18.3	46.7	34.4	75	125.6	654.4
1998	153.5	126	61.3	81.6	1.9	3.9	0	35	33.9	93.5	56.8	79.3	726.7
1999	113.3	148.7	75.5	59.7	6.6	22.7	8.1	7.9	62.8	51.2	82.6	76.8	715.9
2000	106.9	141.7	111.6	16.1	16.3	3.8	10	36.4	17.6	68.8	31.7	114.8	675.7
2001	166	92.3	161	26.1	15.8	1.5	18.6	5.9	62.7	104.9	57.7	115.8	828.3
2002	95.6	149.2	115.8	28.4	12.3	4.4	31	11.7	66.2	71.7	93.9	133.3	813.5
2003	127.7	111.6	133.6	99.6	26	2.6	1.5	22.3	31.2	37.7	65.7	116.3	775.8
2004	52.1	159.6	51.1	35.9	16.6	9	15	7.3	44.6	49.5	95.9	81.4	618
2005	52.1	73.4	74.3	26.6	14	0.6	6.3	5.8	19.3	116.7	61.1	72.1	522.3
2006	158.3	73.4	80.9	19.4	2.3	5	31.9	7.9	52.3	50.7	51.2	86.6	619.9
2007	97.4	36.3	139.8	55.6	13	0	2.6	2.2	15.9	64.4	50.6	77.8	555.6
2008	105.1	62.3	50.7	24.5	3.8	11.8	6.4	18.9	40.1	70.1	32.3	67.9	493.9
2009	92.5	90.2	131	62.9	16.4	9.7	7.4	32.1	26.4	40.1	114.6	111.7	735
2010	173.6	86.3	108.3	41.3	1.1	6.4	4.8	1	6.7	48.8	25.4	100.2	603.9
2011	157.3	231.8	111.8	72.9	19.3	0	3.6	1.9	68.6	48.7	71.3	124.9	912.1
2012	77.6	145.3	75.8	87.7	19.3	14.3	0.4	6.2	32	31.8	73.6	132.9	696.9
2013	149.2	144.6	58.7	45.5	8.5	9	1.8	30.2	38.7	58.3	38	131	713.5
2014	161	99.5	179.7	64.1	32.1	11.8	0	1.4	60.8	35.8	66.7	115.7	828.6
2015	101.1	171.2	80.3	101.6	8	24	9.8	8	52.7	52.2	90.3	125.2	824.4
2016	37.8	142.3	80.5	59.9	6.7	1.1	2.3	8.7	57.5	92.2	45	412.2	946.2
2017	191.4	161	87	63.5	29.9	4.2	0	6.9	51.9	53.1	49.5	74.8	773.2
2018	166.7	79.9	163	42.2	3.7	4.1	3.8	6.9	59.3	83	55.8	65.3	733.7
2019	150.5	108.3	100.3	53.9	21	0.5	5	0.4	2.9	35	54.9	225.7	758.4
Total	116.34	123.94	105.17	54.62	14.85	8.68	6.53	13.18	38.70	63.21	63.80	110.72	719.74

### Tabla 27 Temperatura media mensual y anual 1989-2019

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
1989	12.17	11.53	11.65	11.97	9.92	9.68	8.17	9.95	12.51	12.49	12.86	13.11	11.33
1990	12.61	11.79	12.04	12.19	10.95	10.73	10.06	9.39	12.26	13.24	13.04	12.66	11.74
1991	13.30	12.69	12.71	11.71	10.62	10.29	8.39	10.11	11.42	12.45	12.33	12.71	11.55
1992	13.41	13.49	12.88	11.53	10.41	10.53	9.13	10.63	12.11	12.36	13.93	13.25	11.96
1993	12.60	12.83	12.18	12.34	11.33	7.17	9.49	9.61	12.10	12.39	13.79	12.93	11.56
1994	12.56	12.42	12.47	12.30	10.67	9.35	9.59	10.21	12.15	12.75	13.68	14.34	11.87
1995	13.71	13.21	12.77	12.27	11.00	10.47	11.03	11.95	12.41	13.45	13.50	13.07	12.40
1996	13.39	12.65	12.11	12.79	11.36	9.59	9.57	11.91	13.72	13.45	13.19	12.87	12.21
1997	13.17	12.28	12.32	11.90	11.33	9.90	10.02	11.51	12.71	14.05	14.29	13.88	12.28
1998	14.08	14.54	13.94	14.15	12.01	11.45	10.01	12.26	12.78	13.86	13.26	13.00	12.93
1999	12.91	12.33	12.50	12.04	11.53	10.14	9.65	10.56	12.29	11.92	13.37	12.85	11.84
2000	12.52	12.39	11.73	11.57	11.66	11.64	10.35	11.62	12.73	12.78	13.21	12.82	12.08
2001	12.47	12.77	13.34	11.15	11.85	9.84	11.16	10.48	12.61	13.47	13.58	13.34	12.17
2002	13.22	12.95	13.06	12.94	11.46	10.64	10.97	11.31	12.99	13.47	13.19	13.63	12.48
2003	13.48	13.36	12.79	12.51	11.90	10.56	9.91	11.35	12.13	13.11	13.70	13.39	12.34
2004	13.84	13.15	12.86	12.16	11.74	10.61	10.61	10.74	12.23	13.36	13.35	13.29	12.33
2005	12.93	13.79	13.81	13.15	11.73	10.15	10.71	11.05	12.87	13.59	13.35	13.13	12.51
2006	12.95	12.96	12.81	12.32	10.55	10.96	9.99	11.78	12.34	13.23	13.20	14.13	12.26
2007	14.12	13.14	12.90	12.91	11.64	10.03	10.60	11.20	12.11	13.35	13.84	13.06	12.40
2008	12.90	12.32	11.90	12.45	10.59	10.23	10.02	11.54	12.52	12.98	13.78	13.60	12.07
2009	12.94	13.40	12.38	12.41	11.45	10.47	10.59	12.04	12.96	13.47	13.78	13.58	12.45
2010	13.55	14.11	13.97	13.26	12.27	11.03	10.63	11.12	12.77	13.73	13.63	12.89	12.73
2011	12.83	12.69	12.80	12.22	11.50	10.47	9.98	11.20	12.88	13.11	14.06	12.73	12.20
2012	13.04	12.92	12.02	12.65	11.66	10.44	9.87	11.35	12.09	13.68	13.78	13.50	12.25
2013	13.35	13.54	13.72	12.55	12.12	11.58	10.12	11.60	10.85	10.85	10.85	10.85	11.82
2014	12.98	13.24	12.34	12.07	11.93	11.18	10.70	10.88	12.69	12.67	13.51	13.68	12.31
2015	12.89	12.95	13.05	12.48	11.96	10.76	10.29	11.48	13.49	13.90	13.61	13.20	12.50
2016	14.15	14.15	13.77	13.37	11.73	10.30	9.86	11.90	12.43	13.18	13.27	13.31	12.61
2017	12.97	12.32	13.01	10.27	9.58	11.46	12.98	13.26	13.63	13.22	11.96	13.10	12.32
2018	13.14	11.87	11.62	10.68	9.58	11.46	13.36	14.00	14.32	13.17	14.10	13.56	12.58
2019	14.15	12.89	11.81	10.30	10.48	10.80	13.35	13.76	14.65	14.04	14.65	14.04	12.91
Promed	13.17	12.93	12.68	12.21	11.24	10.45	10.36	11.35	12.64	13.12	13.41	13.21	

**Tabla 28 Temperatura máxima mensual y anual 1989-2019**

Temperatura Máxima													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
1989	17.55	17.55	17.39	18.76	19.07	18.81	18.62	19.50	20.79	19.69	21.24	22.01	19.26
1990	18.85	20.26	19.31	20.28	19.94	18.07	19.24	19.59	19.96	20.00	19.73	19.33	19.53
1991	20.41	19.85	18.72	19.32	19.82	19.93	19.22	19.98	19.74	19.69	19.92	21.87	19.87
1992	20.50	20.73	19.96	21.08	21.50	18.64	18.85	19.39	21.39	20.13	22.34	22.11	20.54
1993	19.64	19.14	18.09	18.61	19.68	20.50	19.95	19.76	20.99	19.59	19.27	18.84	19.50
1994	18.21	17.89	18.48	19.01	19.65	19.31	19.54	20.09	20.34	21.15	21.30	21.17	19.69
1995	20.15	19.96	18.67	20.32	20.83	20.55	20.84	21.97	20.91	21.21	21.13	20.63	20.60
1996	19.13	18.61	19.22	19.89	20.41	20.02	20.05	20.23	21.21	21.77	21.65	19.98	20.19
1997	19.56	18.16	19.47	20.29	20.40	20.51	20.34	19.48	21.17	21.89	20.82	20.59	20.24
1998	19.79	20.39	20.12	21.65	21.94	20.28	20.55	20.91	21.86	20.60	21.09	19.62	20.73
1999	18.84	17.33	17.79	18.29	19.63	19.83	19.17	20.61	20.26	19.12	21.69	19.42	19.34
2000	18.05	17.82	17.12	18.80	20.13	20.51	19.45	19.91	21.42	19.72	22.65	20.34	19.66
2001	17.40	18.47	17.90	18.91	20.59	19.31	19.80	19.84	20.15	20.45	20.59	20.55	19.50
2002	20.31	18.45	18.94	19.43	19.97	20.00	18.77	20.18	20.04	20.35	19.87	20.09	19.71
2003	19.69	19.15	18.38	19.22	19.57	20.06	19.66	20.03	20.56	22.06	22.63	19.45	20.03
2004	21.36	19.26	19.13	20.31	21.10	20.35	19.49	19.31	19.50	20.40	21.71	19.50	20.04
2005	20.52	20.43	19.82	20.93	21.33	20.57	20.38	21.25	21.09	20.25	21.58	19.70	20.65
2006	19.15	18.84	18.31	19.56	20.35	19.51	19.32	19.67	20.41	20.74	19.82	21.12	19.73
2007	20.76	20.00	18.53	19.17	20.25	20.26	19.57	20.66	19.58	21.20	21.65	20.69	20.20
2008	18.15	18.47	18.51	20.49	20.16	19.87	19.93	20.96	20.77	20.01	21.72	20.50	19.96
2009	19.07	18.87	18.20	19.34	20.20	20.38	19.91	20.90	21.34	21.66	20.56	19.93	20.04
2010	19.60	20.04	20.02	20.90	21.53	20.56	21.81	21.76	21.59	22.16	22.23	19.63	20.99
2011	18.70	18.07	18.35	19.20	20.27	20.82	20.06	21.16	20.20	20.97	21.95	19.16	19.92
2012	19.98	18.80	17.71	19.14	20.25	19.84	20.66	21.38	20.97	21.66	21.70	19.24	20.12
2013	20.12	19.51	19.79	21.30	21.13	19.87	19.38	21.04	21.29	21.12	21.71	19.73	20.50
2014	19.17	19.08	18.70	19.44	20.68	21.64	20.13	20.71	20.50	20.59	22.11	20.86	20.30
2015	19.59	19.52	19.46	19.01	20.35	20.58	21.43	21.64	22.04	22.15	21.73	20.32	20.66
2016	22.44	20.40	21.29	21.35	21.85	20.91	21.15	21.83	21.66	21.32	22.75	20.91	21.49
2017	19.10	18.98	19.06	19.60	20.61	21.67	21.19	21.64	22.37	20.70	18.61	19.66	20.27
2018	19.79	19.47	20.95	19.56	20.61	21.67	22.13	20.81	22.22	21.18	20.30	19.06	20.65
2019	19.49	20.04	20.51	20.41	20.37	20.74	20.99	21.69	21.82	20.14	21.82	20.14	20.68
<b>Total</b>	<b>19.52</b>	<b>19.14</b>	<b>18.96</b>	<b>19.79</b>	<b>20.46</b>	<b>20.15</b>	<b>20.05</b>	<b>20.59</b>	<b>20.91</b>	<b>20.76</b>	<b>21.22</b>	<b>20.20</b>	<b>20.15</b>

**Tabla 29 Temperatura mínima mensual y anual 1989-2019**

Temperatura mínima													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
1989	6.80	5.92	5.90	5.18	1.30	0.54	-2.28	1.93	4.23	5.74	4.49	4.22	3.65
1990	6.37	5.15	4.76	4.10	1.95	3.40	0.88	1.23	4.57	6.48	6.34	5.44	4.21
1991	6.19	5.53	6.70	4.58	1.94	0.64	-2.44	-0.43	3.09	5.21	4.74	4.06	3.31
1992	5.26	6.24	5.79	4.07	1.35	3.03	-0.60	1.88	3.37	4.58	5.45	4.38	3.71
1993	6.49	6.53	6.26	6.08	2.97	-1.46	0.71	1.47	2.69	5.18	6.68	7.03	4.18
1994	6.91	6.96	6.45	5.60	1.68	-0.61	-0.36	0.33	4.52	4.35	5.54	6.21	3.92
1995	6.39	6.47	6.88	4.21	1.17	0.39	1.22	1.92	3.92	5.68	5.87	5.51	4.11
1996	6.53	6.69	6.40	5.70	1.72	-0.83	-0.90	3.60	4.35	5.14	4.72	5.77	4.05
1997	6.77	6.40	5.16	3.50	2.26	-0.72	-0.30	3.55	4.24	6.22	6.42	7.16	4.20
1998	8.36	8.70	7.75	6.65	2.09	2.62	-0.53	3.62	3.70	7.12	5.43	6.38	5.14
1999	6.98	7.34	7.22	5.79	2.89	0.45	0.14	0.52	4.32	4.71	5.04	6.27	4.29
2000	6.99	6.97	6.34	4.34	3.19	2.78	1.24	3.34	4.03	5.84	3.77	5.30	4.50
2001	7.54	7.08	7.36	3.38	3.11	0.37	2.51	1.13	5.06	6.50	6.56	6.12	4.69
2002	6.13	7.44	7.18	6.07	2.95	1.27	3.16	2.44	5.94	6.58	6.51	7.17	5.22
2003	7.28	7.57	7.19	5.80	4.24	1.07	0.15	2.66	3.70	4.77	4.78	7.34	4.70
2004	6.32	7.04	6.60	4.01	2.38	1.27	2.20	2.53	4.96	6.31	5.49	7.07	4.69
2005	5.34	7.14	7.35	5.36	2.14	-0.27	-0.21	0.85	4.64	6.13	5.11	6.99	4.20
2006	6.76	7.09	6.98	5.09	0.15	2.41	-0.55	3.37	4.26	6.11	6.58	6.75	4.59
2007	7.47	6.80	7.56	6.32	3.03	-0.19	1.62	1.73	4.64	5.49	5.65	5.90	4.65
2008	7.66	6.50	6.30	4.42	1.02	0.59	0.11	2.63	4.28	5.94	5.84	6.30	4.20
2009	6.81	7.93	6.94	5.49	2.70	0.56	1.26	3.17	4.59	5.28	7.00	7.23	4.89
2010	7.50	7.76	7.91	5.61	3.01	1.49	-0.55	0.47	3.95	5.29	5.04	6.61	4.48
2011	6.95	7.30	7.25	5.24	2.72	0.12	-0.11	1.24	5.56	5.25	6.18	6.29	4.48
2012	6.10	7.04	6.34	6.15	3.07	1.03	-0.91	1.33	3.21	5.71	5.85	7.75	4.38
2013	6.57	7.56	7.65	3.80	3.10	3.30	0.85	2.17	2.58	5.49	4.87	6.87	4.55
2014	6.79	7.39	5.98	4.70	3.19	0.73	1.26	1.05	4.87	4.76	4.90	6.50	4.32
2015	6.20	6.38	6.63	5.95	3.56	0.94	-0.85	1.32	4.95	5.65	5.49	6.07	4.34
2016	5.85	7.90	6.25	5.39	1.62	-0.30	-1.43	1.97	3.20	5.05	3.80	5.71	3.74
2017	6.84	5.66	6.95	0.93	-1.45	1.24	4.76	4.88	4.90	5.74	5.31	6.54	4.36
2018	6.49	4.28	2.28	1.80	-1.45	1.24	4.59	7.19	6.42	5.15	7.89	8.05	4.50
2019	8.81	5.73	3.11	0.20	0.58	0.85	5.71	5.83	7.48	7.95	7.48	7.94	5.15
<b>Total</b>	<b>6.76</b>	<b>6.79</b>	<b>6.40</b>	<b>4.69</b>	<b>2.07</b>	<b>0.90</b>	<b>0.66</b>	<b>2.29</b>	<b>4.39</b>	<b>5.66</b>	<b>5.63</b>	<b>6.35</b>	<b>4.37</b>

